Biblioteka Pedagogiczna CEN
nr inw.: KG - 338
BC KSK / 338

KURATORIUM
OKRĘGU SZKOLNEGO B[illegible]OSTOCKIEGO
W BIAŁYMSTOKU

~~467~~ 35.

Nr. Konta 19.

Szymkiewicz
Botanika

338

WSTĘP

CZĘŚĆ PIERWSZA

MORFOLOGJA

im.
Inw.

SPIS RZECZY

Str.

Przedmowa III
Spis rzeczy V
Poprawki i uzupełnienia XI

WSTĘP . . . . . 1—5
1. Przedmiot botaniki. — 2. Podział botaniki. — 3. Literatura.

CZĘŚĆ I. MORFOLOGJA.

ROZDZIAŁ I. KOMÓRKA . . . . . 9—44
4. Cytologja. — 5. Budowa komórki roślinnej. — 6. Błona komórkowa. — 7. Protoplazma. — 8. Wytwory protoplazmy. — 9. Jądro. — 10. Powstawanie nowych komórek przez podział. — 11. Powstawanie nowych komórek przez zespolenie. Podział redukcyjny. — 12. Rozmnażanie i cykl rozwojowy. — 13. Tkanki.

ROZDZIAŁ II. ZASADY SYSTEMATYKI . . . . . 44—51
14. Gatunek, mieszaniec, mutacja. — 15. Rodzaj i grupy wyższego rzędu. — 16. Nomenklatura. — 17. Przegląd typów roślin. — 18. Systematyka i filogenja.

ROZDZIAŁ III. WICIOWCE . . . . . 51—64
19. Ogólna charakterystyka. — 20. Chrysomonadinae. — 21. Eugleninae. — 22. Peridineae.

ROZDZIAŁ IV. ŚLUZOWCE . . . . . 64—70
23. Ogólna charakterystyka. — 24. Acrasieae. — 25. Myxogasteres.

ROZDZIAŁ V. ROZPRĄTKI . . . . . 70—86
26. Ogólna charakterystyka rozprątków. — 27. Bakterje. Charakterystyka ogólna. — 28. Bakterje właściwe. — 29. Bakterje nitkowate. — 30. Promieniowce. — 31. Miksobakterje. — 32. Sinice.

ROZDZIAŁ VI. SIEMIENIOWCE . . . . . 86—101
33. Ogólna charakterystyka. — 34. Okrzemki. — 35. Sprzężnice.

ROZDZIAŁ VII. GLONY . . . . . 101—102
36. Ogólna charakterystyka i podział glonów.

ROZDZIAŁ VIII. ZIELENICE . . . . . 103—138
37. Podział zielenic. — 38. Volvocales. — 39. Protococcales. — 40. Ulotrichales. — 41. Siphonocladiales. — 42. Siphonales.

Str.

ROZDZIAŁ IX. BRUNATNICE . . . . . 138—169
43. Podział. — 44. Ectocarpales. — 45. Cutleriales. — 46. Laminariales. — 47. Dictyotales. — 48. Fucales.

ROZDZIAŁ X. KRASNOROSTY . . . . . 169—182
49. Budowa plechy. — 50. Rozmnażanie.

ROZDZIAŁ XI. RAMIENICE . . . . . 182—186
51. Budowa plechy. — 52. Rozmnażanie.

ROZDZIAŁ XII. GRZYBY . . . . . 186—189
53. Ogólna charakterystyka i podział grzybów.

ROZDZIAŁ XIII. PLEŚNIAKI . . . . . 189—203
54. Charakterystyka i podział. — 55. Archimycetes. — 56. Blastocladiales. — 57. Monoblepharidales. — 58. Oomycetes. — 59. Zygomycetes.

ROZDZIAŁ XIV. WORKOWCE . . . . . 203—221
60. Ogólna charakterystyka i podział. — 61. Euasci. — 62. Exoascales — 63. Discomycetes. — 64. Tuberales. — 65. Plectascales. — 66. Perisporiales. — 67. Pyrenomycetes. — 68. Laboulbeniales. — 69. Protoasci.

ROZDZIAŁ XV. PODSTAWCZAKI . . . . . 221—246
70. Ogólna charakterystyka i podział. — 71. Eubasidii. Charakterystyka i podział. — 72. Auriculariales. — 73. Tremellales. — 74. Exobasidiales. — 75. Hymenomycetes. — 76. Gastromycetes. — 77. Plectobasidiales. — 78. Hemibasidii. — 79. Protobasidii.

ROZDZIAŁ XVI. GRZYBY NIEDOSKONAŁE . . . . . 246—247
80. Ogólna charakterystyka i podział.

ROZDZIAŁ XVII. POROSTY . . . . . 248—256
81. Ogólna charakterystyka. — 82. Klasyfikacja.

ROZDZIAŁ XVIII. MSZAKI . . . . . 256—264
83. Ogólna charakterystyka. — 84. Podział.

ROZDZIAŁ XIX. MCHY . . . . . 264—281
85. Ogólna charakterystyka i podział. — 86. Bryales. — 87. Sphagnales. — 88. Andraeales.

ROZDZIAŁ XX. WĄTROBOWCE . . . . . 281—294
89. Podział. — 90. Anthocerotales. — 91. Marchantiales. — 92. Jungermanniales anacrogynae. — 93. Jungermanniales acrogynae. — 94. Calobryales.

ROZDZIAŁ XXI. TKANKI ROŚLIN NACZYNIOWYCH . . . . 294—327
95. Wstępne uwagi. — 96. Przestwory międzykomórkowe. — 97. Podział tkanek. — 98. Tkanki twórcze. — 99. Tkanki miękiszowe. — 100. Tkanki okrywające. Skórka. — 101. Szparki. — 102. Włoski. — 103. Skórka korzeni. — 104. Tkanka korkowa. — 105. Tkanki przeprowadzające. Tkanka naczyniowa. — 106. Tkanka sitowa. — 107. Tkanki mechaniczne. — 108. Tkanki wydzielnicze.

KURATORIUM OKRĘGU SZKOLNEGO [illegible] W BIAŁYMSTOKU

338

PRZEDMOWA DO PIERWSZEGO WYDANIA

Książka niniejsza powstała z moich wykładów na Wydziale Rolniczo-Leśnym Politechniki Lwowskiej. Wykłady te spisałem prawie bez zmiany, nieznacznie tylko rozszerzywszy niektóre działy. Do tego trzeba było jeszcze dodać odpowiednią szatę ilustracyjną. Szczęśliwym zbiegiem okoliczności udało mi się pozyskać do tego celu współpracę p. PROF. S. KULCZYŃSKIEGO, który z właściwym Mu talentem odtworzył omawiane w książce formy roślin. Za tę współpracę składam Mu serdeczne podziękowanie.

Obszerny zakres książki wymagał znacznego pomnożenia rycin, co pociągało za sobą wielkie koszta. Było to możliwe tylko dzięki niezwykłemu zrozumieniu potrzeb nauki ze strony Nakładcy. Czuję się w obowiązku zaznaczyć, że wogóle inicjatorem wydania tej książki był ś. p. KAZIMIERZ STANISŁAW JAKUBOWSKI, który też z wielkiem zainteresowaniem śledził za postępami mojej pracy nad nią. Niemniej przychylne było stanowisko obecnego kierownika firmy p. DR. Z. JAKUBOWSKIEGO, za które składam serdeczne podziękowanie. Wielkiej a życzliwej pomocy w redagowaniu rękopisu doznałem ze strony p. DR. B. WÓJCIKÓWNY, za co jestem Jej serdecznie wdzięczny.

W układzie i wyborze materjału odbiegłem znacznie od ogólnie przyjętych wzorów. Mam nadzieję, że to nie wpłynie niekorzystnie na wartość książki. Myślą przewodnią było mi równomierne traktowanie wszystkich działów świata roślinnego, bez szczególnego uprzywilejowania roślin okrytozalążkowych, jak się to zwykle robi. Chciałbym, żeby ten podręcznik był rehabilitacją systematyki, którą uważa się niesłusznie za niemożliwą do przyswojenia przez ogół przyrodników poza garstką

„zasuszonych“ specjalistów. Jest to bowiem część botaniki najbardziej może interesująca przez ogromną rozmaitość i barwność materjału i zagadnień.

Jestem świadomy tego, że książka ma liczne braki. Niepodobieństwem było uniknąć tego wobec ogromu materjału, który musiał być przerobiony, i wobec krótkości czasu, jaki miałem do swojego rozporządzenia. Za wskazanie braków będę wdzięczny każdemu, kto mi je zakomunikuje. Zauważone przeze mnie przed ukończeniem druku zostały w miarę możności poprawione w osobnym dodatku p. t. „Poprawki i uzupełnienia“.

19 listopada 1927 *Dezydery Szymkiewicz*

Pracownia Botaniczna Wydziału Rolniczo-Leśnego
Politechniki Lwowskiej

PRZEDMOWA DO DRUGIEGO WYDANIA

Niniejsze drugie wydanie niewiele różni się od pierwszego. Starałem się tylko dostosować książkę do postępów nauki i usunąć błędy i braki, korzystając z uwag łaskawie udzielonych mi przez wielu kolegów. Szczególnie jestem wdzięczny za liczne wskazówki pp. PROF. DR. K. ROUPPERTOWI i PROF. DR. K. PIECHOWI. Serdecznie dziękuję firmie wydawniczej K. S. JAKUBOWSKIEGO za wzorowe wydanie dzieła.

29 grudnia 1935 *D. S.*

Pracownia Botaniczna Wydziału Rolniczo-Leśnego
Politechniki Lwowskiej

WSTĘP

1. Przedmiot botaniki. Botanika jest nauką o roślinach i wraz z nauką o zwierzętach czyli zoologją stanowi biologję, naukę o istotach żyjących. Rozgraniczenie botaniki od zoologji nie jest łatwe. Z jednej strony bowiem jest sporo organizmów, łączących w sobie cechy roślinne i zwierzęce. Takiemi organizmami, których przykładem mogą być śluzowce albo wiciowce, zajmuje się zarówno botanika, jak i zoologja. Z drugiej strony są zjawiska, odbywające się w sposób podobny u roślin i zwierząt, np. zjawiska dziedziczności. Botanika wraz z zoologją opracowują wspólnie zagadnienia, dotyczące takich zjawisk, pomagając sobie wzajemnie. Wreszcie wspólnie przez obie te nauki muszą być rozwiązywane zagadnienia, dotyczące współżycia roślin i zwierząt. W ogólnym rozwoju historycznym biologji daje się zauważyć coraz ściślejsza współpraca obu jej gałęzi. Przybywa coraz więcej wspólnych zagadnień, opracowywanych łącznie przez botaników i zoologów.

Dla dokładnego określenia przedmiotu botaniki trzeba dać charakterystykę rośliny w odróżnieniu od zwierzęcia. Nie jest to rzeczą trudną, o ile się ograniczymy do ogółu roślin, pomijając pewne ich grupy, odbiegające od typowej postaci i budowy. Z tem zastrzeżeniem można podać następującą charakterystykę. Roślina jest istotą żyjącą, przytwierdzoną do podłoża i złożoną z obłonionych komórek. Roślina zadowala się pokarmami mineralnemi, a potrzebne jej substancje organiczne produkuje sama z dwutlenku węgla i wody przy współudziale zielonego barwika, t. zw. chlorofilu. Roślina wreszcie rośnie stale w pewnych swoich częściach, podczas gdy inne jej części zakończyły już swój wzrost. W przeciwstawieniu do tego zwierzę z reguły porusza się samorzutnie, składa się z komórek nieobłonionych, do odżywiania potrzebuje poza substancjami nieorganicznemi związków organicznych, wreszcie rośnie w mło-

dości we wszystkich swoich częściach i po dojściu do dojrzałości przestaje rosnąć zupełnie.

Z powyższej charakterystyki są dość liczne wyjątki. Naprzykład grzyby nie posiadają chlorofilu i odżywiają się w sposób podobny do zwierząt. Ponieważ jednak wszystkie inne cechy mają typowe dla roślin, zaliczamy je do świata roślinnego. Jest zresztą jedna grupa organizmów, która stoi na pograniczu obu światów. Są to wiciowce, jednokomórkowe organizmy, rosnące całą swoją masą i samorzutnie poruszające się w wodzie; jedna ich część ma komórki nagie, bezbarwne i potrzebuje gotowych substancyj organicznych, podczas gdy druga część ma komórki obłonione, zawiera chlorofil i żywi się substancjami nieorganicznemi. Oprócz tego będziemy się zajmować śluzowcami, które są właściwie zwierzętami, ale rozmnażają się w sposób podobny do grzybów i skutkiem tego zwykle są traktowane razem z roślinami.

2. Podział botaniki. Botanika rozpada się na trzy działy: morfologję, fizjologję i geografję roślin. Pierwsza opisuje kształty zewnętrzne i budowę wewnętrzną roślin. Druga zajmuje się przemianami, którym one ulegają, a mianowicie stara się wytłumaczyć przyczynowe związki, zachodzące między temi przemianami, oraz pomiędzy niemi a przemianami, odbywającemi się w otoczeniu. Geografja wreszcie bada rozmieszczenie roślin na powierzchni kuli ziemskiej.

Morfologję można podzielić dalej na morfologję ogólną i morfologję szczegółową czyli systematykę. Morfologja ogólna omawia zagadnienia, dotyczące wszystkich roślin lub przeważnej ich części. Systematyka opisuje poszczególne formy roślin i grupuje je w pewien układ według podobieństwa. W państwie roślinnem panuje jednak tak wielka rozmaitość w ukształtowaniu i budowie, że taki podział morfologji nie da się przeprowadzić konsekwentnie. Skutkiem tego podzielimy morfologję na tyle działów, ile jest różnych typów roślin, i morfologję każdego typu będziemy traktować osobno. Jedynie naukę o komórce czyli cytologję wydzielimy, jako dział wspólny dla całego świata roślinnego, gdyż budowa komórki jest bardzo podobna u najróżniejszych nawet roślin.

Morfologję dzieli się często także na morfologję zewnętrzną czyli morfologję w ściślejszem tego słowa znaczeniu i morfologję wewnętrzną czyli anatomję. Pierwsza zajmuje się kształtem zewnętrznym roślin, druga — ich budową wewnętrzną. Podział ten może być pożyteczny i przy

omawianiu niektórych typów roślinnych zastosujemy go dla większej przejrzystości wykładu.

Z morfologją łączy się ściśle paleontologja, nauka o roślinach wygasłych, znanych tylko z resztek, znajdowanych w pokładach geologicznych. Jest to gałąź historyczna morfologji, zajmująca się przemianami, którym rośliny ulegały w przeciągu historji ziemi.

Co do fizjologji, treść jej dałaby się podzielić, tak samo jak w morfologji, na część ogólną i szczegółową, gdyż poszczególne formy roślin różnią się nietylko kształtem i budową, ale także sposobem życia. Różnice w procesach życiowych różnych roślin są jednak mniejsze, aniżeli w ich morfologji, i dlatego wygodniej jest traktować wszystkie zagadnienia fizjologiczne łącznie.

Geografja roślin jest najmłodszą gałęzią botaniki, która dopiero niedawno rozwinęła się w osobną naukową dyscyplinę.

W niniejszej książce ograniczymy się do morfologji i fizjologji roślin, podając fakty geograficzne tylko wyjątkowo, ażeby nie powiększać zbytnio objętości książki.

3. Literatura. W języku polskim niema dotychczas dzieła o poziomie wyższym, któreby obejmowało całość botaniki. Niniejsza książka jest pierwszą tego rodzaju próbą. Istnieje natomiast dzieło, zawierające bardzo cenne wskazówki o studjowaniu botaniki. Jest to dział „Poradnika dla samouków“, poświęcony botanice.

Z obcej literatury podręcznikowej można podać przedewszystkiem niemiecki podręcznik czterech autorów, napisany pierwotnie przez Strasburgera, Nolla, Schencka i Schimpera p. t. „Lehrbuch der Botanik für Hochschulen“. Podręcznik ten miał kilkanaście wydań, przygotowanych po śmierci pierwszych autorów przez innych. Ostatnie 18-te wydanie jest napisane przez Fittinga, Sierpa, Hardena i Karstena. Z francuskich można polecić „Cours de botanique“ Bonnier'a i Leclerc du Sablon'a. Bardzo oryginalne ujęcie ogólnych zasad botaniki zawiera książka Chodat'a p. t. „Principes de botanique“.

Literatura, dotycząca poszczególnych działów botaniki, będzie podana w odnośnych rozdziałach.

ROZDZIAŁ I

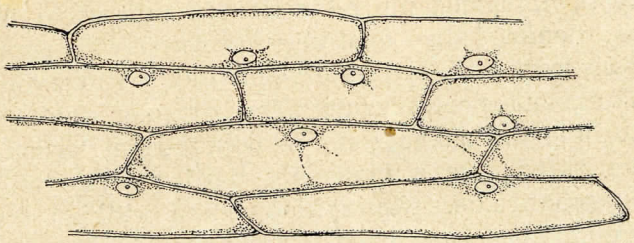
KOMÓRKA

4. Cytologja. Jedną z najważniejszych zdobyczy biologji jest stwierdzenie faktu, że zarówno rośliny, jak i zwierzęta składają się z drobnych, widzialnych jedynie przez mikroskop a podobnych do siebie części, które nazwano komórkami. Dział morfologji, poświęcony badaniu komórek, nosi nazwę cytologji. Rozrosła się ona w ostatnich czasach ogromnie, łącząc odnośne działy botaniki i zoologji, gdyż wszystkie organizmy składają się z komórek w znacznym stopniu do siebie podobnych. Współpraca obu nauk biologicznych datuje się tu zresztą od początku. Po raz pierwszy zauważono budowę komórkową u roślin; uczynił to Robert Hooke (1636—1703), oglądając pod mikroskopem korek. Pierwsze pojęcia o komórce ukształtowały się pod wpływem objektów roślinnych, poczynając od samej nazwy, która nie odpowiada zupełnie późniejszym obserwacjom. Narazie nie widziano w komórce nic, oprócz ścianek, ograniczających ją ze wszystkich stron, i bliżej nieokreślonej gazowej lub płynnej zawartości. Dopiero w r. 1831 Robert Brown stwierdził w komórce roślinnej obecność jądra. Dalszą rozbudowę nauki o komórce zawdzięczamy zoologom, którzy odkryli protoplazmę, nazywając ją sarkodą (Dujardin, 1835). U roślin protoplazmę, jako stałą część składową komórki, stwierdził dopiero w 11 lat później Hugo von Mohl, który nadał jej tę używaną obecnie nazwę. Ostateczne stwierdzenie tożsamości sarkody zwierząt i protoplazmy roślin zawdzięczamy zoologowi, Maxowi Schultzemu, który w roku 1861 ugruntował obecne pojęcie o komórce, jako o bryłce protoplazmy obłonionej albo nagiej, zawierającej w środku jądro. Dokładniejsze badanie protoplazmy i jądra, tych głównych składników komórki, zostało przeprowadzone głównie przez zoologów. Z botaników największe zasługi położył w tej dziedzinie Edward Strasburger (początkowo docent Szkoły Głów-

nej w Warszawie, następnie profesor Uniwersytetu w Bonn). Wielkie podobieństwo komórki roślinnej i zwierzęcej spowodowało niektórych autorów do traktowania cytologji botanicznej i zoologicznej jako jednolitej nauki. Taki charakter ma zbiorowe dzieło wydane przez COWDRY'EGO p. t. „General Cytology. A Textbook of Cellular Structure and Function for Students of Biology and Medicine" (Chicago, 1924) oraz książka: SHARP-JARETZKY „Einführung in die Zytologie" (Berlin, 1931). Specjalnie komórce roślinnej poświęcone jest wielkie dzieło: GUILLERMOND, MANGENOT, PLANTEFOL, „Traité de cytologie végétale" (Paris, 1933).

Badania cytologiczne wymagają użycia złożonej delikatnej techniki mikroskopowej, która została doprowadzona do wielkiej doskonałości głównie przez zoologów. Najbardziej znanym podręcznikiem botanicznej techniki mikroskopowej jest książka STRASBURGERA p. t. „Das botanische Praktikum" (ostatnie, szóste wydanie z r. 1921 opracowane już po śmierci autora przez KOERNICKE'GO). Dzieło to wyszło początkowo po polsku w r. 1888 pod tytułem „Krótki przewodnik do zajęć praktycznych z botaniki mikroskopowej". Miało ono wtedy rozmiary mniejsze. W takiej zwięzłej formie ukazało się następnie po niemiecku w wielu wydaniach p. t. „Das kleine botanische Praktikum". Drugie polskie wydanie jego ukazało się w r. 1924. Jest to tłumaczenie 9-go wydania niemieckiego przez T. KOŁODZIEJCZYKA. Doskonałym podręcznikiem techniki mikroskopowej jest książka amerykańskiego autora CHAMBERLAINA p. t. „Methods in Plant Histology" (4 wydanie, Chicago, 1924).

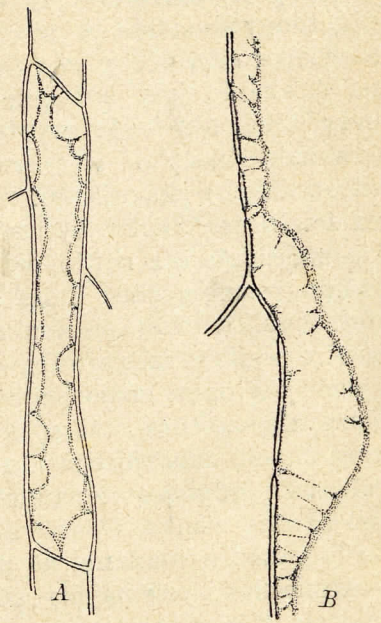
5. Budowa komórki roślinnej. Komórka roślinna ma zwykle kilka setnych milimetra średnicy. Wymiary jej w poszczególnych przypadkach mogą być bardzo różne: od kilku metrów (naczynia mleczne) do tak małych, że staje się ona niewidzialna pod mikroskopem (wirusy, patrz bliższe szczegóły w ustępach, poświęconych bakterjom). Komórka roślinna jest z reguły okryta błoną, złożoną głównie z błonnika czyli celulozy. Błona jest częścią komórki roślinnej, najłatwiejszą do obserwowania. Jest ona przytem jej stałym składnikiem, gdyż tylko u pewnych niższych roślin komórki są bez błony, a u wyższych tylko komórki rozrodcze (pływki, jaja, plemniki). W przeciwieństwie do tego komórki zwierzęce są zwykle pozbawione błony, a jeżeli są obłonione, to błona składa się z ciał białkowych. Istnienie komórek nieobłonionych dowodzi, że błona nie jest częścią istotną komórki. Daleko ważniejszym składnikiem komórki jest protoplazma wraz z zawartem w niej ją-



Ryc. 1. Skórka z łusek cebuli *(Allium Cepa)*.

drem. Chcąc te wszystkie części składowe komórki zobaczyć, najlepiej jest wziąć skórkę z łusek cebuli *(Allium Cepa)*. Taka skórka składa się z jednej warstwy dużych komórek, zawierających bardzo wyraźne jądro (ryc. 1). Protoplazma nie występuje wyraźnie. Chcąc ją zobaczyć, trzeba umieścić skórkę w roztworze cukru albo soli: wówczas protoplazma kurczy się i odstaje od błony, zachowując łączność z nią tylko przy pomocy cienkich niteczek (ryc. 2). Zjawisko to nazywa się plazmolizą. Zarówno protoplazma, jak i jądro mają budowę bardzo złożoną, o czem będzie mowa później. Już teraz jednak warto wspomnieć o charakterystycznym składniku protoplazmy komórek roślinnych, jakim są plastydy, ciałka, zawierające zwykle barwiki, najczęściej zielone. Nie wszystkie komórki roślinne zawierają plastydy, zwierzęta zaś nie mają ich wcale.

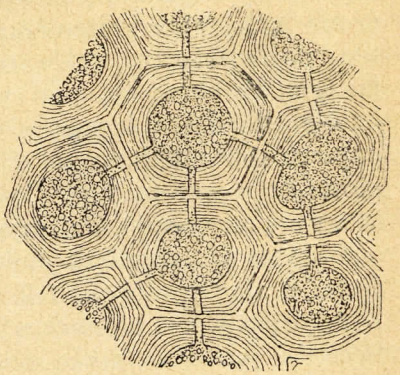
Oprócz tego komórka roślinna zawiera różne ciała martwe, położone w protoplazmie i przez nią wytworzone: sok komórkowy, skrobię i t. d.



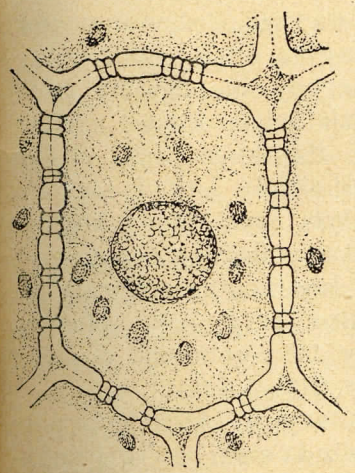
Ryc. 2. *A* Komórka skórki z łuski cebuli *(Allium Cepa)*. Protoplazma skurczona skutkiem plazmoliny, jądro niewyrysowane. — *B* Część komórki silniej powiększona dla pokazania nici, łączących skurczoną protoplazmę z cienką jej warstwą, która pozostała przy błonie. — Według JOSTA.

6. Błona komórkowa. Otaczająca komórkę roślinną błona jest substancją martwą, wytworzoną przez protoplazmę. Pozostaje ona jednak w ścisłym związku z protoplazmą. Podczas plazmolizy protoplazma nie oddziela się całkowicie od błony, przeciwnie: cienka, ledwo dostrzegalna warstewka protoplazmy pozostaje na wewnętrznej powierzchni błony i utrzymuje łączność ze skurczoną protoplazmą przy pomocy delikatnych nitek, jak to było już zaznaczone w poprzednim ustępie. Błona komórkowa składa się z materjału bardzo wytrzymałego na działania mechaniczne. Naprzykład błona włókien lnu nowozelandzkiego *(Phormium tenax)* wytrzymuje działanie siły rozciągającej 20 *kg* na milimetr kwadratowy poprzecznego przekroju, nie tracąc przytem swojej sprężystości, to znaczy wracając do pierwotnego stanu po ustaniu działania siły. Stal wytrzymuje niewiele więcej, bo tylko 25 *kg* na milimetr kwadratowy. Pomimo swojej wielkiej wytrzymałości na rozciąganie, błony komórkowe są bardzo wiotkie i wystarcza bardzo niewielka siła, ażeby je zgiąć. Skutkiem tego wytrzymałość ich na ściskanie jest znacznie mniejsza, niż na rozciąganie, bo przy ściskaniu ciała wyginają się wbok i wytrzymałość na ściskanie zależy od wytrzymałości na zginanie. Jedynie błony zdrewniałe wykazują dużą sztywność i przez to wytrzymałość na ściskanie. Wielka wytrzymałość mechaniczna błony ma wielkie znaczenie dla roślin, gdyż w komórkach panuje wielkie ciśnienie osmotyczne, które wynosi średnio kilkanaście atmosfer. Dzięki temu ciśnieniu błona komórki, sama przez się bardzo wiotka, nabiera znacznej sztywności na podobieństwo gumowych opon samochodowych. Dzięki swojej wytrzymałości błona zabezpiecza roślinę od uszkodzeń pod działaniem sił zewnętrznych, zabezpiecza przed złamaniem, rozerwaniem i t. p., zwłaszcza gdy jest zgrubiała. W komórkach młodych błona jest zawsze cienka. Grubienie następuje dopiero później. Dzieje się to przez nakładanie na powierzchni błony nowych warstw. Uwarstwienie, powstające przy grubieniu błony, z łatwością daje się obserwować przez mikroskop, gdyż kolejne warstwy różnią się składem chemicznym i własnościami fizycznemi. Najwyraźniej występuje zwykle warstwa środkowa, która jest wspólna dla obu stykających się komórek, podczas gdy warstwy inne należą wyłącznie do odnośnych komórek. Ta warstwa środkowa błony otrzymała osobną nazwę b l a s z k i środkowej.

Jakkolwiek błona komórkowa jest łatwo przepuszczalna dla wody oraz dla rozpuszczonych w niej gazów i krystaloidów[1]), jednakże utrudnia ona komunikację komórek między sobą, zwłaszcza gdy jest zgrubiała. Temu odosobnieniu komórek zapobiegają j a m k i i p l a z m o d e s m y. Jamki są to wgłębienia w zgrubiałych błonach, wytworzone skutkiem braku zgrubienia w pewnych miejscach. Można je widzieć np. na przekrojach przez pestkę daktyla (ryc. 3). W sąsiadujących komórkach jamki zawsze znajdują się naprzeciw siebie po obu stronach błony. Komunikacja między komórkami jest jeszcze bardziej ułatwiona przez cieniutkie kanaliki w niezgrubiałej części błony. Przez te kanaliki przechodzą plazmodesmy, niteczki protoplazmatyczne, łączące protoplazmy sąsiednich komórek. Plazmodesmy istnieją prawdopodobnie we wszystkich komórkach, jednakże z powodu swojej delikatności trudne są do stwierdzenia i niewszędzie zostały znalezione. Najłatwiej dają się one zobaczyć u jemioły *(Viscum album)* albo u jodły *(Abies alba)* na podłużnych przekrojach międzywęźli po odpowiedniem przygotowaniu i zabarwieniu (ryc. 4). Dzięki plazmodesmom wszystkie komórki, z których składa się roślina, stanowią jedną całość organiczną, żyjącą jednem wspólnem życiem.



Ryc. 3. Przekrój przez pestkę daktyla *(Phoenix dactylifera)*. Widoczne jest uwarstwienie błony i jamki.



Ryc. 4. Przekrój przez komórkę pędu jemioły *(Viscum album)* z uwidocznionemi plazmodesmami. Błona jest napęczniała pod działaniem odczynników. — Według Strasburgera.

Błona jest zawsze nasiąknięta wodą. Poza tem głównym jej składnikiem jest b ł o n n i k czyli c e l u l o z a, węglowodan bardzo odporny na działanie czynników chemicznych o składzie $(C_6H_{10}O_5)_n$, gdzie n jest bardzo duże. Błonnik nie rozpuszcza się w rozcieńczonym kwasie siarczanym, pod wpływem stężonego kwasu

[1]) Taką nazwę noszą substancje, złożone z drobnych cząsteczek, w przeciwstawieniu do koloidów, złożonych z dużych cząsteczek.

siarczanego z początku silnie pęcznieje, a następnie rozpuszcza się skutkiem hydrolizy, która go zamienia na glikozę ($C_6H_{12}O_6$). Pęcznienie błonnika pod wpływem kwasu siarczanego jest połączone z jego uwodnieniem; zamienia się on przytem na t. zw. hydrocelulozę, która różni się od błonnika między innemi tem, że barwi się pod wpływem jodu na niebiesko. Z podanego działania kwasu siarczanego korzysta się do wyrobu papieru pergaminowego. Poza stężonym kwasem siarczanym błonnik rozpuszcza się tylko w t. zw. płynie SCHWEITZERA, który się otrzymuje, działając w obecności powietrza roztworem amonjaku na metaliczną miedź. Ta ciemnobłękitna ciecz zawiera amonjakalny wodorotlenek miedzi o wzorze $Cu(OH)_2(NH_3)_6$. Z tego roztworu błonnik wydziela się pod działaniem kwasów. Błonnik jest substancją charakterystyczną dla roślin. U zwierząt występuje on jedynie u osłonic.

W błonach komórkowych błonnik nigdy nie jest czysty, lecz zawsze zawiera mniejsze lub większe domieszki innych substancyj. Jeżeli tych domieszek jest mało, mówi się, że błona jest złożona z „czystego“ błonnika. Wówczas barwi się ona na niebiesko pod działaniem roztworu jodu z chlorkiem cynku (sam jod nie wywołuje żadnego zabarwienia). Zabarwienie to nie występuje, jeżeli błonnik zawiera większą ilość domieszek.

Bardzo ważnym składnikiem błony są obok celulozy hemicelulozy. Są to również polisacharydy, ale o wiele mniej trwałe: ulegają one hydrolizie pod działaniem kwasu solnego i rozcieńczonego kwasu siarczanego. Skutkiem tego odgrywają rolę materjałów zapasowych obok skrobi i tłuszczów, np. silnie zgrubiałe błony w pestce daktyla (ryc. 3) są złożone głównie z hemiceluloz i przy kiełkowaniu ulegają rozpuszczeniu. Zawartość hemiceluloz w błonach jest wogóle znaczna, np. słoma żytnia zawiera 21% hemiceluloz przy 39% celulozy, liście dębowe — 13% hemiceluloz przy 14% celulozy, a mchy torfowce nawet 31% hemicelulozy przy 21% celulozy.

Bardzo ważną domieszką do celulozy w błonach komórkowych stanowi lignina, powodująca zdrewnienie i nadająca błonom sztywność. Lignina jest bliżej nieznaną substancją aromatyczną. Jest ona najbardziej trwałym składnikiem błony: nie działa na nią nawet stężony kwas siarczany. Zawartość ligniny może być znaczna: wynosi ona 15% w słomie żytniej, 30% w liściach dębowych, u mchów torfowców spada do 7%.

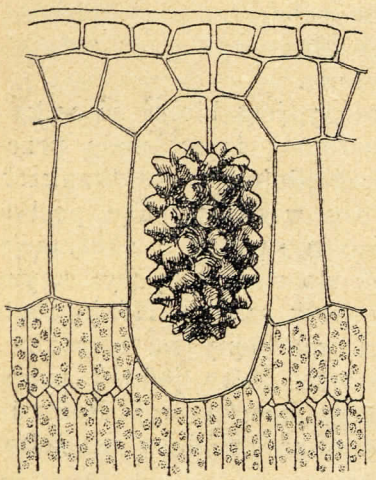
Zdrewnienie daje się ujawnić przez działanie alkoholowym roztworem floroglucyny i stężonym kwasem solnym: występuje wówczas silne zabarwienie czerwone w błonach zdrewniałych, podczas gdy inne błony oraz zawartość komórek pozostają bezbarwne. Pod działaniem roztworu jodu i chlorku cynku występuje zabarwienie brunatne albo żółte. Oba te zabarwienia znikają po pewnym czasie. Zabarwienie trwałe można otrzymać przy pomocy wodnego roztworu zieleni jodowej. Zabarwienie to występuje najwyraźniej po usunięciu protoplazmy działaniem wody Javelle'a. Dla lepszego uwidocznienia błon zdrewniałych dobrze jest oprócz tego zabarwić niezdrewniałe błony roztworem wodnym karminu z ałunem: otrzymuje się wtedy podwójne zabarwienie zielonoczerwone, bardzo pouczające. Zdrewniałe błony występują najobficiej w drewnie, skąd pochodzi ich nazwa.

Inną często spotykaną formą błony jest błona skorkowacona. Taka błona słabo nasiąka wodą i jest mało przepuszczalna. Skorkowacone błony znajdujemy w tkankach ochronnych na powierzchni rośliny, np. w korku, skąd pochodzi ich nazwa. Przyczyną skorkowacenia są pewne substancje o naturze estrów, podobne cokolwiek do wosku. Specyficznym odczynnikiem jest w tym wypadku barwik sudan III, którego roztwór alkoholowy barwi skorkowacone błony na czerwono. Oprócz nich barwią się jeszcze tłuszcze, które jednak mogą być z łatwością odróżnione od błony komórkowej. Roztwór jodu z chlorkiem cynku barwi skorkowacone błony na żółto.

Bardzo często spotykanym składnikiem błony są substancje pektynowe. W ich obecności błona pod wpływem roztworu jodu z chlorkiem cynku barwi się nie na niebiesko, lecz na fioletowo. Substancje pektynowe charakteryzują się przedewszystkiem tem, że rozgotowują się we wodzie, dając galaretę, i rozpuszczają się dosyć łatwo w rozcieńczonych kwasach i zasadach. Najwięcej ciał pektynowych zawierają owoce; stąd wywary jabłek, gruszek i t. d. są mniej lub więcej galaretowate. W mniejszych ilościach występują one we wszystkich prawie komórkach, w szczególności blaszka środkowa błony zawiera ich dużo, skutkiem czego przez gotowanie roślin w rozcieńczonych kwasach lub zasadach, a nieraz nawet w czystej wodzie można oddzielić od siebie komórki. Skład chemiczny ciał pektynowych nie jest bliżej znany, prawdopodobnie są to kwasy, zbliżone do węglowodanów albo sole takich kwasów. W przeciwieństwie do błonnika nie rozpuszczają się one w płynie SCHWEITZERA. Safranina barwi je na kolor żółtawo-czerwony, nie barwiąc jednocześnie błonnika czystego, ale nadając zato błonom zdrewniałym i skorkowaconym kolor jaskra-

woczerwony. Podobnie błękit metylenowy barwi na niebiesko substancje pektynowe oraz błony zdrewniałe i skorkowacone. Najlepszym odczynnikiem jest czerwień rutenowa, która oprócz ciał pektynowych barwi tylko glikogen i izolicheninę, pewien szczególny węglowodan, zawarty w błonach porostów.

W niektórych komórkach błona posiada własność silnego pęcznienia we wodzie, zamieniając się na śluzowatą masę, np. w skórce nasion lnu. Podobne do śluzu, ale bardziej spoiste są różne gumy, występujące np. u wiśni, akacji i t. d.



Ryc. 5. Cystolit w skórce *Ficus elastica*. — Według Strasburgera.

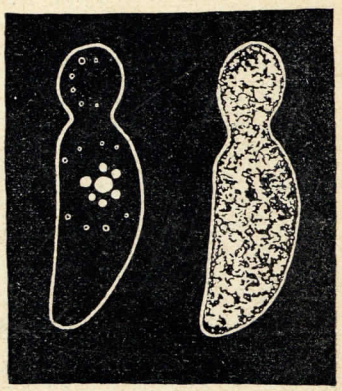
Bardzo szczególny skład posiadają błony grzybów, złożone z chityny, azotowej substancji organicznej o składzie $C_{30}H_{50}O_{19}N_4$. Chityna poza tem u roślin nie występuje, natomiast jest bardzo rozpowszechniona u zwierząt.

Błona zawiera zawsze substancje mineralne, głównie krzemionkę i węglan wapniowy, ale zwykle w niewielkich ilościach. Silną zawartością krzemionki odznaczają się trawy *(Gramineae)* i skrzypy *(Equisetum)*, z roślin niższych — okrzemki *(Diatomeae)*. Bardzo charakterystyczne zwapnienia, t. zw. cystolity, występują w komórkach skórki w rodzinie morwowatych *(Moraceae)* (ryc. 5). Niektóre krasnorosty (np. *Lithotamnion*) mają błonę tak silnie przesyconą węglanem wapnia, że stają się twarde jak kamień i tworzą nieraz skały (trzeciorzędowe wapienie litotamnjowe).

7. Protoplazma. Protoplazma (zwana inaczej plazmą) ma postać miękkiej koloidalnej masy, posiadającej jednak pewną elastyczność. Ma ona własności fizyczne żelu na podobieństwo żelatyny, rozgotowanej w gorącej wodzie i skrzepłej po oziębieniu.

Skład chemiczny protoplazmy nie da się poznać oddzielnie od jądra. Dokładne badanie jest możliwe tylko nad plazmodjami śluzowców, które nie mają błon komórkowych i mogą dochodzić do kilku kilogramów wagi. Analiza plazmodjum *Fuligo septica* dała wyniki następujące. Najwięcej jest wody: 82·6%. W suchej substancji rozpuszczalnych w wodzie składników jest 40·7%. Są to produkty przemiany materji, mieszczące się głównie w soku komórkowym. Właściwa substancja protoplazmy jest nierozpuszczalna. Zawiera ona 34·8% ciał białkowych i 16·1% lipoidów (tłuszczów i substancyj zbliżonych swojemi własnościami fizycznemi do tłuszczów). Resztę (8·6%) stanowią inne substancje organiczne oraz mineralne.

Mamy zatem dwa główne składniki protoplazmy: ciała białkowe oraz lipoidy. Są to substancje o różnych własnościach fizycznych: ciała białkowe tworzą z wodą mieszaniny, t. zw. roztwory koloidalne; lipoidy z wodą się nie mieszają, natomiast rozpuszczają się w alkoholu i eterze. Wobec tego należy przypuścić, że protoplazma stanowi rodzaj emulsji, w której kropelki koloidalnych roztworów ciał białkowych są przedzielone przez błonki lipoidalne, albo odwrotnie. Wspomniane kropelki muszą być drobne, bo w ultramikroskopie nie są widoczne. Ultramikroskop jest to mikroskop z bocznem oświetleniem: widzi się w nim na ciemnem tle drobne cząsteczki, niewidzialne przy zwykłem oświetleniu, tak jak cząsteczki kurzu w smudze światła słonecznego w ciemnym pokoju. Otóż protoplazma pod ultramikroskopem przedstawia się jako próżnia optyczna, w której widzi się tylko większe kropelki lipoidów oraz ciałka, wydzielane czasem przez sok komórkowy (ryc. 6, lewa figura). Zarysowują się przytem słabo granice plastydów i innych składników protoplazmy, o których będzie mowa poniżej. Widoczna jest natomiast błona komórkowa i zarysy jądra, które samo jest ciemne lub słabo opalizuje. Po zabiciu komórki obraz zaraz zmienia się: następuje odmieszanie składników protoplazmy, które stają się dobrze widoczne. Martwa protoplazma jest gąbczasta (ryc. 6, prawa figura).



Ryc. 6. Komórka drożdży *(Saccharomyces Ludwigii)* widziana pod ultramikroskopem, z lewej strony żywa, z prawej strony — zabita działaniem odczynników utrwalających. Jasne plamki w lewej figurze są kropelkami lipoidów albo ziarenkami, wydzielonemi z soku komórkowego. Jądro jest niewidoczne. — Według Guillermond'a.

Protoplazma zawiera następujące składniki, widzialne pod mikroskopem: hyaloplazmę i rozsiane w niej chondrjo-

Białystok

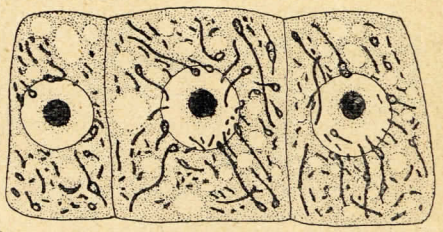
zomy, aparat Golgi'ego i plastydy, nie licząc wodniczków i innych jej wytworów.

Hyaloplazma jest bezbarwna[1]) i zupełnie jednorodna, jeżeli nie liczyć kropelek lipoidów. Inne składniki protoplazmy są wśród niej dobrze widoczne tylko wtedy, jeżeli są barwne, jak np. różne plastydy. Stopień widzialności zależy od różnicy w załamywaniu światła, a współczynniki załamania składników protoplazmy mało różnią się między sobą. Stąd pochodzi konieczność użycia barwików do badań nad protoplazmą i wogóle do badań cytologicznych. Zazwyczaj przed użyciem barwików zabija się żywą zawartość komórki działaniem różnych odczynników (alkohol, kwas octowy, osmowy i t. d.). Zawartość komórki wtedy twardnieje, co ułatwia badanie. Wtedy poszczególne składniki nie przesuwają się, komórkę można krajać na cienkie plasterki i t. d. Pociąga to za sobą jednak niebezpieczeństwo spowodowania w żywej zawartości komórki zmian tak silnych, że mogą wystąpić właściwości, których żywa materja nie posiada. Różnica w obrazie ultramikroskopowym komórki żywej i martwej (ryc. 6) jest bardzo wymownem w tym względzie ostrzeżeniem. Dlatego też obok badań nad komórką zabitą, utrwaloną, jak się to mówi, dokonuje się w miarę możności obserwacyj nad komórką żywą. W ostatnich czasach na te obserwacje kładzie się szczególny nacisk. Wielkiem ułatwieniem w nich jest użycie barwików przyżyciowych, które przenikając do protoplazmy nie szkodzą jej, ściślej mówiąc, szkodzą w słabym stopniu. Muszą one być używane w roztworach silnie rozcieńczonych, bo roztwory stężone są zawsze zabójcze. Barwiki naogół są trujące i barwików przyżyciowych jest niewiele. Najważniejsze z nich, to zieleń janusowa B i czerwień obojętna.

Pierwszy z wymienionych barwików, użyty w rozcieńczeniu 1 : 10000 do 1 : 50000, pozwala uwidocznić w żywej komórce chondrjozomy, które są z natury bezbarwne, a pod jego działaniem barwią się na kolor zielonawo-niebieski. Znaleziono je we wszystkich komórkach zwierzęcych i roślinnych, z wyjątkiem rozprątków. Mają one postać ziarenek, laseczek lub nici, widzialnych czasem także bez zabarwienia w żywej protoplazmie (ryc. 7). Chondrjozomy są rozpuszczalne w alkoholu, kwasie octowym i niektórych innych odczynnikach. Widocznie w składzie ich przeważają lipoidy. Dla sporządzenia trwałych preparatów celem bliższego zbadania chondrjozomów utrwala się komórkę odczynnikiem, nie zawierającym alkoholu i kwasu

[1]) Wyjątek stanowią sinice i niektóre śluzowce.

octowego, i barwi się hematoksyliną, bardzo ważnym dla cytologji barwikiem, otrzymywanym z drewna amerykańskiej rośliny *Haematoxylon campecheanum* (z rodziny *Caesalpiniaceae*). Barwik ten nie barwi trwale żadnej części komórki bez uprzedniego działania solami żelaza, glinu i niektórych innych jeszcze metali. Według metody Heidenhaina należy kąpać objekt w 3-procentowym roztworze ałunu żelazowo-amonowego $[Fe(NH_4)(SO_4)_2]$, poczem przenosi się go do 1-procentowego roztworu hematoksyliny. Objekt cały przybiera czarną barwę. Następnie umieszcza się go znowu w roztworze ałunu, pod którego działaniem następuje stopniowe odbarwienie. Najdłużej utrzymuje się zabarwienie w chondrjozomach, chromatynie i centrozomach. Przerywając zatem w odpowiedniej chwili odbarwienie, otrzymuje się bardzo wyraźne obrazy czarne na jasnem tle. Ten sposób barwienia nie jest specyficzny dla chondrjozomów, jest jednak najwygodniejszy, gdyż daje preparaty trwałe, w przeciwieństwie do zieleni janusowej. Chondrjozomy na takich preparatach można z łatwością odróżnić od chromatyny, gdyż chromatyna znajduje się w jądrze. Co się zaś tyczy centrozomów, które występują zresztą tylko u niższych roślin, to można je poznać bez trudu po tem, że mają postać drobnych ziarenek, znajdujących się w ilości jednego lub najwyżej dwóch wpobliżu jądra i biorących udział w jego podziale. Dalsze wiadomości o centrozomach będą podane przy omawianiu podziału jądra. Barwi się pod działaniem hematoksyliny także i błona komórkowa, ale słabo.



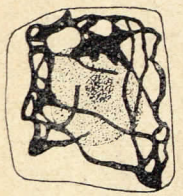
Ryc. 7. Chondrjozomy rozmaitego kształtu w komórkach stożka wzrostowego korzeni cebuli *(Allium Cepa)* według barwionego hematoksyliną preparatu. Niektóre laseczkowate chondrjozomy są na końcu lub w środku rozdęte skutkiem wytworzenia jakichś substancyj. Pęcherzyki te są przedstawione w przekroju optycznym. — Według Guillermond'a.

Nowe chondrjozomy powstają przez podział dawniej istniejących. Nie stwierdzono dotychczas w żadnym przypadku, by się one tworzyły z hyaloplazmy. Rola chondrjozomów w życiu komórki jest nieznana.

Dalszym składnikiem protoplazmy jest aparat Golgi'ego. Wykryty z początku u zwierząt, został on potem znaleziony także u roślin. Jakkolwiek bezbarwny, jest on widzialny cza-

*

sem w żywej komórce. Nie barwi się naogół żadnym barwikiem przyżyciowym, z wyjątkiem pewnych przypadków, kiedy się zabarwia na czerwono pod działaniem czerwieni obojętnej, barwika charakterystycznego dla wodniczków. To dało asumpt Guillermond'owi do twierdzenia, że jest on indentyczny z wodniczkami. U większości cytologów panuje zdanie, że są to jednak twory odrębne. Kwestja gmatwa się przez to, że reakcja charakterystyczna dla aparatu Golgi'ego, a mianowicie tworzenie czarnego osadu z soli srebra po utrwaleniu, daje się nieraz stwierdzić także na wodniczkach[1]). Aparat Golgi'ego przedstawia się przeważnie w formie siateczki (ryc. 8), rzadziej w formie ziarenek. Rola jego w życiu komórki jest nieznana.



Ryc. 8. Aparat Golgi'ego w komórce korzenia grochu. — Według Guillermond'a.

Niewiadomo jest, czy stanowi on samoistny składnik protoplazmy, czy też może powstawać z hyaloplazmy.

Ostatni wreszcie składnik protoplazmy — to plastydy. Różnią się one od obu poprzednich tem, że wytwarzają różne substancje, odgrywające przeważnie poważną rolę w życiu rośliny: chlorofil, skrobię i t. p. We wczesnych stadjach rozwojowych są one drobne, bezbarwne i naogół nie różnią się od chondrjozomów, co dało powód do twierdzenia, że są to poprostu przeobrażone chondrjozomy. Czy tak jest istotnie, trudno jest powiedzieć. Faktem jest natomiast, że u niektórych glonów i mszaków plastydy zielone, wytwarzające chlorofil, dają się prześledzić w ciągu całego cyklu rozwojowego, jako składniki protoplazmy, odrębne od chondrjozomów, ponieważ zachowują stale zielony barwik.

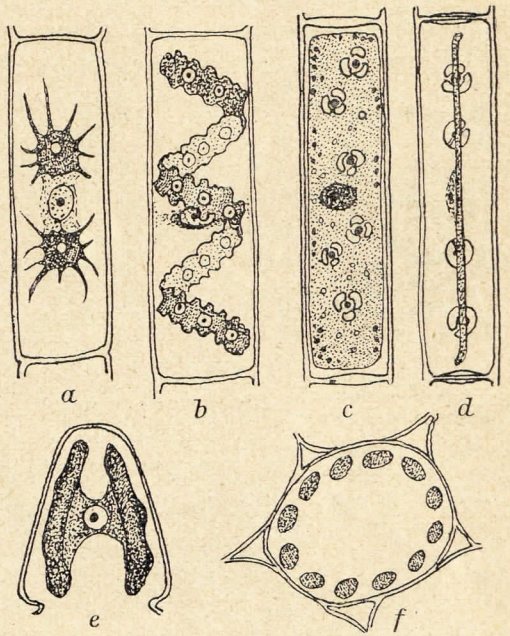
Plastydy w późniejszych stadjach rozwojowych komórki rozrastają się i wtedy wyraźnie odróżniają się od chondrjozomów, zwłaszcza przez substancje przez nie wytwarzane. Ilość ich pomnaża się przytem przez podział.

Rozróżnić można trzy rodzaje plastydów: chloroplasty czyli ciałka zieleni, barwy zielonej; chromoplasty, barwy żółtej albo pomarańczowej; wreszcie leukoplasty, które są bezbarwne. We wczesnych stadjach rozwojowych chloroplasty i chromoplasty są naogół bezbarwne i nie różnią się od leukoplastów.

Ciałka zieleni odgrywają bardzo ważną rolę w życiu rośliny: w nich odbywa się przyswajanie dwutlenku węgla,

[1]) Sembrat K. Aparat Golgi'ego a wakuom i t. zw. chondrjom specjalny. — Kosmos Serja B. 1931, str. 136—163.

w nich przerabia się ten gaz przy współudziale wody i chlorofilu na substancje organiczne. U siemieniowców kształt ich jest nieraz bardzo złożony w postaci wstęgi spiralnie zwiniętej *(Spirogyra)*, gwiazdy *(Zygnema)* i t. d. (ryc. 9, *a—e*). U innych roślin mają one kształt prosty, okrągły lub zaokrąglony (ryc. 9, *f*). Chloroplasty wiciowców, siemieniowców i glonów zawierają zwykle t. zw. pirenoidy, drobne okrągłe ciałka, naokoło których tworzy się skrobia. Poza tem tego rodzaju twory występują tylko u wątrobowców z rodzaju *Anthoceros*. Chloroplasty u większości roślin wytwarzają skrobię w postaci ziarenek, które można uwidocznić przy pomocy jodu. Najlepiej jest używać do tego celu roztworu jodu z wodzianem chloralu, który prześwietla chloroplasty: wówczas niebiesko zabarwione ziarenka skrobi stają się wyraźniejsze.

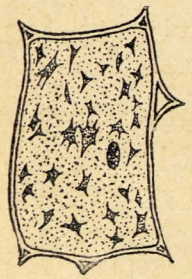


Ryc. 9. Różne formy chloroplastów: *a — Zygnema, b — Spirogyra, c* i *d — Mougeotia* (komórka widziana zprzodu i zboku), *e — Euastrum, f* — u nasiennej rośliny. We wszystkich formach z wyjątkiem ostatniej są widoczne pirenoidy.

Chlorofil, powodujący zielone zabarwienie chloroplastów, jest specyficznym roślinnym barwikiem, rozpuszczalnym w spirytusie, benzynie i acetonie, nierozpuszczalnym w wodzie. Jest to mieszanina dwóch bardzo złożonych związków organicznych, o których jeszcze będzie mowa w fizjologji. Narazie wystarczy powiedzieć, że zawierają one węgiel, wodór, tlen, azot i magn. Barwa ich w świetle przechodzącem jest zielona, w odbitem — czerwona z powodu silnej fluorescencji. Nietrudno wykazać, że chloroplasty zawierają oprócz zielonych barwików także żółte, t. zw. karotynoidy. W tym celu należy rozetrzeć liście z piaskiem i wyługować niezbyt stężonym alkoholem. Jeżeli do otrzymanego w ten sposób roztworu dolać benzyny i skłócić, to chlorofil przechodzi do benzyny, zaś żółte

barwiki pozostają w alkoholu. Po pewnym czasie obie ciecze oddzielają się od siebie: na wierzchu zbiera się ciemnozielona warstwa benzyny, pod nią żółtawa warstwa alkoholu. Chlorofilowi towarzyszą dwa karotynoidy: karotyna ($C_{40}H_{56}$) i ksantofil ($C_{40}H_{56}O_2$). Ksantofil jest barwy czysto żółtej, karotyna zaś ma czerwony odcień, co jest dobrze widoczne na korzeniach marchwi, zawierających tę substancję w wielkiej ilości.

U krasnorostów, brunatnic, okrzemek i wielu wiciowców barwa chloroplastów nie jest zielona skutkiem obecności dodatkowych barwików obok chlorofilu i zwykłych dwóch karotynoidów. Krasnorosty zawierają fikoerytrynę, czerwony barwik o pomarańczowej fluorescencji, oraz w mniejszej ilości fikocyjaninę, błękitny barwik o czerwonej fluorescencji. Oba barwiki są ciałami białkowemi, nierozpuszczalnemi w czystej, rozpuszczalnemi w słonej wodzie. Dodatkowy żółty barwik brunatnic, fikoksantyna, jest karotynoidem o wzorze $C_{40}H_{54}O_6$. Podobnie jak karotyna i ksantofil, nie rozpuszcza się ona w wodzie i nie fluoryzuje. Barwiki okrzemek i wiciowców z powodu drobnych rozmiarów tych organizmów nie zostały jeszcze zbadane. Sinice, nie mające chloroplastów, zawierają w protoplazmie te same barwiki, co krasnorosty w ciałkach zieleni, tylko w innej proporcji, z przewagą fikocyjaniny.



Ryc. 10. Chromoplasty w komórce miękiszu owoców jarzębiny *(Sorbus Aucuparia)*.

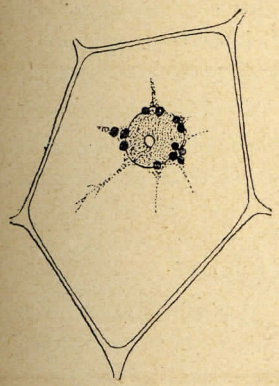
Drugi rodzaj plastydów — chromoplasty — można widzieć w korzeniu marchwi *(Daucus Carota)*, w płatkach wielu żółtych kwiatów (np. u jaskra), w miąższu niektórych owoców [np. u jarzębiny *(Sorbus Aucuparia)*, u pomidora *(Solanum Lycopersicum)*] i t. d. Żółte zabarwienie pochodzi od ksantofilu, pomarańczowe jest powodowane przez karotynę. Barwiki te często krystalizują się i wówczas chromoplasty przybierają kańciaste kształty, zbliżone do kształtu tych kryształów (ryc. 10)[1].

Wreszcie leukoplasty występują prawie we wszystkich komórkach, chociaż niezawsze są łatwo dostrzegalne z powodu braku zabarwienia. Niema ich, jak i wogóle plastydów, u śluzowców, grzybów i rozprątków. Łatwiej jest stwierdzić wytwór ich, którym jest skrobia. Ziarenka skrobi tworzą się zawsze

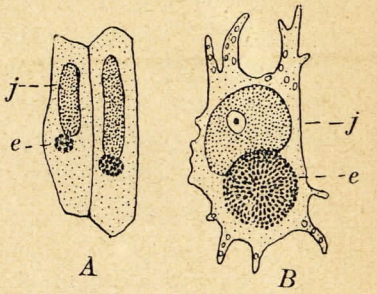
[1]) Rothert (W.): Ueber Chromoplasten in vegetativen Organen. — Bull. Acad. Sc. Cracovie. Série B. Année 1913 (1914).

Tenże: Neue Untersuchungen über Chromoplasten. — Bull. Acad. Sc. Cracovie. Série B. Année 1914 (1915).

wewnątrz plastydów, chloroplastów albo leukoplastów. Jeżeli ziarenko jest małe, to pozostaje ono wewnątrz plastydu. Większe ziarenka wysuwają się z niego nazewnątrz. Wówczas narastają one nierównomiernie, silniej w tej części, która dotyka plastydu. Leukoplasty można obserwować z łatwością w skórce liścia u *Tradescantia*, gdzie one są zgromadzone naokoło jądra (ryc. 11).



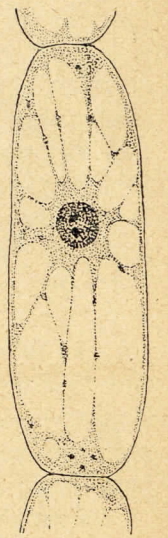
Ryc. 11. Leukoplasty w komórce skórki u *Tradescantia*. — Według Strasburgera



Ryc. 12. Elajoplasty w komórkach skórki na zalążni *Ornithogalum umbelatum*; *j* — jądro, *e* — elajoplast. — *A* Stadjum młodsze. — *B* Stadjum starsze. — Według Raciborskiego.

Naostatek warto jeszcze wspomnieć o elajoplastach, utworach podobnych do plastydów, a zawierających zamiast skrobi substancję podobną do tłuszczu. Występują one u różnych liljowatych i storczyków, a więc u roślin nie tworzących skrobi. Najlepszym objektem jest skórka zalążni śniedka baldaszkowatego *(Ornithogalum umbellatum)* (ryc. 12)[1]). Podobne twory występują także u wątrobowców.

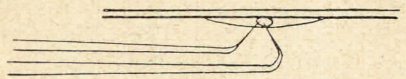
Opisana powyżej złożona budowa protoplazmy stoi w związku z różnorodnością zjawisk życiowych, które się w niej odbywają. Widomym ich znakiem są ruchy w protoplazmie, które można obserwować, śledząc za różnemi jej składnikami: chondrjozomami, plastydami i t. d. Najlepszemi objektami do takich obserwacyj są włoski z pręcików u *Tradescantia* (ryc. 13), liście *Elodea canadensis* oraz włośniki niektórych wodnych roślin. Badanie zjawisk życiowych należy do fizjologji i dlatego ograniczymy się do tej wzmianki. Warto jednak wspomnieć tu o no-



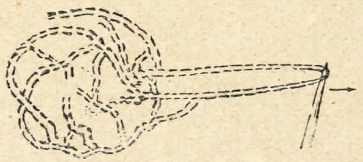
Ryc. 13. Komórka włoska z pręcików *Tradescantia virginica*. — Według Strasburgera.

[1]) Raciborski M.: Elajoplasty liljowatych. — Rozpr. Akad. Um. Serja B. XXVII (1895).

wych metodach badania żywej komórki, które dostarczyły dużo wiadomości, jakich nie można było zdobyć inną drogą. Tu należy hodowla komórek w sztucznem środowisku poza organizmem [1]) oraz mikrurgja [2]). Hodowla komórek poza organizmem daje się stosować głównie do komórek zwierzęcych. Mikrurgja polega na wykonywaniu działań mechanicznych nad składnikami komórki. W tym celu umieszcza się badane komórki w kropli, zawieszonej na dolnej stronie szkiełka (ryc. 14).



Ryc. 14. Urządzenie do manipulacyj mikrurgicznych w kropli wiszącej. — Według CHAMBERSA.



Ryc. 15. Mikrurgja. Wyciąganie chromozomów z jądra. — Według CHAMBERSA.

Operuje się przy pomocy dwóch cienkich igiełek szklanych, poruszanych przy pomocy specjalnego mechanizmu. Jedna z nich przytrzymuje komórki, druga służy do wykonywania operacyj nad niemi. Można w ten sposób wyjmować z komórki poszczególne składniki (ryc. 15) i t. p. Zmiany w komórce obserwuje się przez mikroskop z górnej strony szkiełka. Można także nastrzykiwać komórkę różnemi odczynnikami. Mikrurgja pozwoliła stwierdzić m. i., że protoplazma ma reakcję słabo alkaliczną, sok komórkowy w wodniczkach natomiast — kwaśną. Pozwoliła także zbadać lepkość protoplazmy: okazałosię, że jest ona mniej więcej taka sama, jak gliceryny, to znaczy 770 razy większa niż wody i t. p.

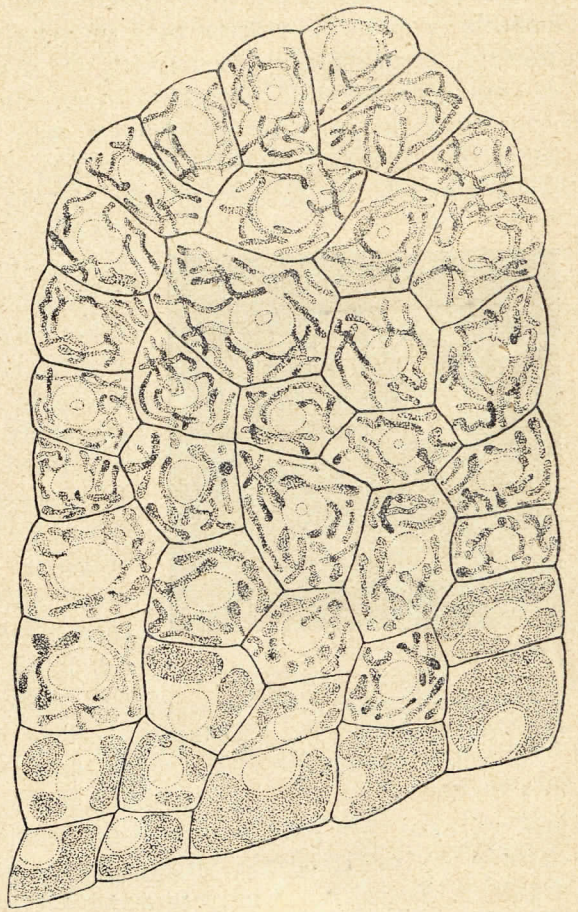
8. Wytwory protoplazmy. Protoplazma wytwarza mnóstwo ciał martwych, które odgrywają ważną rolę w życiu komórki. Zajmuje się niemi głównie fizjologja. W morfologji wypadnie nam omówić tylko te wytwory protoplazmy, które są widoczne przy badaniu mikroskopowem.

Przegląd tych wytworów rozpoczniemy od wodniczków. W młodszych komórkach są one drobne, w kształcie ziarenek lub laseczek. Składają się z substancji mniej więcej tak samo

[1]) POLUSZYŃSKI G. Hodowla tkanek. — Kosmos. Serja B. 1929. 48—72. BECKER W. A. Zarys badań nad hodowlą tkanki roślinnej in vitro. — Kosmos. Serja B. 1934. 191—216.

[2]) HILLER S. Mikrurgja. — Kosmos. Serja B. 1929. 73—103.

gęstej, jak protoplazma. Są przeto przeważnie niewidoczne. Dopiero przez użycie czerwieni obojętnej można je uwidocznić: barwią się one na czerwono, podczas gdy protoplazma pozostaje bezbarwną. W miarę rozwoju komórki wodniczki rozrastają się coraz bardziej i łączą się ze sobą (ryc. 16). Substancja ich staje się coraz rzadsza, przemieniając się w sok komórkowy. Stają się one przeto coraz lepiej widoczne. Wreszcie w komórkach wyrośniętych wypełniają większą część objętości komórki, spychając protoplazmę ku błonie. Jądro zostaje przytem również zepchnięte albo pozostaje w środku komórki, zawsze jednak pozostaje otoczone protoplazmą i nie styka się z sokiem komórkowym. Tak samo błona pozostaje wyścielona bodaj cienką warstwą protoplazmy i również nie styka się z sokiem.



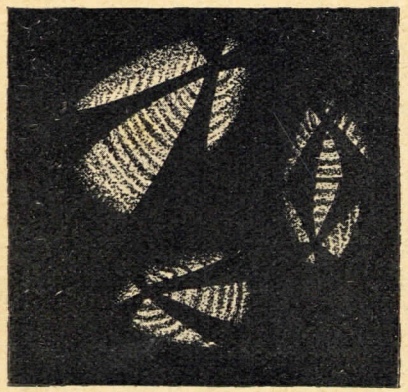
Ryc. 16. Młody ząbek z liścia róży. W górnej części wcześniejsze stadja rozwojowe komórek, ku dołowi — coraz późniejsze. Widoczne są coraz większe wodniczki. — Według GUILLERMOND'A.

Sok komórkowy składa się głównie z wody, w której są rozpuszczone różne sole, kwasy organiczne, cukry i inne substancje stałe. W niektórych wypadkach zawiera sok komórkowy barwiki, np. w płatkach kwiatów; jest wtedy zabarwiony na kolor czerwony, fiołkowy albo niebieski pod działaniem antocjanin. Rzadziej sok komórkowy ma barwę żółtą, np. w kwiatach dziewanny *(Verbascum)* albo komonicy *(Lotus*

corniculatus); wówczas zawiera on antochlory, zwane inaczej antoksantynami. O składzie chemicznym tych barwników będzie jeszcze mowa w fizjologji.

Barwiki zawarte w soku komórkowym nie wchodzą do protoplazmy, dopóki komórka żyje. Skoro tylko jednak protoplazma zostanie zabita, przy pomocy gorącej wody, natychmiast barwiki z soku komórkowego zaczynają przenikać do protoplazmy, a następnie przechodzą do otaczającej cieczy. Można to łatwo obserwować na czerwonych odmianach buraków.

Tworami zupełnie odrębnemi są wodniczki tętniące, które się znajdują u niższych roślin, w komórkach wiciowców i w pływkach niektórych glonów. Grają one rolę organów wydzielniczych, wyrzucając zawartość co pewien czas gwałtownym skurczem swoich ścianek. Po takim skurczu wodniczek rozszerza się stopniowo, wciągając w siebie ciecz z otaczającej protoplazmy.



Ryc. 17. Ziarna skrobi widziane w mikroskopie polaryzacyjnym przy skrzyżowanych nikolach. — Według Guillermond'a.

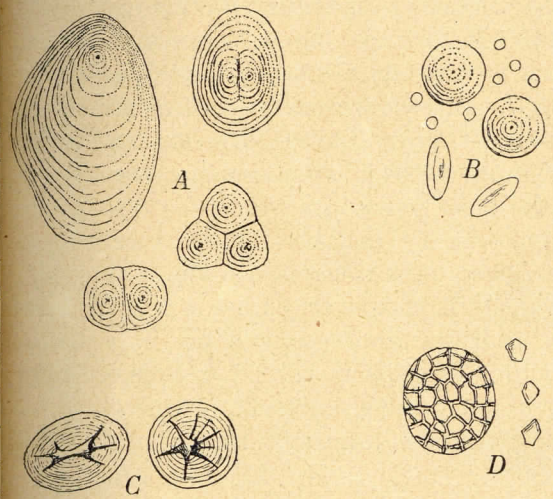
Bardzo często spotykanym wytworem protoplazmy są ziarna skrobi. Tworzą się one tylko w plastydach: chloroplastach albo leukoplastach. Średnica ich waha się w granicach od 0.002 do 0.17 *mm*. Budowa ich jest zawsze warstwowana: naokoło jąderka idą warstwy naprzemian jaśniejsze i ciemniejsze. Uwarstwienie niezawsze jest wyraźne, ale położenie jąderka można ustalić, obserwując skrobię w mikroskopie polaryzacyjnym przy skrzyżowanych nikolach. Widzi się wtedy w ziarenku ciemny krzyż, którego ramiona przecinają się w jąderku (ryc. 17) Jeżeli ziarno skrobi pozostaje przy powstawaniu otoczone przez plastyd, to każda warstwa będzie miała naokoło jednakową grubość i jąderko znajdzie się w środku. Jeżeli natomiast ziarno wysunie się jedną stroną z plastydu, to z tej strony warstwy będą cieńsze i ziarno stanie się ekscentryczne (ryc. 18). Jeżeli w plastydzie powstaje naraz więcej niż jedno ziarno, tworzą się ziarna złożone.

Skrobia odgrywa w roślinach bardzo ważną rolę materjałów zapasowych. Ekscentrycznie zbudowane a przytem duże są

ziarna skrobi w bulwach ziemniaków *(Solanum tuberosum)* (ryc. 19 *A*). Trafiają się wśród nich także ziarna złożone. Ziarna skrobi w nasionach zbóż i motylkowatych są przeciwnie współśrodkowe (ryc. 19 *B, C*). Żyto, pszenica i jęczmień mają ziarna skrobi proste, owies i ryż przeciwnie — ziarna złożone z wielkiej ilości zlepionych ze sobą ziarenek (ryc. 19 *D*). Ilość ziarenek w złożonem ziarnie może być bardzo wielka: 4—100 u ryżu, do 300 u owsa. Kształt i wielkość ziaren skrobi są charakterystyczne dla każdego gatunku rośliny. Skrobia jest węglowodanem o wzorze $(C_6H_{10}O_5)_n$ analogicznym do błonnika; w tym wzorze n jest jednak mniejsze niż dla błonnika, zresztą tak samo nieznane, jak i dla niego. Skrobia przy ogrzewaniu we wodzie szybko pęcznieje i rozpływa się, tworząc klajster. Pod działaniem rozcieńczonych kwasów łatwo ulega hydrolizie, dając glikozę, tak samo jak błonnik. Roztwór jodu odrazu barwi skrobię na niebiesko. To daje możność wykrycia jej w roślinie. Jeżeli ziarna skrobi są bardzo drobne, należy je przedtem rozgotować, zabarwienie wystąpi wówczas wyraźniej. Charakterystyczną cechą tego zabarwienia jest znikanie przy ogrzewaniu. Po oziębieniu zabarwienie niebieskie wraca, ale jest słabsze.



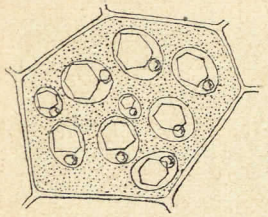
Ryc. 18. Powstawanie ziarna skrobi ziemniaka. Plastyd zabarwiony na czarno, widoczny w przekroju optycznym. — Według Guillermond'a.



Ryc. 19. Różne formy skrobi: *A* — ziemniak *(Solanum tuberosum)*, *B* — pszenica *(Triticum sativum)*, *C* — fasola *(Phaseolus multiflorus)*, *D* — owies *(Avena sativa)*. U fasoli są widoczne charakterystyczne promieniste spękania. U pszenicy dwa dolne ziarna są przedstawione z profilu i mają zarysy eliptyczne, ponieważ mają kształt soczewkowaty. Pszenica ma dwa rodzaje ziarn: duże i małe, pomieszane ze sobą.

W rodzinie złożonych *(Compositae)* spotyka się, jako materjał zapasowy, zamiast skrobi inulinę, rozpuszczalny w wodzie polisacharyd, tworzący pod działaniem kwasów fruktozę zamiast glikozy. Bardzo łatwo jest uwidocznić inulinę w bulwach georginji *(Dahlia variabilis)* działaniem alkoholu: nierozpuszczalna w tym odczynniku inulina wydziela się w formie sferokryształów.

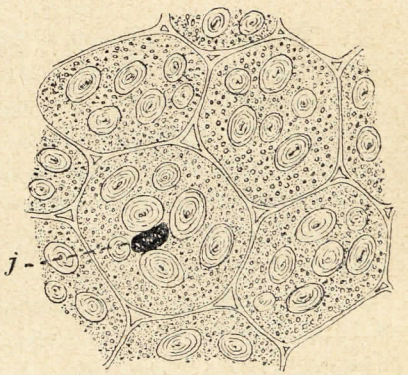
Oprócz skrobi gromadzą się nieraz w plotoplazmie inne materjały odżywcze: tłuszcze i ciałka białkowe. Tłuszcze są to estry gliceryny z wyższemi kwasami tłuszczowemi o 16 i 18 atomach węgla. O ich składzie chemicznym będzie jeszcze mowa w fizjologji. Są to substancje nierozpuszczalne w wodzie i w zimnym alkoholu, rozpuszczalne we wrzącym alkoholu i w eterze. W komórkach roślinnych mają one postać kropelek, silnie załamujących światło i barwiących się sudanem III na czerwono. Można je obserwować na skrawkach wyciętych z liścieni dyni *(Cucurbita Pepo)*, słonecznika *(Helianthus annuus)*. Kwas osmowy barwi tłuszcze na kolor ciemnobronzowy albo czarny, ale to jest reakcja na podwójne wiązanie między atomami węgla i skutkiem tego tłuszcze, pochodzące od kwasów nasyconych, nie dają tej reakcji. Zato otrzymuje się ją z innemi związkami organicznemi o podwójnem wiązaniu. Podobną do tłuszczów postać kropelek mają także oleje eteryczne i żywice, spotykane nieraz w roślinach, np. w płatkach kwiatów, w kłączach tataraku *(Acorus Calamus)* i t. d.



Ryc. 20. Komórka z nasienia rącznika *(Ricinus communis)* z ziarnami aleuronu. Wewnątrz nich kryształy ciał białkowych i globoidy. — Według Strasburgera.

Ciała białkowe przybierają nieraz w protoplazmie postać t. zw. ziaren aleuronu. Są to wodniczki ze stwardniałą zawartością. W nasionach najlepszym objektem do badania ziarn aleuronu są nasiona rącznika, w których są one największe. Na przekroju przez bielmo występują wyraźnie te ziarna wraz z zawartemi w nich kryształami ciał białkowych i okrągłemi ciałkami o odmiennym składzie, globoidami (ryc. 20). Globoidy składają się z soli wapniowo-magnowych kwasów organiczno-fosforowych. Nasiona rącznika zawierają dużo tłuszczu (oleju rycynowego), który uwidocznia się w postaci kropel pod działaniem wody. Woda rozpuszcza przytem ziarna aleuronu, dlatego też oglądać należy ten objekt w gli-

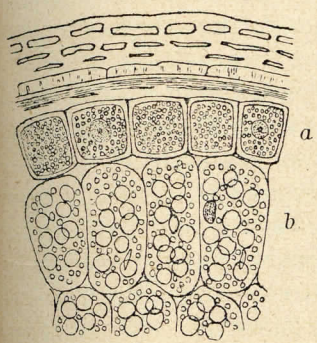
cerynie lub oliwie. Ziarna aleuronu można widzieć także w nasionach grochu, gdzie one są o wiele drobniejsze i pomieszane z ziarnami skrobi (ryc. 21). Dawniej myślano, że ziarna aleuronu mieszczą się także w zewnętrznej warstwie bielma u zbóż (ryc. 22). Bliższe zbadanie wykazało, że to są kropelki tłuszczów. Pomimo tego zużywa się zwykle nazwy „warstwy aleuronowej“ dla oznaczenia tego składnika ziarna.



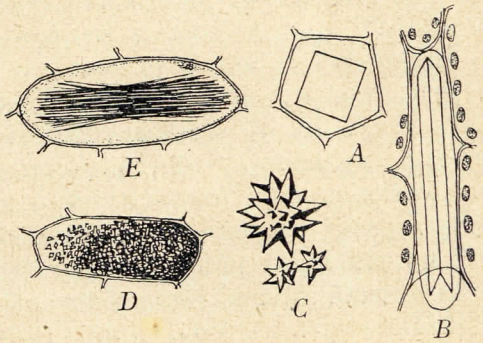
Ryc. 21. Przekrój liścieni grochu *(Pisum sativum)*; większe ziarenka są ziarnami skrobi, drobne — ziarnami aleuronu, *j* — jądro komórkowe. — Według Strasburgera.

Ziarna aleuronu dają charakterystyczne reakcje na ciała białkowe, np. reakcję ksantoproteinową, żółte zabarwienie pod działaniem kwasu azotowego.

Protoplazma wytwarza także ciała, które nie grają żadnej roli w życiu komórki, stanowiąc wydaliny. Takiemi ciałami są kryształy szczawianu wapnia, spotykane dosyć często. Mają one postać bardzo rozmaitą. W niektórych wypadkach są



Ryc. 22. Przekrój zewnętrznej części ziarna pszenicy *(Triticum sativum)*; *a* — warstwa aleuronowa, *b* — komórki ze skrobią. — Według Strasburgera.



Ryc. 23. Kryształy szczawianu wapnia. — *A* Pojedyńczy kryształ z łyka lipy *(Tilia grandifolia)*. — *B* Podwójny kryształ z liści kosaćca *(Iris germanica)*. — *C* Druzy z pędów *Opuntia grandis*. — *D* Piasek krystaliczny z kory *Sambucus nigra*. — *E* Rafidy z zalążni *Galanthus nivalis*. — Według Strasburgera.

to duże pojedyńcze kryształy, w innych — bardzo drobne ale liczne (piasek krystaliczny), w innych jeszcze mają one po-

stać cienkich igieł, ułożonych równolegle w pęki (rafidy), wreszcie dosyć często spotykają się druzy (ryc. 23).

9. Jądro. Jądro jest przeważnie okrągłe lub przynajmniej zaokrąglone. Budowa jego jest bardzo złożona. W stanie spoczynku przedstawia się ona jak następuje. Od protoplazmy jądro jest oddzielone błoną jądrową. Wewnątrz w półpłynnym lub galaretowatym soku jądrowym rozciąga się siatka, złożona ze szczególnej, charakterystycznej dla jądra substancji — chromatyny. Poza tem widzi się jeszcze jedno lub kilka jąderek.

Najważniejszym składnikiem jądra jest chromatyna. U roślin niższych i u niektórych wyższych tworzy ona nie siatkę jak to było podane powyżej, lecz zwarte skupienia pojedyńcze (t. zw. karjozomy) albo mniej lub więcej liczne. W tym przypadku jądro przedstawia się w ultramikroskopie jako próżnia optyczna, widoczne są tylko zarysy błony jądrowej. Przy siatkowej budowie jądro wykazuje w ultramikroskopie słabą opalescencję.

Podczas podziału budowa jądra naogół silnie zmienia się co dotyczy szczególnie chromatyny. O tem będzie mowa szczegółowo w następnym ustępie.

Chromatyna jest złożonem ciałem białkowem o reakcji kwaśnej. Jest to połączenie pewnych ciał białkowych z kwasem nukleinowym, który znowu jest połączeniem kwasu fosforowego z pewnemi substancjami organicznemi. Tego rodzaju związki noszą nazwę nukleoproteidów. Odgrywają one ważną rolę także w protoplazmie, ale tam mają reakcję słabo zasadową. Kwaśna reakcja chromatyny umożliwia rozpoznanie chromatyny: barwi się ona silnie zasadowemi barwikami, podczas gdy inne składniki jądra oraz protoplazma barwią się barwikami kwaśnemi. Można np. uwidocznić chromatynę bardzo wyraźnie działaniem t. zw. odczynnika Biondi-Haidenhaina, zawierającego zasadową zieleń metylową i kwaśną fuksynę: chromatyna występuje wtedy zielono na czerwonem tle. W ostatnich latach często stosuje się reakcję Feulgena, która jednak jest właściwie charakterystyczna dla aldehydów i czasem zawodzi. Substancje organiczne, zawarte w kwasach nukleinowych, dają naogół reakcję aldehydów i chromatyna w tej drodze może być rozpoznana. W tym celu poddaje się objekt działaniu kwasu solnego przy 60° i działa się odbarwioną dwutlenkiem siarki fuksyną. Chromatyna barwi się wtedy na czerwono. Najwięcej jednak stosuje się do barwienia chromatyny hematoksylinę sposobem

opisanym powyżej (str. 19). Nie jest to wprawdzie barwienie specyficzne, ale w obrębie jądra żadna inna substancja przytem nie barwi się.

Jądro odgrywa w życiu komórki rolę bardzo ważną. Dowodzą tego przedewszystkiem doświadczenia, wykonywane nad amebami. Jeżeli przekrajać taki organizm na części, nie naruszając jądra, to część zawierająca jądro żyje dalej, podczas gdy fragmenty bez jądra giną bardzo szybko. Do czynności jądra należy między innemi przenoszenie dziedzicznych cech gatunkowych z pokolenia na pokolenie. Czynność tę spełnia chromatyna, która skutkiem tego jest uważana za najważniejszą część jądra. Bliższe wyjaśnienia w tej kwestji będą podane w fizjologji.

Jakkolwiek części komórki pozbawione jądra nie są zdolne do samodzielnego życia, jednakże znane są rośliny, których komórki nie mają jądra; są to rozprątki *(Schizophyta)*. Rośliny te nie posiadają jądra w zwykłej formie, zawierają jednak w protoplazmie ziarenka lub laseczki, które prawdopodobnie składają się z chromatyny. Możnaby zatem powiedzieć, że one również mają jądro, ale nieodosobnione od protoplazmy. Bliższe szczegóły o tem będą podane w części książki poświęconej rozprątkom.

U roślin wyższych w komórce jest z reguły jedno jądro. Wśród roślin niższych natomiast częste są komórki wielojądrowe: u grzybów jest tak nawet w przeważnej części. Ale nawet w tym wypadku w rozwoju swoim roślina zawsze przechodzi przez stadja jednojądrowe: komórki rozrodcze posiadają jedno tylko jądro. Wobec tego można uważać komórki wielojądrowe jako zbiory komórek, których protoplazmy są ze sobą złączone z zachowaniem odrębności jąder. Takie zbiory komórek nazwano komórczakami, ich zawartość — zespólnią. Część zespólni, odpowiadająca pojedyńczej komórce, nosi nazwę energidy.

10. Powstawanie nowych komórek przez podział. Komórki nowe powstają zawsze z innych komórek, które istniały przedtem; nigdy żadna komórka nie tworzy się z ciał martwych, ani z fragmentu innej komórki, chyba że ten fragment zawiera przynajmniej część protoplazmy i przynajmniej jedno całe jądro. Nowe komórki powstają w dwojaki sposób: albo przez podział dawniejszych albo przez ich zespolenie. Zawsze przytem nowe jądra pochodzą z jądra, a nowe protoplazmy od protoplazmy komórek macierzystych. Nigdy nie widziano, żeby

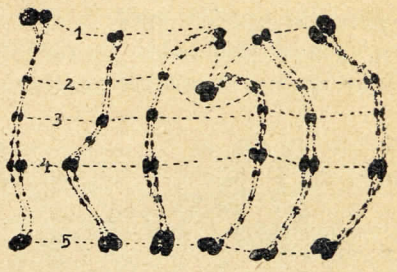
protoplazma powstała z jądra albo jądro z protoplazmy. Te dwie części komórki są samodzielne, chociaż zawsze ściśle ze sobą związane, i nie mogą istnieć oddzielnie.

Podział komórki rozpoczyna się od podziału jądra. Protoplazma dzieli się dopiero później, tak że każda jej część będzie zawierała jedno z jąder nowopowstałych. W niektórych wypadkach jądro dzieli się przez przewężenie: na jego powierzchni tworzy się okólna bróżda, która pogłębia się coraz bardziej i wkońcu dzieli jądro na dwie części. Ten sposób podziału nazywa się bezpośrednim. Występuje on u roślin niższych, głównie u wiciowców. U roślin wyższych spotyka się go tylko w komórkach starzejących się, gdzie jest on oznaką zwyrodnienia. W takich przypadkach nie następuje po nim podział protoplazmy. Można go obserwować np. w wydłużonych komórkach międzywęźli u ramienic *(Characeae)* (ryc. 24).

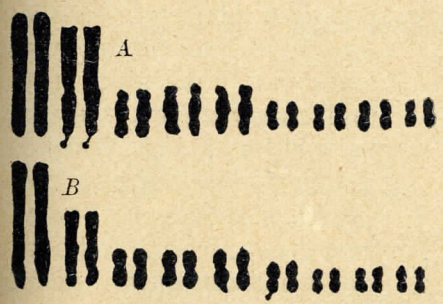


Ryc. 24. Bezpośredni podział jądra u ramienicy *(Chara)*.

Najczęściej odbywa się podział pośredni jądra, zwany inaczej karjokinezą albo mitozą. Jest on procesem bardzo złożonym i pomimo to powtarza się ze zdumiewającą jednostajnością nietylko u roślin, ale i u zwierząt. Jeżeli w komórce jest centrozom, to podział jądra jest bezpośrednio poprzedzony przez podział centrozomu, który to podział odbywa się przez przewężenie. Nowe centrozomy ustawiają się na przeciwległych krańcach jądra w ten sposób, że linja łącząca je będzie prostopadła do płaszczyzny podziału, t. zw. płaszczyzny równikowej. Centrozomy są stałym składnikiem komórki zwierzęcej, w państwie roślinnem występują tylko u niektórych niższych form, np. u brunatnic (w rodzaju *Fucus* i innych). Podział jądra rozpoczyna się od bardzo znamiennych przemian wewnątrz jądra: chromatyna przybiera postać nici o bardzo charakterystycznym wyglądzie, przypominającym sznury pereł. Każda taka nić składa się z ziarenek, barwiących się bardzo silnie i połączonych ze sobą nitkowatemi odcinkami, barwiącemi się słabiej. Te nici noszą nazwę chromozomów; ziarenka, z których są złożone, nazywają się chromomerami. Ilość chromozomów jest stała, charakterystyczna dla danego gatunku. Co najwyżej podwaja się ona w pewnych stadjach rozwojowych. W związku z tem wyróżniamy jądra i komórki haploidalne o pojedyńczej ilości chromozomów i diploidalne o podwójnej. W pewnych rzadkich wypadkach garnitur chromozomów może pomnażać się kilkakrotnie: ma się wtedy komórki i jądra triploidalne, tetraploidalne it. d. Ilość chromozomów może być duża, może przewyższać setkę. W jądrach haploidalnych mogą one być różne, w diploidalnych są parami do siebie podobne, w triploidalnych podobne trójkami i t. d. Różnice w chromozomach niezawsze dają się uchwycić, w pewnych jednak przypadkach można poszczególne chromozomy wyróżnić we wszystkich badanych komórkach tego samego organizmu. Naprzykład u prostoskrzydłego owada *Phrynotettix magnus* daje się wyróżnić chromozom „A“, złożony z pięciu większych chromomerów i pewnej ilości mniejszych, ułożonych zawsze w ten sam sposób (ryc. 25). Można zatem powiedzieć, że każdy chromozom posiada określoną indywidualność. Skutkiem tego każdy gatunek rośliny i zwierzęcia nietylko ma stałą ilość chromozomów, ale nawet wprost określony garnitur chromozomów. Ryc. 26 przedstawia takie garnitury dla dwóch gatunków *Muscari*. Te dwa garnitury nie różnią się ilością chromozomów, ale ich postacią.



Ryc. 25. Chromozom „A“ w stadjum podziałowem z sześciu różnych osobników *Phrynotettix magnus*. Liczby 1—5 oznaczają kolejne większe chromomery. — Według Wenricha

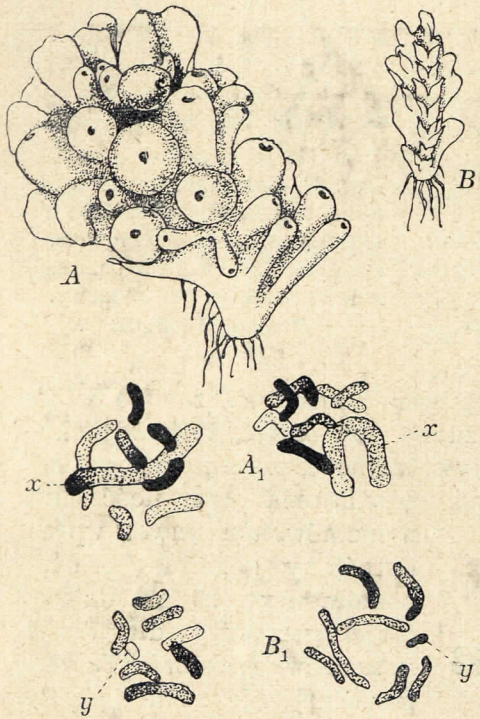


Ryc. 26. *A* Garnitur chromozomów u *Muscari comosum*. — *B* Garnitur chromozomów u *Muscari monstrosum*. Chromomery w tych chromozomach są złączone, bo rycina odnosi się do późniejszego stadjum karjokinezy; tylko u drugiej pary w pierwszym garniturze i u jednego z drobnych chromozomów drugiego garnituru widzi się chromomery odrębne, połączone z resztą cienkim sznurkiem, są to t. zw. satelity. — Z Linsbauera.

W ostatnich czasach przeprowadzono dużo badań nad budową chromozomów. Okazało się, że w pewnych przypadkach mają one budowę bardziej złożoną, aniżeli to zostało przedstawione powyżej. Bliżej tych rzeczy omawiać nie mogę, by nie wchodzić zbytnio w szczegóły.

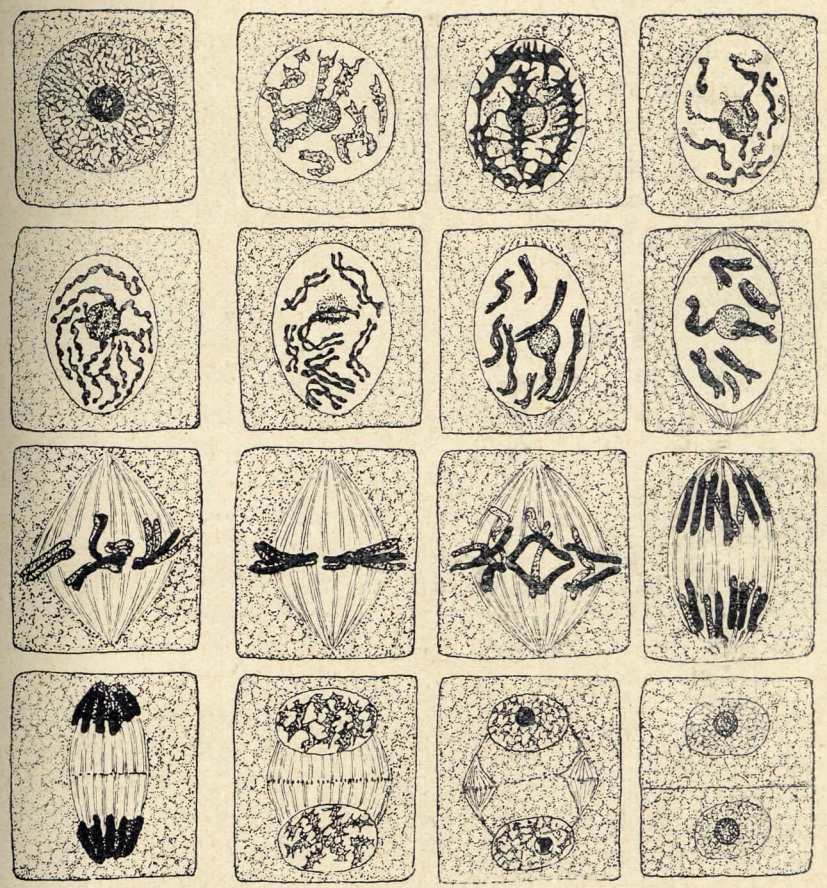
Jeżeli u danej rośliny występują różnice płciowe, to garnitur chromozomów u osob-

ników męskich jest odmienny od garnituru osobników żeńskich. Pierwszy przypadek takich różnic stwierdził ALLEN u wątrobowca *Sphaerocarpus Donnellii*, u którego osobniki żeńskie oprócz sześciu chromozomów mniej więcej tego samego wyglądu posiadają jeszcze siódmy chromozom bardzo duży *(x)*, zaś osobniki męskie zamiast niego chromozom mały *(y)* (ryc. 27). Później znaleziono podobne różnice u wielu rozdzielnopłciowych roślin nasiennych.



Ryc. 27. *Sphaerocarpus Donnellii*. — *A* Osobnik żeński. — A_1 Garnitur chromozomów w jego komórkach; *x* — wielki chromozom. — *B* Osobnik męski. — B_1 Garnitur chromozomów w jego komórkach; *y* — mały chromozom. — Według ALLENA.

Chromozomy wkrótce po wyosobnieniu dzielą się podłużnie, tak że każdy chromomer zostaje podzielony na dwie równe części. Po dokonanym podziale chromomery pęcznieją i zlewają się ze sobą, skutkiem czego chromozomy przybierają postać wstęg lub laseczek (ryc. 28). Jednocześnie z miejsc zajętych przez centrozomy albo, jeżeli ich niema, z miejsc odpowiadających ich położeniu, wyrastają dwa pęki nitek protoplazmatycznych, kierujące się ku jądru. Wkrótce potem błona jądrowa rozpływa się, jąderko rozpuszcza się, nici zaś wchodzą do wnętrza jądra i łączą się ze sobą, tworząc charakterystyczne dla karjokinezy w r z e c i o n o. Chromozomy układają się teraz w płaszczyźnie równikowej wrzeciona. W tem położeniu najłatwiej jest je policzyć. Następuje teraz decydująca chwila w podziale jądra: z każdego chromozomu jedna połowa kieruje się ku jednemu biegunowi wrzeciona, druga połowa ku drugiemu. W ten sposób każde z nowych jąder otrzymuje połowę macierzystej chromatyny i nawet połowę każdego chromomeru, co jest bardzo ważne, gdyż różne chromomery mają różną naturę. Te połówki chromozomów zawierają narazie połowę substancji chromozomów macierzystych (potem dorastają do normalnych wymiarów), ale zatrzymują w pełni ich organizację i stanowią nowe chromozomy w zupełności równoważne tym, z których powstały. Jakie siły powodują ruchy chromozomów, niewiadomo. Możliwe, że dzieje się to przy współudziale nitek wrzeciona. Ostatecznie potomne



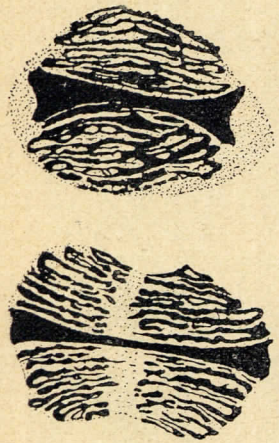
Ryc. 28. Kolejne stadja karjokinezy. — Według STRASBURGERA.

chromozomy zbierają się w dwie grupy przy obu biegunach wrzeciona i odcinają się od protoplazmy błoną jądrową. W chromozomach tworzą się teraz jakgdyby wodniczki, przez co nabierają one luźnej gąbczastej budowy i wreszcie zamieniają się w siatkę chromatynową albo przybierają inną formę, właściwą chromatynie jądra spoczywającego. W następnym po-

*

dziale wytwarzają się na nowo w tej samej postaci. Jąderko tworzy się w nowych jądrach na nowo.

Szczegóły karjokinezy są widzialne tylko na utrwalonym materjale. Najlepiej do tego nadaje się stożek wzrostu korzenia cebuli dzięki swoim wyjątkowo dużym jądrom. Można przytem używać skrawków robionych ręcznie, barwiąc je i utrwalając zarazem przy pomocy wodnego roztworu zieleni metylowej, zakwaszonej kwasem octowym. Wiele rzeczy można na tym objekcie widzieć także bez barwienia *in vivo*. Do obserwacji *in vivo* nadają się także młode włosy na pręcikach u *Tradescantia*. Tego rodzaje obserwacje są bardzo cenne, jako kontrola badań nad martwym materjałem. Ponieważ odczynniki utrwalające wywołują w protoplazmie pewne zmiany, wyrażano przypuszczenie, że chromozomy i inne szczegóły widoczne w martwym materjale są sztucznemi tworami, nie istniejącemi w żywej protoplazmie. To przypuszczenie okazało się niesłuszne, przynajmniej co do chromozomów, gdyż nietylko można widzieć chromozomy w żywej komórce, ale nawet udało się wypreparować je z żywej komórki zabiegami mikrurgicznemi (por. ryc. 15).



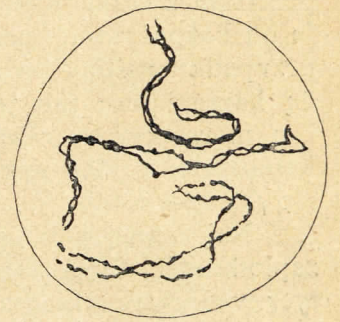
Ryc. 29. Haplomitoza u *Euglena* — Według Dehorne'a.

U wielu roślin niższych podział jądra odbywa się nie w drodze karjokinezy. Już było wspomniane poprzednio o częstym u nich podziale bezpośrednim. Nadto występuje u nich t. zw. haplomitoza. Polega ona na tem, że chromatyna przybiera postać nici, podobnych do chromozomów, ale skłębionych. Nici te dzielą się w przeciwieństwie do chromozomów poprzecznie. Część chromatyny zwykle tworzy przytem zwarte skupienie (karjozom), które dzieli się przez przewężenie, jak przy podziale bezpośrednim (ryc. 29).

Po skończonym podziale jądra następuje podział protoplazmy, który odbywa się przeważnie przy współudziale włókien wrzeciona. W tych włóknach części położone w płaszczyźnie równikowej nabrzmiewają tak silnie, że dochodzą do zetknięcia i zlania się. Tworzy się w ten sposób przegroda, dzieląca komórkę na dwie części. Wewnątrz niej powstaje blaszka środkowa błony. Zdarza się jednak nieraz, że błona, oddzielająca od siebie potomne komórki, tworzy się niezależnie od wrzeciona. Zwłaszcza u roślin niższych ten wypadek często się spotyka.

U niektórych roślin niższych, zwłaszcza u grzybów (np. u drożdży), spotyka się szczególny sposób podziału, zwany pączkowaniem. Błona tworzy wtedy uwypuklenie, do którego przechodzi część protoplazmy i jedno z jąder. Uwypuklenie rozrasta się i oddziela się wkońcu przegrodą od komórki macierzystej.

11. Powstawanie nowych komórek przez zespolenie. Podział redukcyjny. Nowe komórki mogą powstawać nietylko przez podział, ale także przez zespolenie. Dzieje się to przy rozmnażaniu płciowem, kiedy dwie komórki, t. zw. gamety, zespalają się w siemię (zwane inaczej zygotą), z którego następnie przez podział powstaje nowa roślina. Gamety mogą mieć rozmaitą postać, mogą być jednakowe lub różne; są to rzeczy, które będą rozważane później. Narazie chodzi nam tylko o ogólny charakter tego zjawiska, które w dalszym ciągu będziemy nazywali aktem płciowym albo zapłodnieniem. Otóż ma ono tę cechę wspólną z podziałem komórki, że samodzielność protoplazmy i jądra zostaje tu także zachowana: jądro siemienia powstaje przez zespolenie jąder, protoplazma siemienia przez połączenie protoplazm obu gamet. Przytem chromozomy zachowują swoją odrębność i jądro siemienia ma podwójną ilość chromozomów. A zatem u roślin, rozmnażających się płciowo, ilość chromozomów wzrastałaby bez granic, podwajając się w każdem nowem pokoleniu. Zapobiega temu podział redukcyjny jądra, który zmniejsza ilość chromozomów do połowy.



Ryc. 30. Splecione chromozomy podczas podziału redukcyjnego u *Lilium candidum*. — Według Grégoire'a.

Podział redukcyjny jest odmianą karjokinezy i charakteryzuje się przedewszystkiem tem, że chromozomy zaraz po wyosobnieniu splatają się po dwa (ryc. 30). Następnie chromozomy rozplatają się i z każdej pary jeden chromozom przechodzi do jednego jądra, drugi do drugiego. W ten sposób jądra potomne otrzymują dwa razy mniej chromozomów, niż ich miało jądro macierzyste. Garnitury chromozomów w jądrach haploidalnych w ten sposób wytworzonych są jednakowe, bo splatają się ze sobą chromozomy podobne. W przebiegu podziału redukcyjnego następują czasem zakłócenia: zdarza

się, że niektóre pary chromozomów (czasem nawet wszystkie), nie rozłączając się, wędrują do jednego z jąder potomnych. Wtedy z dwóch jąder potomnych jedno będzie miało więcej chromozomów niż drugie. Pociąga to za sobą zmiany w rozwoju i jest jedną z przyczyn wytwarzania nowych form roślin, t. zw. mutacyj.

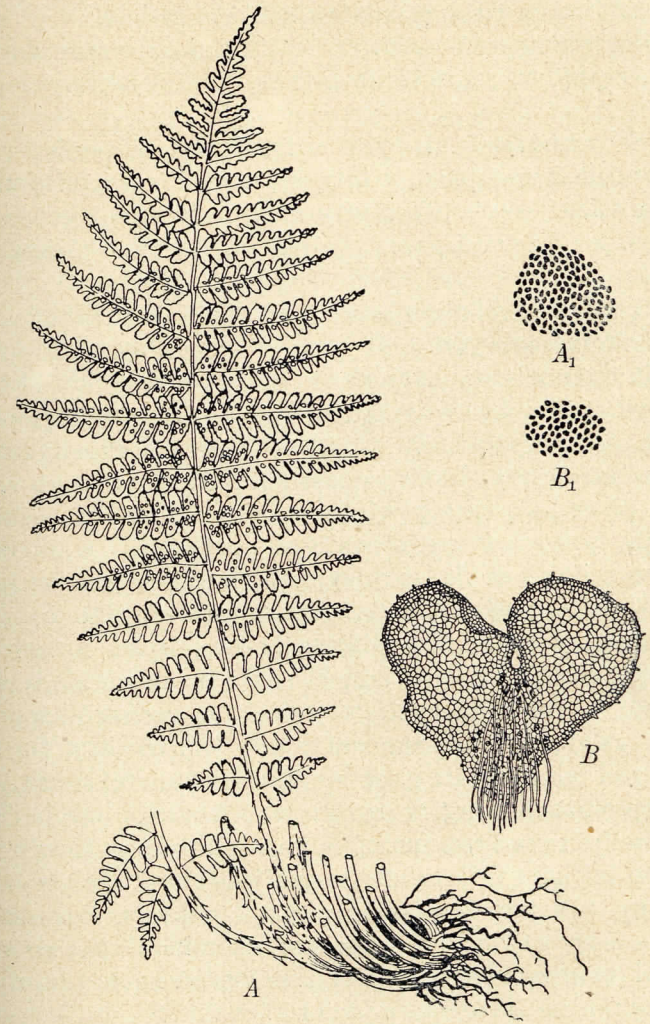
Po podziale redukcyjnym następuje zaraz drugi typowy karjokinetyczny podział obu jąder haploidalnych (czasem jeszcze trzeci). Podział ten rozpoczyna się właściwie już podczas podziału redukcyjnego, bo można już wtedy zauważyć podłużne pęknięcia w chromozomach. Tworzenie się czwórek, t. zw. tetrad, komórek jest niechybnym objawem podziału redukcyjnego.

Podział redukcyjny występuje w cyklu rozwojowym naprzemian z zapłodnieniem. W niektórych przypadkach następuje on bezpośrednio przed albo po zapłodnieniu. W pierwszym przypadku roślina będzie diploidalna, w niej tylko gamety będą haploidalne: tak jest np. u okrzemek z grupy *Pennatae* i u morszczynów *(Fucus)*. W drugim przypadku roślina jest haploidalna i tylko zygoty są diploidalne: tak jest np. u sprzężnic *(Conjugatae)*.

Najczęściej jednak podział redukcyjny jest oddzielony od zapłodnienia długim szeregiem zwykłych podziałów karjokinetycznych. Naprzykład u paproci rośliny pod tą nazwą powszechnie znane, złożone z łodygi, korzeni i liści, są diploidalne (ryc. 31 *A* i A_1). Rozmnażają się one bezpłciowo przy pomocy zarodników, komórek powstających na liściach w woreczkach, zwanych zarodniami. Zarodniki tworzą się przez dwukrotny podział t. zw. komórek macierzystych tetradami, przyczem pierwszy z tych podziałów jest redukcyjny. Z nich w drodze wielokrotnej karjokinezy wyrastają drobne blaszkowate rośliny haploidalne (ryc. 31 *B* i B_1), t. zw. przedrośla. Te rozmnażają się płciowo przy pomocy gamet. Diploidalna zygota, powstała przez połączenie gamet, ulega długiej serji zwykłych podziałów karjokinetycznych, wytwarzając dużą roślinę diploidalną, która służyła nam za punkt wyjścia.

W tym przypadku mamy do czynienia z występowaniem tej samej rośliny w dwóch różnych formach, które są względem siebie w stosunku genetycznym: z pierwszej powstaje druga, z drugiej pierwsza i t. d. Można powiedzieć, że dzieci tu nie są podobne do rodziców, lecz do dziadków. Jest to t. zw. rodozmian albo przemiana pokoleń, zjawisko występujące bardzo często u roślin. Rodozmian może być jeszcze

bardziej złożony: tak jest u większości krasnorostów, u których są trzy różne formy rośliny: z pierwszej powstaje druga, z drugiej — trzecia, z trzeciej znowu pierwsza. Dzieci tu nie



Ryc. 31. *Aspidium Filix mas.* — *A* Forma diploidalna $^1/_5$ naturalnej wielkości. — A_1 Jej garnitur chromozomów. — *B* Forma haploidalna (przedrośle $^{12}/_1$ naturalnej wielkości). — B_1 Jej garnitur chromozomów. — A_1 i B_1 według Yamanouchi.

są podobne ani do rodziców, ani do dziadków, lecz do pradziadków. Jedna forma jest haploidalna płciowa, dwie diploidalne bezpłciowe.

Rodozmian może występować także wtedy, kiedy podział redukcyjny następuje bezpośrednio po zapłodnieniu: wtedy obie formy (tu we wszystkich znanych przypadkach nie bywa większej ilości form) są haploidalne. Tak jest u pewnej części krasnorostów i u rdzy *(Uredinales)*. Nie należy więc sądzić, że przy rodozmianie różne formy rośliny koniecznie mają różnić się budową jądra, jakkolwiek tak się dzieje najczęściej.

12. Rozmnażanie i cykl rozwojowy. Kwestje, omówione w poprzednich ustępach, wiążą się ściśle z zagadnieniem rozmnażania. Jest ono rozmaite u roślin. Można wyróżnić cztery jego rodzaje: podział, rozmnażanie bezpłciowe, płciowe i wegetatywne.

Rozmnażanie przez podział jest właściwością roślin jednokomórkowych. Odbywa się ono w sposób bardzo prosty: jednokomórkowy organizm macierzysty dzieli się na dwie jednakowe części, które oddzielają się od siebie i prowadzą dalej życie samodzielne. W typowych przypadkach organizmy potomne zatrzymują błonę otrzymaną od organizmu macierzystego i powodują jej powiększenie w miarę wzrostu. Jeżeli otrzymają tylko połowę błony, jak brózdnice i okrzemki, to brakującą połowę sobie dorabiają. W mniej typowych przypadkach, jak u *Chlamydomonas,* błona macierzysta jest odrzucana i organizmy potomne wytwarzają ją całą na nowo.

W rozmnażaniu bezpłciowem organizmy potomne tworzą się z pojedyńczych komórek o cechach specjalnych, które odrywają się od macierzystego organizmu. Są to t. zw. zarodniki albo spory. Ten sposób rozmnażania jest szeroko rozpowszechniony u roślin wielokomórkowych. Widzieliśmy go w poprzednim ustępie u diploidalnej formy paproci. Tworzenie się zarodników często jest poprzedzone przez podział redukcyjny, tak jak to właśnie jest u paproci. Zarodniki tworzą się wtedy czwórkami, czasem ósemkami (u workowców). Zarodniki tworzą się zazwyczaj w woreczkach, zwanych zarodniami albo sporangjami.

Trzeba w tem miejscu zauważyć, że jakkolwiek zarodniki są komórkami oddzielonemi od organizmu, są one potencjalnie całym organizmem i stanowią osobną jego formę. Dotyczy to także zygot, o których będzie mowa poniżej.

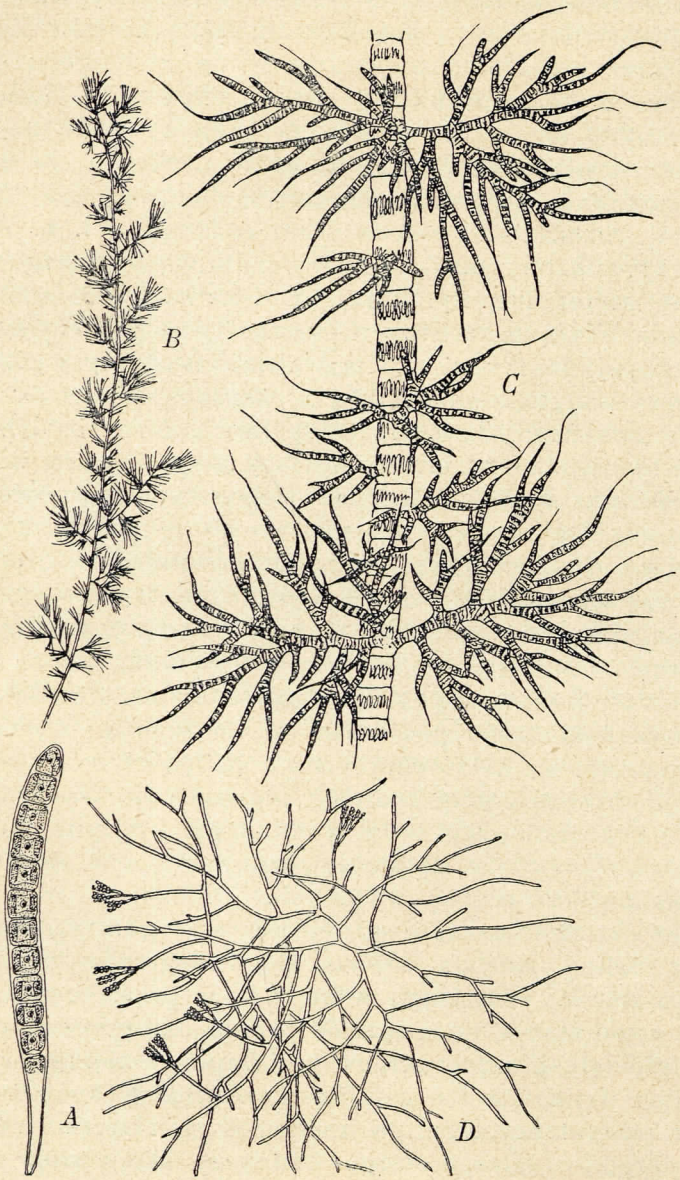
W rozmnażaniu płciowem organizm macierzysty wytwarza specjalne komórki, zwane gametami, które pojedyńczo nie mogą wytworzyć nowego organizmu. Dopiero po połączeniu gamet, z wytworzonego w ten sposób siemienia, zwanego inaczej zygotą, powstaje przez podział nowa roślina. Gamety tworzą się z reguły w woreczkach, które noszą nazwę gametangjów. Widzieliśmy ten sposób rozmnażania u haploidalnych form paproci. U roślin jednokomórkowych osobnik macierzysty w całości odgrywa rolę gamety, np. u sprzężnic *(Conjugatae)*, albo dzieli się na gamety, jak u okrzemek z grupy *Pennatae*, i przestaje istnieć, jako taki. Rozmnażanie płciowe jest mniej rozpowszechnione od bezpłciowego.

Wreszcie rozmnażanie wegetatywne w formie typowej odbywa się w ten sposób, że część osobnika macierzystego, nie posiadająca żadnych cech szczególnych, złożona z wielu komórek, daje początek nowemu organizmowi. Na tem opiera się rozmnażanie drzew przez sadzonki i t. p. W pewnych przypadkach taka część osobnika macierzystego posiada cechy szczególne, np. bulwy u ziemniaka albo rozmnóżki u mszaków. Wyjątkowo przy rozmnażaniu wegetatywnem czynna jest pojedyńcza komórka organizmu macierzystego, jak to bywa przy sadzonkowaniu liści u *Begonia*, ale wtedy jest to komórka bez żadnych cech szczególnych. Nowe osobniki, powstające w drodze rozmnażania wegetatywnego, są właściwie tylko częściami osobnika macierzystego, żyjącemi osobno. Dla podkreślenia tej okoliczności nadaje się im nazwę klonów. Klonami są właściwie także osobniki, powstające w drodze podziału oraz wyrastające z zarodników, o ile przy tworzeniu się tych ostatnich nie zachodzi redukcja chromatyny. Wogóle tę nazwę można stosować do wszystkich osobników, które powstają bez redukcji chromatyny i bez zapłodnienia. Skutkiem tego klony wykazują ścisłe podobieństwo do rośliny macierzystej, bo wykluczone są zakłócenia w rozwoju, które mogą wystąpić przy zapłodnieniu i przy redukcji chromatyny. Okoliczność ta ma duże znaczenie praktyczne w rolnictwie i ogrodnictwie, kiedy chodzi o możliwie dokładne zachowanie cech rośliny, np. przy rozmnażaniu drzew owocowych.

Zjawiska rozmnażania są pewnym szczególnym przejawem rozwoju rośliny. Roślina bowiem ulega nieprzerwanemu ciągowi przemian. W tym ciągu występują w prawidłowych odstępach te same stadja, np. paprocie przechodzą przez stadja: rośliny diploidalnej, zarodnika, rośliny haploidalnej, zygoty i znowu rośliny diploidalnej i t. d. Ta okresowość w rozwoju rośliny pozwala scharakteryzować go zapomocą cyklu rozwojowego, z czego w dalszym ciągu będziemy stale robili użytek. W cyklu rozwojowym jest zawsze przynajmniej jedno stadjum

jednokomórkowe. Rozmnażanie wegetatywne stanowi w cyklu rozwojowym odgałęzienie boczne.

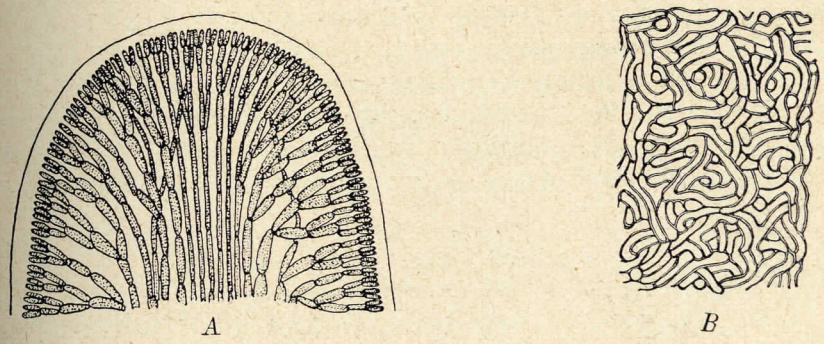
W cyklu rozwojowym występują nieraz stadja przetrwalnikowe (cysty, przetrwalniki, nasiona), kiedy roślina nie rośnie i pozostaje przez pewien czas, czasem długi, w uśpieniu. W sta-



Ryc. 32. Nitkowate formy roślin. — *A Ulothrix.* — *B Drapanaldia.* — *C* Część poprzedniej rośliny silniej powiększona. — *D Penicillium.*

djach tych roślina jest bardzo odporna na działanie szkodliwych czynników: mrozu, suszy, gorąca.

13. Tkanki. U pewnej części roślin komórki potomne po każdym podziale oddzielają się od siebie. Takie rośliny pozostają stale jednokomórkowe. Przeważnie jednak komórki potomne pozostają ze sobą złączone i w ten sposób powstają osobniki wielokomórkowe. W wielu przypadkach komórki pozostają po podziale połączone, lecz luźnie. Wtedy nie tworzą się wielokomórkowe osobniki, lecz kolonje osobników jedno-



Ryc. 33. Przykłady tkanek strzępkowych. — *A Furcellaria fastigiata.* — *B* Sporysz *(Claviceps purpurea).* — Z podręczników Oltmannsa i Strasburgera.

komórkowych, np. u wielu wiciowców. Pod kolonjami rozumie się wogóle luźne połączenia jednokomórkowych organizmów bez względu na sposób powstania, mogą one tworzyć się także przez złączenie osobników, które były początkowo wolne.

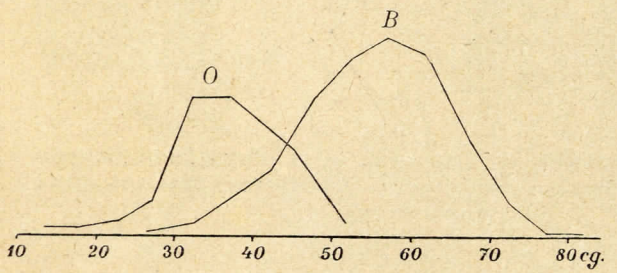
Zdarza się nieraz, że podział odbywa się w jednym kierunku; tworzą się wtedy nitkowate twory, proste, jeżeli kierunek podziału pozostaje ten sam, rozgałęzione, jeżeli kierunek ten zmienia się od czasu do czasu. Powstające w ten sposób nitkowate formy roślinne spotyka się głównie u grzybów i glonów (ryc. 32). Jeżeli podział komórek odbywa się w dwóch kierunkach, powstają formy blaszkowate, bardzo rzadkie. Wreszcie podział w trzech kierunkach daje początek tworom bryłowatym. Blaszkowate i bryłowate skupienia komórek noszą nazwę tkanek. Takie skupienia mogą powstawać w inny jeszcze sposób: przez splatanie się i zlepianie się nici. Powstają wówczas tkanki strzępkowe, nazywane tak dla odróżnienia od tkanek prawdziwych, tworzących się przez podział komórek

w dwóch albo w trzech kierunkach przestrzeni. Tkanki strzępkowe spotyka się często u grzybów i glonów (ryc. 33). Grzyby wogóle innych tkanek nie mają.

ROZDZIAŁ II

ZASADY SYSTEMATYKI

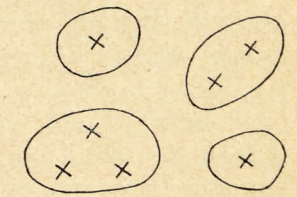
14. Gatunek, mieszaniec, mutacja. Ogromna rozmaitość form roślinnych wymaga rozklasyfikowania ich na grupy według podobieństwa. Jest to zadniem systematyki. Podstawową formą ugrupowania jest gatunek elementarny. Do tego samego gatunku elementarnego zalicza się formy bardzo do siebie podobne. Różnice między osobnikami jednego takiego gatunku mają taki charakter, jak wśród potomstwa tej samej rośliny, w obrębie zbioru, nazwanego przez JOHANNSENA czystą linją. JOHANNSEN ugruntował pojęcie czystej linji na fasoli, u której przez samozapylenie można otrzymać potomstwo z jednego osobnika bez udziału innych osobników. Ryc. 34 przedstawia omawiane stosunki dla linij fasoli, oznaczonych literami *B* i *O*. Przedstawiona jest na tym rysunku zmienność jednej cechy, a mianowicie waga nasion. Na osi odciętych są zaznaczone poszczególne wagi nasion. Rzędne oznaczają częstość występowania poszczególnych wag. Widzimy, że częstość ta jest różna w obrębie tej samej czystej linji. Najczęściej spotyka się pewna waga pośrednia, rzadziej inne, zarówno mniejsze jak większe, i to tem rzadziej, im bardziej te wagi odbiegają od wagi najczęstszej. Ta waga najczęstsza jest charakterystyczną cechą poszczególnych linij, różną naogół dla różnych linij. W podobny sposób można potraktować inne właściwości roślin i ustalić dla nich także wartości najczęstsze, które będą również charakterystyczne dla poszczególnych linij. Dla niektórych właści-



Ryc. 34. Zmienność wagi nasion w dwóch czystych linjach fasoli. Rzędne przedstawiają częstość różnych wag. — Według JOHANNSENA.

wości te wartości zresztą mogą być jednakowe w różnych linjach. Taki charakter ma zmienność cech także w gatunkach elementarnych, w obrębie których osobniki niekoniecznie są potomkami jednego osobnika macierzystego. Zmienność ta ma charakter ciągły, z czego wynika, że dla każdych dwóch osobników, należących do tego samego gatunku elementarnego, można wyszukać trzeci, który będzie pomiędzy niemi pośredni.

Zakresy zmienności elementarnych gatunków mogą być odrębne, wtedy rozróżnienie ich jest łatwe. Zdarza się jednak często, że zakresy te zachodzą na siebie, np. w przytoczonym przykładzie osobniki fasoli o nasionach wagi 30—50 *cg* mogą należeć tak samo do linji *O*, jak i *B*. W tym przypadku wyróżnienie gatunków elementarnych jest możliwe tylko przez kultury w drodze wyprowadzenia czystych linij. Ponieważ to jest bardzo kłopotliwe, traktuje się zwykle gatunki elementarne o zmienności, zachodzącej na siebie, łącznie jako gatunek zbiorowy, nazywany zwykle poprostu gatunkiem. Nazwy tej używa się ogólnie bez względu na to, czy chodzi o pojedyńczy gatunek elementarny wyraźnie odróżniający się od innych, czy też o mieszaninę gatunków elementarnych o krzywych zmienności, zachodzących na siebie.



Ryc. 35. Symboliczne przedstawienie gatunków.

Opierając się na powyższem, można przedstawić gatunki symbolicznie w sposób następujący (ryc. 35). Weźmiemy z początku dla uproszczenia dwie cechy. Jeżeli je będziemy traktowali jako spółrzędne, to każdej formie będzie odpowiadał punkt na płaszczyźnie. Punkty te będą położone tem bliżej, im formy są bardziej do siebie podobne. Zakresy zmienności poszczególnych gatunków będą zakreślone zamkniętemi konturami, położonemi jeden nazewnątrz drugiego. W obrębie każdego konturu można oznaczyć punkty, odpowiadające formom, występującym częściej od form im bliskich. Te punkty będą odpowiadały poszczególnym gatunkom elementarnym. Niezawsze zresztą istnienie gatunków elementarnych będzie się ujawniało w takich zagęszczeniach, bo w mieszaninach gatunków elementarnych formy pośrednie mogą występować częściej, aniżeli formy najczęstsze gatunków elementarnych. Przez składanie krzywych, zachodzących na siebie, na wykresach podobnych do ryc. 35 można to łatwo wykazać. Ponieważ rośliny mają cech nie dwie, ale wiele, podobne wykresy należy sobie

przedstawić w przestrzeni wielowymiarowej, co jednak nie zmienia istoty rzeczy.

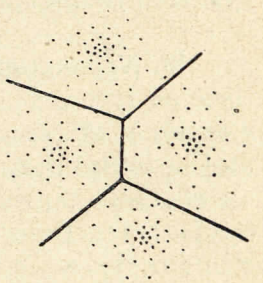
W ten sposób wypada, że pomiędzy gatunkami niema form przejściowych. W rzeczywistości takie formy istnieją, są to jednak mieszańce, powstające wtedy, kiedy połączą się gamety, pochodzące z różnych gatunków. Mieszańców systematyka nie bierze jednak pod uwagę. Mieszańce tworzą się także między gatunkami elementarnemi i to nawet o wiele częściej, niż między gatunkami zbiorowemi. To jeszcze bardziej utrudnia ich odróżnienie.

Trzeba wreszcie odróżniać od gatunków mutacje. Są to formy, niepołączone przejściowemi formami z gatunkami, a powstające nagle skutkiem zmian w chromozomach. W jednych przypadkach różnica między mutacją a odnośnym gatunkiem dotyczy jednej tylko lub niewielu cech, np. barwy kwiatów. W tych przypadkach garnitur chromozomów nie wykazuje żadnej widocznej zmiany. Przyjmuje się wtedy, że nastąpiła tu zmiana w pewnych częściach chromozomów. W innych przypadkach wszystkie cechy są zmienione, w ten sposób jednak, że zostało ogólne podobieństwo do gatunku, z którego mutacja powstała, tak jest np. u sławnej *Oenothera Lamarckiana*. W tych przypadkach garnitur chromozomów wykazuje widoczne zmiany: np. jest on podwójny. Kwestje te są wyczerpująco przedstawione w drugiej części, poświęconej fizjologji. Tutaj mówię o tem tylko celem wyjaśnienia zasadniczego dla systematyki pojęcia gatunku.

Określone w ten sposób pojęcie gatunku jest w zasadzie jasne. W praktyce stosowanie jego jest bardzo trudne. Trzeba tu badać dokładnie granice zmienności, które właściwie tylko przez kultury mogą być ustalone. Trzeba nadto wyłączyć mieszańce, które nieraz mają charakter form przejściowych, co również bez kultur nie da się stwierdzić z pewnością. Trzeba także wyłączyć mutacje. Ponieważ kultury prowadzi się tylko wyjątkowo, a gatunki ustala się przez obserwacje roślin z natury wziętych, najczęściej w formie nielicznych zielnikowych okazów, wynikają często wątpliwości i wyniki nieraz zależą od osobistych upodobań badaczy.

15. Rodzaj i grupy wyższego rzędu. Gatunki, określone w poprzednim ustępie, grupuje się następnie w grupy większe, zwane r o d z a j a m i. Dla wyjaśnienia tego nowego pojęcia systematycznego użyjemy znowu symbolicznego wykresu (ryc. 36). W przestrzeni wielowymiarowej zaznaczmy punkty, odpowiadające gatunkom, przyjmując każdą cechę za jedną ze spółrzędnych. Punkty te będą położone tem bliżej, im gatunki bardziej są do siebie podobne. Otrzymamy obraz zasadniczo odmienny od wykresu dla gatunków (ryc. 35). Będziemy mieli zbiór punktów, wykazujący w pewnych miejscach zagęszczenia. Każde zagęszczenie będzie odpowiadało jednemu z rodzajów. Wobec rozsiewu punktów rozgraniczenie rodzajów może być w pewnych przypadkach dowolne, ale tylko o tyle, że pewne nieliczne gatunki o cechach pośrednich można zaliczyć równie dobrze do tego, jak i do innego rodzaju. Te konwencjonalne granice między rodzajami są zaznaczone linjami w wykresie na ryc. 36. W przeciwieństwie do gatunków pomiędzy rodzajami istnieją zatem formy przejściowe.

W podobny sposób rodzaje można zgrupować w r o d z i n y, rodziny w r z ę d y, rzędy w g r o m a d y, gromady w t y p y. Można oczywiście pomnożyć ilość tych różnych ugrupowań, wstawiając do ich szeregu ugrupowania pośrednie albo grupując jeszcze jednostki najwyższego rzędu — typy. Nie są to jednak operacje dowolne i ilości ugrupowań nie można pomnażać dowolnie, formy bowiem roślinne pomimo nadzwyczajnej rozmaitości nie stanowią chaosu.



Ryc. 36. Symboliczne przedstawienie rodzajów.

Przedstawiona powyżej metoda grupowania form roślinnych jest podstawą s y s t e m a t y k i n a t u r a l n e j. Jej myślą podstawową jest uwzględnianie wszystkich cech. Można także opierać się tylko na niektórych cechach, będzie wtedy s y s t e m a t y k a s z t u c z n a. Pierwszy historycznie system świata roślinnego, stworzony w wieku XVIII przez szwedzkiego przyrodnika LINNEUSZA, był naturalnym tylko w odniesieniu do gatunków i rodzajów. Rodzaje już były grupowane dalej sztucznie, głównie na podstawie ilości pręcików. W ten sposób rośliny tak różne, jak jesion *(Fraxinus)*, tomka *(Anthoxanthum)*, szałwja *(Salvia)* i soliród *(Salicornia)*, znalazły się razem w grupie o 2 pręcikach, a podobne do siebie szałwja *(Salvia)* i jasnota *(Lamium)* zostały zaliczone do różnych grup, gdyż jasnota ma 4 pręciki.

System naturalny został wprowadzony do botaniki przez francuskich badaczy: ANTONIEGO WAWRZYŃCA DE JUSSIEU (1748—1816) i AUGUSTYNA PYRAMA DE CANDOLLE (1778—1841). Późniejsi systematycy rozwinęli ten system, zwłaszcza w części jego, dotyczącej roślin niższych, których dokładniejsze po-

znanie jest rzeczą bardzo niedawną. Obecnie najbardziej rozpowszechniony jest system Englera, wyłożony w niewielkiej książce p. t. „Syllabus der Pflanzenfamilien“ i rozwinięty szczegółowo w wielkiem dziele, wydanem przy współudziale Prantla i całej rzeszy specjalistów p. t. „Die natürlichen Pflanzenfamilien mit ihren Gattungen und wichtigsten Arten“ (22 tomy). Od kilku lat wychodzi drugie wydanie tego dzieła, rozszerzone i przystosowane do postępu nauki. Niewiele różni się od systemu Englera system Wettsteina, wyłożony w dziele: „Handbuch der systematischen Botanik“. Wogóle wszystkie systemy naturalne muszą być do siebie zbliżone, gdyż są przedstawieniem faktycznego stanu rzeczy. Dotyczy to także systemu, przyjętego w tej książce.

16. Nomenklatura. Form roślinnych jest kilkaset tysięcy. Samych roślin nasiennych jest 160 tysięcy gatunków, zgrupowanych w 12 tysiącach rodzajów. Zbadanie ich wymaga jednolitej metody nadawania nazw. Wprowadzenie do nauki konsekwentnej nomenklatury jest zasługą Karola Linneusza (1707—1778). Datuje się ta nomenklatura od roku 1753, w którym Linneusz wydał dzieło p. t. „Species plantarum“, zawierające nazwy i opisy większej części znanych podówczas roślin. Nomenklatura Linneusza opiera się na pojęciach gatunku i rodzaju. Jest ona łacińska i ma charakter umowy międzynarodowej. Każdy gatunek otrzymuje nazwę, złożoną z dwóch wyrazów, co spowodowało nazwanie tej nomenklatury podwójną. Pierwszy wyraz takiej nazwy jest nazwą rodzaju, do którego gatunek należy. Drugi wyraz nazwy gatunkowej jest przywiązany do danego gatunku, co jednak nie przeszkadza temu, że ta sama nazwa gatunkowa może powtarzać się w różnych rodzajach. Naprzykład są w Polsce trzy gatunki rodzaju sosna *(Pinus)*: sosna zwyczajna *(Pinus silvestris)*, sosna górska czyli kosodrzewina *(Pinus montana)* i limba *(Pinus Cembra)*. Jeżeli nazw dla tego samego gatunku jest kilka, wybiera się z nich najstarszą. Ponieważ zdarza się czasem, że różni autorowie używają tej samej nazwy w różnem znaczeniu, do nazwy dodaje się w wypadkach wątpliwych nazwisko autora, który pierwszy danej nazwy użył w pewnem znaczeniu. Zazwyczaj nazwiska te są podawane w skrótach. Naprzykład nazwy sosny i limby przytoczone powyżej pochodzą od Linneusza, dlatego też dodaje się do nich znak L. Czasem podaje się jeszcze rok, w którym nazwa była ogłoszona, a nawet cytat z odnośnej publikacji. Naprzykład sosna będzie się

nazywała: *Pinus silvestris* L. Species plantarum. Editio I (1753) p. 1001; kosodrzewina: *Pinus montana* Miller. Gard. diction. Ed. VIII (1768) n. 5; limba: *Pinus Cembra* L. Sp. plant. Ed. I (1753) p. 1000.

Wybitniejsze formy tego samego gatunku otrzymują nieraz osobne nazwy, jako podgatunki lub odmiany. Dla oznaczenia podgatunku nazwę jego, również łacińską, pisze się po nazwie gatunkowej, przedzielając obie nazwy znakiem subsp. (skrócone *subspecies*). Dla odmian robi się to samo z użyciem skrótu var. *(varietas)*. Naprzykład istnieją trzy odmiany kosodrzewiny:

Pinus montana Mill. var. *uncinata* Ramond (sp.).
„ „ „ „ *pumilio* Haenke „
„ „ „ „ *mughus* Scopoli „

W powyższych nazwach symbol (sp.) oznacza, że odnośni autorowie opisali te odmiany, jako osobne gatunki. Jest to przejawem trudności w ustaleniu zakresu gatunków, trudności, o których była mowa w poprzednim ustępie.

17. Przegląd typów roślin. Najwyższą kategorją ugrupowania roślin jest typ. Można wyróżnić w świecie roślinnym 10 typów:

1. Wiciowce *(Flagellata)*.
2. Śluzowce *(Myxomycetes)*.
3. Rozprątki *(Schizophyta)*.
4. Siemieniowce *(Zygophyta)*.
5. Glony *(Algae)*.
6. Grzyby *(Mycetes)*.
7. Porosty *(Lichenes)*.
8. Mszaki *(Bryophyta)*.
9. Paprotniki *(Pteridophyta)*.
10. Nasienne *(Spermatophyta)*.

W tem wyliczeniu są one ułożone w porządku wzrastającej złożoności organizacji odnośnych roślin.

Dla łatwiejszej orjentacji w zagadnieniach morfologji podam w tem miejscu wstępne wiadomości o cechach charakterystycznych tych wszystkich typów.

Pierwsze cztery obejmują rośliny jednokomórkowe, pozostałe sześć — wielokomórkowe. Można tym dwu grupom typów nadać nazwy: *Protophyta* i *Metaphyta*, wzorując się na podziale zwierząt na *Protozoa* i *Metazoa*. *Protophyta* charakte-

ryzują się m. i. rozmnażaniem przez podział, którego *Metaphyta* nie mają.

Typy roślin jednokomórkowych można scharakteryzować przy pomocy tabeli:

A) Komórki z reguły obłonione, z jądrem zlanem z protoplazmą. Rośliny z chlorofilem lub bez niego. Brak rozmnażania płciowego. — Rozprątki.

B) Komórki z jądrem odosobnionem od protoplazmy. Rozmnażanie płciowe, jako zjawisko stałe albo przynajmniej sporadyczne.

a) Rośliny poruszające się przy pomocy wici przynajmniej w niektórych okresach cyklu rozwojowego.

α) Komórki bez błony lub obłonione, z chlorofilem lub bez niego, wolne lub bardzo luźnie złączone w kolonje o odrębnych protoplazmach. Rozmnażanie płciowe jako rzadkie zjawisko. Rodozmianu niema. — Wiciowce.

β) Komórki nieobłonione, bez chlorofilu, zlewające się w duże skupienia protoplazmami. Cykl rozwojowy w formie rodozmianu z zapłodnieniem, jako stałem zjawiskiem. — Śluzowce.

b) Rośliny z reguły pozbawione wici, zielone. Zapłodnienie jako stałe zjawisko. Bez rodozmianu. — Siemieniowce.

Sześć typów roślin wielokomórkowych można zgrupować w dwie grupy: plechowców *(Thallophyta)* i osiowców *(Cormophyta)*.

Do plechowców należą glony, grzyby i porosty. Charakteryzują się one kształtem swojego ciała, który jest nieustalony, w szczególności nie wykazuje łodygi i liści. Takie ciała roślinne noszą nazwę plechy *(thallus)*. Plecha jest zbudowana z reguły z tkanek strzępkowych albo jest bez tkanek, nitkowata. Charakterystyczną cechą plechowców jest wreszcie budowa zarodni i gametangjów: narządy te mają u plechowców ścianki złożone tylko z błony. U osiowców ścianki narządów rozrodczych są złożone z komórek. Plechowce wykazują nieraz rodozmian. Z plechowców glony są zielone i żyją w wodzie. Grzyby są bezzieleniowe i żyją na powietrzu. Porosty są połączeniem grzybów z komórkami, zawierającemi chlorofil a pochodzącemi z glonów lub rozprątków.

Osiowce wykazują w pewnych stadjach rozwojowych walcowatą łodygę i blaszkowate, osadzone na niej liście, jedne i drugie z ciałkami zieleni. Rodozmian jest zjawiskiem stałem.

Należą tu mszaki, paprotniki i nasienne. U mszaków forma haploidalna składa się z łodygi i liści, ale bez korzeni. Forma diploidalna ma morfologję prostszą: główną częścią składową jest bezlistna łodyga, wrastająca w łodygę formy haploidalnej. U paprotników i nasiennych przeciwnie forma diploidalna jest bardziej złożona i składa się z łodygi, liści i korzeni. Forma haploidalna jest plechowata. Nadto paprotniki i nasienne odznaczają się silnem zróżnicowaniem tkanek, czego u mszaków niema. W szczególności wykształca się u nich charakterystyczna tkanka naczyniowa, przewodząca wodę. Z tego powodu ujmuje się je nieraz pod ogólną nazwą roślin naczyniowych. Nasienne różnią się od paprotników m. i. tem, że forma diploidalna przechodzi przez stadjum przetrwalnikowe, w postaci nasienia, w którem nie odbywają się żadne procesy wzrostu. U paprotników takiego stadjum niema.

18. Systematyka i filogenja. Systematyka grupuje rośliny według podobieństwa. Podobne rośliny są na zasadzie teorji descendencji (patrz rozdział fizjologji o rozwoju rodowym) uważane za pochodzące od wspólnych przodków. Zjawia się w ten sposób zagadnienie pokrewieństwa między roślinami; zajmuje się niem osobna gałąź botaniki — filogenja roślin. Ponieważ przemiany form roślinnych odbywają się powoli, filogenja tylko w bardzo ograniczonej mierze może korzystać z bezpośredniej obserwacji i musi opierać się głównie na pośrednich oznakach. Wielce pomocne są tu dane paleontologiczne, ale one są bardzo fragmentaryczne. Skutkiem tego filogenja ma charakter całkowicie hipotetyczny, w przeciwieństwie do systematyki, opierającej się na faktach obserwacji. Przeto filogenja, jakkolwiek ściśle związana z systematyką i z morfologją wogóle, nie może być szerzej uwzględniona w tej książce. Szeroko uwzględnia ją w swoim systemie Wettstein. Specjalnie zagadnieniom filogenji jest poświęcona książka Zimmermanna p. t. „Phylogenie der Pflanzen“ (Jena, 1930).

ROZDZIAŁ III

WICIOWCE

19. Ogólna charakterystyka. W tym rozdziale rozpoczynamy przegląd morfologji roślin. Będziemy go prowadzili w porządku wstępującym, to znaczy od form prostszych do bardziej złożonych albo, jak się to inaczej mówi, od niższych do wyższych.

Rozpoczniemy od typu wiciowców *(Flagellata)*, który można uważać za najbardziej pierwotny. Jest to grupa organizmów, stojąca na pograniczu między roślinami a zwierzętami. Mamy w niej na jednym krańcu formy zwierzęce bezbarwne, na drugim krańcu formy roślinne, opatrzone ciałkami zieleni. Pomiędzy niemi rozciąga się długi szereg form pośrednich. Wszystkie mają jednak tyle cech wspólnych, że umieszczenie ich w jednym typie jest w zupełności uzasadnione. Te cechy wspólne są następujące: jednokomórkowość, rozmnażanie przez podłużny podział i zdolność samorzutnego poruszania się przy pomocy nitkowatych wyrostków protoplazmy, wici czyli rzęsek. Charakterystyczne dla wiciowców są nadto wodniczki pulsujące i czerwone plamki oczne w przedniej części komórek. Pływające swobodnie komórki wiciowców noszą nazwę monad. Monady bardzo często po podziale nie odłączają się od siebie i tworzą kolonje. U niektórych wiciowców monady w pewnych okresach tracą wici i przechodzą w stan nieruchomy albo zamieniają się na ameby, poruszające się tylko przez pełzanie po podłożu.

Poza rozmnażaniem przez podział, u niektórych bardzo nielicznych form obserwowano akt płciowy, np. u *Dinobryon sertularia* (patrz dalej ryc. 41) i u *Ochrosphaera neapolitana*. W tym drugim przypadku stwierdzono podział redukcyjny zygoty ze zwykłym następującym po nim podziałem karjokinetycznym. Tworzą się w ten sposób cztery nowe osobniki. Wiciowce są widocznie haploidalne.

Wiciowce łączą się przy pomocy form pośrednich z jednej strony z różnemi grupami pierwotniaków, z drugiej zaś strony z glonami.

Wiciowce stanowią poważną część składową planktonu. Tak nazywają się wszystkie drobne organizmy, które unoszą się we wodzie. W przeciwstawieniu do tego bentos jest to zespół organizmów, żyjących na dnie. Wiciowce występują nieraz w tak wielkich ilościach, że woda zabarwia się na kolor żółty, brunatny lub zielony. Nazywa się to zakwitem.

Wiciowce z trwałą powłoką zachowały się gdzie niegdzie z dawnych epok geologicznych. Najstarsze resztki znane są z kredy *(Cribrosphaera, Peridinium)*.

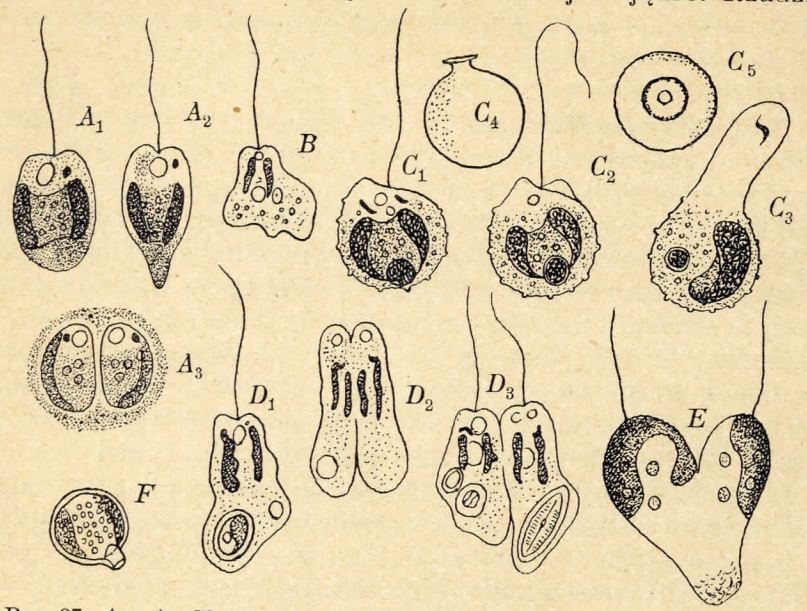
Nie będziemy rozpatrywali wcale bezbarwnych wiciowców, należących do świata zwierzęcego. Ograniczymy się do form roślinnych, z których zresztą wybierzemy tylko najważniejsze, a mianowicie gromady: *Chrysomonadinae, Eugleninae* i *Peridineae*. Dla bliższego zaznajomienia się z barwnemi wiciowcami można skorzystać z dzieła Oltmannsa: „Morphologie und Biologie der Algen“ 3 tomy (3 wyd. Jena, 1922—1924). To dzieło obejmuje poza glonami, wzmiankowanemi w tytule, także wiciowce i siemieniowce.

20. Chrysomonadinae. Są to najniższe formy pomiędzy barwnemi wiciowcami. Komórki ich są nagie i posiadają zdolność zmieniania swojej formy, a w wielu wypadkach mogą nawet wypuszczać nibynóżki na podobieństwo ameb. Ciałka zieleni są żółte albo brunatne skutkiem obecności żółtego barwika, maskującego chlorofil. Skutkiem posiadania ciałek zieleni organizmy te odżywiają się na sposób roślinny, przyswajając dwutlenek węgla. Oprócz tego wiele z nich przyjmuje także pokarm stały. Ciałka zieleni nie mają pirenoidów i nie tworzą skrobi. Produktem przyswajania jest jakiś bliżej nieznany węglowodan, leukozyna, substancja nie barwiąca się pod działaniem jodu, rozpuszczalna w wodzie i odczynnikach utrwalających protoplazmę. Gromadzi się ona w protoplazmie poza ciałkami zieleni w postaci kropel i większych mas, łamiących światło na podobieństwo tłuszczu, który zresztą czasem występuje także.

Typową formą jest *Chromulina*, żyjąca w słodkiej wodzie, tak samo zresztą, jak prawie wszystkie inne *Chrysomonadinae* (ryc. 37). Komórki jej są pokryte warstwą przezroczystej, nieco twardszej protoplazmy, która jest czasem na powierzchni ozdobiona brodaweczkami i innemi wyrostkami. Nie przeszkadza to jednak komórce zmieniać w pewnym stopniu swojego kształtu i nawet tworzyć nibynóżki, coprawda tylko u niektórych gatunków (ryc. 37, *C*). Na przednim, przytępionym albo nawet wgłębionym końcu jest osadzona jedna wić, u jej podstawy mieści się czerwona plamka oczna. W środku komórki mieszczą się oprócz jądra jedno lub dwa ciałka zieleni i jeden lub dwa tętniące wodniczki. Leukozyna gromadzi się często w tylnej części komórki. Pomimo posiadania ciałek zieleni rośliny te korzystają także z pokarmów stałych, pochłaniając okrzemki i inne mikroorganizmy, których resztki po przetrawieniu są następnie wydalane nazewnątrz. W pochłanianiu takich pokarmów stałych czynny udział przyjmują nibynóżki, łapiąc i wciągając wewnątrz komórki ciała obce (ryc. 37, *C*).

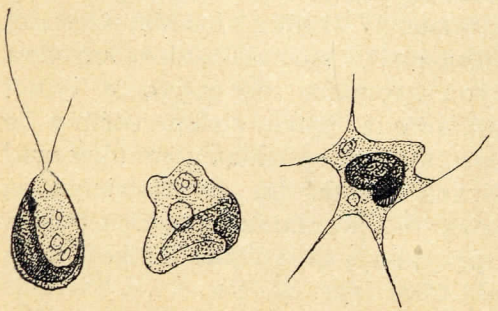
Chromulina rozmnaża się przez podłużny podział, który odbywa się w stanie ruchomym (ryc. 37, *D*, *E*). Wić komórki

macierzystej przypada w udziale jednej z komórek potomnych. Druga komórka pochodna wytwarza sobie wić od nowa. Plastyd dzieli się na dwie części, tak samo jak jądro. Rzadziej



Ryc. 37. A_1—A_3. *Chromulina ovalis.* — *B Chr. minor.* — C_1—C_5. *Chr. Pascheri.* C_1—C_3. Powstawanie nibynóżki. C_4—C_5. Cysta. — D_1—D_2 *Chr. flavicans.* Podział. W tylnej części komórek pochłonięte okrzemki. — *E Chr. Woroniniana.* Podział. — *F Chr. sp.* Cysta. — Według Paschera.

podział odbywa się w stanie nieruchomym. Komórka traci wić i otacza się galaretą. Wewnątrz tej galaretowatej powłoki odbywa się podział (ryc. 37, A_3). Przy niesprzyjających warunkach komórki otaczają się grubą powłoką, zawierającą dużo krzemionki, i przechodzą w stan życia utajonego, tworząc t. zw. cysty. Cysty mają budowę bardzo charakterystyczną: w ściance ich jest otwór zamknięty zatyczką, która wypada, kiedy cysta budzi się do życia. W wielu wypadkach ścianki otworu przedłużają się, tworząc coś podobnego do gardzieli (ryc. 37, C_4, C_5, *F*).

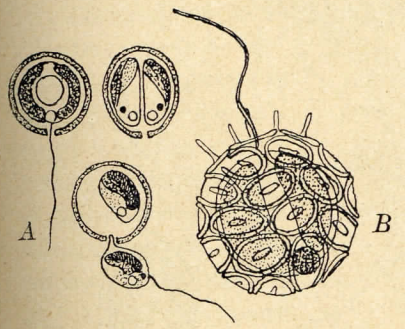


Ryc. 38. *Ochromonas.* Przemiana monady w amebę. — Według Paschera.

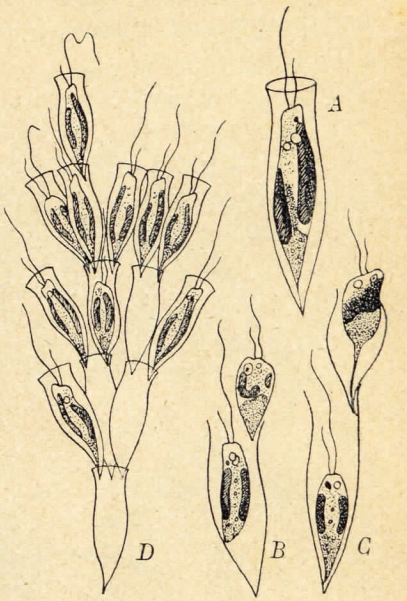
Bardzo podobny do poprzedniego rodzaju jest *Ochromonas*, różni

się tylko tem, że ma dwie wici różnej długości. U niektórych gatunków *Ochromonas* monady tracą swoje wici i tworzą bardzo ładne ameby (ryc. 38).

Wśród gromady *Chrysomonadinae* panuje wielka rozmaitość. Rozpatrzmy ciekawsze postacie. Mamy tu przedewszystkiem formy otoczone stałą powłoką. Powłoka ta nie jest prawdziwą błoną komórkową, bo nie jest z protoplazmą złączona i monady mogą z niej swobodnie wychodzić nazewnątrz.



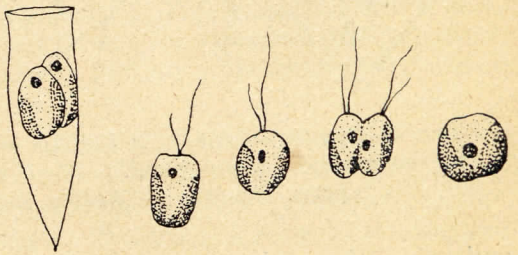
Ryc. 39. *A Chrysococcus.* Według Klebsa. — *B Syracosphaera pulchra.* Według Lohmanna.



Ryc. 40. *Dinobryon sertularia.* — *A* Pojedyńcza monada. — *B* i *C* Jej podział i powstawanie kolonji. — *D* Kolonja. — Według Klebsa i Senna.

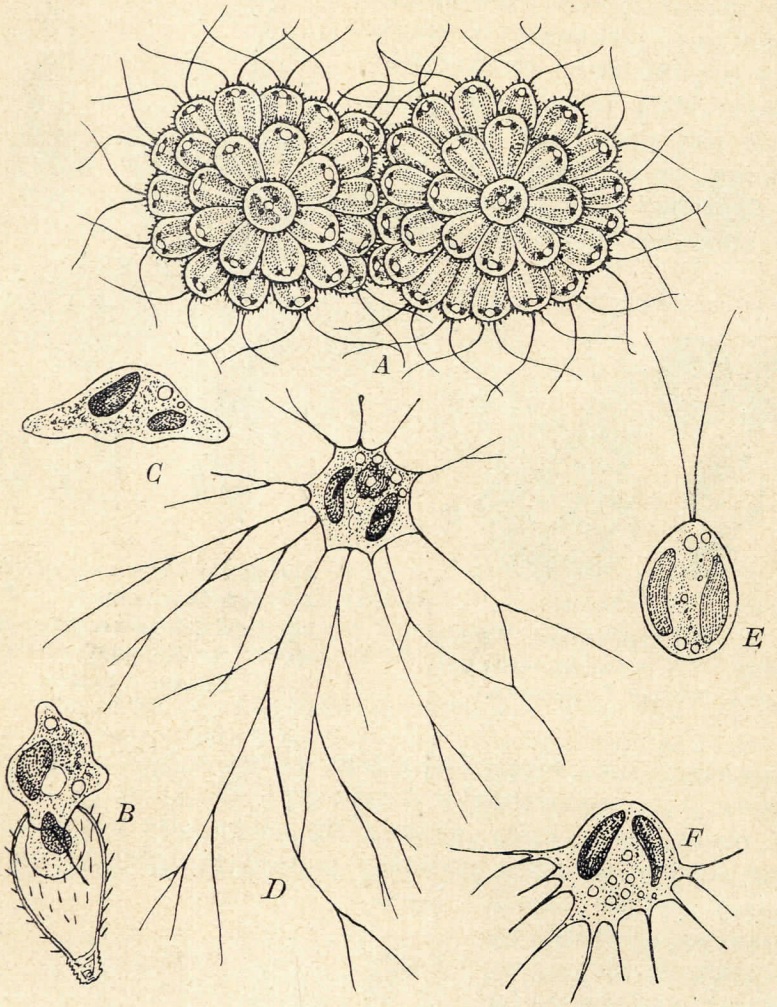
Najprostszą taką formą jest *Chrysococcus*, u którego powłoka zawiera dużo wodorotlenku żelaza (ryc. 39, *A*). W tej powłoce jest otwór, przez który wysuwa się nazewnątrz wić. Rozmnażanie odbywa się przez podłużny podział, po którym pochodne monady przez otwór w powłoce wychodzą nazewnątrz. W innych wypadkach powłoka ma budowę bardzo kunsztowną, np. u *Syracosphaera pulchra* jest złożona z podłużnych tarczek wapiennych (ryc. 39, *B*).

Kolonje spotyka się bardzo często u *Chrysomonadinae*. Mają one



Ryc. 41. *Dinobryon sertularia.* Tworzenie się gamet i zapłodnienie. Wici w pierwszym od lewej strony rysunku nie są wyrysowane. — Według Schneidera.

postać bardzo rozmaitą. Naprzykład u *Dinobryon* połączenie komórek uskutecznia się przy pomocy kielichowatych powłok, które wytwarzają sobie monady. Po podziale jedna z monad potomnych pozostaje w starej powłoce, druga zaś umocowuje się dolnym końcem u wylotu kielicha i wytwarza sobie nową powłokę (ryc. 40). Przez wielokrotne powtórzenie tego procesu tworzą się większe kolonje o charakterystycznym wyglądzie. U *Dinobryon* obserwowano zapłodnienie (ryc. 41). Ko-

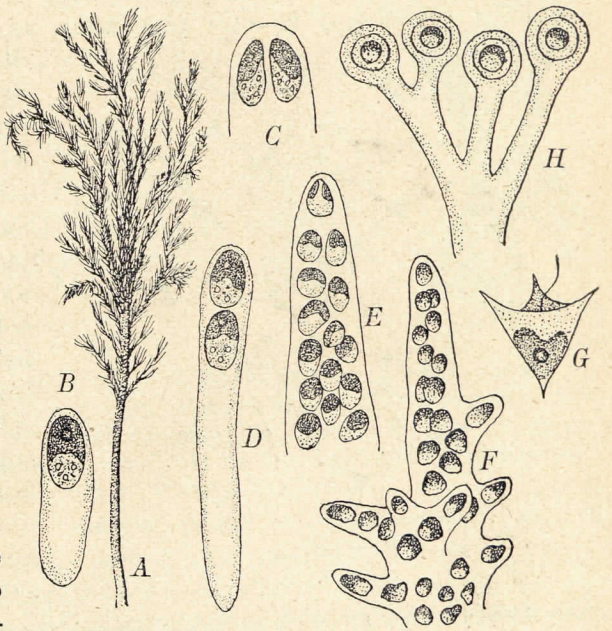


Ryc. 42. *Synura uvella*. — *A* Kolonja w stanie podziału. — *B* Komórka wychodząca z powłoki. — *C—F* Różne postacie przybierane przez komórkę. — Według Steina i Paschera.

mórka dzieli się przytem na dwie gamety. Zachowanie się chromozomów w cyklu rozwojowym nie jest jeszcze zbadane.

W rodzaju *Synura* monady są ze sobą złączone zaostrzonemi tylnemi końcami w kuliste kolonje (ryc. 42). Każda monada jest otoczona powłoką, najeżoną kolcami. Rozmnażanie odbywa się albo przez podział kolonij (ryc. 42, *B*) albo przy pomocy wolnych monad, które wychodzą z powłok i po pewnym czasie przybierają postać ameb (ryc. 42, *B—F*). Te ameby z początku tworzą tylko krótkie i grube nibynóżki, później nibynóżki wydłużają się i rozgałęziają się obficie. Przez wielokrotny podział tworzą się nowe kolonje.

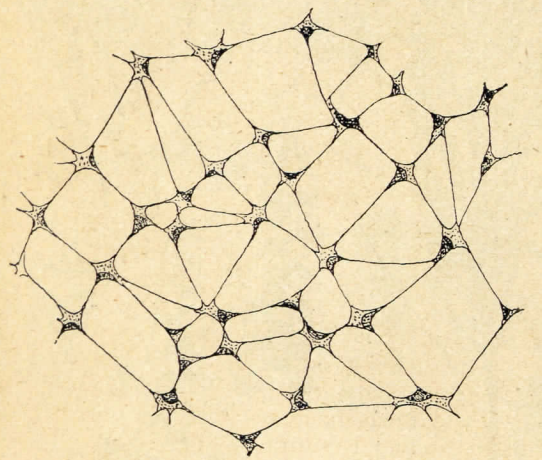
Ściślejsze połączenie między komórkami spotykamy u *Hydrurus*, którego kolonje rosną i rozgałęziają się na podobieństwo wielokomórkowych osobników. Komórki są ze sobą złączone przy pomocy galarety i nie posiadają wici (ryc. 43). *Hydrurus* rośnie tylko w zimnej wodzie i występuje często w bystrych potokach górskich, np. w Tatrach. Kolonje mają postać obficie rozgałęzionych sznurków, których długość dochodzi do 30 *cm*. Sznurek jest dolnym końcem umocowany do kamieni na dnie potoków. Na szczycie każdej gałęzi znajduje się komórka, grająca rolę komórki początkowej. Komórka ta dzieli się podłużnie. Z takich komórek potomnych jedna cofa się wstecz, powiększając kolonję, druga zaś pozostaje w miejscu jako komórka początkowa. Nowe gałęzie powstają w ten sposób, że pewne komórki wysuwają się z boków sznurka i zaczynają się dzielić tak samo, jak komórki począt-



Ryc. 43. *Hydrurus foetidus*. — *A* Kolonja. — *B—C* Pierwsze stadja rozwoju kolonji. — *E* i *F* Końcowe części kolonji w silniejszem powiększeniu. — *G* Monada. — *H* Cysty. — Według Rostafińskiego.

kowe. Rozmnażanie odbywa się przy pomocy komórek, które oddzielają się od kolonji, przerywając galaretę. Te komórki przybierają postać czworościanu i wytwarzają jedną wić. W tylnej części mają one ciałko zieleni. Takie monady umocowują się do podłoża swoją przednią stroną, otaczają się galaretą i przez podział, zawsze podłużny, wytwarzają nową kolonję. Jeżeli woda w lecie rozgrzeje się zanadto, *Hydrurus* tworzy cysty z krzemionkową powłoką, które wysuwają się nazewnątrz na galaretowatych trzonkach. Jest tylko jeden gatunek tego rodzaju: *Hydrurus foetidus*.

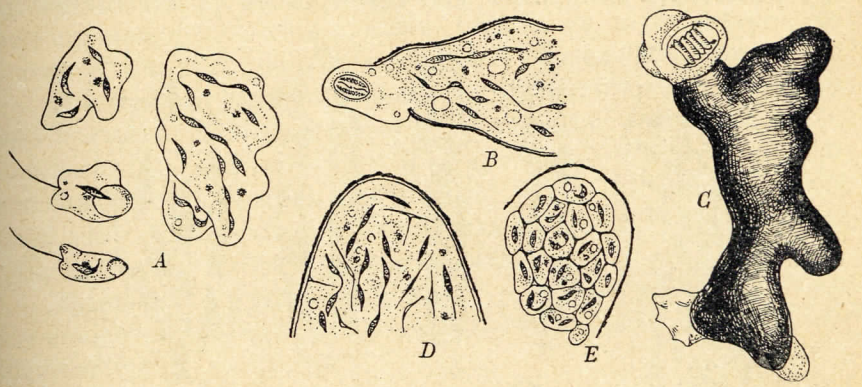
Jeszcze ściślejsze połączenie komórek posiada *Chrysarachnion*, u którego są one połączone ze sobą przy pomocy długich i cienkich nibynóżek, tworząc jednowarstwową sieć (ryc. 44). Sieć ta powiększa się przez podział komórek, które, oddalając się, utrzymują jednak związek między sobą przy pomocy nibynóżek. Sieć może rozpadać się na mniejsze sieci i w ten sposób pomnaża się ilość kolonij. U tego organizmu nie obserwowano wici. Pomimo tego zalicza się go do *Chrysomonadinae*, gdyż pod innemi względami jest do nich zupełnie podobny; między innemi posiada w swoich komórkach żółte plastydy. Jest rzeczą godną uwagi, że niektóre komórki w sieciach *Chrysarachnion*, dzieląc się, wytwarzają nieraz komórki bezbarwne, bez plastydów.



Ryc. 44. *Chrysarachnion*. — Kolonja według Paschera.

U *Myxochrysis paradoxa* wreszcie komórki łączą się ze sobą ściśle. Rozwój tego organizmu jest następujący (ryc. 45). W stadjum przetrwalnikowem cysty zawierają jedno lub kilka jąder i różną ilość plastydów. Przy kiełkowaniu jednojądrowych cyst cała ich zawartość wychodzi nazewnątrz, rozrywając twardą powłokę i przybierając postać monady. Wielojądrowe cysty tworzą kilka monad, z których każda otrzymuje jedno jądro i jeden plastyd. Zdarza się czasem, że cysta zawiera mniej plastydów niż jąder, wówczas niektóre monady

pozostają bezbarwne. Monady rozmnażają się przez podział w stanie ruchomym, później tracą wici i przybierają postać ameb. Jądra i plastydy w tych amebach pomnażają się przez podział, poczem ameby zespalają się po kilka swojemi protoplazmami, zachowując odrębne jądra, tak jak się to odbywa u śluzowców. Powstają w ten sposób śluznie czyli plazmodja, większe skupienia protoplazmy, w której można rozróżnić poszczególne jądra, plastydy, wodniczki, krople leukozyny i wszystkie inne części ameb. W tworzeniu śluzni biorą udział także bezbarwne

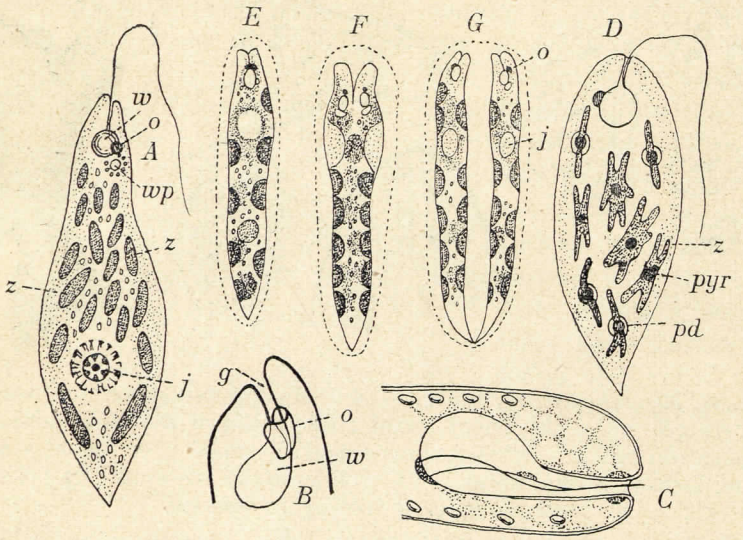


Ryc. 45. *Myxochrysis paradoxa*. — *A* Monady i powstawanie śluzni. — *B* Przekrój części obłonionej śluzni z nibynóżką, w której znajduje się złapana okrzemka. — *C* Obłoniona śluznia w widoku. W jednej z nibynóżek złapany *Scenedesmus*. — *D*—*E* Rozpadanie się śluzni na pojedyńcze monady. — Według Paschera.

monady. Śluznia otacza się dosyć twardą, galaretowatą powłoką, którą jednak przebijają nibynóżki, wysuwające się nazewnątrz. Te nibynóżki chwytają i wciągają do środka stałe pokarmy. Śluznie mogą rozpadać się na części, dając nowe. Mogą one także rosnąć, pomnażając ilość jąder. W niekorzystnych warunkach śluznia rozpada się na części jedno- i wielojądrowe, które otaczają się powłoką, tworząc cysty. Śluznie *Myxochrysis* nie stanowią wielokomórkowych osobników. Rozpadanie się ich na części, które żyją następnie oddzielnie, wskazuje na słaby związek między komórkami. Są to zatem pewnego rodzaju kolonje.

21. Eugleninae. Wiciowce te mają komórki otoczone błoną złożoną z ciał białkowych, skutkiem czego tylko w nieznacznym stopniu mogą zmieniać swój kształt i nigdy nie tworzą nibynóżek.

Plastydy są zielone. Na przednim końcu ciała znajduje się wgłębienie, zwane gardzielą. Rozpoczyna się ona wąskim przewodem, wyścielonym tą samą błoną, która pokrywa komórkę nazewnątrz. Przewód ten rozszerza się na końcu, tworząc dosyć dużą bańkę, której ścianki składają się z nagiej protoplazmy. Można to widzieć np. w typowym rodzaju *Euglena* (ryc. 46). Do gardzieli wlewa się zawartość wodniczków tętniących, które mają tu urządzenie bardzo złożone. Mianowicie wodniczki grupują się naokoło większego wodniczka, do którego przelewają zawartość. Ten zaś wyrzuca ją do rozszerzo-



Ryc. 46. *A Euglena viridis: j* — jądro, *z* — ciałka zieleni, *w* — rozszerzony koniec gardzieli, *wp* — wodniczek tętniący, *pd* — paramylon, *o* — plamka oczna. — *B—C E. Ehrenbergii: B* Przednia część monady w widoku dla uwidocznienia położenia plamki ocznej *(o)* względem gardzieli. *C* To samo w przekroju podłużnym dla uwidocznienia sposobu umocowania wici w gardzieli. — *D E. velata: pyr* — pirenoidy. — *E—G E. deces:* Podział monady. — *A* według Dofleina, *B—C* według Hamburgera, *D* według Lemmermanna, *E—G* według Klebsa.

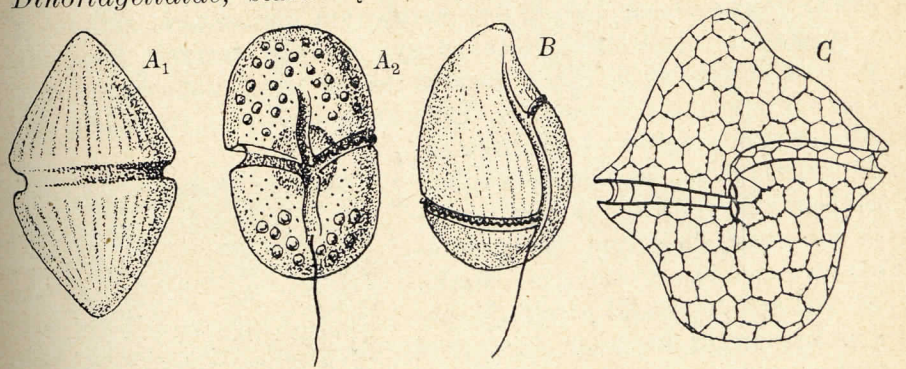
nego końca gardzieli, skąd ona wychodzi nazewnątrz. Gardziel służy oprócz tego do przyjmowania stałych pokarmów u form, które się w ten sposób odżywiają. W gardzieli jest umocowana wić, dzięki której te organizmy mogą poruszać się we wodzie. Wić odchodzi od dna gardzieli w postaci dwóch włókien, które następnie łączą się w jedno przed wyjściem z gardzieli. Wpobliżu gardzieli znajduje się czerwona plamka oczna. Plastydy występują w większej ilości w formie owalnych lub wycinanych

blaszek i są często opatrzone pirenoidami. Produktem asymilacji jest paramylon, węglowodan, składem swoim podobny do skrobi, ale nie barwiący się pod działaniem jodu. Jest to związek trwały, nierozpuszczalny w kwasie solnym i rozcieńczonym ługu potasowym, rozpuszczalny natomiast w stężonym ługu i stężonym kwasie siarczanym. Paramylon nie tworzy się tak jak skrobia w plastydach, lecz w protoplazmie, gromadzi się jednak często wpobliżu pirenoidów. Rozmnażanie odbywa się przez podłużny podział w stanie ruchomym lub nieruchomym. U niektórych form obserwowano oprócz tego rozmnażanie płciowe, które jednak za mało jeszcze jest znane. W niesprzyjających warunkach tworzą się cysty.

Eugleninae zawierają liczne formy bezbarwne, które żyją jako roztocze na sposób zwierząt. Pomiędzy barwnemi a bezbarwnemi formami są przejścia. Naprzykład *Euglena gracilis* w normalnych kulturach jest pięknej barwy zielonej. W ciemności przy odpowiedniem odżywianiu wiciowiec ten traci chlorofil, na świetle tworzy go zpowrotem.

Eugleninae występują głównie w mniejszych zbiornikach, zawierających wodę zanieczyszczoną produktami rozkładu ciał organicznych.

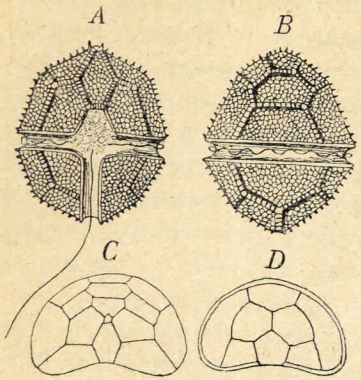
22. Peridineae. Brózdnice, po łacinie *Peridineae* albo *Dinoflagellatae,* stanowią ważną część planktonu, występując



Ryc. 47. A_1—A_2 *Gymnodinium rhomboides.* — *B G. spirale.* — *C G. hiemale.* — *A—B* według Schütta, *C* według Wołoszyńskiej.

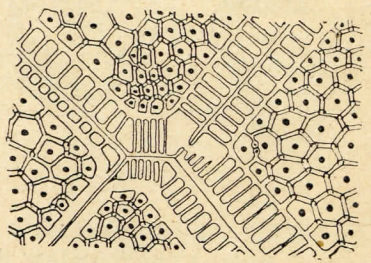
nieraz w takich ilościach, że wywołują brunatne zakwity wody. Ich monady są pokryte błoną złożoną z celulozy, rozpadającą się na bardzo misternie wykształcone, ruchomo zestawione tarczki. Plastydy są brunatne. Charakterystyczną cechą jest oprócz

tego poprzeczna brózda, która idzie naokoło monady. Pod kątem prostym do tej brózdy idzie druga, podłużna, ale ta jest słabiej rozwinięta i nie sięga daleko (ryc. 47). Brózda poprzeczna ma nieraz przebieg śrubowaty, wówczas oba jej końce dochodzą do różnych miejsc brózdy podłużnej (ryc. 47, *B*). Z brózdy podłużnej niedaleko od skrzyżowania jej z poprzeczną odchodzą dwie wici, wysuwając się przez specjalną szparę w błonie. Jedna z nich jest prosta i skierowana wstecz względem kierunku ruchu, druga zaś jest falisto powyginana i mieści się w poprzecznej brózdzie. Monady brózdnic żyją oddzielnie. Kolonje tworzą się bardzo rzadko.



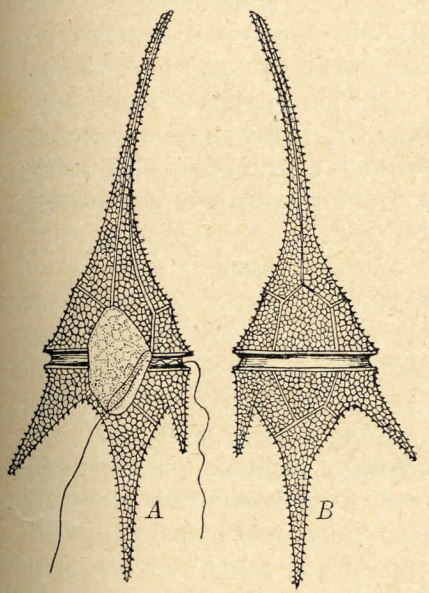
Ryc. 48 *Peridinium tabulatum.* — *A* Monada widziana od strony brzusznej. — *B* Monada od strony grzbietowej. — *C* Tarczki górnej połowy. — *D* Tarczki dolnej połowy. — Według PASCHERA.

U form niższych, np. u *Gymnodinium,* błona składa się z wielkiej i nieokreślonej ilości drobnych sześciokątnych tarczek. Ta błona jest dosyć wiotka i takie formy mogą zmieniać w pewnym stopniu swój kształt. U form wyższych, np. w rodzaju *Peridinium,* błona jest sztywnym pancerzem, złożonym z dokładnie określonej ilości dosyć dużych tarczek (ryc. 48). W niektórych wypadkach tarczki są ze sobą połączone przy pomocy specjalnych pasków. Tarczki mogą być z łatwością oddzielone od siebie przez naciskanie albo przez działanie ługiem potasowym. Są one na powierzchni pokryte delikatną ornamentacją w formie wystającej siatki. W oczkach tej siatki znajdują się kanaliki, przez które protoplazma może wychodzić nazewnątrz (ryc. 49). Jeszcze łatwiej może się to dziać przez otwór, znajdujący się na przedniej części monady pomiędzy szczytowemi tarczkami. Pancerz tworzy u niektórych form rozmaite wyrostki, nadając monadom dziwaczne kształty. Tak jest naprzykład w rodzaju *Ceratium* (ryc. 50).

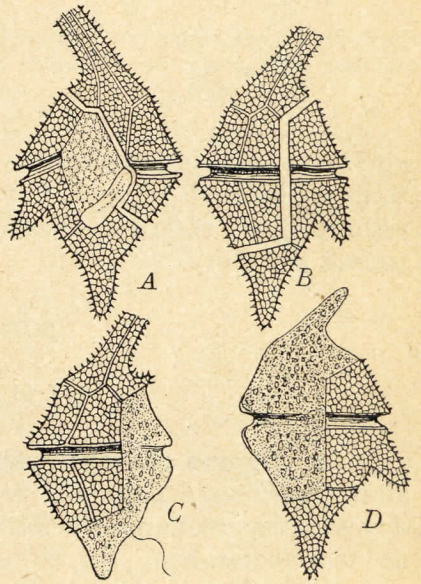


Ryc. 49. *Peridinium divergens.* Budowa pancerza w silnem powiększeniu. — Według SCHÜTTA.

Wewnątrz komórki poza jądrem znajdują się liczne brunatne plastydy w formie blaszek albo laseczek. Pirenoidów w plastydach niema. Produktem asymilacji jest skrobia albo tłuszcz, czasem jedno i drugie. Skrobia tworzy się poza ciałkami zieleni w protoplazmie, być może przy współudziale leukoplastów. Niektóre brózdnice są bezbarwne i odżywiają się jak zwierzęta. W pewnych wypadkach obserwowano w komórkach brózdnic pokarmy stałe i to nawet u form z plastydami. Brózdnice posiadają skomplikowany system wodniczków tętniących, podobny do tego, jaki widzieliśmy u *Eugleninae:* główny wodniczek otoczony ze wszystkich stron wodniczkami pobocznemi. Te ostatnie przelewają swoją zawartość do głównego wodniczka, który ją wyrzuca nazewnątrz przez otwór, znajdujący się w podłużnej bróżdzie u podstawy wici. Plamka oczna jest widoczna nie u wszystkich gatunków.



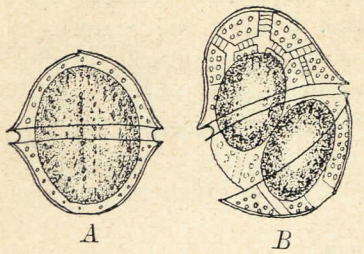
Ryc. 50. *Ceratium Hirundinella.* — *A* Od strony brzusznej. — *B* Od strony grzbietowej. — Według PASCHERA.



Ryc. 51. *Ceratium. A* Dzieląca się komórka od strony brzusznej. — *B* To samo od strony grzbietowej. — *C—D* Komórki potomne. — Według LAUTENBORNA.

Brózdnice mają dwa zasadniczo różne sposoby rozmnażania. Pierwszy sposób jest to podział nie podłużny, jak u większości wiciowców, lecz ukośny, zresztą zupełnie typowy, jak przystało na jednokomórkowe rośliny. Pancerz roz-

pada się na dwie części i każda komórka potomna otrzymuje jedną z nich. Brakującą połowę pancerza one sobie następnie dorabiają. Tak jest naprzykład u *Ceratium* (ryc. 51). Drugi sposób rozmnażania polega na wytwarzaniu zarodników przez podział zawartości monady. Zarodniki te wydostają się nazewnątrz, rozrywając pancerz. Po dorośnięciu do normalnych rozmiarów wytwarzają one sobie pancerz i wici i stają się typowemi monadami. Tak się rozmnaża np. *Peridinium* (ryc. 52). Ten drugi sposób rozmnażania nie jest typowym podziałem i przypomina rozmnażanie niektórych glonów. Czy brózdnice rozmnażają się także płciowo, jest rzeczą niepewną. W niekorzystnych warunkach tworzą się cysty.



Ryc. 52. Podział komórek *Peridinium tabulatum*. — Według Klebsa

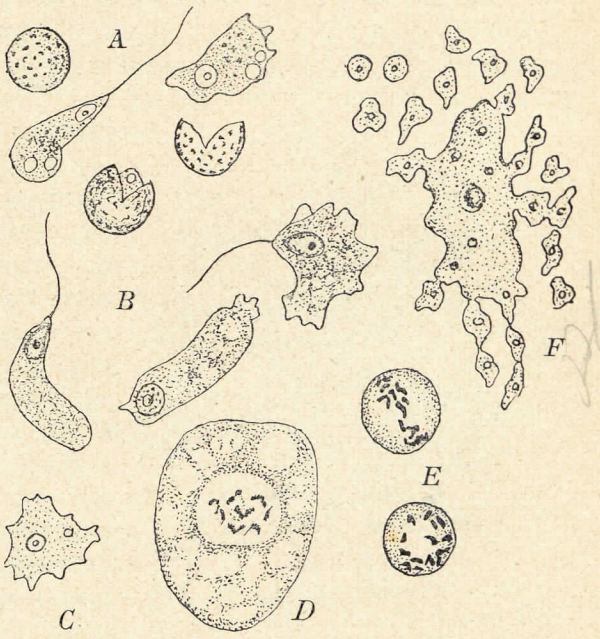
ROZDZIAŁ IV

ŚLUZOWCE

23. Ogólna charakterystyka. Śluzowce *(Myxomycetes* albo *Mycetozoa)*, podobnie jak wiciowce, stoją na granicy między światem roślinnym a zwierzęcym, a właściwie należą raczej do tego ostatniego. Są to organizmy w zasadzie jednokomórkowe, nieobłonione, bez plastydów, posiadające rodozmian.

Rozpatrzmy bliżej rozwój śluzowca, rozpoczynając od zarodnika. Jeżeli zarodnik znajduje się w sprzyjających warunkach, powłoka jego pęka i wychodzi z niego naga komórka, zawierająca jądro i wodniczek tętniący i opatrzona wicią (ryc. 53, *A*). Oprócz tej wici stwierdzono w ostatnich czasach istnienie obok niej drugiej krótkiej nieczynnej wici, trudno dostrzegalnej. Taka komórka jest w zupełności podobna do monady jakiejś nisko stojącej formy wiciowców i rozmnaża się przez podział tak samo jak one. Skutkiem braku błony monady zmieniają z łatwością swój kształt na podobieństwo ameb (ryc. 53, *B*). Po pewnym czasie tracą wić i zamieniają się w prawdziwe ameby, które pełzają po podłożu, wypuszczając nibynóżki (ryc. 53, *C, D*). Pewna część śluzowców nie tworzy wcale monad i wypuszcza z zarodników odrazu ameby. Ameby

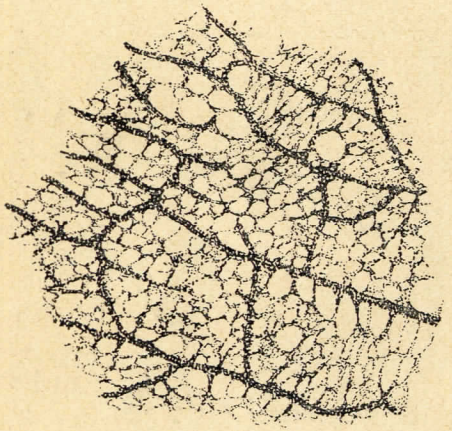
rozmnażają się przez podział, a następnie po pewnym czasie zespalają się ze sobą po dwie protoplazmami i jądrami, tworząc ameby diploidalne (ryc. 53, *E*). Łączą się ze sobą tylko ameby, pochodzące z różnych zarodników. Są tu zatem wśród nich różnice płciowe, pomimo tego, że są one zewnętrznie do siebie podobne. Podobne zjawiska, lepiej zbadane, występują u zielenic i grzybów, jak to będzie przedstawione obszerniej poniżej. Diploidalne ameby łączą się ze sobą, tworząc śluznie czyli plazmodja. W gromadzie *Acrasieae* połączenie to jest luźne i granice pomiędzy poszczególnemi amebami pozostają stale wyraźne. W drugiej gromadzie tego typu, u *Myxogasteres*, protoplazmy zlewają się ze sobą w jedną masę i tylko jądra zachowują swoją samodzielność (ryc. 53, *F*). Ani w jednym, ani w drugim wypadku śluznia nie może być uważana za wielokomórkowego osobnika, gdyż związek między amebami jest luźny. Rozcięcie śluzni na dwie części nic jej nie szkodzi, obie części żyją dalej zupełnie normalnie. Należy zatem uważać śluznię za kolonję. O słuszności takiego zapatrywania świadczy także ta okoliczność, że ze śluzni powstaje zwykle większa ilość zarodni, o czem będzie jeszcze mowa dalej.



Ryc. 53. Rozwój śluzowców. — *A* Kiełkowanie zarodników. — *B* Monady. — *C* Ameba. — *D* Haploidalna ameba z zabarwionemi chromozomami w jądrze. — *E* Jądro diploidalnych ameb z zabarwionemi chromozomami. — *F* Tworzenie się plazmodjum przez łączenie się ameb. *A, B, F* według Listera, *C* według Cienkowskiego, *D* i *F* według Jahna.

Śluznie są bardzo różnej wielkości, od postaci mikroskopowych do wielkich skupień o powierzchni metra kwadratowego. Kształt ich jest rozmaity: jedne mają postać zbitych śluzo-

watych mas, inne postać siatki złożonej z grubszych i cieńszych sznurków (ryc. 54). Śluznie pełzają po podłożu, kierując się w stronę większej wilgotności i słabszego światła. Śluzowce żyją w miejscach wilgotnych na gnijących substancjach organicznych, w ziemi, szczególnie często na butwiejącem drzewie. Wśród nich jest wiele form kosmopolitycznych. Z nastaniem suszy zarówno ameby jak i śluznie tworzą cysty, otoczone grubą błoną. Pod wpływem wilgoci zawartość cyst wychodzi nazewnątrz i prowadzi dalej życie normalne. Odżywiają się śluzowce na sposób zwierząt, pobierając nietylko płynne, ale i stałe ciała organiczne. Są to roztocze; tylko wyjątkowo napadają niektóre gatunki na rośliny nasienne, typowych pasorzytów wśród śluzowców niema. Po pewnym czasie śluznia dochodzi do stadjum dojrzałości. Kieruje się wówczas do miejsc suchych i oświetlonych i tam wytwarza charakterystyczne owocowania: zarodnie z zarodnikami. W dojrzewających zarodnikach odbywa się podział redukcyjny. Po nim następuje, jak zawsze, zwykły podział karjokinetyczny. Nie tworzy się przytem jednak czterech jąder, lecz trzy, bo jedno z jąder haploidalnych nie dzieli się. Dwa jądra ulegają degeneracji i zarodnik zawiera pojedyńcze jądro haploidalne. Zarodniki otoczone są błoną, złożoną z substancyj białkowych, zbliżonych do keratyny. Podobny skład mają inne części owocowania.



Ryc. 54. Siatkowate plazmodjum śluzowca. — Według Listera.

Mamy zatem u śluzowców typowy rodozmian. Forma haploidalna ma postać monad i ameb. Forma diploidalna powstaje przez zespalanie się ameb i ma z początku również postać ameb, później postać śluzni.

Śluzowce wykazują duże podobieństwo do wiciowców, jeszcze większe do korzenionogów. Podobieństwo do wiciowców polega przedewszystkiem na postaci komórek, które wychodzą z zarodników, a które w zupełności są podobne do monad wiciowców. Oprócz tego u wiciowców spotykamy formy, takie jak *Chrysarachnion* i *Myxochrysis,* które tworzą plazmodja. Plazmodja te różnią się od plazmodjów śluzowców coprawda tem,

że są haploidalne. Przy tej sposobności warto wspomnieć o tem, że u *Chlamydomonas,* form pośrednich między glonami a wiciowcami (patrz poniżej), tworzą się plazmodja diploidalne. Co się tyczy korzenionogów, to śluzowce różnią się od nich tylko rozmnażaniem przy pomocy zarodni i zarodników na podobieństwo grzybów.

U niektórych śluzowców obserwowano bardzo ciekawe współżycie z pewnemi bakterjami, bez których rozwój tych form wogóle odbywać się nie może.

Śluzowce dzielą się na dwie gromady: *Acrasieae* i *Myxogasteres,* różniące się głównie budową śluzni. Większość ich należy do drugiej z tych dwóch gromad.

W stanie kopalnym śluzowce nie są znane.

Pierwszem dziełem obejmującem całość śluzowców, dziełem, które zarazem stworzyło podstawę ich klasyfikacji, była „Monografja śluzowców“ Rostafińskiego, wydana w Paryżu w r. 1875. Z obecnym stanem naszych wiadomości o śluzowcach można zapoznać się z książki Listera p. t. „A Monograph of the Mycetozoa“ (3 wydanie. Londyn, 1924).

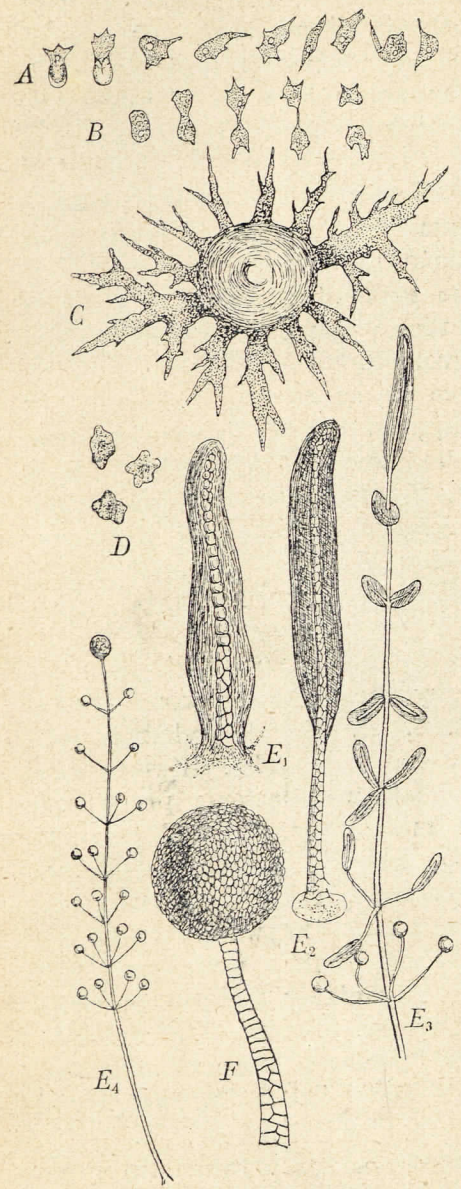
24. Acrasieae. Nieliczne formy tej gromady zjawiają się na gnijących substancjach, między innemi na nawozie. Badania Heleny i Seweryna Krzemieniewskich[1]) wykazały jednak, że właściwym ich siedliskiem jest gleba. Stwierdzenie tego faktu stało się możliwem dzięki wynalezieniu przez tych autorów nowej metody badania mikroflory gleby. Metoda ta polega na użyciu sterylizowanego nawozu. Badaną ziemię sypie się cienką warstwą do sterylizowanej szalki Petriego, kładzie się na nią sterylizowany nawóz i przykrywa się drugą połową szalki dla zabezpieczenia od zakażenia z powietrza. Przy odpowiedniej temperaturze różne organizmy glebowe przechodzą na nawóz i, korzystając z obfitości zawartych w nim substancyj pożywczych, rozwijają się i owocują. Między innemi zostają w ten sposób wywabione z ziemi liczne śluzowce, w tej liczbie i *Acrasieae.*

Omawiana gromada śluzowców charakteryzuje się przedewszystkiem tem, że w ciągu swojego rozwoju nie przechodzi przez stadjum monady: z zarodnika wychodzi odrazu ameba. Następnie ameby przy wytwarzaniu śluzni nie zlewają się ze sobą, tak że granice pomiędzy niemi pozostają dobrze widoczne.

---

[1]) „Z mikroflory gleby w Polsce“ — Acta Soc. Bot. Poloniae. Vol. IV, Nr. 2 (1927).

*



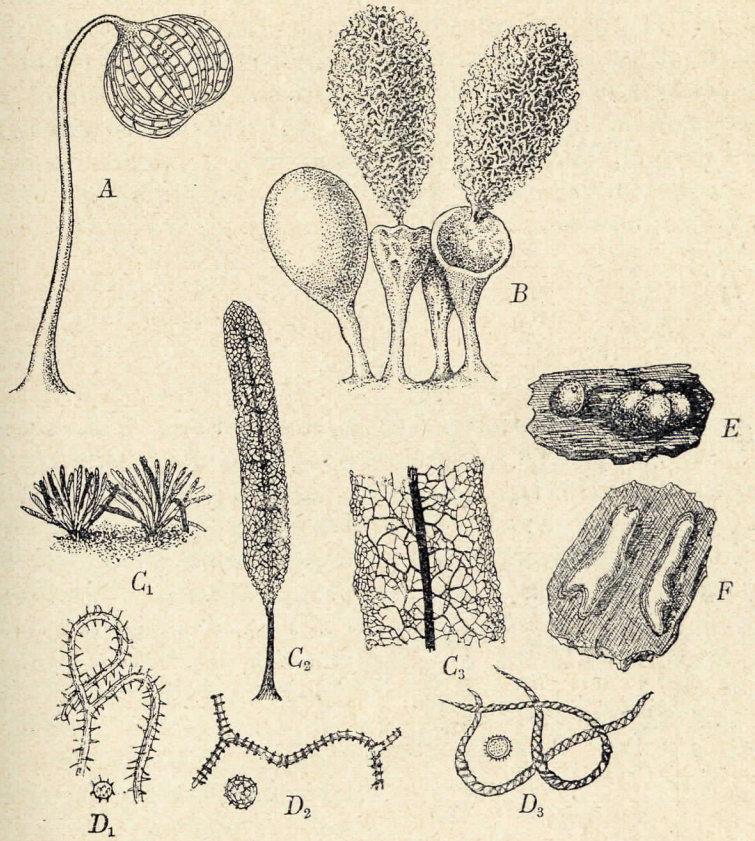
Ryc. 55. *Polysphondylium violaceum*. — *A* Kiełkowanie zarodników i zmiany kształtu ameb. — *B* Podział ameb. — *C* Plazmodjum. — *D* Ameby wyciśnięte ze śluzni. — *E* Tworzenie się owocowania. — *F* Kuliste skupienie zarodników na jednej z gałęzi owocowania. — Według Brefelda.

Przez ucisk mogą one być oddzielone od siebie. Dojrzałe śluznie tworzą skupienia zarodników nieosłonięte żadną powłoką.

Jako przykład można wziąć *Polysphondylium violaceum* (ryc. 55). Śluzowiec ten został odkryty w r. 1886 przez Brefelda w Rzymie na nawozie i od tego czasu był obserwowany tylko w Ameryce północnej. Badania Krzemieniewskich wykazały jego obecność w glebach polskich w wielu miejscach. Znaleziony został nadto drugi gatunek tego rodzaju, *P. pallidum*, który był dotąd obserwowany tylko w Ameryce i Afryce. Owocowania *Polysphondylium* tworzą się w ten sposób, że ameby, wchodzące w skład śluzni, pełzną ku jednemu punktowi i, wchodząc jedna na drugą, tworzą wyniosłość. Środkowe ameby otaczają się błoną i zrastają się ze sobą, tworząc walcowatą kolumnę. Kolumna ta coraz bardziej się wydłuża i po niej inne ameby pełzną do góry, wytwarzając podrodze boczne rozgałęzienia. Wkońcu zbierają się one na końcach kolumny i jej rozgałęzień i wytwarzają kuliste skupienia zarodników.

25. Myxogasteres. Są to typowe śluzowce ze śluznią jednolitą, przechodzące przez stadjum pływającej we wo-

dzie monady. Owocowania składają się tu z zarodni o różnej budowie, zawsze jednak okrytych powłoką, t. zw. peridjum, pod którą znajdują się zarodniki. Ta powłoka pęka albo niszczeje i zarodniki wysypują się. Zdarza się czasem, że w peridjum niszczeją tylko części cieńsze, grubsze zaś pozostają w formie delikatnej siatki. Tak jest naprzykład w rodzaju



Ryc. 56. Owocowania *Myxogasteres*. — *A Dictydium cernuum*. — *B Arcyria ferruginea*. — *C Stemonitis fusca*. — *D* Różne formy nitek włośni i zarodników: D_1 *Cornuvia circumcissa*, D_2 *C. Serpula*, D_3 *Trichia varia*. — *E Lycogala epidendrum*. — *F Licea flexuosa*. — *A, C, D_1, D_3, E, F* według Schrötera, *B* według Listera, D_2 według Rostafińskiego.

Dictydium (ryc. 56, *A*). Po większej części zarodnie zawierają oprócz zarodników jeszcze szczególne nitkowate twory, t. zw. włośnię (capillitium). Po pęknięciu peridjum włośnia rozpręża się i wysuwa daleko poza pierwotne granice zarodni,

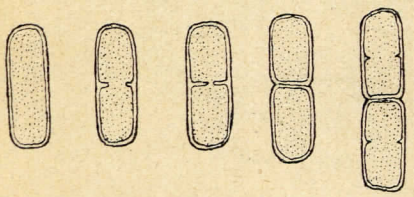
ułatwiając rozsiewanie zarodników. Przykładem tego może służyć *Arcyria* (ryc. 56, *B*). W rodzaju *Stemonitis* włośnia jest przyrośnięta do kolumny, przebiegającej wzdłuż zarodni i stanowiącej przedłużenie nóżki zarodni (ryc. 56, *C*). Nici włośni są rurkowate albo pełne, na powierzchni mają charakterystyczne wypukłe ornamentacje (ryc. 56, *D*). W niektórych rodzajach włośnia zawiera kryształy węglanu wapnia. W wielu wypadkach zarodnie łączą się ze sobą lub splatają się w jednolite twory, zwane etaljami. Najbardziej znanym tego przykładem jest kosmopolityczny *Lycogala epidendrum,* którego etalja mają kształt jajowaty (ryc. 56, *E*). Zdarza się wreszcie, że śluznia nie tworzy zarodni określonego kształtu, lecz zamienia się w skupienia pokręconych rurek wypełnionych zarodnikami i włośnią. Tego rodzaju owocowania noszą nazwę plazmodjokarpjów (ryc. 56, *F*).

ROZDZIAŁ V

ROZPRĄTKI

26. Ogólna charakterystyka rozprątków. Trzeci zkolei typ roślin, rozprątki *(Schizophyta),* charakteryzuje się jednokomórkowością, jądrem nieodosobnionem od protoplazmy i brakiem rozmnażania płciowego.

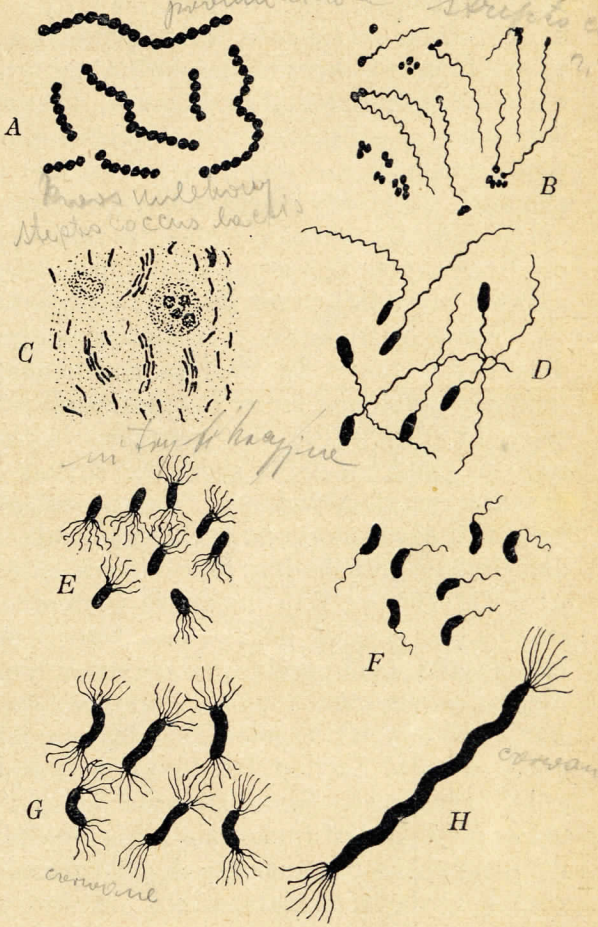
Komórki rozprątków tworzą często kolonje kształtu nitkowatego albo bryłowatego, rzadziej blaszkowatego. Komórki te są z reguły obłonione, błona składa się najczęściej z substancyj pektynowych, rzadziej z celulozy. Zewnętrzna warstwa błony często galaretowacieje. Podział komórek odbywa się w ten sposób, że błona wytwarza okrężną listewkę, która wzrasta w protoplazmę, przedzielając ją wkońcu na dwie części (ryc. 57). Po podziale następuje wzrost komórek potomnych, które w krótkim czasie dochodzą do normalnej wielkości, poczem następuje nowy podział. W ten sposób rozprątki rozmnażają się bardzo szybko: u niektórych bakteryj w korzystnych warunkach podział powtarza się co 20 minut, co daje miljon nowych osobników z jednego w ciągu 7 godzin. Pod działaniem niekorzystnych warunków tworzą się u wielu form komórki przetrwalnikowe, zarodniki.



Ryc. 57. Schemat podziału komórek u rozprątków.

Sposób życia rozprątków jest nadzwyczajnie rozmaity, jak to będzie wyjaśnione w dalszym ciągu tego wykładu. Są wśród nich i formy samożywne, i roztocze, i pasorzyty, a nadto formy o sposobie życia osobliwym, niespotykanym poza tem u roślin, jak np. beztlenowce (anaeroby), formy nie znoszące tlenu.

Rozprątki dzielą się na bakterje *(Schizomycetes)* i sinice *(Cyanophyceae).* Główna różnica między niemi polega na obecności u sinic chlorofilu, którego bakterje nie posiadają. Pomiędzy obu gromadami są formy przejściowe.



Ryc. 58. Komórki bakteryj właściwych według barwionych preparatów. *A — Streptococcus erysipelatos, B — Planococcus citreus, C — Bacillus tuberculosis* z preparatu plwocin, *D — Pseudomonas macroselmis, E — P. syncyanea, F — Microspira comma, G — Spirillum rubrum* krótkie komórki, *H* — ten sam gatunek, długa komórka. — Według Migula.

27. Bakterje. Charakterystyka ogólna. Komórki bakteryj mają kształt bardzo prosty: laseczkowaty albo kulisty (ryc. 58). Laseczki są albo proste, albo skręcone wspiralę przestrzenną. Jeżeli spirala tworzy część jednego obrotu, wyglądają, jakgdyby były tylko zgięte. Postać ich jest nieraz silnie zmienna u tego samego gatunku. Naprzykład *Spirochaeta cytophaga,* bakterja rozkładająca celulozę, według badań H. Krzemieniew-

SKIEJ [1]) może zmieniać kształt swoich komórek z laseczkowatej w kulistą. Te dwie formy uważano początkowo za dwa różne gatunki. Laseczki niektórych bakteryj mogą rozpadać się na kuliste komórki, np. u promieniowców *(Actinomycetes)* albo u *Bacterium radicicola,* bakterji wiążącej wolny azot i żyjącej w symbiozie z korzeniami roślin motylkowatych. Ten proces może iść tak daleko, że komórki rozpadają się na cząsteczki niewidzialne nawet w ultramikroskopie: bakterja przybiera wtedy postać t. zw. wirusa [1]). Tak jest naprzykład z bakterją gruźlicy. Niektórzy autorowie coprawda temu zaprzeczają, co nie jest wcale dziwne wobec trudności tego rodzaju badań, powodowanych przez niewidzialność wirusów — ich obecność ujawnia się tylko przez działania chorobotwórcze.

Nasze wiadomości o wirusach są jeszcze skąpe. Ustalone dotychczas fakty są następujące. Cząsteczki wirusów mają średnicę, wahającą się w granicach od 0·125—0·175 μ u zarazka ospy, do 0·008—0·012 μ u zarazka choroby pyska i racic. Zostało to ustalone przez sączenie. Wirusy przechodzą przez filtry, zatrzymujące bakterje: fajansowe, okrzemkowe. Natomiast wobec filtrów kolodjonowych zachowują się różnie, przez bardziej luźne przechodzą, przez bardziej ścisłe — nie. Ta t. zw. ultrafiltracja daje możność wymierzenia wielkości ich cząsteczek, bo stopień porowatości filtrów można oznaczyć, badając, z jaką szybkością przechodzi przez nie woda. Najdrobniejsze cząsteczki wirusów niewiele są większe od drobin ciał białkowych: cząsteczki oksyhemoglobiny mają średnicę 0·003—0·005 μ. Zachodzi wobec tego wątpliwość, czy są to wogóle organizmy. Niewidzialność ich utrudnia rozstrzygnięcie tej kwestji. W każdym razie mają one tę cechę wspólną z organizmami, że rozmnażają się. To rozmnażanie odbywa się na wielką skalę w organizmach, na których one pasorzytują. W sztucznej pożywce udało się dotychczas stwierdzić to zjawisko tylko u bardzo niewielu wirusów, m. i. u zarazka zapalenia płuc u bydła.

Do wirusów należą m. i. bakterjofagi, odkryte przez D'HERELLE'A. Są to niewidzialne pasorzyty bakteryj o bardzo drobnych cząsteczkach, np. bakterjofag niszczący *Bacterium coli* ma średnicę cząsteczek 0·02—0·03 μ.

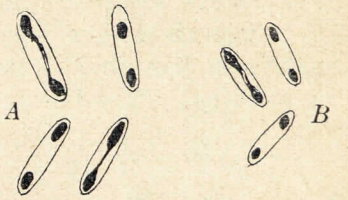
---

[1]) Le cycle évolutif de Spirochaeta cytophaga Hutchinson et Clayton. — Acta Soc. Bot. Polon. Vol. 7 (1929). 507—519.

[1]) FAIRBROTHER R. W. Handbook of filterable viruses. — London, 1934.

Bakterje są zatem najdrobniejszemi organizmami. Z form widzialnych pod mikroskopem, kuliste mają zwykle 1 μ w średnicy. Tyleż mniej więcej wynosi grubość laseczek w większości przypadków.

Komórki bakteryj są nieruchome albo poruszają się zapomocą rzęsek, nitkowatych wyrostków protoplazmy, identycznych z wiciami wiciowców. Rzęskami wogóle nazywa się wici wtedy, kiedy występują w większej ilości. Ilość ich u bakteryj jest różna, różne jest też rozmieszczenie na komórce (por. ryc. 58). Komórki bakteryj żyją wolno albo są połączone w kolonje.



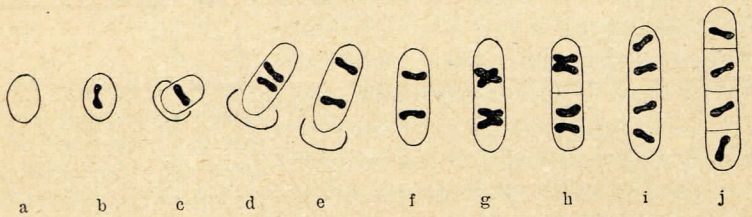
Ryc. 59. *A Bacillus butyricus* splazmolizowany 5% roztworem soli kuchennej, *B Bacterium typhi* splazmolizowany 2% roztworem soli kuchennej. W obu wypadkach protoplazma podzieliła się na części, które w pewnych komórkach zachowały łączność ze sobą przy pomocy cienkich mostków. Silnie powiększone według barwionych preparatów. — Według A. FISCHERA.

Komórki bakteryj są obłonione z wyjątkiem miksobakteryj. Błonę można uwidocznić, plazmolizując komórkę (ryc. 59). Protoplazma nie zawiera chondrjozomów i innych zwykłych składników, tak samo jak i u sinic. Zawiera natomiast wodniczki, materjały zapasowe i, co najważniejsza, ciałka złożone z chromatyny.

Z pośród materjałów zapasowych, występujących w komórkach bakteryj, zasługuje na uwagę przedewszystkiem wolutyna, substancja spotykana także u innych niższych roślin: u sinic, okrzemek, glonów, grzybów. Nazwa jej pochodzi od bakterji *Spirillum volutans,* u której wolutyna została po raz pierwszy dokładniej zbadana. Jest to substancja rozpuszczalna w gorącej wodzie, nierozpuszczalna w alkoholu. Charakterystyczną reakcją na wolutynę jest barwienie błękitem metylenowym z następującem potem działaniem 1% kwasem siarczanym. Błękit metylenowy barwi oprócz wolutyny także chromatynę, jednakże pod działaniem kwasu siarczanego chromatyna odbarwia się i tylko wolutyna pozostaje zabarwiona. Skład chemiczny wolutyny nie jest dokładnie znany. W każdym razie nie jest to ciało białkowe, bo nie daje charakterystycznych dla białka reakcyj. Prawdopodobnie jest to jakaś pochodna kwasu nukleinowego. Poza wolutyną spotyka się w komórkach bakteryj kropelki tłuszczu i glikogen. Ten ostatni jest węglowodanem, który o wiele częściej występuje u zwierząt („zwierzęca skrobia"). Tworzy on z wodą roztwory koloidalne,

opalizujące. Pod działaniem jodu barwi się na brunatno. Zabarwienie to znika przy ogrzewaniu i powraca po oziębieniu. U niektórych bakteryj, np. u *Bacillus amylobacter,* występuje jakiś nieznany bliżej węglowodan, barwiący się na podobieństwo skrobi na niebiesko pod działaniem jodu. Wreszcie trzeba wspomnieć o ziarenkach siarki, które występują u niektórych bakteryj. Liczne bakterje wytwarzają różne barwiki, najczęściej czerwone. Są także bakterje zielone, ale wytwarzany przez nie barwik nie jest chlorofilem.

Przechodzimy teraz do występowania chromatyny w komórkach bakteryj. Kwestja ta łączy się z zagadnieniem jądra u bakteryj. Prawdziwego, odosobnionego od protoplazmy jądra

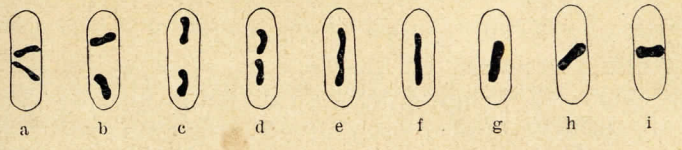


Ryc. 60. *Bacillus subtilis.* Kiełkowanie zarodnika (chromozom początkowo niewidoczny) i podział komórek. Podział chromozomów nieraz wyprzedza podział protoplazmy i wtedy komórki przejściowo zawierają po dwa chromozomy. — Według BADIANA.

bakterje nie mają, zawierają jednak chromatynę, która stanowi najważniejszy jego składnik. Coprawda chromatyna bakteryj nie daje reakcji FEULGENA, ale ten odczynnik nieraz zawodzi, bo jest właściwie charakterystyczny dla aldehydów (por. str. 30). Przeto można uważać, że jądro u bakteryj istnieje, tylko jest zlane z protoplazmą. To ujmowanie rzeczy jest tem bardziej uzasadnione, że ostatnio J. BADIAN stwierdził u bakteryj przemiany chromatyny, podobne do zwykłych przemian w jądrze normalnem. Najwyraźniej przedstawia się ta rzecz u *Bacillus subtilis*[1]). Komórka tej bakterji zawiera jeden pałeczkowaty chromozom, który dzieli się podłużnie przed podziałem komórki (ryc. 60). Zajmuje on w komórce położenie poprzeczne. Przed wytworzeniem zarodnika odbywa się proces, przypominający zapłodnienie (ryc. 61). Dwa chromozomy, wytworzone przez podział, ustawiają się wzdłuż komórki i zlewają się końcami w jeden „dwuwartościowy" chromozom, który obraca

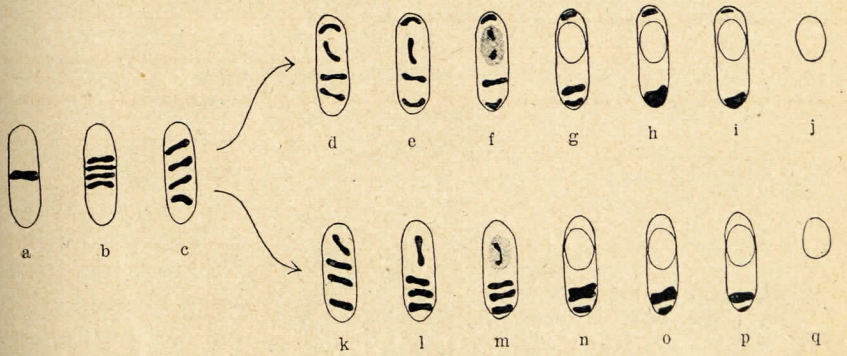
[1]) Eine cytologische Untersuchung über das Chromatin und den Entwicklungszyklus der Bakterien. — Planta. Vol. 4 (1933), 409—418.

się następnie i zajmuje zwykle położenie poprzeczne. Zaraz potem dzieli się ten chromozom dwukrotnie, dając cztery zwykłe



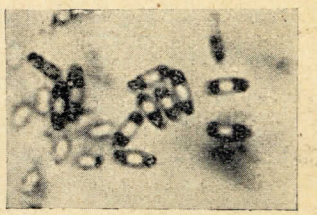
Ryc. 61. *Bacillus subtilis.* Łączenie się chromozomów. — Według BADIANA.

chromozomy (ryc. 62). Z nich trzy ulegają zniszczeniu, a jeden — końcowy albo jeden ze środkowych otacza się gęstą



Ryc. 62. *Bacillus subtilis.* Podział redukcyjny chromozomów i tworzenie zarodników. W górnym szeregu figur jest przedstawiony przypadek przejścia do zarodnika jednego ze środkowych chromozomów, w dolnym szeregu — przypadek przejścia jednego z krańcowych. — Według BADIANA.

protoplazmą. Naokoło niej wytwarza się nowa błona i powstaje w ten sposób zarodnik. Odrzucone trzy chromozomy są jeszcze jakiś czas widoczne (ryc. 63), potem znikają wraz z pierwotną błoną komórki. Z takiego zarodnika wychodzi w sprzyjających warunkach laseczka i cykl rozwojowy zostaje zamknięty. W ten sposób mamy tu nietylko procesy podobne do zapłodnienia, ale i do podziału redukcyjnego, tylko rolę jąder odgrywają tu chromozomy [1]).



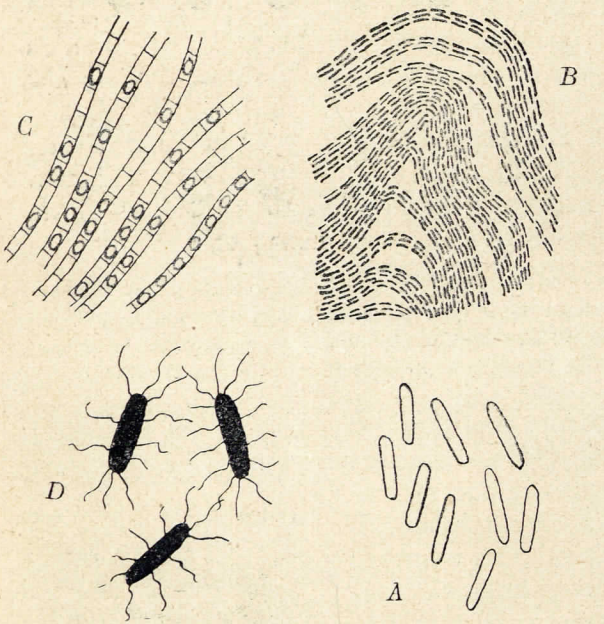
Ryc. 63. *Bacillus subtilis.* Komórki z zarodnikami. Obok zarodników odrzucone chromozomy. Chromozomy w zarodnikach niewidoczne. — Według BADIANA.

[1]) Bliższe szczegóły o budowie komórki bakteryj czytelnik znajdzie w artykule J. BADIANA, ogłoszonym w „Kosmosie" Serja B. Rocznik 1935.

Z powyższego wynika, że zarodniki u bakteryj tworzą się wewnątrz komórek wegetatywnych. Są to endospory. Jest to dla bakteryj charakterystyczne: u sinic zarodniki tworzą się inaczej. Tworzenie zarodników u bakteryj nie jest cechą powszechną.

Bakterje wykazują wielką rozmaitość. Dzielą się one na 4 rzędy: bakterje właściwe *(Haplobacteriales)*, bakterje nitkowate *(Desmobacteriales)*, promieniowce *(Actinomycetes)* i miksobakterje *(Myxobacteriales)*.

Ostatni z tych rzędów wyróżnia się brakiem błony komórkowej i zbliża się do śluzowców z gromady *Acrasieae*. Przedostatni — promieniowce — charakteryzuje się nitkowatemi komórkami, które rozpadają się w pewnych stadjach rozwojowych na kuliste komórki. Bakterje nitkowate tworzą nitkowate kolonje. U bakteryj właściwych wreszcie kolonje, o ile wogóle tworzą się, są luźne, oprócz tego te tylko bakterje tworzą zarodniki, chociaż niezawsze.

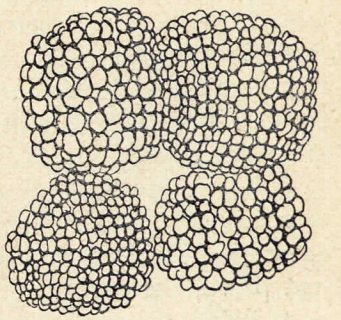


Ryc. 64. *Bacillus subtilis*. *A* — pojedyńcze komórki niezabarwione, *B* — nitkowate kolonje w błonce, pokrywającej powierzchnię cieczy, *C* — kolonje z endosporami, *D* — swobodnie pływające komórki zabarwione dla uwidocznienia rzęsek. — Według Migula.

Bakterje istniały prawdopodobnie od najdawniejszych czasów. Rozpoznanie ich resztek jest jednak trudne. Najdawniejsze, znalezione w pokładach algonkijskich, są to formy żelaziste.

28. Bakterje właściwe, które w tym ustępie będziemy nazywali dla skrócenia poprostu bakterjami, przedstawiają się jako kuliste lub laseczkowate komórki. Żyją one wolno, rzadziej tworzą luźne kolonje. Jako przykład formy kolonjalnej można przytoczyć *Bacillus subtilis*, którego cykl rozwojowy został przedstawiony w poprzednim ustępie. Kulturę tej bardzo rozpowszechnionej bakterji można z łatwością otrzymać: wystarczy przygotować wywar z siana i postawić go wolno. Komórki tej bakterji z początku pływają w cieczy przy pomocy rzęsek (ryc. 64, *A*, *D*), później zaś tworzą na powierzchni cieczy galaretowatą błonkę, w której przez podział, powtarzający się zawsze poprzecznie, powstają nitkowate kolonje (ryc. 64, *B*, *C*). Formy kuliste mogą podobnie jak laseczkowate tworzyć kolonje nitkowate (ryc. 58, A), które wtedy mają wygląd sznurów pereł. Mogą one także tworzyć kolonje blaszkowate lub bryłowate. Kolonje bryłowate mogą być nawet duże (por. 65).

Tworzenie endospor jest charakterystyczne dla bakteryj właściwych, jakkolwiek nie jest zjawiskiem powszechnem: inne bakterje ich nie tworzą. Te zarodniki stanowią stadjum przetrwalnikowe i odznaczają się nadzwyczajną wytrzymałością. Wytrzymują one nawet temperaturę wrzącej wody, coprawda tylko przez czas ograniczony. Dopiero ogrzanie powyżej 100° *C* zabija je szybko. Komórki wegetatywne są o wiele bardziej wrażliwe i giną natychmiast we wrzącej wodzie.



Ryc. 65. *Sarcina ventriculi*. Z wymiotów. — Według Migula.

Bakterje są niesłychanie rozpowszechnione w przyrodzie a to do tego stopnia, że trzeba specjalnych zabiegów, ażeby się uwolnić od ich obecności. Głównem ich siedliskiem jest gleba i wody, zarówno słone jak i słodkie. Poza tem występują one jako pasorzyty w zwierzętach i roślinach. Są to po większej części roztocze albo pasorzyty. Roztocze powodują rozkład substancyj organicznych (gnicie, butwienie) oraz wywołują różne fermentacje, np. kiszenie kapusty, kwaśnienie wina i t. p. Pasorzyty są przyczyną chorób zakaźnych *(Bacterium tuberculosis* gruźlicy, *B. diphtheritidis* płonicy i t. d.). Są jednak między niemi i formy samożywne, np. bakterje purpurowe (*Rhodothece, Rhodocystis* i t. d.), przyswajające dwutlenek węgla na świetle przy pomocy czerwonego barwika, albo bakterje nitryfikacyjne (*Nitrosomona, Nitrosobacter* i t. d.), przyswajające dwutlenek węgla w ciemności przy pomocy energji zdobytej przez utlenianie amonjaku lub kwasu azotawego. Będzie o nich mowa jeszcze w fizjologji. Bardzo ciekawe są wymagania życiowe bakteryj co do temperatury. Są pomiędzy niemi formy,

które rozwijają się dobrze tylko przy wysokiej temperaturze. Naprzykład pasorzyty zwierząt ciepłokrwistych wymagają temperatury 37—40° *C*, odpowiadającej temperaturze krwi. *Bacillus calfactor*, powodujący rozgrzewanie się samorzutnie siana, najlepiej rozwija się dopiero przy temperaturze 60° C. Niemniej ciekawe są wymagania bakteryj pod względem tlenu. Jest wśród nich dużo takich, które nie znoszą większego stężenia tlenu albo nawet nie znoszą go wcale. Są to t. zw. beztlenowce czyli anaeroby. Do nich należą np. różne bakterje, powodujące gnicie. Na szczególną uwagę wreszcie zasługują bakterje, wiążące wolny azot powietrzny, który dla innych roślin jest zupełnie bezużyteczny. Bakterje te utleniają go, wzbogacając glebę w związki azotowe. Przykładem może służyć *Clostridium Pasteurianum* i *Azotobacter chroococcum*. Pierwszy jest formą anaerobową, drugi aerobową, to znaczy potrzebującą tlenu. Niektóre bakterje wiążące azot żyją w symbiozie z wyższemi roślinami, np. *Bacterium radicicola* w korzeniach motylkowatych. O tych wszystkich bakterjach będzie jeszcze mowa w fizjologji.

Z przejawów życiowych bakteryj zasługuje na uwagę wytwarzanie w niektórych wypadkach wielkich ilości ciepła oraz świecenie. Rozgrzewanie się kup wilgotnego siana, nawozu i t. p. jest powodowane przez *Bacillus coli*, który może spowodować podniesienie temperatury, dochodzące do 40° C. Potem zaczyna być czynny *Bacillus calfactor*, o którym już była mowa powyżej: ta bakterja może doprowadzić temperaturę do 70° C. Bakterje świecące żyją głównie w morzu, powodując wraz z innemi organizmami świecenie morza. Niektóre z nich występują na mięsie, ziemniakach i innych ciałach organicznych, np. *Bacterium phosphoreum*.

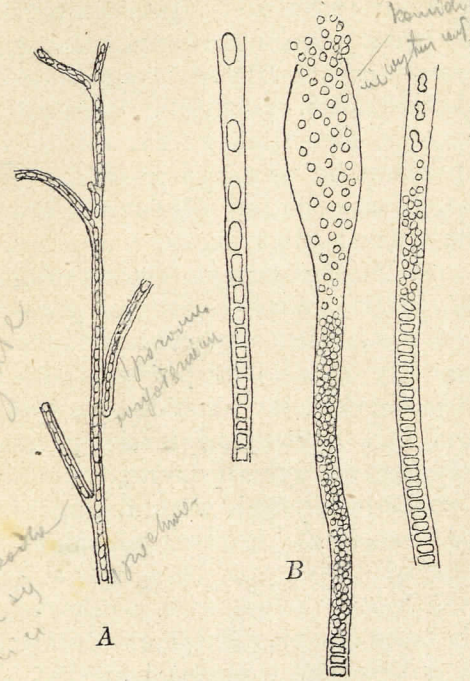
Badanie bakteryj z powodu ich drobnych rozmiarów i małych różnic morfologicznych jest bardzo trudne. Wymaga ono użycia czystych kultur, to znaczy takich, które składają się z jednego tylko gatunku. Ażeby mieć gwarancję, że kultura jest czysta, trzeba ją wyprowadzić z jednej komórki. Ponieważ te komórki są bardzo drobne, niełatwo jest uchwycić jedną z nich osobno od innych. Służą do tego różne metody, z których najprostszą jest następująca. Niewielką część mieszanej kultury rozrabia się znaczną ilością wyjałowionej przez gotowanie wody, tak żeby na każdą kroplę cieczy przypadała średnio mniej niż jedna komórka. Wówczas niektóre krople będą zawierały po jednej komórce, inne zaś nie będą miały ani jednej. Przygotowuje się następnie cały szereg naczyń, zawierających wyjałowioną pożywkę, i każde naczynie zaszczepia się jedną kroplą wspomnianej rozcieńczonej kultury. Część naczyń pozostanie jałowa, w pozostałych rozwiną się czyste kultury tych bakteryj, które znajdowały się w danej kulturze mieszanej. Taka metoda niezawsze prowadzi do celu. Dlatego też wynaleziono wiele innych, których nie będziemy opisywali, bo to należy do bakterjologji właściwej.

Jako pożywki używa się przeważnie wywarów rozmaitych ciał organicznych: mięsa, siana, nawozu i t. d. Wywary te pozostawia się w stanie płynnym albo zestala się je przez dodanie żelatyny albo agaru. W tym drugim przypadku pożywka jest płynna, dopóki jest gorąca; przy oziębianiu zastyga w galaretowatą masę. Wylewa się ją na gorąco do probówek albo do szalek Petriego. Poza tem używa się jako pożywek różnych części roślin, np. kawałków marchwi lub ziemniaków. Naturalnie przy wszelkich pracach nad bakterjami trzeba przestrzegać zupełnej jałowości: wszystkie naczynia, przyrządy i pożywki muszą być wyjałowione przez ogrzewanie w autoklawach, kultury zaś zabezpieczone od zarażenia mikroorganizmami z powietrza.

29. Bakterje nitkowate. Są to organizmy kolonjalne, o kolonjach nitkowatych, złożonych z komórek o typowej dla bakteryj budowie. Nici te przeważnie tkwią w rurkowatych pochwach. Są one albo proste, albo tworzą t. zw. pozorne rozgałęzienia, które powstają w ten sposób, że pewne komórki wysuwają się w bok, przebijając pochwę, i rosną w innym kierunku niż nić macierzysta (ryc. 66, *A*). Rozmnażają się nitkowate bakterje przez rozpadanie się nici na odcinki złożone z kilku komórek, które to odcinki następnie wyrastają w nowe nici. Ten sposób rozmnażania przypomina żywo rozmnażanie sinic przy pomocy hormogonjów, o czem będzie mowa w ust. 32. Poza tem rozmnażanie odbywa się jeszcze przy pomocy pojedyńczych komórek nieruchomych albo opatrzonych rzęskami. Są to normalne komórki, które odrywają się od kolonji, albo specjalne drobne komórki, konidja, które tworzą się przez podział pewnych części kolonji (ryc. 66, *B*). Konidja nie są wytrzymałe na działanie niesprzyjających warunków i rozwijają się odrazu, dając nowe kolonje. Komórek przetrwalnikowych (zarodników) bakterje nitkowate nie tworzą.

Bakterje nitkowate żyją w wodzie zarówno słodkiej, jak i słonej, albo swobodnie w szlamie na dnie zbiorników, albo umocowane do kamieni, wodnych roślin i innych przedmiotów.

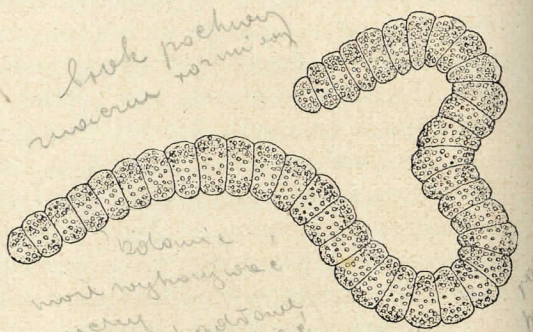
Są to przeważnie roztocze, rzadziej rośliny samożywne, pasorzytów niema wśród nich wcale. Na szczególną uwagę zasługują bakterje żelaziste i siarczane.



Ryc. 66. *A Cladothrix dichotoma.* Pozorne rozgałęzienia. Według A. Fischera. — *B Crenothrix polyspora.* Tworzenie się konidjów. Według Migula.

Bakterje żelaziste występują tylko w wodzie, zawierającej tlenki żelaza. Niektóre z nich, np. *Cladothrix*, są zwykłemi roztoczami i dają się hodować bez żelaza, natomiast *Spirophyllum* potrzebuje do życia związków żelaza, gdyż utlenia wodorotlenek żelazawy $[Fe(OH)_2]$ na wodorotlenek żelazowy $[Fe(OH)_3]$ i w ten sposób zdobywa energję konieczną do przyswajania dwutlenku węgla.

Wśród bakteryj siarczanych najciekawsze są *Beggiatoa*, wyróżniające się swojemi znacznemi rozmiarami i brakiem pochwy. *Beggiatoa* są podobne do sinic z rodzaju *Oscillaria* i podobnie jak tamte mogą wykonywać ruchy wahadłowe i pełzać po podłożu (ryc. 67). Są to rośliny samożywne, występujące w wodach, zawierających siarkowodór. Sposób życia ich jest bardzo szczególny. Przyswajają one dwutlenek węgla przy pomocy energji zdobywanej przez utlenianie siarkowodoru. Powstająca przytem siarka gromadzi się obficie w protoplazmie. Ta siarka w razie braku siarkowodoru ulega również utlenieniu. Rozmnażanie odbywa się tylko przez rozpadanie się kolonij na części.

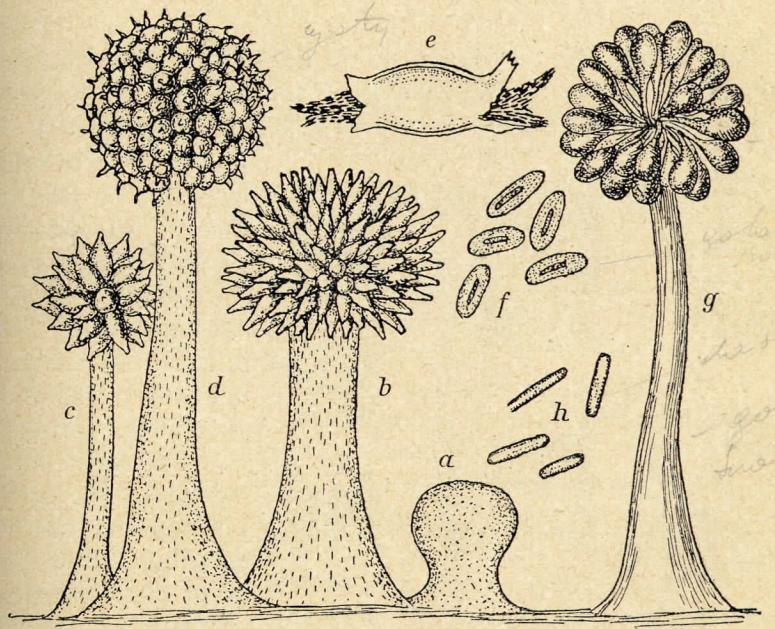


Ryc. 67. *Beggiatoa mirabilis.* Kolonja z ziarenkami siarki. — Według A. Englera.

30. Promieniowce. Jak to już było podane

w ust. 27, promieniowce mają komórki nitkowate. Charakterystyczną ich cechą jest rozpadanie się na sznury kulistych komórek. Są to częściowo organizmy chorobotwórcze. Liczne gatunki żyją w ziemi.

31. Miksobakterje. Są to organizmy, znalezione początkowo na nawozie trzymanym w temperaturze 30—35°, przy której rozwój grzybów zostaje wstrzymany. Badania Heleny i Seweryna Krzemieniewskich, o których była już mowa w ust. 24, wykazały, że właściwem siedliskiem tych organizmów, podobnie



Ryc. 68. *a—f Chondromyces apiculatus: a—d* owocowanie w różnych stadjach rozwojowych, *e* pojedyńcza cysta z pękniętą błoną i wychodzącemi z niej laseczkami, *f* pojedyńcze laseczkowate komórki otoczone galaretowatą powłoką. — *g Chondromyces pediculatus.* Owocowanie. — *h Chondromyces catenulatus.* Pojedyńcze laseczki. — Według Thaxtera.

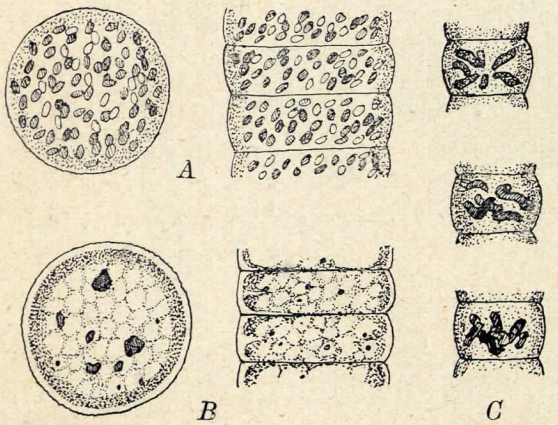
jak dla *Acrasieae*, jest gleba[1]). Bezpośrednio w glebie zauważyć ich dotąd nie udało się, ale przy pomocy sterylizowanego nawozu można je z łatwością z gleby wywabić.

Miksobakterje mają typową dla bakteryj laseczkowatą postać, ale są pozbawione błony. Wydzielają one obficie śluz

[1]) Krzemieniewscy H. i S. „Miksobakterje Polski" — (Acta Soc. Bot. Poloniae. 1926—1931).

i w nim poruszają się w niewiadomy sposób, tworząc t. zw. „roje“. Bardzo charakterystyczne są owocowania miksobakteryj. Dla wytworzenia ich laseczki skupiają się w grupy, otoczone osobną mocną błoną, t. zw. cysty (ryc. 68, *e*). Cysty te leżą na podłożu albo też tworzą charakterystyczne skupienia na galaretowatych trzonkach. Jest to stadjum przetrwalnikowe tych organizmów. Poszczególne laseczki w cystach są nieco skurczone, zaokrąglone i otoczone galaretowatą powłoką. Przy kiełkowaniu cysty laseczki wychodzą przez otwory w błonie, wydłużają się i zrzucają galaretowatą otoczkę, ażeby znowu utworzyć roje. Sposób życia miksobakteryj nie jest jeszcze znany. Są to prawdopodobnie roztocze.

32. Sinice. Sinice różnią się od bakteryj przedewszystkiem zawartością chlorofilu. W związku z tem mają nieco odmienną budowę komórki. Protoplazma składa się z dwóch części: środkowej i obwodowej. Środkowa jest bezbarwna, obwodowa zabarwiona na kolor siny. Zabarwienie to jest spowodowane przez mieszaninę chlorofilu z karotynoidami, fikocyjaniną i fikoerytryną. Te dwa ostatnie barwiki są ciałami białkowemi, nierozpuszczalnemi w alkoholu, rozpuszczalnemi w słonej wodzie (por. ust. 7). Wyliczone powyżej barwiki występują w różnym stosunku i stosownie do tego barwa sinic może się zmieniać od fioletowej i brudnozielonej aż do czerwonawobrunatnej. U niektórych sinic, np. u *Oscillaria*, barwa może się zmieniać pod wpływem różnego oświetlenia.



Ryc. 69. Budowa komórki u sinic. *A* i *B Oscillaria princeps*. Komórka widziana od strony płaskiej i część nici widziana zboku. W rycinie *A* widoczne są ziarenka glikogenu, w *B* — ziarenka chromatyny. *C Oscillaria anguina*. Widoczne są chromozomy. — Według A. Fischera.

Posiadając chlorofil, sinice mogą przyswajać dwutlenek węgla na świetle. Poza tem zresztą zużytkowują także substancje organiczne i dlatego występują szczególnie obficie w wodach zanieczyszczonych. Produktem asymilacji jest glikogen,

który tworzy się w obwodowej części protoplazmy, ale zostaje przeniesiony do części środkowej, gdzie występuje w formie ziarenek (ryc. 69, *A*). W części środkowej komórek sinic widoczne są nieraz laseczkowate chromozomy, barwiące się hematoksyliną (ryc. 69, *C*). Część ta odpowiada zatem jądru, nie jest jednak oddzielona od obwodowej barwnej części protoplazmy.

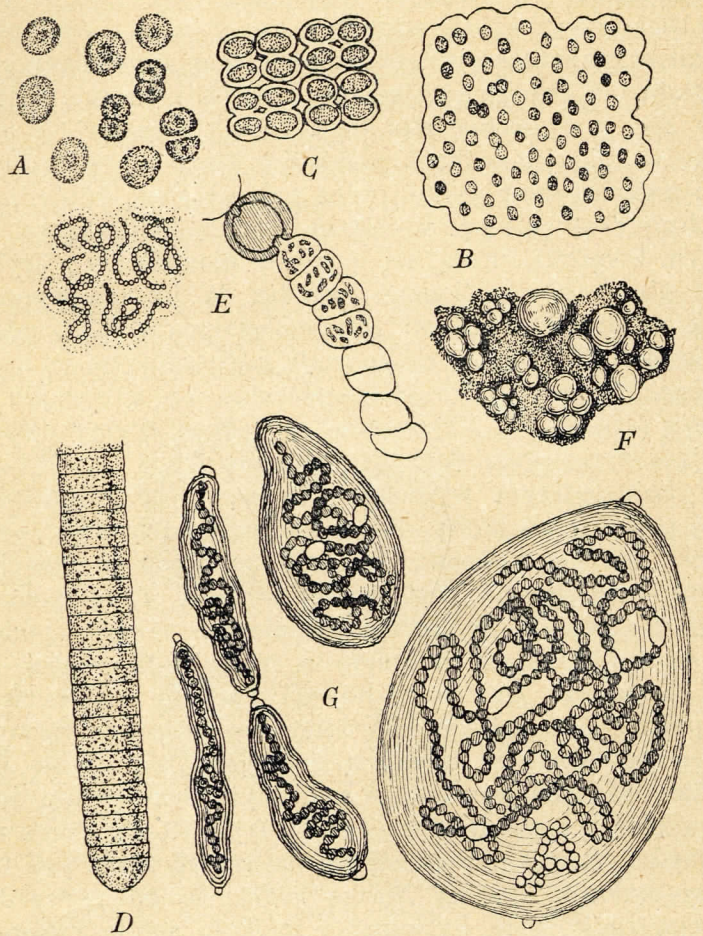
Sinice rozmnażają się przez podział w sposób typowy dla rozprątków. W rzadkich tylko wypadkach komórki sinic żyją osobno, np. u *Synechocystis* (ryc. 70, *A*). Przeważnie są one złączone w kolonje. Związek pomiędzy niemi może być bardzo luźny i utrzymywany tylko przez galaretowate, silnie napęczniałe błony. Tak jest np. w rodzaju *Aphanocapsa* (ryc. 70, *B*), w którym komórki dzielą się w trzech kierunkach i bryłowate kolonje nie mają określonego kształtu. W innych wypadkach związek między komórkami jest ściślejszy i kolonje mają pewien określony kształt. Przy podziale, odbywającym się w dwóch kierunkach, tworzą się formy blaszkowate, np. w rodzaju *Merismopedia* (ryc. 70, *C*). Najczęstsze są jednak formy nitkowate, powstające przez podział w jednym kierunku.

W najprostszym wypadku nici są nierozgałęzione, bez osobnej pochwiastej błony, złożone z jednakowych walcowatych komórek. Jedynie końcowe komórki są nieco innego kształtu — zaokrąglone na zewnętrznej stronie. Taką postać ma *Oscillaria* (ryc. 70, *D*), forma znamienna swojem podobieństwem do nitkowatych bakteryj z rodzaju *Beggiatoa*. Swoją nazwę zawdzięcza ona wahadłowym ruchom, dzięki którym może pełzać po podłożu. Bardziej zróżnicowaną formą jest *Anabaena*, u której w równych odstępach tworzą się w nici szczególne większe komórki o grubszych ściankach i jaśniejszej zawartości, t. zw. heterocysty (ryc. 70, *E*). Przez rozpadanie się heterocyst nici dzielą się na części, z których tworzą się nowe kolonje. Rodzaj *Nostoc* różni się od poprzedniego tylko tem, że kolonje wytwarzają naokoło siebie kulistą albo podłużną galaretowatą masę, pokrytą wyraźną powłoką (ryc. 70, *G*). W rodzaju *Rivularia* mamy dalsze różnicowanie komórek w kolonji: na dolnym końcu kolonji znajduje się heterocysta, zaś następujące po niej zwykłe komórki stają się coraz węższe i dłuższe, tak że ostatnie tworzą cienki nitkowaty ogon. Każda kolonja jest otoczona osobną galaretowatą pochwą. Kolonje te występują razem w wielkich ilościach, zlepione w galaretowate masy.

Dotychczas wymienione formy mają nici nierozgałęzione. Spotykają się nadto formy rozgałęzione. Rozgałęzienie jest

*

przeważnie pozorne na podobieństwo tego, jakie widzieliśmy u nitkowatych bakteryj: nić rozrywa się w pewnem miejscu i jedna jej część przerywa pochwę i wyrasta nazewnątrz. Przy-

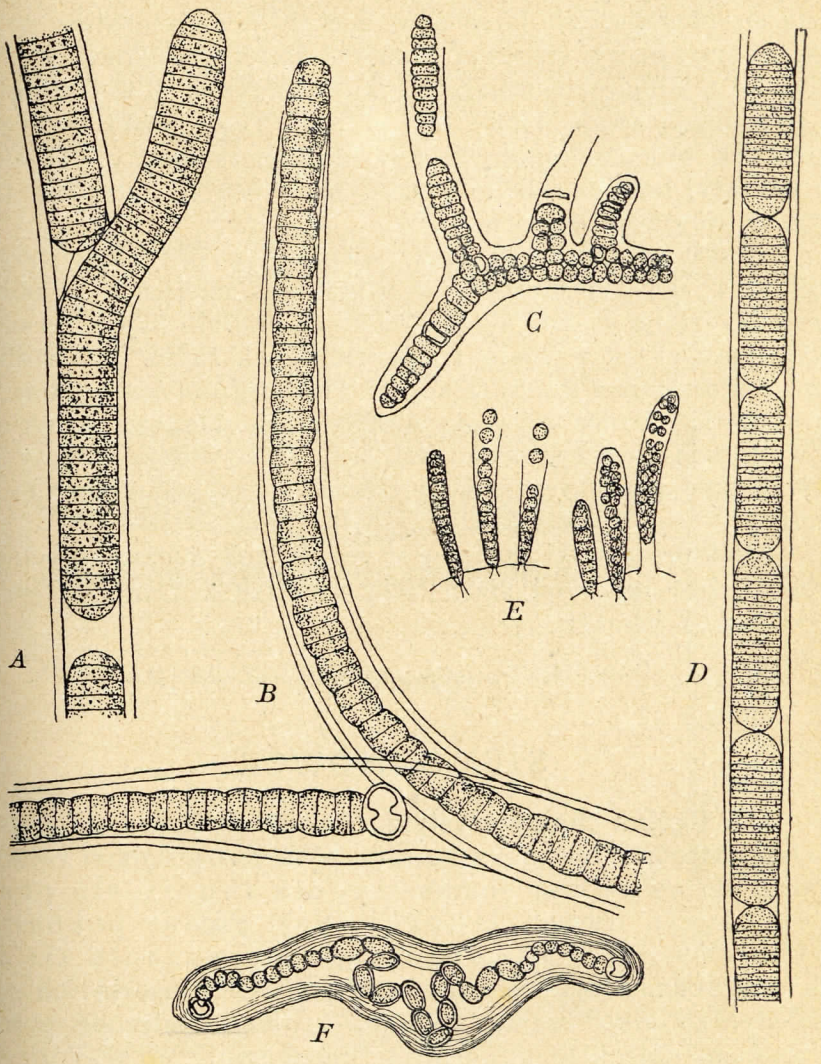


Ryc. 70. *A Synechocystis aquatilis.* Według SAUVAGEAU. — *B Aphanocapsa Castagnei.* Według KIRCHNERA. — *C Merismopedia punctata.* Według KIRCHNERA. — *D Oscillaria limosa.* Według GOMONTA. — *E Anabaena.* Kilka kolonij pływających w wodzie; osobno część kolonji silnie powiększona z jedną heterocystą. — *F Nostoc sphaericum.* Kolonje w naturalnej wielkości. — *G* Ten sam gatunek w powiększeniu. Rozwój kolonij. — Ryciny *F* i *G* według THURETA.

kładem może służyć *Plectonema* albo *Tolypothrix* (ryc. 71, *A* i *B*). W tym drugim przykładzie kolonja posiada heterocysty; widoczne jest przytem, że rozerwanie nici następuje pod hetero-

cystą. W niektórych rzadkich wypadkach rozgałęzienie nici jest istotne, powodowane przez zmianę kierunku podziału bez rozrywania nici; tak jest np. u *Stigonema* (ryc. 71, *C*).

Rozmnażanie sinic odbywa się przez rozpadanie się kolonij na odcinki, złożone z pewnej ilości jednokomórkowych osob-



Ryc. 71. *A Plectonema Wollei.* Według KIRCHNERA. — *B Tolypothrix penicillata.* Według KIRCHNERA. — *C Stigonema turfaceum.* Tworzenie się hormogonjów. Według BORZI. — *D Lyngbya aestuarii.* Tworzenie się hormogonjów. Według BORNETA. — *E Chamaesiphon confervicola.* Tworzenie się konidjów. Według BORZI. — *F Nostoc paludosum.* Nić z artrosporami. Według JANCZEWSKIEGO.

ników; takie odcinki noszą nazwę hormogonjów (ryc. 71, *C* i *D*). Zamiast tego niektóre sinice tworzą drobne konidja przez podział komórek na podobieństwo pewnych bakteryj nitkowatych, takich jak *Crenothrix*. Ten wypadek mamy np. w rodzaju *Chamaesiphon* (ryc. 71, *E*). Hormogonja i konidja rozwijają się natychmiast, dając nowe nici. W przeciwieństwie do tego artrospory stanowią komórki przetrwalnikowe. Tworzą się one z komórek normalnych, które przytem powiększają się i pogrubiają swoją błonę (ryc. 71, *F*). Ten sposób tworzenia komórek przetrwalnikowych jest charakterystyczny dla sinic, u bakteryj bowiem, jak to widzieliśmy w ust. 27, zarodniki tworzą się wewnątrz komórek.

Sinice są bardzo rozpowszechnione w przyrodzie, szczególnie w słodkiej wodzie i w wilgotnych miejscach na powietrzu, rzadziej w wodzie słonej. Niektóre gatunki żyją w termach, wytrzymując tak wysokie temperatury, jak żadna inna roślina, np. *Aphanocapsa termalis* do 68°, *Phormidium laminosum* nawet do 87°. Sinice stanowią ważną część składową planktonu i występują nieraz w takich ilościach, że wywołują zakwity wody. Liczne gatunki żyją w symbiozie z grzybami, tworząc porosty.

Niektóre resztki roślinne w rozkładach geologicznych pochodzą być może od sinic. Najdawniejsze z nich *(Marpolia)* pochodzą z kambru.

ROZDZIAŁ VI

SIEMIENIOWCE

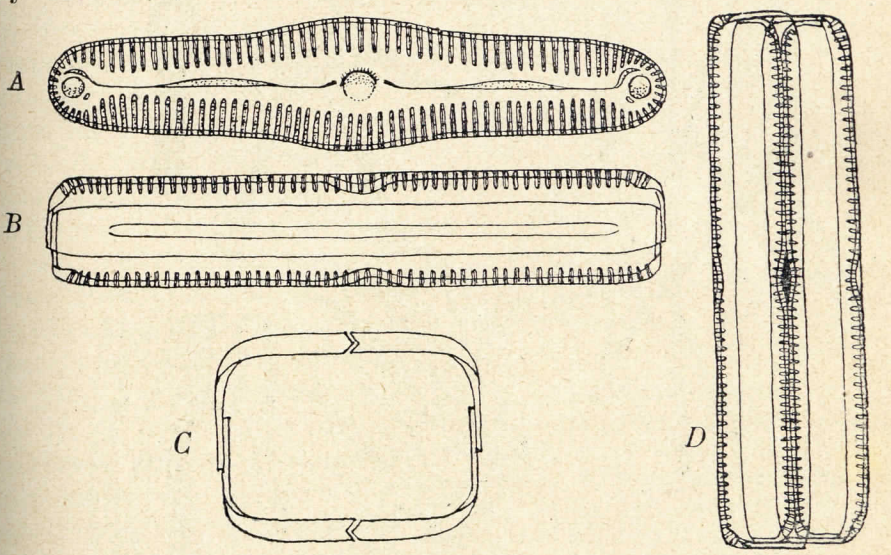
33. Ogólna charakterystyka. Siemieniowce *(Zygophyta)* zawdzięczają swoją nazwę szczególnemu sposobowi rozmnażania płciowego, przy którym zygota tworzy się przez zespolenie dwóch jednakowych gamet pozbawionych zdolności samorzutnego poruszania się. Poza tem rozmnażają się one przez podział. Komórki ich żyją pojedyńczo albo tworzą kolonje; są one opatrzone jądrem i ciałkami zieleni. Niektóre formy mogą pełzać po podłożu.

Typ ten dzieli się na dwie gromady: okrzemki *(Diatomeae)* i sprzężnice *(Conjugatae)*. Okrzemki charakteryzują się żółtemi ciałkami zieleni i błoną, która jest przesiąknięta krzemionką. Błona ta jest złożona z dwóch osobnych części, z których jedna jest nieco dłuższa i szersza i nasuwa się na drugą, jak wieczko na pudełko. Sprzężnice mają chloroplasty zielone i nieskrzemieniałą błonę. Błona składa się u wielu sprzężnic z dwóch zupełnie jednakowych części, oddzielających się od siebie tylko przy rozmnażaniu.

Szkielety okrzemek przechowują się doskonale w pokładach geologicznych. Najstarsze znane formy pochodzą z liasu. Jest to rodzaj *Stephanopyxis*, istniejący jeszcze obecnie. W trzeciorzędzie okrzemki wykazują silny rozwój. Sprzężnice w stanie kopalnym zachowują się rzadko. *Spirogyra* jest znana z eocenu.

Dla bliższego zaznajomienia się z siemieniowcami można skorzystać z dzieła Oltmannsa: „Morphologie und Biologie der Algen“, 3 tomy (3 wydanie, Jena 1922—1924).

34. Okrzemki. Gromada ta dzieli się na dwa rzędy: *Pennatae* i *Centricae*, które tak dalece różnią się od siebie, że najwygodniej jest traktować je osobno. Rozpoznać można te dwa rodzaje okrzemek po kształcie ich komórek. Oglądane od strony wieczka, pierwsze mają kształt wydłużony (ryc. 72), drugie

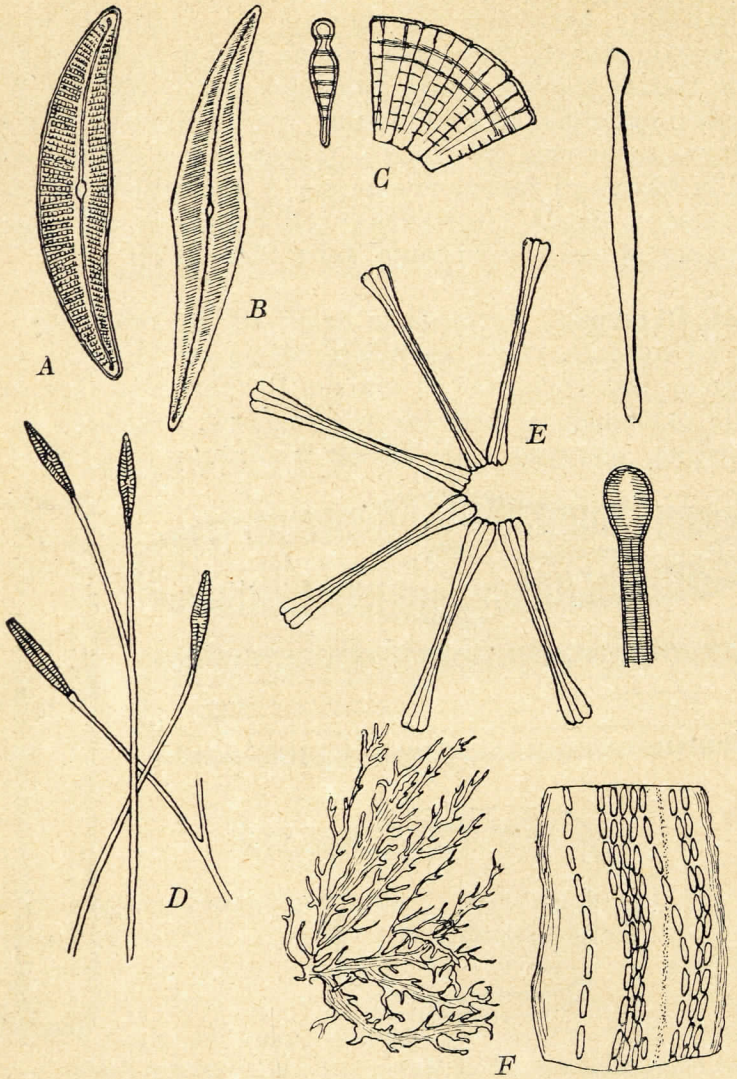


Ryc. 72. *Pinnularia viridis*. *A* Widok komórki od strony denka. — *B* Widok zboku. — *C* Przekrój poprzeczny. — *D* Podział komórki widziany zboku. Wszystkie ryciny są wykonane według wypalonych okazów. *A*—*C* według Pfitzera, *D* według Wettsteina.

zaś okrągły albo trójkątny (ryc. 80). Pierwsze przeważnie żyją na dnie zbiorników wodnych, drugie należą do planktonu.

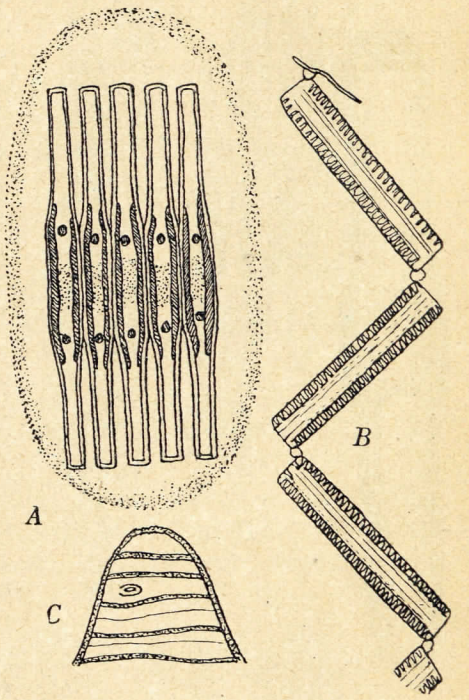
Budowa błony w grupie *Pennatae* jest następująca. Każda połówka błony składa się z dwóch części mocno ze sobą złą-

czonych: denka i bocznej ścianki (ryc. 72). Przy pomocy odpowiedniej maceracji można jedno od drugiego oddzielić. Wzdłuż denka w obu połowach błony przebiega lekko wygięta brózda,



Ryc. 73. *A Cymbella lanceolata.* Osobnik widziany od strony denka. — *B Pleurosigma angulatum.* Tak samo. — *C Meridion constrictum.* Osobnik widziany od strony denka i kolonja. — *D Vanheurckia Boeckii.* Osobniki na galaretowatych trzonkach. — *E Asterionella formosa.* Kolonja i pojedyńczy osobnik widziany od strony denka oraz rozszerzony koniec komórki przy silniejszem powiększeniu. — *F Schizonema helminthosum.* Kolonja w naturalnej wielkości i część jej przy silnem powiększeniu. — *E* według Van Heurcka, reszta według W. Smitha.

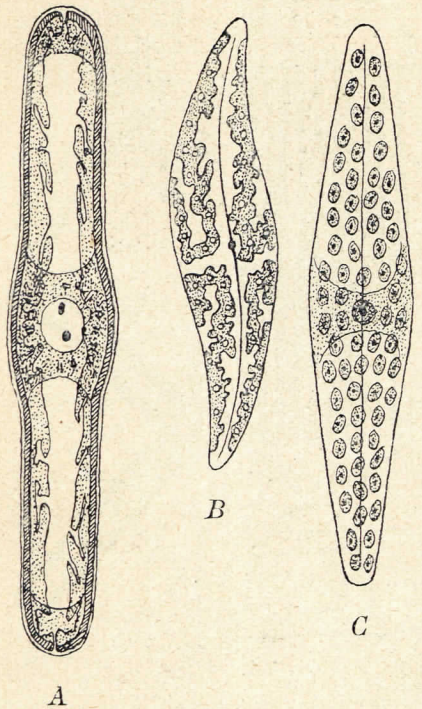
która według niektórych autorów nie jest brózdą, lecz szczeliną, przecinającą denko nawylot (na ryc. 72 brózda w ten właśnie sposób jest przedstawiona). Brózda ta przerywa się w środkowej części denka, gdzie znajduje się zgrubienie błony w formie guzika. Komórki okrzemek z grupy *Pennatae* posiadają przeważnie wyraźną symetrję. Jedne formy mają dwie płaszczyzny symetrji (np. *Pinnularia*, ryc. 72, *A*), inne jedną płaszczyznę (np. *Cymbella* i *Meridion*, ryc. 73, *A* i *C*), są wreszcie takie, które nie mają żadnej płaszczyzny, ale posiadają oś symetrji, np. *Pleurosigma* (ryc. 73, *B*). Formy asymetryczne są rzadkie. Błona posiada na powierzchni charakterystyczną ornamentację, złożoną z przecinających się linij, kropek i t. p. Szczegóły tej ornamentacji mogą być rozpoznane tylko przy użyciu dobrych objektywów. Skutkiem tego używa się niektórych okrzemek do próbowania dobroci objektywów mikroskopowych. Sławne jest z tego powodu *Pleurosigma angulatum* (ryc. 73, *B*). Błona okrzemek składa się z substancyj pektynowych tak ściśle złączonych z krzemionką, że po wyprażeniu w ogniu wszystkie szczegóły ornamentacji zachowują się bez zmiany. Powierzchniowa warstwa błony nie zawiera krzemionki; przez jej pęcznienie tworzy się galareta, która występuje często u okrzemek, łącząc je nieraz w kolonje. Dla uwidocznienia galarety umieszcza się okrzemki w tuszu, który nie przenika do galarety i zakreśla wyraźnie jej granice (ryc. 74, *A*). Galareta przybiera często postać mocnych nici albo pasm, łączących ze sobą komórki albo utrzymujących je w danem miejscu. W tych wypadkach jest ona wytwarzana bezpo-



Ryc. 74. *A Fragilaria crotonensis.* Kolonja otoczona galaretą oglądana w tuszu. Według Schroedera. — *B Diatoma vulgare.* Kolonja. Według W. Smitha. — *C* Ten sam gatunek. Koniec komórki silniej powiększony z otworem, przez który wysuwa się pasmo galarety. Według O. Müllera.

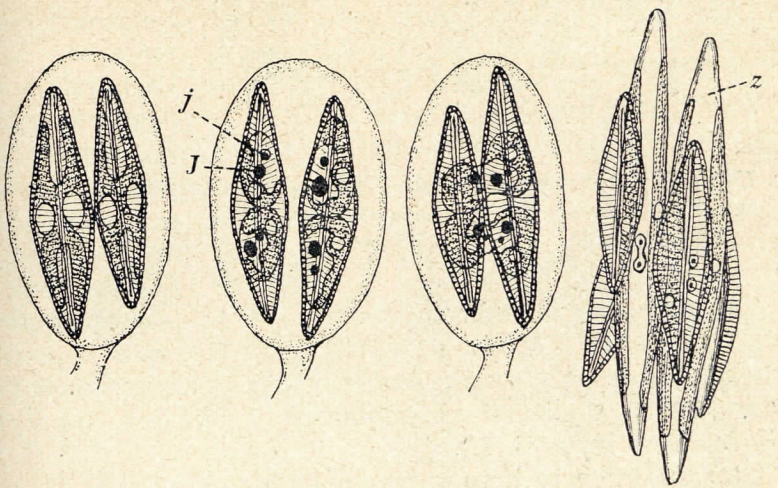
średnio przez protoplazmę i wysuwa się nazewnątrz przez specjalne otwory. Można to widzieć np. u *Diatoma vulgare* (ryc. 74, *B*, *C*).

Protoplazma wyściela błonę od wewnątrz, obejmując wielki podłużny wodniczek, który jest przedzielony pośrodku mostkiem protoplazmatycznym, zawierającym jądro (ryc. 75, *A*). Chloroplasty w grupie *Pennatae* są przeważnie blaszkowate i znajdują się w każdej komórce w nieznacznej ilości, np. u *Pinnularia* jest ich dwa przylegających do bocznej części błony. Chloroplasty mogą przybierać postać wstęg powyginanych i powycinanych na brzegu, np. u *Pleurosigma angulatum* (ryc. 75, *B*). Rzadziej się zdarza, że blaszkowate chloroplasty rozpadają się na wielką ilość drobnych ziaren, jak to np. jest u *Pleurosigma giganteum* (ryc. 75, *C*). Chloroplasty są opatrzone pirenoidami, ale niezawsze (np. u *Pinnularia* pirenoidów niema). Żółta barwa chloroplastów jest spowodowana obecnością dodatkowego barwika o nieznanym składzie chemicznym. Produktami przyswajania dwutlenka węgla są tłuszcze, których kropelki występują obficie w protoplazmie. Obok nich występują często kropelki wolutyny.



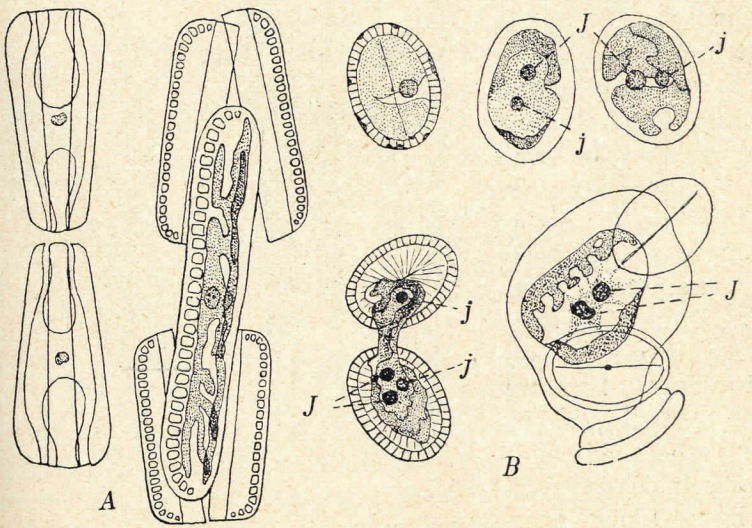
Ryc. 75. *A Pinnularia major*. Zawartość komórki widzianej od strony denka. — *B Pleurosigma angulatum*. Komórka widziana od strony denka. — *C Pleurosigma giganteum*. Tak samo. — *A* według Heinzerlinga, *B* i *C* według Karstena.

Okrzemki rozmnażają się głównie przez podział. Płaszczyzna podziału przechodzi pomiędzy połówkami błony. Każda komórka potomna otrzymuje jedną połowę błony macierzystej, drugą zaś dorabia w ten sposób, że nowa połówka jest mniejsza od połówki odziedziczonej i brzegami wsuwa się do niej w sposób charakterystyczny dla okrzemek (ryc. 72, *D*). Ponieważ błona okrzemek raz wytworzona nie rośnie już więcej, wobec tego jedna z komórek potomnych jest cokolwiek mniejsza od komórki macierzystej. Skutkiem tego z biegiem czasu komórki okrzemek stają się coraz mniejsze. Temu karleniu kładzie wreszcie kres tworzenie się zygot, co się powtarza co pewien czas.



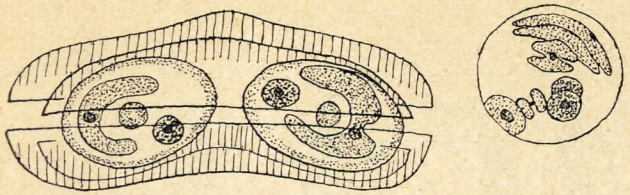
Ryc. 76. *Vanheurckia Boeckii*. Tworzenie się zygot. *J* jądro normalne, *j* jądro zanikające, *z* zygota. — Według Karstena.

Komórki potomne oddzielają się od siebie albo pozostają złączone ze sobą przy pomocy śluzu w kolonje. Łączność między niemi może być ograniczona do pewnych punktów; po-



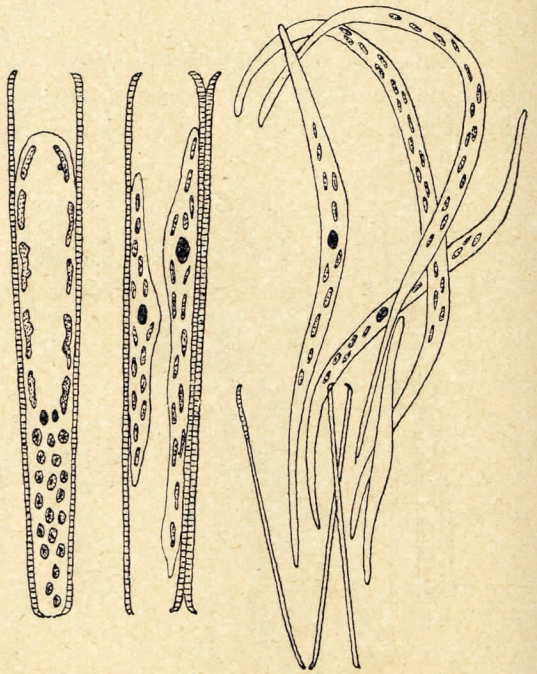
Ryc. 77. *A Surirella saxonica*. Tworzenie się zygot. — *B Cocconeis Placentula*. To samo. — *J* jądro normalne, *j* jądro zanikające. — Według Karstena.

wstają wówczas kolonje zygzakowate, jak u *Diatoma* (ryc. 74, *B*), albo gwiazdkowate, jak u *Asterionella* (ryc. 73, *E*). Czasem komórki są umocowane na rozgałęzionych galaretowatych trzonkach, jak u *Vanheurckia* (ryc. 73, *D*). W innych wypadkach komórki pozostają złączone ze sobą całą powierzchnią swoich denek, tworzą się wówczas taśmy, jak to jest np. u *Fragilaria* (ryc. 74, *A*) i *Meridion* (ryc. 73, *C*). Wreszcie u pewnych form kolonje mają postać rozgałęzionych galaretowatych wstęg, zawierających wielką ilość osobników; tak jest naprzykład u *Schizonema* (ryc. 73, *F*).



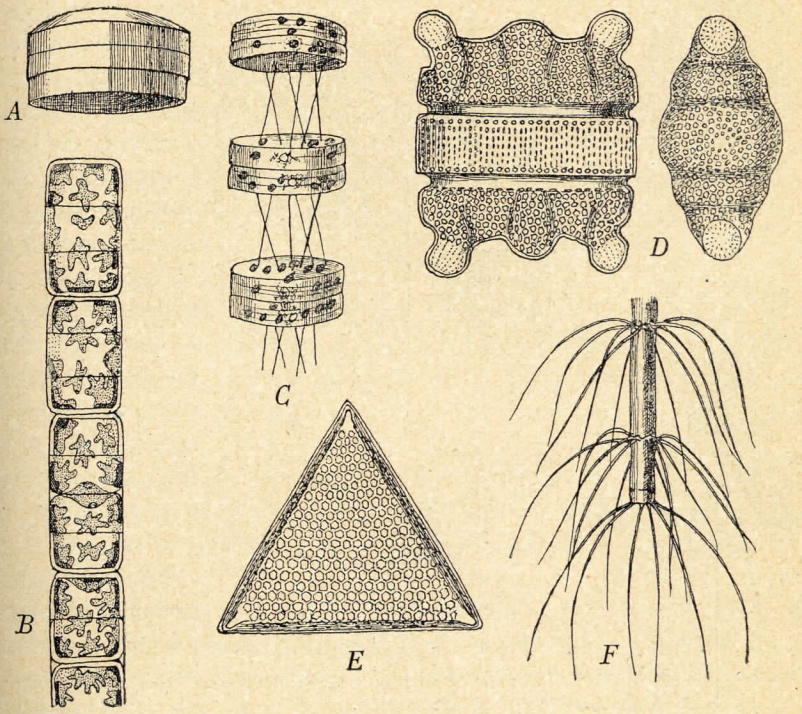
Ryc. 78. *Achnanthes subsessilis.* Dwie gamety powstałe przez podział komórki i zygota utworzona przez ich połączenie. — Według KARSTENA.

Rozmnażanie płciowe w grupie *Pennatae* odbywa się przez zespolenie nieruchomych gamet, które powstają po dwie przez podział zawartości komórek. Ten podział jest poprzedzony przez dwukrotny podział jądra, w czasie którego odbywa się redukcja chromatyny. Każda gameta otrzymuje dwa jądra, z których jedno zanika. Zapłodnienie odbywa się w ten sposób, że dwie komórki zbliżają się do siebie i gamety jednej łączą się z gametami drugiej. Powstają dwie zygoty (ryc. 76) wydłużonego kształtu, które otaczają się błoną z substancyj pektynowych. Zygoty nie są komórkami przetrwalnikowemi i w krótkim czasie przeobrażają się w normalne komórki okrzemek. Dzieje się to w ten sposób, że protoplazma kurczy się i wytwarza charakterystyczną dwudzielną błonę krzemionkową. U wielu form zygota dzieli się kilkakrotnie, zanim wytworzy normalne komórki. Z powyższego wypływa, że okrzemki z grupy *Pennatae* są organizmami diploidalnemi.



Ryc. 79. *Synedra affinis.* Apogamiczne tworzenie się zygot. — Według KARSTENA.

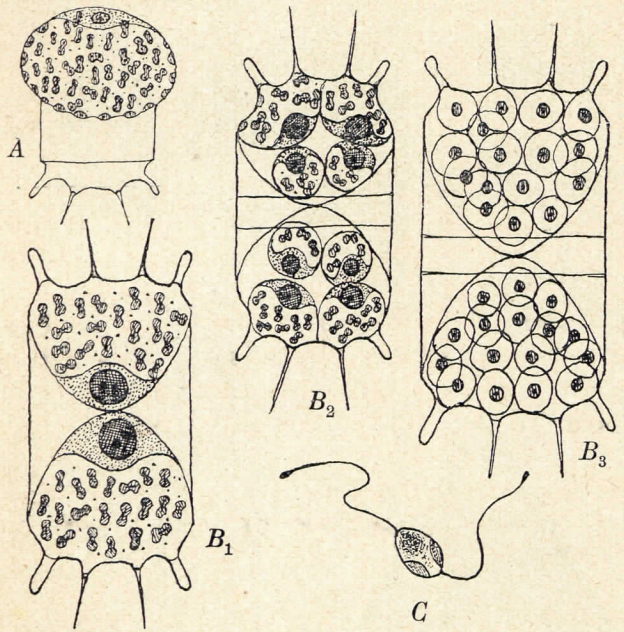
Opisany powyżej sposób rozmnażania płciowego jest typowy. Poza tem obserwowano różne odmiany uproszczone tego procesu. Naprzykład u *Surirella saxonica* zawartość dwóch komórek łączy się ze sobą w całości i powstaje jedna tylko zygota (ryc. 77, *A*). Jednakże w tym wypadku zapłodnienie jest także poprzedzone przez podwójny podział jąder z redukcją chromatyny. Z czterech powstałych w ten sposób jąder trzy ulegają zanikowi przed zapłodnieniem. U *Cocconeis Placentula* zygota tworzy się tak samo, jak w poprzednim wypadku, ale zapłodnienie jest poprzedzone tylko jednym podziałem, który zresztą jest redukcyjny (ryc. 77, *B*). Bardzo ciekawe jest za-



Ryc. 80. *Antelminellia gigas, B Melosira arenaria, C Coscinodiscus polychordus, D Biddulphia aurita, E Triceratium Favus, F Bacteriastrum criophilum.* — Według SMITHA, KARSTENA i SCHÜTTA.

płodnienie u *Achnanthes subsessilis*, gdzie zygota powstaje przez zlanie się dwóch gamet, pochodzących z tej samej komórki (ryc. 78). Zdarzają się także wypadki apogamji, kiedy zygoty powstają z gamet bez zapłodnienia. Tak jest np. u *Synedra affinis* (ryc. 79). Podział komórki, wytwarzający gamety, w tym wypadku prawdopodobnie nie jest redukcyjny.

Okrzemki z grupy *Pennatae* są przeważnie bentosowemi organizmami. Żyją one na dnie zbiorników wodnych w szlamie albo umocowane do kamieni i wodnych roślin. Mogą przytem pełzać po podłożu w sposób dotychczas bliżej niewyjaśniony. Protoplazma u niektórych przynajmniej form może wytrzymywać wysychanie. W takim stanie okrzemki mogą być przenoszone przez wiatr, co jest tem bardziej ważne, że komórek przetrwalnikowych u tych organizmów nie znaleziono.



Ryc. 81. *Biddulphia mobiliensis*. — *A* Apogamiczna zygota. — *B* Tworzenie się pływek. — *C* Pojedyńcza pływka. — Według Bergona.

Grupa *Centricae* charakteryzuje się, jak to już było podane, niewydłużonym kształtem swoich komórek, jeżeli się na nie patrzy od strony denka. Są one okrągłe, trójkątne, rzadziej eliptyczne w zarysie (ryc. 80). U niektórych form błona tworzy długie nitkowate wyrostki, np. u *Bacteriastrum* (ryc. 80, *F*). Chloroplasty są zawsze liczne i drobne, z pirenoidami. Częste są formy kolonjalne, zawsze nitkowate. Komórki mogą być przytem złączone ściśle denkami, jak to jest np. u *Melosira* (ryc. 80, *B*), albo sczepione tylko przy pomocy galaretowatych nici, jak u *Coscinodiscus* (ryc. 80, *C*).

Rozmnażanie odbywa się poza zwykłym podziałem przy pomocy zygot, które jednak tworzą się zawsze apogamicznie

bez zapłodnienia: zawartość komórki wychodzi z błony i otacza się nową błoną (ryc. 81, *A*). Poza tem obserwowano w tej grupie rzecz wyjątkową dla siemieniowców: tworzenie się pływek (ryc. 81, *B*, *C*). Pływki te mają po dwie wici. Są to prawdopodobnie gamety. Zachowanie się ich nie zostało jeszcze zbadane. Zachowanie się jąder w cyklu rozwojowym u *Centricae* także nie jest jeszcze zbadane. Pewne oznaki przemawiają za tem, że *Centricae*, tak samo jak *Pennatae*, są roślinami diploidalnemi.

Okrzemki z grupy *Centricae* należą do planktonu. Są to przeważnie formy morskie.

35. Sprzężnice. Sprzężnice *(Conjugatae)* charakteryzują się, jak to już było podane w ust. 33, błoną nieskrzemieniałą, złożoną z czystego błonnika, i chloroplastami barwy zielonej. Produktem asymilacji jest skrobia, a nie tłuszcze jak u okrzemek. Błona jest często dwudzielna, jednak w przeciwieństwie do okrzemek obie połówki są zupełnie jednakowe i ściśle ze sobą złączone.

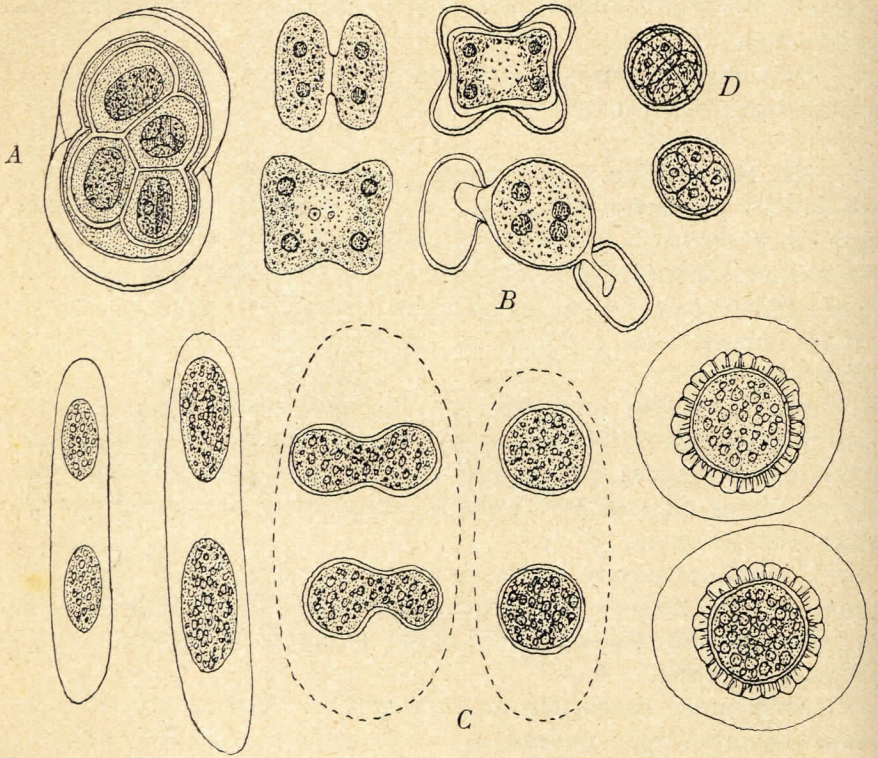
Sprzężnice są organizmami haploidalnemi. Tylko zygota jest diploidalna. Kiełkowanie jej rozpoczyna się od dwukrotnego podziału jądra: przy pierwszym z tych podziałów odbywa się redukcja chromatyny i pojedyńcza ilość chromozomów zostaje przywrócona.

Jednokomórkowe osobniki sprzężnic żyją osobno albo są połączone w kolonje kształtu przeważnie nitkowatego. Są to organizmy wód słodkich lub słabo słonych. W morzu nie występują zupełnie.

Sprzężnice dzielą się na trzy grupy: *Mesotaeniaceae, Desmidiaceae* i *Zygnemaceae.*

Mesotaeniaceae mają postać krótkich walcowatych laseczek, zaokrąglonych na obu końcach. Żyją oddzielnie albo tworzą kolonje nieokreślonego kształtu, otoczone galaretowatemi okrywami (ryc. 82, *A*). Błona jest u nich jednolita. Komórki zawierają jedno jądro i jeden chloroplast o złożonej budowie, opatrzony pirenoidami. Zygota powstaje przez zespalanie zawartości dwóch komórek (np. u *Mesotaenium*, ryc. 82, *B*) albo przez zespalanie się gamet, które tworzą się po dwie z każdej komórki (np. u *Spirotaenia*, ryc. 82 C). I w jednym, i w drugim wypadku przy kiełkowaniu tworzą się z zygoty cztery nowe komórki (ryc. 82, *D*). *Mesotaeniaceae* są nieliczne i nie grają wybitniejszej roli w przyrodzie.

W przeciwieństwie do poprzedniej grupy, *Desmidiaceae* występują często w wielkiej ilości form i osobników, unikając tylko wód, zawierających większą ilość węglanu wapnia. Kształt komórek jest u nich bardzo rozmaity, zawsze jednak są dwie albo trzy płaszczyzny symetrji, przecinające się pod kątem prostym (ryc. 83). Bardzo często w jednej z płaszczyzn symetrji

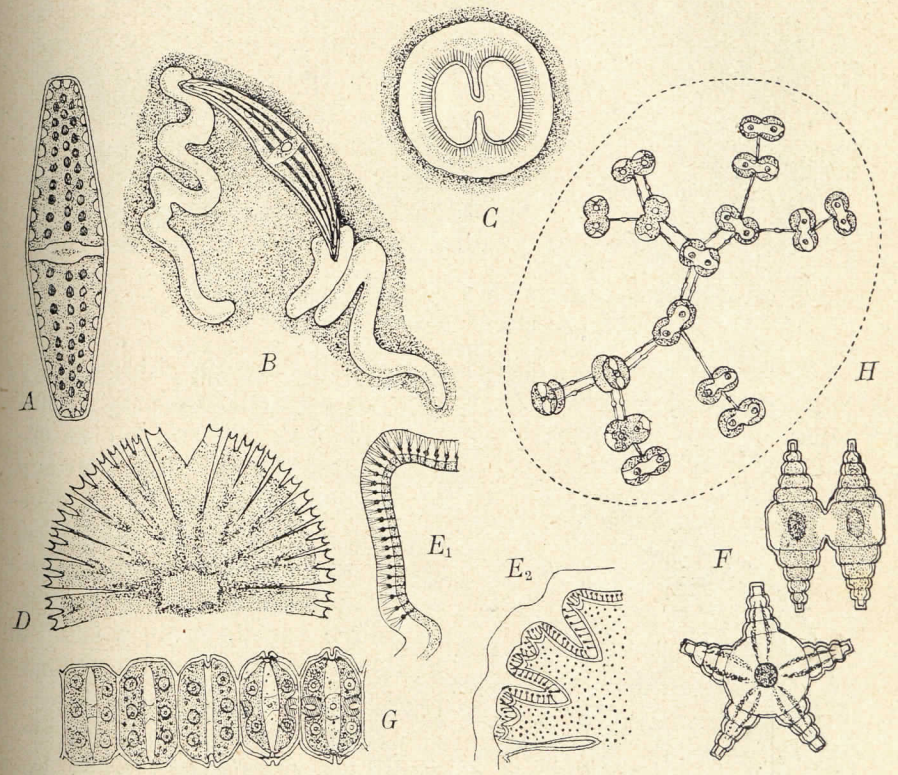


Ryc. 82. *A Mesotaenium Braunii.* Kolonja. — *B Mesotaenium Brebissonii.* W lewej części ryciny dwa stadja zespalania się komórek, które są narysowane bez błony. W prawej części dwie zygoty; każda z nich jest otoczona własną błoną a oprócz tego są przy niej resztki błon macierzystych komórek. — *C Spirotaenia condensata.* Powstawanie zygot przez zespalanie się gamet, które utworzyły się po dwie z każdej komórki. — *D Mesotaenium chlamydosporum.* Kiełkowanie zygoty. — *A, B* i *D* według DE BARY, *C* według ARCHERA.

komórka jest przewężona, np. u *Cosmarium, Micrasterium, Staurastrum* (ryc. 83, *C, D, F*). Komórki żyją przeważnie pojedyńczo, otoczone nieraz galaretą, np. u *Cosmarium* (ryc. 83, *C*). Niektóre formy mogą pełzać po podłożu przy pomocy galaretowatych mas wypuszczanych przez pory, znajdujące się w błonie, np. *Closterium* (ryc. 83, *B*). Stosunkowo rzadko komórki

są połączone w nitkowate kolonje, np. u *Desmidium* (ryc. 83, *G*). W wyjątkowych przypadkach kolonje są nieokreślonego bryłowatego kształtu, jak u *Cosmocladium* (ryc. 83, *H*).

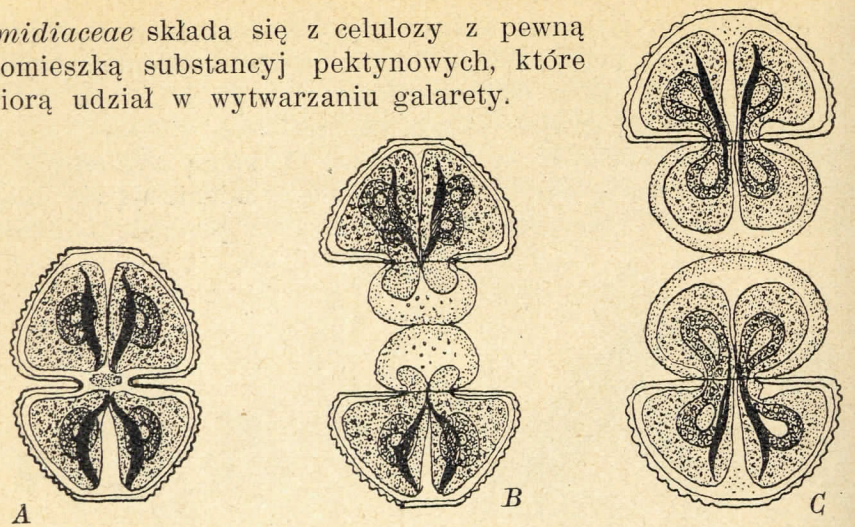
Błona w tej grupie składa się z dwóch połówek, które wprawdzie są mocno ze sobą złączone, ale mogą być oddzielone przez maceracją albo gnicie. Połówki te oddzielają się same przy podziale i tworzeniu się gamet. Przy podziale komórki



Ryc. 83. *A Penium Digitus.* — *B Closterium moniliferum.* Komórka otoczona tuszem dla ujawnienia galarety. — *C Cosmarium.* Komórka w tuszu. — *D Micrasterium Rotha.* — *E Micrasterium.* Pory błony w widoku i w przekroju. — *F Staurastrum crenulatum.* Komórka widziana z dwóch stron. — *G Desmidium Grevillei.* Nitkowata kolonja. — *H Cosmocladium saxonicum.* Komórki złączone w kolonję przy pomocy galaretowatych nici. Kolonja otoczona rzadszą galaretą. — Według DE BARY, SCHROEDERA i KLEBSA.

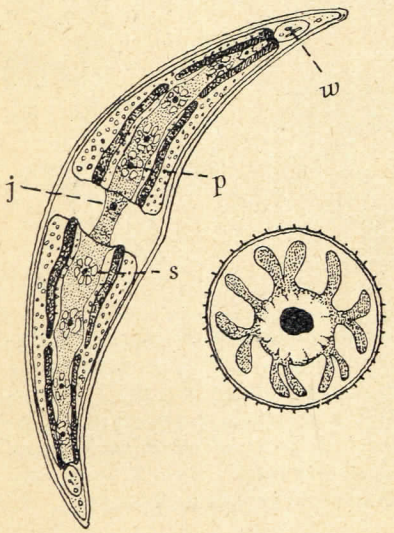
potomne otrzymują po połowie błony, a brakującą połowę sobie dorabiają (ryc. 84). Charakterystyczną cechą błony u *Desmidiaceae* jest oprócz tego podziurawienie jej przez liczne bardzo delikatne pory, przez które wychodzi nazewnątrz wytwarzana przez protoplazmę galareta (ryc. 83, *E*). Błona u *De-*

smidiaceae składa się z celulozy z pewną domieszką substancyj pektynowych, które biorą udział w wytwarzaniu galarety.



Ryc. 84. *Cosmarium Botrytis.* — *A* Komórka przed podziałem. — *B* i *C* Stadja podziału. — Według DE BARY.

Wewnątrz komórki najwięcej miejsca zajmują chloroplasty l ardzo złożonej budowy. Zazwyczaj są dwa chloroplasty, złożone z blaszek złączonych ze sobą wzdłuż jednej linji. Można to widzieć wyraźnie np. u *Closterium* (ryc. 85). W chloroplastach widoczne są liczne pirenoidy, otoczone ziarnami skrobi. Jądro znajduje się w środku komórki pomiędzy obu chloroplastami.

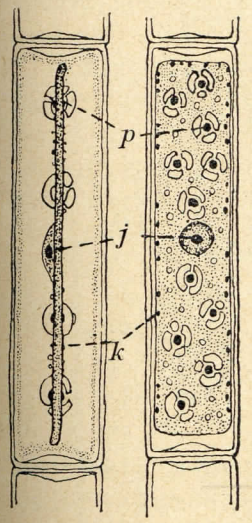


Ryc. 85. *Closterium moniliferum.* *A* Widok zboku. *j* jądro, *ch* chloroplasty, *p* pirenoidy, *w* wodniczki, *s* skrobia. — *B* Przekrój poprzeczny komórki dla pokazania budowy chloroplastów. — Według PALLA.

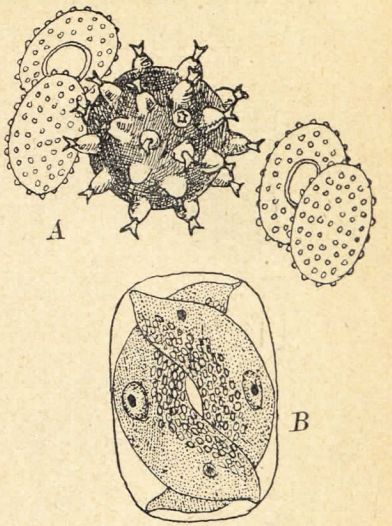
Zygoty tworzą się przez zlewanie się zawartości dwóch komórek w całości, przyczem błony rozpadają się na części i zostają odrzucone (ryc. 86, *A*). Zygota otacza się własną grubą błoną z charakterystyczną ornamentacją na powierzchni. Dzięki tej błonie może ona przetrwać niekorzystne warunki. Przy kiełkowaniu jądro dzieli się dwukrotnie, ale tworzą się tylko dwie komórki. Każda z nich zawiera początkowo dwa

jądra, z których jedno później zanika (ryc. 86, *B*). Mamy tu pewne uproszczenie w rozwoju w porównaniu z grupą *Mesotaeniaceae.*

Grupa *Zygnemaceae* posiada komórki walcowate, złączone w nitkowate kolonje. Te nitkowate zbiory komórek nie mogą być uważane za wielokomórkowe osobniki, gdyż rozpadają się łatwo na odcinki różnej wielkości a nawet na poszczególne komórki. Każda taka część nici albo pojedyńcza komórka wytwarza następnie przez podział nową nitkowatą kolonję. Wszystkie komórki nici są jednakowe. Przy kiełkowaniu zygot tworzą się wprawdzie chwytniki, ale prędko znikają i nici pływają swobodnie w wodzie. Błona jest u *Zygnemaceae* jednolita. Zawartość komórki jest symetryczna. Pośrodku znajduje się jądro, zawieszone wśród wielkiego wodniczka. Chloroplasty są nieliczne, często jest tylko jeden. Budowę mają złożoną: znane są ogólnie chloroplasty skrętnicy *(Spirogyra)* w formie spiralnych wstęg i chloroplasty rodzaju *Zygnema* w postaci gwiazd (ryc. 9). Najprostsze są chloroplasty w rodzaju *Mougeotia*, mające formę blaszki (ryc. 87). W chloroplastach zawsze są wyraźne pirenoidy, często w wielkiej ilości. Naokoło pirenoidów tworzy się skrobia.



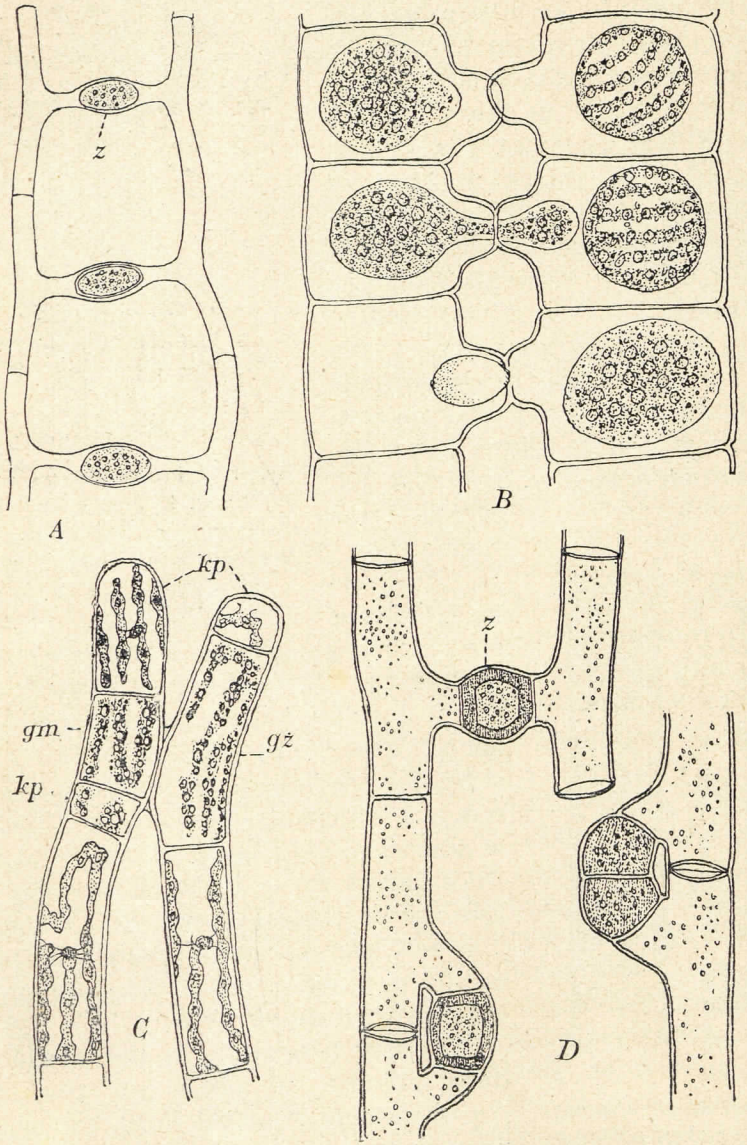
Ryc. 87. *Mougeotia scalaris.* *j* jądro, *p* pirenoidy, *k* karjoidy (ziarenka ciał białkowych zapasowych). — Według PALLA.



Ryc. 86. *A Cosmarium margaritiferum.* Zygota z pustemi połówkami błon. Według RALFSA. — *B Closterium.* Kiełkująca zygota. — Według KLEBAHNA.

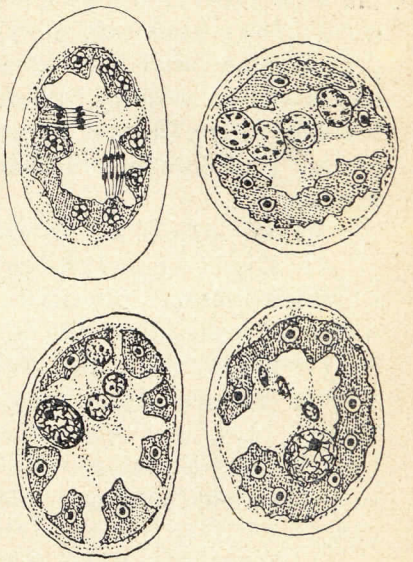
Zygoty tworzą się w ten sposób, że dwie kolonje układają się równolegle i przeciwległe komórki łączą się ze sobą przy pomocy szczególnych wyrostków, które zlewają się końcami i zamieniają się w kanaliki. Zawartość komórek gra rolę gamet, które łączą się ze sobą w roz-

maity sposób. W rodzaju *Debarya* obie gamety wychodzą z komórek i tworzą zygotę w środkowej części kanalików (ryc. 88, *A*). W tym wypadku obie gamety są w zupełności do siebie podobne: zachodzi prawdziwa izogamja. U skrętnicy zaczyna



Ryc. 88. *A Debarya glyptosperma.* — *B Spirogyra Heeriana.* — *C Sirogonium stictinum.* — *D Mougeotia calcarea.* — *z* zygota, *gm* gameta męska, *gż* gameta żeńska, *kp* komórki płonne. — *A*—*C* według DE BARY, *D* według WITTROCKA.

się wyrabiać heterogamja w ten sposób, że wprawdzie gamety są jednakowe, ale jedna z nich przechodzi do drugiej komórki i tam łączy się z drugą gametą, która nie zmienia swojego położenia (ryc. 88, *B*). Gameta ruchoma może być uważana za męską, nieruchoma za żeńską. Jeszcze dalej jest posunięte zróżnicowanie gamet w rodzaju *Sirogonium*, gdzie gamety są niejednakowe: żeńska tworzy się z komórki wegetatywnej przez odcięcie niewielkiej komórki płonnej, męska natomiast przez odcięcie dwóch komórek płonnych, z których jedna jest duża (ryc. 88, C). W tym rodzaju gameta męska przechodzi do żeńskiej bez pośrednictwa osobnego kanalika, bo odnośne komórki stykają się ze sobą bezpośrednio. Warto jest wspomnieć jeszcze o tem, że w rodzaju *Mougeotia* łączą się ze sobą nieraz komórki należące do tej samej nici (ryc. 88, *D*).



Ryc. 89. *Spirogyra.* Podział jądra w zygotach przy kiełkowaniu. — Według TRÖNDLE.

Przy kiełkowaniu zygoty jądro dzieli się dwukrotnie, jak zawsze u sprzężnic, ale powstaje tylko jedna komórka, która zawiera początkowo cztery jądra (ryc. 89). Trzy jądra wkrótce giną i zostaje tylko jedno. Redukcja chromatyny odbywa się, jak zawsze, przy pierwszym podziale.

ROZDZIAŁ VII

GLONY

36. Ogólna charakterystyka i podział glonów. Przechodzimy teraz do roślin wielokomórkowych. Pierwszy typ, którym wypada zkolei się zająć, są glony *(Algae)*. Są to rośliny wodne, samożywne, przyswajające dwutlenek węgla przy pomocy ciałek zieleni. Nieliczne tylko formy mają osobniki jednokomórkowe. Komórki ich przeważnie są trwale złączone w proste albo rozgałęzione nitkowate twory, które zachowują postać nitkowatą albo splatają się w blaszkowate lub bryłowate masy

różnego kształtu. Prawdziwe tkanki, to znaczy blaszkowate albo bryłowate skupienia komórek, utworzone przez podział pewnych komórek początkowych w dwóch lub trzech kierunkach, są zjawiskiem dosyć rzadkiem. Rozmnażanie zarówno płciowe, jak i bezpłciowe odbywa się przeważnie przy pomocy pływek (zoospor), komórek, poruszających się samorzutnie w wodzie przy pomocy wici albo rzęsek i przez to podobnych do wiciowców. Cykl rozwojowy przedstawia się rozmaicie: z rodozmianem lub bez niego. W tym drugim przypadku glony bywają haploidalne i diploidalne. Rozmnażanie przez podział zdarza się rzadko.

Glony dzielą się na cztery gromady:

1. Zielenice *(Chlorophyceae)* z zielonemi chloroplastami i gruszkowatemi pływkami o 2 albo 4 wiciach, osadzonych na węższym przednim końcu. Skrobia występuje jako produkt przyswajania dwutlenku węgla.

2. Brunatnice *(Phaeophyceae)* z brunatnemi chloroplastami i pływkami opatrzonemi dwoma bocznemi wiciami, z których jedna jest skierowana naprzód, druga wtył. Zamiast skrobi tworzą się przy asymilacji dwutlenku węgla inne węglowodany.

3. Krasnorosty *(Rhodophyceae)* z czerwonemi ciałkami zieleni i komórkami rozrodczemi bez wici. Produktem asymilacji jest jakiś węglowodan podobny do skrobi, ale barwiący się na czerwono pod działaniem jodu.

4. Ramienice *(Characeae)* charakteryzują się osobliwą, bardzo prawidłową budową narządów wegetatywnych i szczególną formą plemników, które mają postać laseczek, skręconych spiralnie i opatrzonych na jednym końcu dwoma wiciami. Takich plemników nie mają żadne inne glony, natomiast spotykamy je u mszaków i widłaków. Chloroplasty u ramienic są czysto zielone i zawierają skrobię.

Glony należą do najstarszych roślin. Resztki ich znaleziono w sylurze, są jednak pewne dane, które każą przypuszczać, że istniały one już w kambrjum. Oczywiście przechowują się w pokładach geologicznych tylko formy ze zwapniałą błoną.

Dla bliższego zaznajomienia się z glonami można skorzystać z dzieła Oltmannsa: „Morphologie und Biologie der Algen“. 3 tomy (3 wydanie, Jena 1922—1924).

ROZDZIAŁ VIII

ZIELENICE

37. Podział zielenic. Gromada zielenic *(Chlorophyceae)* składa się z form bardzo rozmaitej postaci i budowy. Konieczne jest przeto podzielenie jej na grupy jednorodne celem wygodniejszego przeglądu. Rozróżnić można pięć rzędów: *Volvocales, Protococcales, Ulotrichales, Siphonocladiales* i *Siphonales.*

Nietrudno jest scharakteryzować te rzędy na podstawie budowy plechy.

1. *Volvocales* odznaczają się tem, że ich komórki wegetatywne są opatrzone wiciami, skutkiem czego te rośliny posiadają zdolność samorzutnego poruszania się i stanowią przejście od wiciowców do glonów, które mają wici tylko w komórkach rozrodczych. Komórki są jednojądrowe.

2. *Protococcales* charakteryzują się jednokomórkowością swoich osobników. Jądra w komórkach są pojedyńcze.

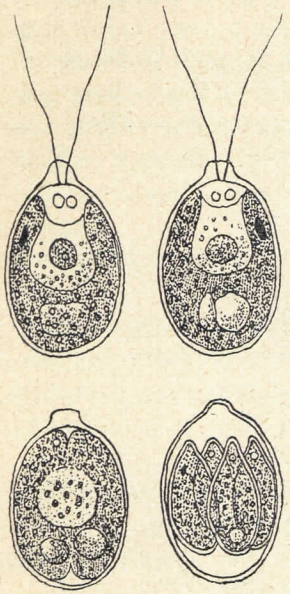
3. *Ulotrichales* mają plechę nitkowatą (wyjątkowo tylko blaszkowatą), złożoną z jednojądrowych komórek.

4. *Siphonocladiales* odznaczają się plechą również nitkowatą, złożoną z wielojądrowych komórczaków.

5. *Siphonales* mają plechę, przedstawiającą sobą jeden wielki komórczak bez poprzecznych przegród. Kształt jego jest rozmaity, zwykle tak samo nitkowaty, jak w dwóch poprzednich rzędach. Częste są tkanki strzępkowe.

38. Volvocales. Najprostsze formy tego rzędu mają jeszcze postać wiciowców. Są to pojedyńcze komórki, pływające przy pomocy dwóch wici. Różnią się one jednak od wiciowców sposobem podziału: komórki potomne odrzucają tu błonę macierzystą, a nie zachowują jej, jak wiciowce. Z nich zasługują na szczególną uwagę *Chlamydomonas* i *Haematococcus.* Komórki *Chlamydomonas* mają budowę charakterystyczną dla omawianego rzędu (ryc. 90). Błona złożona z celulozy otacza je nazewnątrz. Przez dwa kanaliki wysuwają się z niej dwie wici. W przedniej części komórki znajduje się wodniczek tętniący i trochę na boku czerwona plamka oczna. Większą część komórki zajmuje zielony chloroplast w formie dzwonu. W tylnej grubszej części jego mieści się pirenoid. Jądro znajduje się w środku komórki we wgłębieniu chloroplastu.

Chlamydomonas rozmnaża się przez podział i płciowo. Podczas podziału tworzą się 4 nowe osobniki (ryc. 90). Rozmnażanie płciowe jest bardzo ciekawe, gdyż wykazuje stopniowe przejście od izogamji do oogamji. U *Chlamydomonas media* gamety są jednakowe (ryc. 91, *A*). Zachodzi tu izogamja. Gamety tworzą się przez podział zawartości komórki na 4 lub 8 części i niewiele się różnią od wegetatywnych komórek, są tylko od nich mniejsze i chloroplast mają bardziej spłaszczony. Przed zespoleniem odrzucają one swoje błony. U *Chlamydomonas Braunii* gamety przy zespalaniu nie odrzucają swoich błon. Są one u tego gatunku różnej wielkości (ryc. 91, *B*): jedne większe (żeńskie), inne mniejsze (męskie). Są one poza tem do siebie podobne, wszystkie są ruchome. Jest to heterogamja, ale nie krańcowa. Krańcową formę jej przedstawia *Chlamydomonas coccifera* (ryc. 91, *C*). Tu gamety żeńskie są nietylko większe, ale i nieruchome. Jest to oogamja. Gamety żeńskie (jaja) tworzą się z komórek wegetatywnych, które zaokrąglają się i tracą swoje wici. Gamety męskie (plemniki) powstają przez wielokrotny podział zawartości innych komórek. Plemniki umocowują się na powierzchni jaj i przez otwór, który tworzy się w błonach obu gamet, jego zawartość przechodzi do jaja. Do powyższego opisu rozmnażania płciowego u *Chlamydomonas* trzeba jeszcze dodać, że u niektórych gatunków tego rodzaju gamety są nagie, co jest u glonów prawidłem ogólnem.

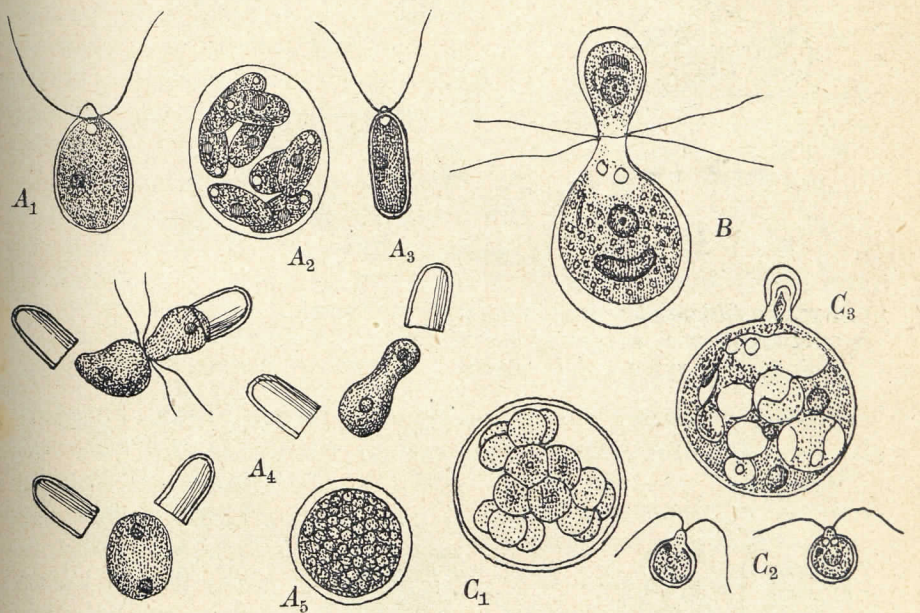


Ryc. 90. *Chlamydomonas angulosa*. Rozmnażanie bezpłciowe. — Według Dilla.

Zygoty w rodzaju *Chlamydomonas* są stadjami przetrwalnikowemi. Gruba błona pozwala im przetrzymywać niesprzyjające warunki: wyschnięcie zbiorników, w których żyją, mrozy i t. d. Pewną rolę w wytrzymałości zygot odgrywa także hematochrom, ciemnoczerwona substancja, zbliżona do karotyny, wytwarzająca się obficie w zygotach. Przy kiełkowaniu ich odbywa się podział redukcyjny, po którym następuje zwykły podział karjokinetyczny i wytwarzają się cztery osobniki. *Chlamydomonas*, jak i wszystkie inne *Volvocales*, są haploidalne.

Według obserwacyj Paschera niektóre formy tego rodzaju tworzą plazmodja przez zlewanie się zygot, które powstają z gamet, odrzucających wici i przybierających postać ameb (ryc. 92). Te plazmodja są bardziej podobne do plazmodjów śluzowców, niż podobne twory u *Chrysomonadinae*, gdyż zawierają jądra diploidalne tak samo, jak u śluzowców.

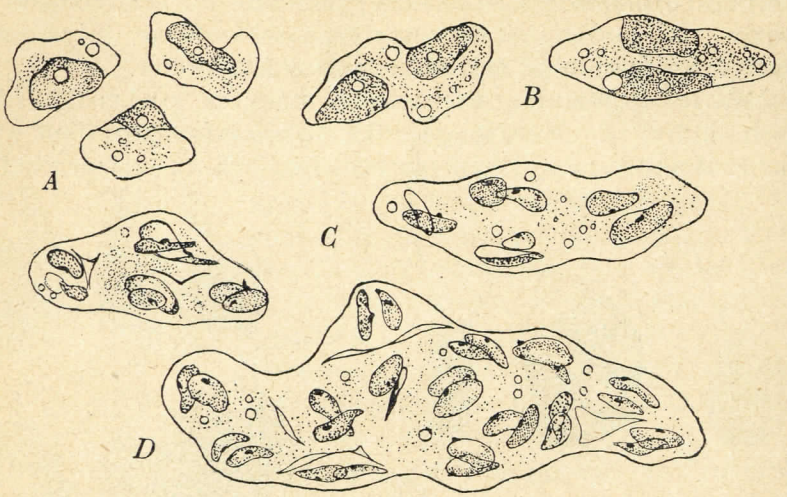
Warto wspomnieć wreszcie o stadjach palmelloidalnych, które przybierają gatunki *Chlamydomonas* pod wpływem braku substancyj pożywnych, hodowli na stałem podłożu



Ryc. 91. *A Chlamydomonas media*. A_1 komórka wegetatywna, A_2 komórka z gametami, A_3 gameta, A_4 zespalanie się gamet, A_5 zygota. — *B Chlamydomonas Braunii*. Zespalanie się gamet. — *C Chlamydomonas coccifera*. C_1 tworzenie się plemników, C_2 plemniki, C_3 zapłodnienie. — *A* według Klebsa, *B* i *C* według Gorożankina.

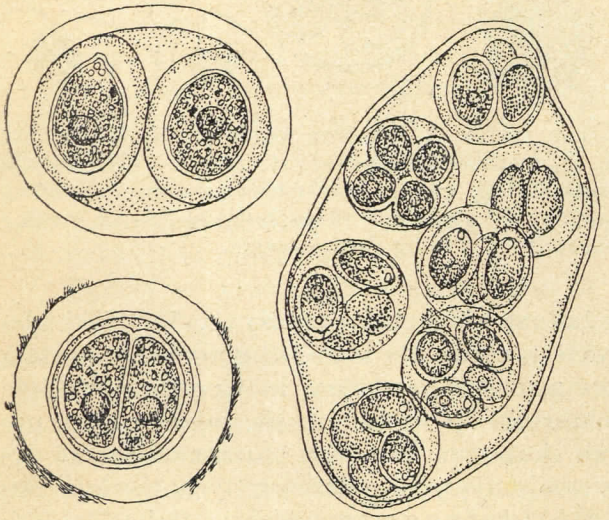
a nieraz nawet bez żadnej widocznej przyczyny. Komórki glonu dzielą się w zwykły sposób, ale komórki potomne pozostają nieruchome wewnątrz macierzystej błony, która galaretowacieje (ryc. 93). Przez wielokrotne powtarzanie się tego procesu powstają nieraz złożone skupienia komórek, otoczone kilkoma systemami wzajemnie obejmujących galaretowatych powłok. Nazwa stadjum palmelloidalnego pochodzi od *Palmella*, której to nazwy używano dawniej jako rodzajowej dla oznaczenia zielenic, mających opisaną powyżej postać. Później jednak oka-

zało się, że bardzo różne zielenice mogą przybierać taką formę. Stadja palmelloidalne, częste u jednokomórkowych zielenic, spotykają się także u wiciowców i sinic.



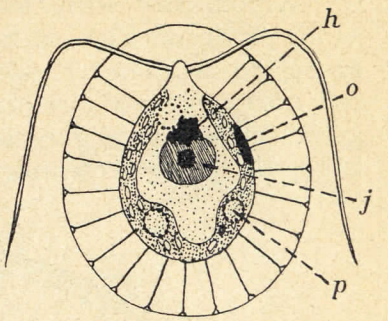
Ryc. 92. *Chlamydomonas*. Tworzenie się śluzni. *A* gamety, które po odrzuceniu wici przybrały postać ameb. — *B* Zygoty. — *C* Śluznie złożone z 4 zygot. — *D* Śluznia z 14 zygot. — Według Paschera.

Drugą ciekawą jednokomórkową formą rzędu *Volvocales* jest *Haematococcus*. Ten rodzaj różni się do *Chlamydomonas* błoną, która składa się z powierzchniowej błonki i bardzo grubej galaretowatej warstwy wewnętrznej, poprzecinanej licznemi, cienkiemi, promienisto ułożonemi kanalikami (ryc. 94). Nazwa tego rodzaju pochodzi od obecności hematochromu w jego komórkach. Rozmnażanie *Haematococcus* nie



Ryc. 93. *Chlamydomonas Braunii*. Stadja palmelloidalne. — Według Gorożankina.

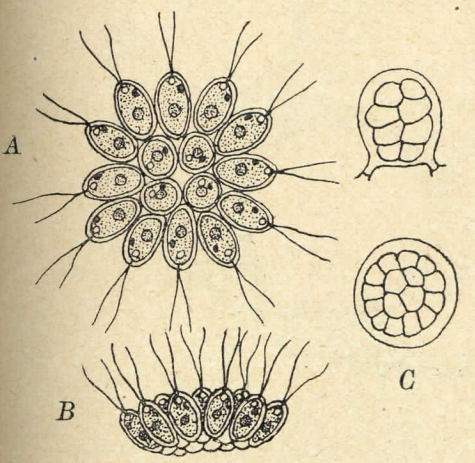
różni się zasadniczo od rozmnażania *Chlamydomonas*. Jeden gatunek tego rodzaju *(Haematococcus nivalis)* żyje na śniegu w okolicach górskich i podbiegunowych, wywołując czerwone zabarwienie.



Ryc. 94. *Haematococcus pluvialis*. *h* hematochrom, *j* jądro, *p* pirenoid, *o* plamka oczna. — Według Reichenowa.

Typowe formy omawianego rzędu są wielokomórkowe. Zasadniczym kształtem osobników jest kształt blaszkowaty. Taka blaszka powstaje przez podział komórek macierzystego osobnika w dwóch kierunkach i zależnie od rodzaju pozostaje płaska albo wygina się, przybierając postać kuli pustej we środku.

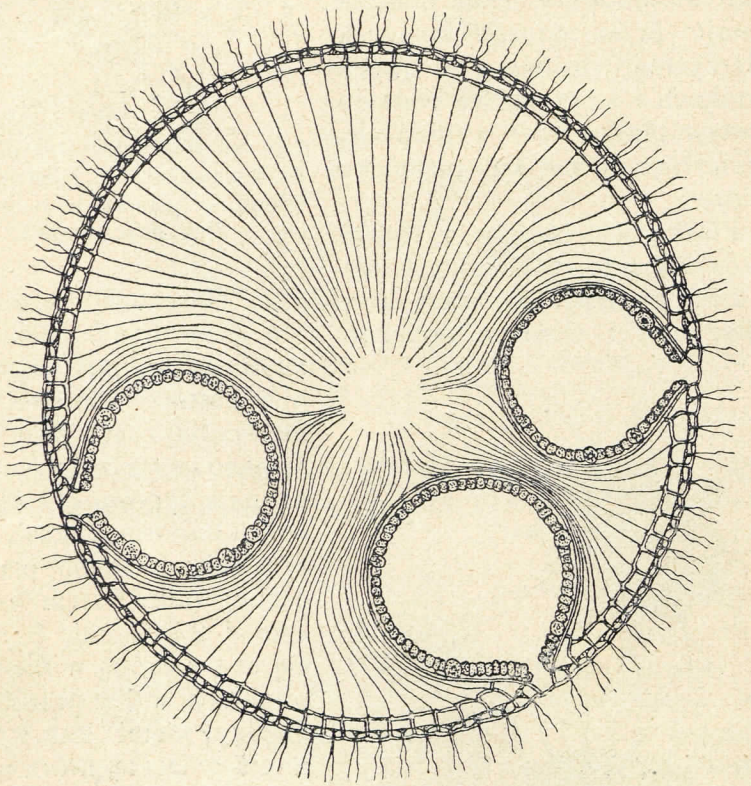
Płaską jest blaszka w rodzaju *Gonium* (ryc. 95). Rodzaj ten ma dwa gatunki: *Gonium sociale* o blaszkach złożonych z 4 komórek i *Gonium pectorale* z 16 komórkami. Niektórzy autorzy przypuszczają, że oba gatunki stanowią różne stadja rozwojowe tego samego organizmu. Komórki mają typową dla *Volvocales* budowę z kloszowatym chloroplastem, plamką oczną, wodniczkiem tętniącym i 2 wiciami. Stykają się one ze sobą w niewielu punktach, wolna przestrzeń między niemi jest wypełniona galaretą, która także otacza całą blaszkę wokoło. Nowe osobniki tworzą się przez podział zawartości komórek i wydostają się nazewnątrz, przerywając błonę macierzystej komórki (ryc. 95, *C*). Rozmnażanie płciowe odbywa się przy pomocy gamet, które tworzą się po 16 z każdej komórki. Gamety są jednakowe. Zygota przebywa pewien czas



Ryc. 95. *Gonium pectorale*. *A* Osobnik widziany z góry. — *B* Osobnik widziany zboku. — *C* Tworzenie się nowych osobników przez podział zawartości komórek. — *A* i *B* według Steina, *C* według Oltmannsa.

w spoczynku, poczem daje cztery pływki, z których każda wytwarza nowy blaszkowaty osobnik.

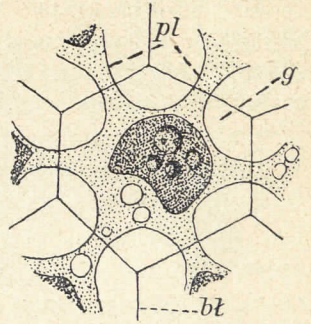
Z pomiędzy form kulistych najbardziej złożoną jest toczek *(Volvox)*. Kule są tu dużych rozmiarów (średnicy dochodzącej do 1—2 *mm*) i składają się z kilkunastu tysięcy komórek, ułożonych na powierzchni w jedną warstwę (ryc. 96). Komórki mają postać sześciokątnych pryzmatów, złączonych bokami, tak że powierzchnia kuli jest podzielona na sześciokątne



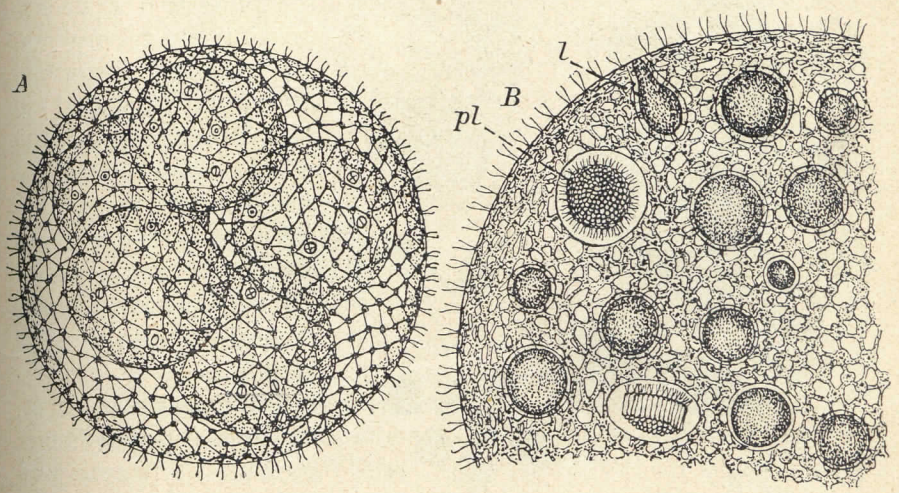
Ryc. 96. *Volvox globator*. Przekrój osobnika, cokolwiek schematyzowany, z tworzącemi się potomnemi kulami w tylnej części. — Według Janeta.

poletka (ryc. 97). Każda komórka jest pokryta cienką, ale mocną błoną. Wnętrze komórki jest wypełnione galaretą, wśród której mieszczą się jej główne składniki: protoplazma z jądrem i chloroplastem. Protoplazmy sąsiednich komórek są połączone przy pomocy dosyć szerokich plazmodesmów, skutkiem czego w zarysie są gwiazdowate. Od każdej komórki odchodzi ku wnętrzu kuli długi walec, złożony z wiotkiej galarety. Komórki,

z których składa się kula, nie są jednakowe. Część przednia, to znaczy ta, która przy ruchach kuli jest skierowana naprzód, składa się tylko z komórek wegetatywnych. Część tylna zawiera oprócz tego komórki rozrodcze. Część przednia różni się jeszcze tem od tylnej, że plamki oczne w niej są o wiele większe od takich plamek w komórkach części tylnej. Rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przez podział zawartości niektórych komórek tylnej części kuli. Powstające w ten sposób blaszki uwypuklają się do wnętrza kuli, tworząc w końcu nowe kule mniejszych rozmiarów, opatrzone otworem skierowanym nazewnątrz (ryc. 96). Te kule potomne po pewnym czasie odrywają się od ścianek kuli macierzystej i pływają wewnątrz niej (ryc. 98, *A*). Otwór, który pozostał w ich tylnej części, zamyka się wkrótce śluzowatą masą. Młode kule wydostają się nazewnątrz, przerywając powłokę macierzystej kuli w jej tylnej części, gdzie początkowo był otwór, kiedy kula macierzysta nie była jeszcze zamknięta. Rozmnażanie płciowe odbywa się nie przez izogamję, jak u *Gonium*, lecz przez oogamję. Odbywa



Ryc. 97. *Volvox globator*. Część powierzchni kuli. *bł* — błona, *g* — galareta, *pl* — plazmodesmy. — Według A. Meyera.

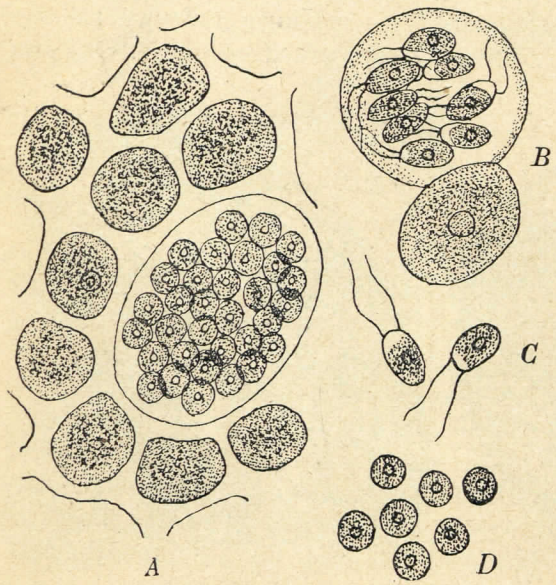


Ryc. 98. *A Volvox aureus*. Osobnik zawierający we wnętrzu młode osobniki potomne. Według Kleina. — *B Volvox globator*. Osobnik z lęgniami i plemniami. *l* — lęgnie, *pl* — plemnie. Według Cohna.

się ono w osobnych płciowych osobnikach, u których w tylnej części pewne komórki przeobrażają się w narządy płciowe żeńskie, lęgnie, inne zaś w narządy męskie, plemnie (ryc. 98, *B*). U niektórych gatunków *(Volvox globator)* osobniki są obupłciowe, u innych *(Volvox aureus)* rozdzielnopłciowe. Lęgnie mają postać wielkich komórek opatrzonych dziobem, który jest zwrócony nazewnątrz. Zawartość lęgni jest gametą żeńską. W plemniach wytwarza się przez podział zawartości znaczna ilość plemników, złączonych w blaszkę. Plemniki są wydłużonej gruszkowatej postaci z dwiema rzęskami. Przez zapłodnienie tworzy się zygota, która kiełkuje po przebyciu pewnego okresu spoczynkowego. Przez podział w dwóch kierunkach tworzy się z zygoty blaszka, która przez wygięcie zamienia się w kulę tak samo, jak się to dzieje przy rozmnażaniu bezpłciowem.

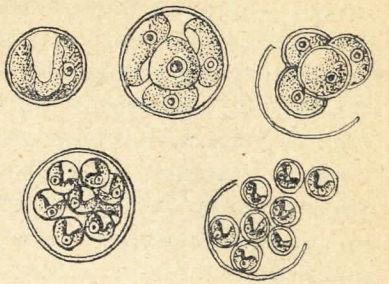
Pomiędzy opisanemi krańcowemi formami, jakiemi są *Gonium* i *Volvox*, istnieje cały szereg form pośrednich.

39. Protococcales. Jednokomórkowe glony, należące do tego rzędu, żyją osobno albo tworzą kolonje. Występują one nietylko w wodzie, lecz także w wilgotnem powietrzu na powierzchni różnych przedmiotów: na skałach, na pniach drzew, na płotach i t. d. Napowietrzne formy mają zdolność przetrzymywania okresów suszy, tworząc specjalne stadja przetrwalnikowe. Niektóre formy żyją w symbiozie z grzybami, tworząc z niemi porosty. *Protococcales* są prawdopodobnie haploidalne.



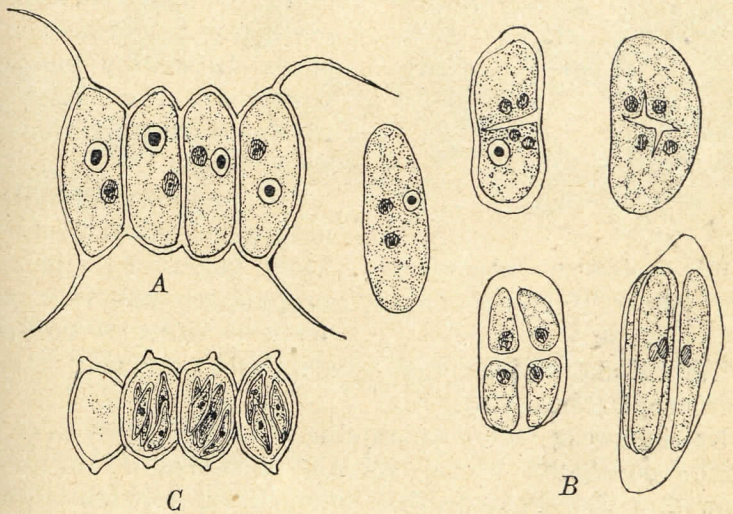
Ryc. 99. *Chlorococcum humicolum*. *A* Komórki wegetatywne, jedna z nich z aplanosporami. — *B* Tworzenie się pływek. — *C* Pływki. — *D* Pływki otoczone błoną. — Według Beijerincka.

Jako przykład form, żyjących pojedyńczo, można przytoczyć *Chlorococcum humicolum*. Komórki tego bardzo rozpowszechnionego napowietrznego glonu są okrągłe, zebrane zwykle w większe skupienia ale niezrośnięte ze sobą (ryc. 99). Wewnętrzną powierzchnię błony wyściela chloroplast, mający postać wydrążonej kuli wyciętej z jednej strony. Naprzeciwko wycięcia znajduje się pirenoid. W wydrążeniu chloroplastu mieści się jądro. Rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przy pomocy owalnych nagich pływek o dwóch rzęskach. Pływki mają taki sam chloroplast, tylko z większem wycięciem. Czasami pływki przybierają postać nieruchomych zarodników, t. zw. aplanospor. Oprócz tego tworzą się przetrwalnikowe komórki z grubą błoną. Rozmnażanie płciowe nie jest znane.



Ryc. 100. *Chlorella vulgaris*. — Według Grintzesco.

Podobna do *Chlorococcum* jest *Chlorella*. Różni się od niego tem, że nie tworzy pływek, tylko nieruchome obłonione zarodniki (ryc. 100).

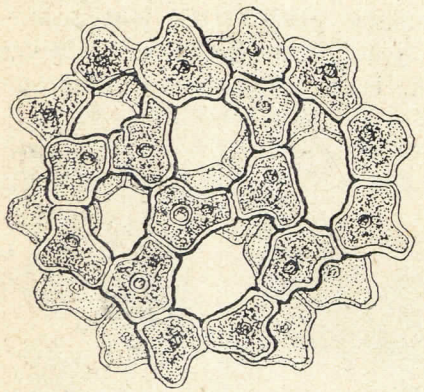


Ryc. 101. *A Scenedesmus quadricauda*. Kolonja. *B Scenedesmus quadricauda*. Podział zawartości komórki. — *C Scenedesmus acutus*. Kolonja z potomnemi komórkami. — *A* i *B* według Smitha, *C* według Senna.

Kolonje w omawianym rzędzie powstają w sposób bardzo charakterystyczny. Tworzą się z początku przez podział komórki potomne, które oddzielają się od siebie zupełnie. Te ko-

mórki łączą się następnie w kolonje określonego kształtu. Kolonje w wielu wypadkach rozpadają się później znowu na poszczególne komórki, które dalej żyją osobno. Najciekawsze formy kolonjalne rzędu *Protococcales* są to planktonowe słodkowodne glony *Scenedesmus, Coelastrum* i *Hydrodictyon.*

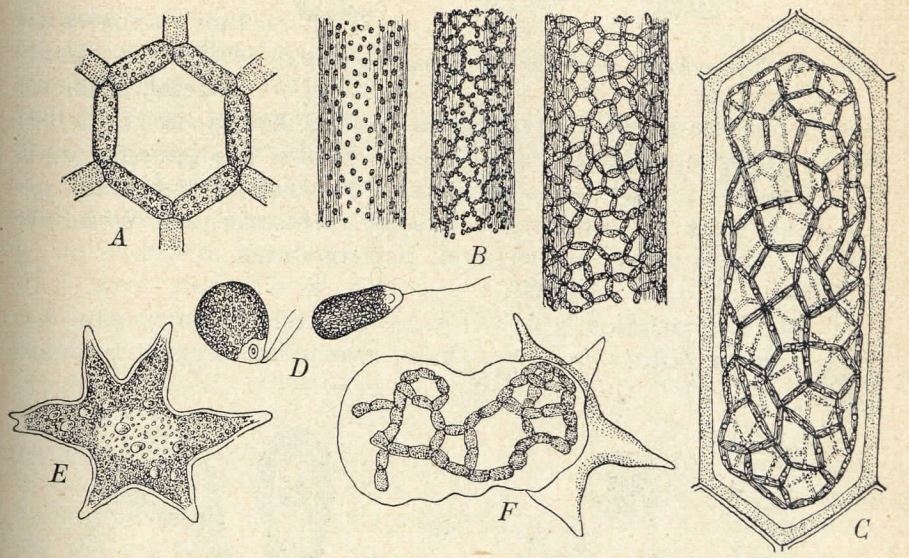
W rodzaju *Scenedesmus* kolonje składają się zawsze z czterech wydłużonych komórek, złączonych ze sobą długiemi bokami w pasemko o bardzo charakterystycznym wyglądzie (ryc. 101). Komórki te mogą być jednakowe albo też krańcowe komórki są odmienne, np. u *Scenedesmus quadricauda* krańcowe komórki kolonji są opatrzone charakterystycznemi wyrostkami. Chloroplasty w tym rodzaju mają zwykłą w rzędzie *Protococcales* postać wydrążonej kuli, mają jednak szerokie wycięcie skutkiem czego przybierają kształt klosza. Otwór tego klosza jest zwrócony ku szerszej stronie komórki, naprzeciwko niego mieści się pirenoid. Nowe kolonje powstają przez połączenie nieruchomych obłonionych komórek, które tworzą się w komórkach kolonji przez dwukrotny podział ich zawartości (ryc. 101, *B* i *C*). Pływek i rozmnażania płciowego niema.



Ryc. 102. *Coelastrum proboscideum.* Kolonja. — Według Senna.

W podobny sposób rozmnaża się także *Coelastrum*, który tworzy kolonje z większej ilości komórek złączonych ze sobą w kulistą sieć (ryc. 102). Komórki jego mają analogiczną budowę z kloszowatym chloroplastem i t. d.

Najciekawszą formą kolonjalną tego rzędu jest sieć wodna *(Hydrodictyon),* której kolonje dochodzą do kilku decymetrów długości. Poszczególne komórki są walcowate, długości dochodzącej do 1 *cm.* Są one złączone końcami po trzy albo cztery, tworząc sieć o szerokich oczkach (ryc. 103, *A*). Budowa komórek jest następująca. W środku mieści się wielki wodniczek otoczony warstwą protoplazmy, przylegającą do błony. W protoplazmie znajduje się wielki siatkowaty chloroplast z licznemi pirenoidami. Jądro w młodych komórkach jest pojedyńcze, później jednak dzieli się na wielką ilość jąder pochodnych, które mieszczą się w protoplazmie nieco głębiej od chloroplastu. Jest to cecha anormalna w rzędzie *Protococcales*, w którym z reguły komórki są jednojądrowe. Zaliczamy jednak *Hydrodictyon* do tego rzędu ze względu na sposób tworzenia kolonij podobny do tego, jaki widzimy u *Scenedesmus, Coelastrum* i innych przedstawicieli tego rzędu. Mianowicie kolonje tworzą się przez połączenie oddzielnych komórek, które powstają przez podział komórek macierzystych Jest tylko ta różnica, że komórki te są ruchome: mają one typową dla zielenic postać dwuwiciowych pływek. Pływki te tworzą się w wielkiej ilości i przez pewien czas pływają wewnątrz błony macierzystej

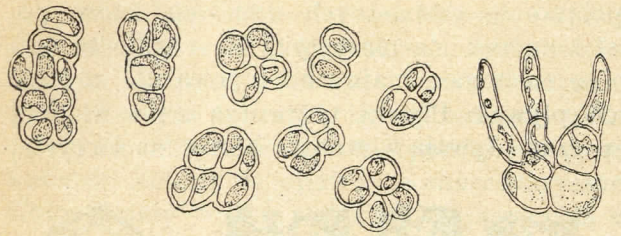


Ryc. 103. *Hydrodictyon utriculatum. A* Oczko sieci. — *B* Pływki w komórce sieci, układające się w nową sieć. — *C* Młoda sieć. — *D* Pływki wytworzone przez zygotę. — *E* Kańciasta komórka wytworzona przez pływkę. — *F* Młoda sieć w takiej komórce. — Według Klebsa, Pringsheima i Harpera.

komórki. Potem układają się w sieć, która stopniowo przybiera typową postać skutkiem rozrastania się komórek w walcowate twory. Młoda sieć wkońcu wydostaje się nazewnątrz i przybiera po pewnym czasie ostateczne wymiary. Oprócz tego mamy tu rozmnażanie płciowe przez izogamję. Gamety mają postać podobną do pływek, ale są mniejsze. Zygota po przebyciu pewnego okresu spoczynkowego wytwarza kilka (2—5) pływek o jednej albo dwóch wiciach, które wkrótce zatrzymują się i otaczają się błoną, przybierając charakterystyczną, nieprawidłową kańciastą postać (ryc. 103, *D* i *E*). Zawartość takiej ko-

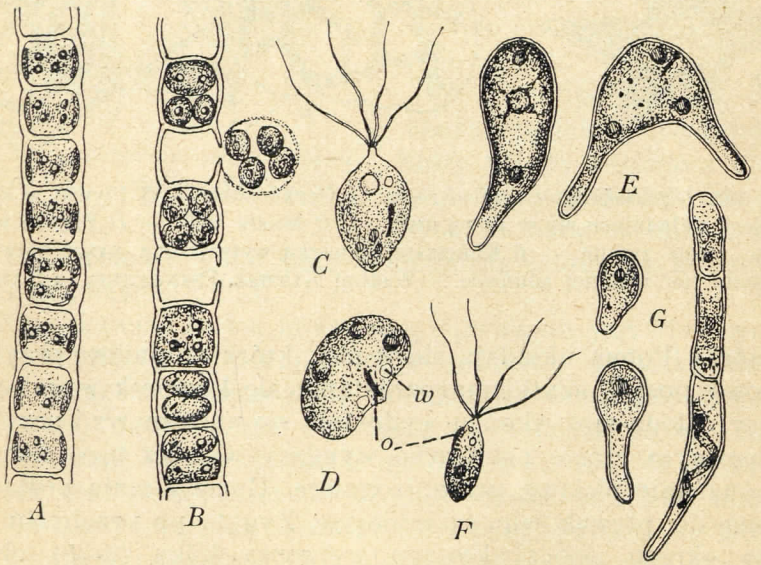
mórki dzieli się na wielką ilość pływek, które łączą się w sieć (ryc. 103, *F*).

Wkońcu trzeba omówić szczególne formy tego rzędu, tworzące rodzaj *Pleurococcus*. Rośliny te odbiegają nietylko od typowych form rzędu *Protococcales*, ale stanowią wyjątkowe zjawisko wśród glonów wogóle przez swoje rozmnażanie, które odbywa się wyłącznie przez podział. Komórki nieraz pozostają ze sobą połączone, tworząc krótkie nici (ryc. 104). Są to prawdopodobnie zredukowane formy następnego rzędu *Ulotrichales*. Żyją one na powietrzu, tworząc w wilgotnej porze roku wraz z gatunkami rodzajów *Chlorococcum*, *Chlorella* i t. d. zielone naloty na różnych przedmiotach.



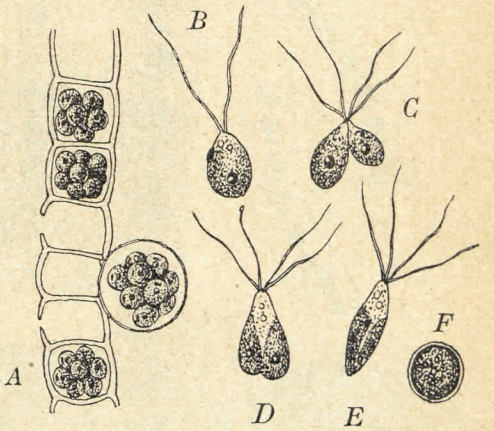
Ryc. 104. *Pleurococcus Naegelii*. — Według Chodat'a.

40. Ulotrichales. Najprostszą postacią tego rzędu jest wstężnica *(Ulothrix)*, spotykana często w szybko płynącej



Ryc. 105. *Ulothrix zonata*. *A* Wegetatywna nić. — *B* Tworzenie się pływek. — *C* Makrozoospora. — *D* i *E* Kiełkowanie makrozoospory. — *F* Mikrozoospora. — *G* Kiełkowanie mikrozoospory; *o* plamka oczna, *w* wodniczek tętniący. — Według Klebsa.

wodzie. Są to nici nierozgałęzione, umocowane do podłoża przy pomocy specjalnej komórki chwytnikowej (ryc. 32, *A*). Ciałko zieleni jest pojedyńcze, w formie wstęgi, opasującej komórkę wpoprzek i opatrzonej jednym lub kilkoma pirenoidami. Rozmnażanie odbywa się przy pomocy pływek (zoospor). Pływki są nagie, gruszkowatego kształtu, opatrzone plamką oczną, wodniczkami tętniącemi i chloroplastem, który znajduje się w tylnej części. Na dziobku są osadzone wici, których jest cztery albo dwie. Pierwsza liczba jest charakterystyczna dla tych pływek, które służą do rozmnażania bezpłciowego, druga liczba dla gamet. Czterowiciowe pływki są dwojakiego rodzaju, większe (makrozoospory) i mniejsze (mikrozoospory, ryc. 105). Mniejsze mają nieraz dwie wici zamiast czterech. I jedne, i drugie służą do rozmnażania bezpłciowego i tworzą się w normalnych komórkach nici przez podział ich zawartości na pewną ilość części. Gotowe pływki przez otwór w błonie wychodzą nazewnątrz, otoczone narazie cienką błonką, która je obejmuje w postaci pęcherzyka. Pływki poruszają się przez pewien czas, poczem umocowują się na podłożu, otaczają się błoną i wyrastają w nici. Gamety mają kształt podobny do bezpłciowych pływek, ale są mniejsze i posiadają zawsze tylko dwie wici (ryc. 106). Gamety są jednakowe, mamy tu zatem izogamję. Zygota przez pewien czas pływa przy pomocy czterech wici otrzymanych od obu gamet, potem odrzuca je, zaokrągla się i otacza się błoną. Kiełkowanie następuje po pewnym okresie spoczynku. Pierwszy podział jądra zygoty jest redukcyjny. Jest to więc roślina haploidalna, tak samo zresztą jak większość *Ulotrichales*, wśród których tylko w rodzajach *Ulva* i *Enteromorpha* stwierdzono odmienny cykl rozwojowy, a mianowicie rodozmianowy. W pewnych warunkach (np. pod działaniem półprocentowego roztworu soli) zespalanie się gamet nie dochodzi do skutku i one bezpo-

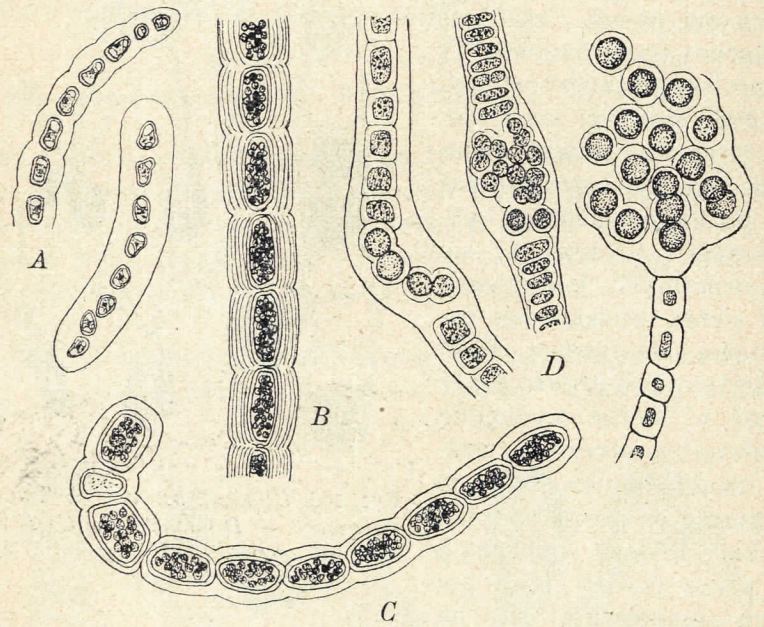


Ryc. 106. *Ulothrix zonata*. *A* Tworzenie się gamet. — *B* Gameta. — *C*—*E* Zespalanie się gamet. — *F* Zygota. — Według Klebsa.

*

średnio wytwarzają nowe nici. Mamy w tym wypadku partenogenezę, która jest tem ciekawsza, że jest sztuczna.

Podany powyżej opis rozmnażania nie wyczerpuje jeszcze kwestji. Oprócz pływek służą do tego celu także komórki nieruchome. Są to przedewszystkiem aplanospory, pływki, które nie wytworzyły wici, poza tem jednak zupełnie do nich są podobne. Ważniejsze są akinety, które powstają przez rozpadnięcie się nici na poszczególne komórki. Protoplazma przytem nie kurczy się, jak się to zawsze dzieje przy tworze-

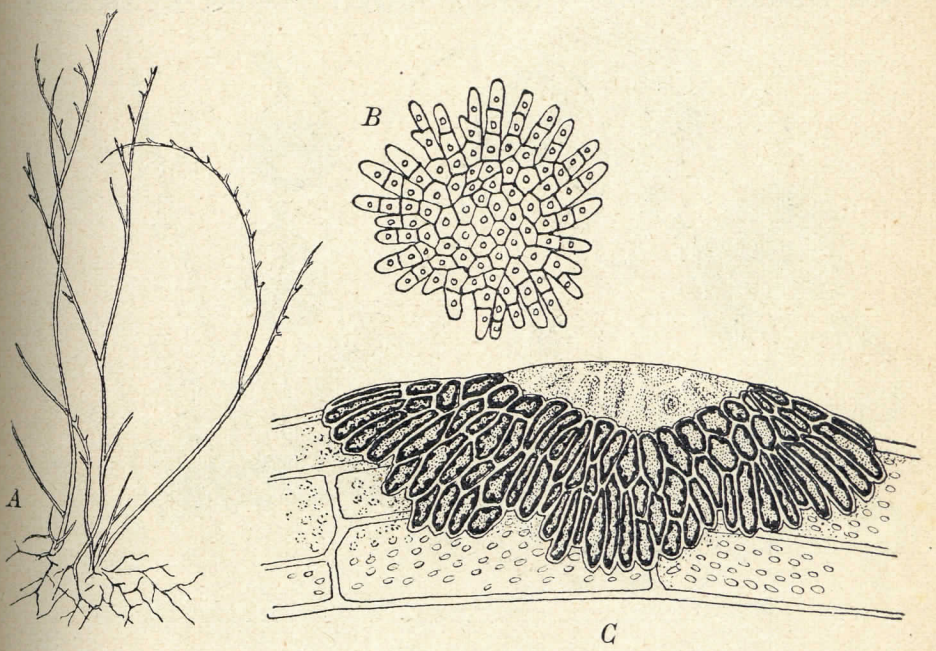


Ryc. 107. *A* Tworzenie się akinet z galaretowatą powłoką u *Ulothrix subtilissima*. — *B* Tworzenie się akinet przetrwalnikowych u pewnego bliżej nieokreślonego gatunku tegoż rodzaju. — *C* To samo u *Ulothrix tenerrima*. — *D* Stadja palmelloidalne *Ulothrix mucosa*. — Według Gaya i Cienkowskiego.

niu pływek i aplanospor. Błona przy tworzeniu akinet pęcznieje, zamieniając się w galaretę, albo grubieje (ryc. 107, *A*—*C*). W tym ostatnim wypadku akineta staje się komórką przetrwalnikową. Są to fakty bardzo ważne, dowodzące słabego związku między komórkami nici w rodzaju *Ulothrix* i pokrewnych mu formach. Mamy tu do czynienia raczej z kolonjami, aniżeli z wielokomórkowemi osobnikami. Ten słaby związek między komórkami nici ujawnia się także przy tworzeniu się form

palmelloidalnych, kiedy komórki nici dzielą się wielokrotnie i tworzą nieprawidłowe skupienia otoczone galaretowatemi powłokami (ryc. 107, *D*).

Ulothrix ze swoją plechą w formie prostych nici jest jedną z najprostszych morfologicznie form w rozpatrywanym rzędzie. Częstsze są formy o niciach rozgałęzionych. U nich w wielu przypadkach daje się zauważyć zróżnicowanie dosyć daleko posunięte. Bardzo wyraźnie występuje ono w rodzaju *Draparnaldia* (ryc. 32, *B*, *C*), gdzie można wyróżnić pionowe nici

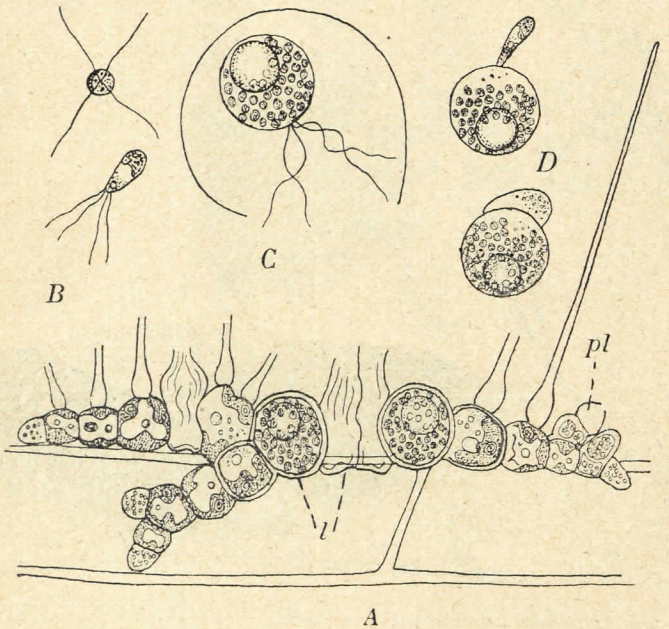


Ryc. 108. *A Stigeoclonium tenue* słabo powiększone. Według Hubera. — *B Stigeoclonium farctum*. Młoda „podeszwa“, jeszcze bez pionowych nici. Według Bertholda. — *C Pringsheimia scutata* na *Polysiphonia*. W środkowej części blaszki komórki są puste po wytworzeniu pływek. Według Reinkego.

o nieograniczonym wzroście i poziome o ograniczonym. Pierwsze imitują łodygi, drugie są analogiczne do liści. W pionowych niciach chloroplast zajmuje stosunkowo mało miejsca, w gałęziach natomiast wypełnia on prawie całą komórkę. Skutkiem tego asymilacja odbywa się głównie w bocznych gałęziach. Pływki wytwarzają się wyłącznie w komórkach gałęzi. Końcowe komórki gałęzi są wyciągnięte w długie i cienkie włosy, twory często występujące w omawianym rzędzie zielenic. Pio-

nowe nici rodzaju *Draparnaldia* umocowują się dolnym końcem do podłoża przy pomocy kilku nitkowatych wyrostków.

Zróżnicowanie nici idzie często w innym jeszcze kierunku. Pewne rozgałęzienia ścielą się po podłożu, którem jest nieraz jakakolwiek inna wodna roślina, i przyrastają do niego. Od tej tak zwanej podeszwy odchodzą inne rozgałęzienia prostopadle do podłoża. Takie rozczłonkowanie można widzieć np. w rodzaju *Stigeoclonium* (ryc. 108, *A*). Nici, z których składa się „podeszwa", w wielu formach przylegają do siebie bokami i nawet zrastają się, tworząc okrągłe blaszki (ryc. 108, *B*). Dalszym



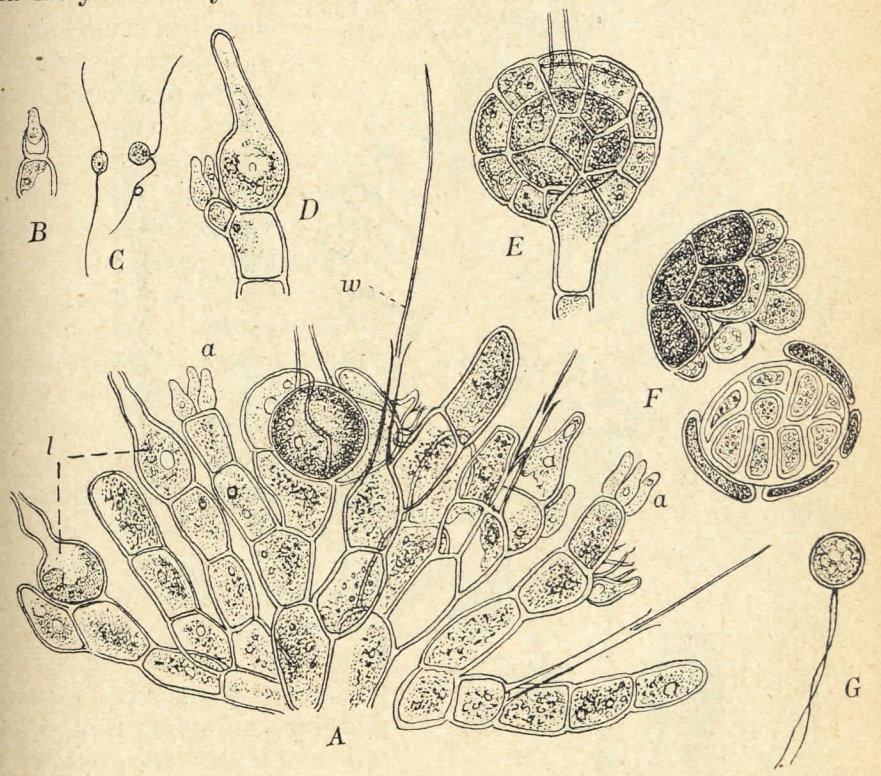
Ryc. 109. *Aphanochaete repens*. *A* Osobnik z narządami płciowemi na nici glonu, *pl* — plemnia, *l* — lęgnie. — *B* Gamety męskie. — *C* Gameta żeńska otoczona jeszcze powłoką, pochodzącą z lęgni. — *D* Zespalanie się gamet. — Według Hubera.

krokiem w tym kierunku jest zanik prostopadłych do podłoża gałęzi. Powstają wtedy formy blaszkowate, takie jak *Pringsheimia scutata*, epifityczna morska zielenica, rosnąca na krasnorostach (ryc. 108, *C*).

Rozmnażanie płciowe u opisanych powyżej rozgałęzionych nitkowatych form jest, podobnie jak u *Ulothrix*, izogamiczne. Są jednak wśród nich także formy heterogamiczne, a mianowicie *Aphanochaete* i *Coleochaete*. *Aphanochaete* ma postać

nici, pełzających na różnych nitkowatych słodkowodnych glonach, na *Cladophora*, *Oedogonium* i t. d. Oprócz bezpłciowych pływek o czterech wiciach tworzy ten glon w osobnych komórkach męskie i żeńskie gamety. Jedne i drugie posiadają 4 wici i różnią się głównie wielkością (ryc. 109). Jedne i drugie wychodzą z komórek, w których powstały, i skutkiem tego zapłodnienie odbywa się w wodzie poza rośliną macierzystą.

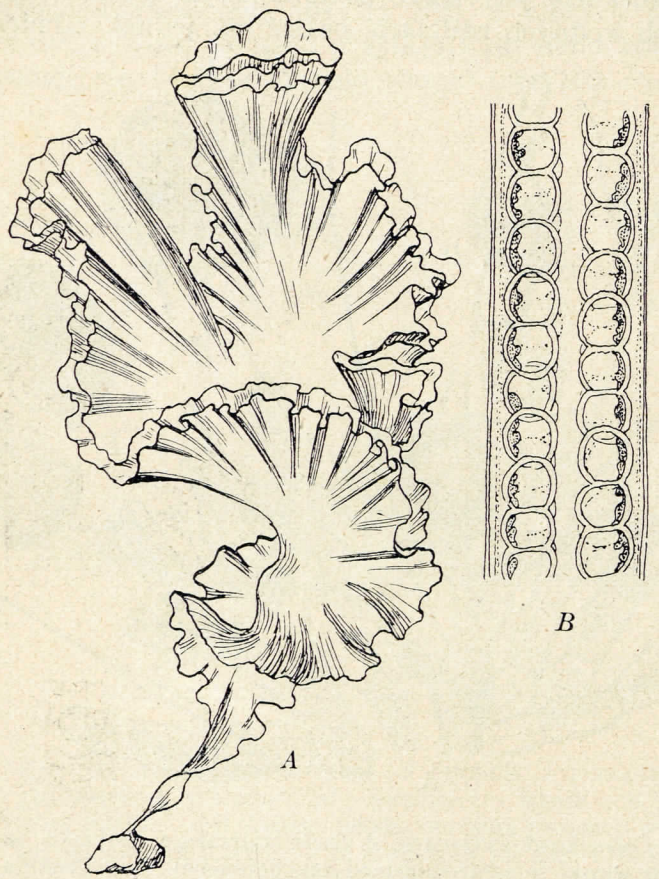
Coleochaete jest także słodkowodnym glonem, rosnącym na innych wodnych roślinach, postać ma jednak odmienną od



Ryc. 110. *Coleochaete pulvinata*. *A* Część dojrzałego osobnika; *a* plemnie, *l* lęgnie, *w* włoski ze szczeciniastemi zakończeniami. — *B* Plemnia z wychodzącym z niej plemnikiem. — *C* Plemniki. — *D* Dojrzała lęgnia. — *E* Okorowana zygota. — *F* Kiełkowanie zygoty. — *G* Pływka powstała z zygoty.

poprzedniego rodzaju, a przypominającą *Stigeoclonium* i formy pokrewne. Zależnie od gatunku, plecha składa się albo z podeszwy i odchodzących od niej nici, albo z samej tylko podeszwy na podobieństwo *Pringsheimia*. Oprócz rozmnażania bezpłciowego przy pomocy dwuwiciowych pływek, odbywa się tu rozmnażanie płciowe w drodze oogamji (ryc. 110). Lęgnie mają

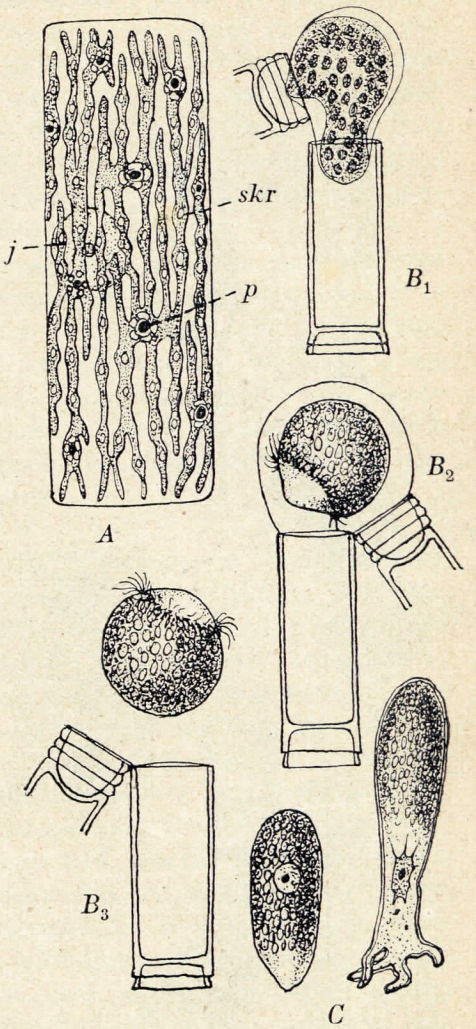
kształt flaszkowaty; w dolnej rozszerzonej ich części mieści się nieruchoma żeńska gameta, jaje. Skoro lęgnia dojrzeje, górna wyciągnięta w szyjkę część jej galaretowacieje i przez galaretę wchodzi do niej jeden z plemników, które tworzą się w plemniach pojedyńczo. Naokoło zygoty tworzy się bardzo charakterystyczne okorowanie z nitkowatych komórek, które wyrastają z najbliższych nici i otaczają ją ze wszystkich stron.



Ryc. 111. *Ulva Lactuca*. *A* Okaz w połowie naturalnej wielkości. — *B* Przekrój plechy. — Według THURETA.

Przy kiełkowaniu zawartość zygoty dzieli się na kilka komórek, z których każda wytwarza pływkę o dwóch wiciach. Pływki umocowują się, otaczają się błoną i dają początek nowemu osobnikowi.

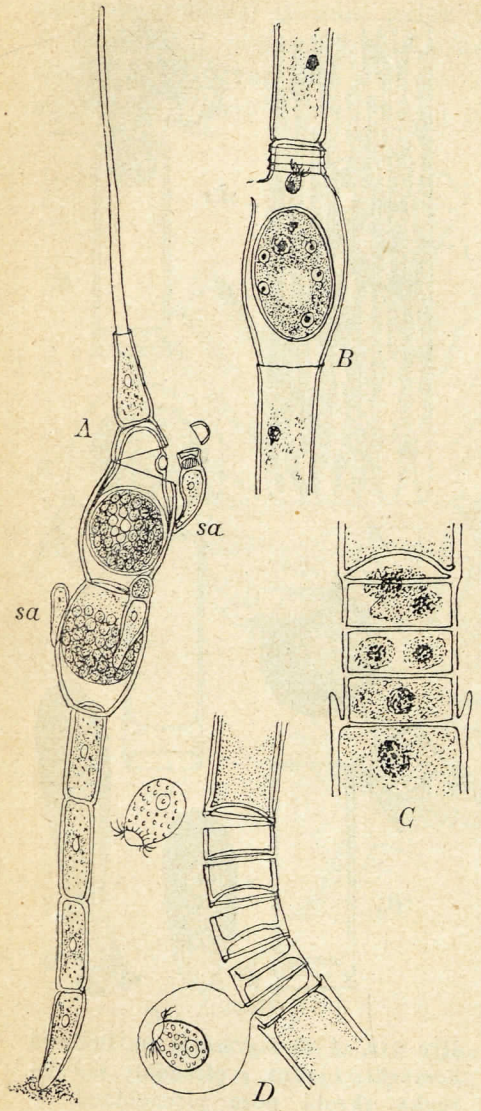
Oprócz form nitkowatych, względnie blaszkowatych, lecz z blaszkami utworzonemi z nici o charakterze tkanek strzępkowych, są wśród *Ulotrichales* formy blaszkowate, złożone z prawdziwej tkanki. Przykładem może być pospolita morska *Ulva Lactuca* (ryc. 111). Dwuwarstwowa blaszka tej rośliny jest dolnym zwężonym końcem umocowana na podłożu. Te formy blaszkowate mają cykl rozwojowy odmienny od innych *Ulotrichales:* mają one rodozmian. Stwierdzono go w dwóch rodzajach: *Ulva* i *Enteromorpha*. Formy haploidalne rozmnażają się płciowo w drodze izogamji. Izogamja jest tu jednak tylko pozorna. Wprawdzie osobniki haploidalne są do siebie z wyglądu podobne, podobne są także gamety, ale gamety jednego osobnika łączą się tylko z gametami pewnych określonych osobników, nie łączą się natomiast z gametami innych. Są zatem pewne różnice płciowe między osobnikami. Ponieważ nie można tu kwalifikować płci, jako męską i żeńską, nazwano je „dodatnią“ i „ujemną“. Łączą się ze sobą tylko gamety „różnych znaków“. Z zygoty tworzą się osobniki diploidalne, podobne z wyglądu do osobników haploidalnych. Rozmnażają się one przy pomocy czterowiciowych pływek. Przy tworzeniu się tych pływek następuje redukcja chromatyny. Są one przeto haploidalne i wyrastają z nich osobniki haploidalne.



Ryc. 112. *A Oedogonium sp.* Budowa komórki; *j* jądro, *p* pirenoidy, *skr* ziarenka skrobi poza pirenoidami. — *B* Wydostawanie się pływek z komórki macierzystej. — *C* Kiełkowanie pływki. — *A* według SCHMITZA, *B* i *C* według HIRNA.

Poza typowemi formami, któremi zajmowaliśmy się dotychczas, zalicza się do rzędu *Ulotrichales* niektóre formy odmienne. Z pośród nich najważniejsze są *Oedogonium* i po-

krewne. *Oedogonium* jest słodkowodną rośliną, która ma postać nierozgałęzionych nici, umocowanych do podłoża jednym końcem. Nici te można poznać z łatwością po szczególnej budowie błony, która w pewnych komórkach posiada jakgdyby kołnierzyki, nasuwające się na siebie (ryc. 112, *B*). Kołnierzyki te są to resztki dawnej błony, która została rozerwana przy podziale komórki. Podział ten odbywa się w sposób skomplikowany, którego opisywać nie będziemy. Wewnątrz komórki prócz jądra znajduje się położony przy błonie blaszkowaty chloroplast, pocięty na nieprawidłowe, połączone ze sobą w pewnych miejscach pasma. W nim widzi się liczne pirenoidy, otoczone wieńcem ziarenek skrobi, która zresztą występuje także i w innych częściach chloroplastu (ryc. 112, *A*). Najbardziej charakterystyczną rzeczą jest tu forma pływek. Są one jajowate albo prawie okrągłe z bezbarwną przednią częścią, otoczoną wieńcem licznych rzęsek, przy pomocy których pływają one we wodzie (ryc. 112, *B*). Takiej postaci są zarówno pływki płciowe, jak i bezpłciowe.



Ryc. 113. *A Oedogonium ciliatum*. Nić w całości z lęgniami i samczykami *(sa)*. — *B Oedogonium Boscii*. Lęgnia z plemnikiem. — *C Oedogonium Boscii*. Tworzenie się plemników. — *D* Androspory. — Według Pringsheima i Klebahna.

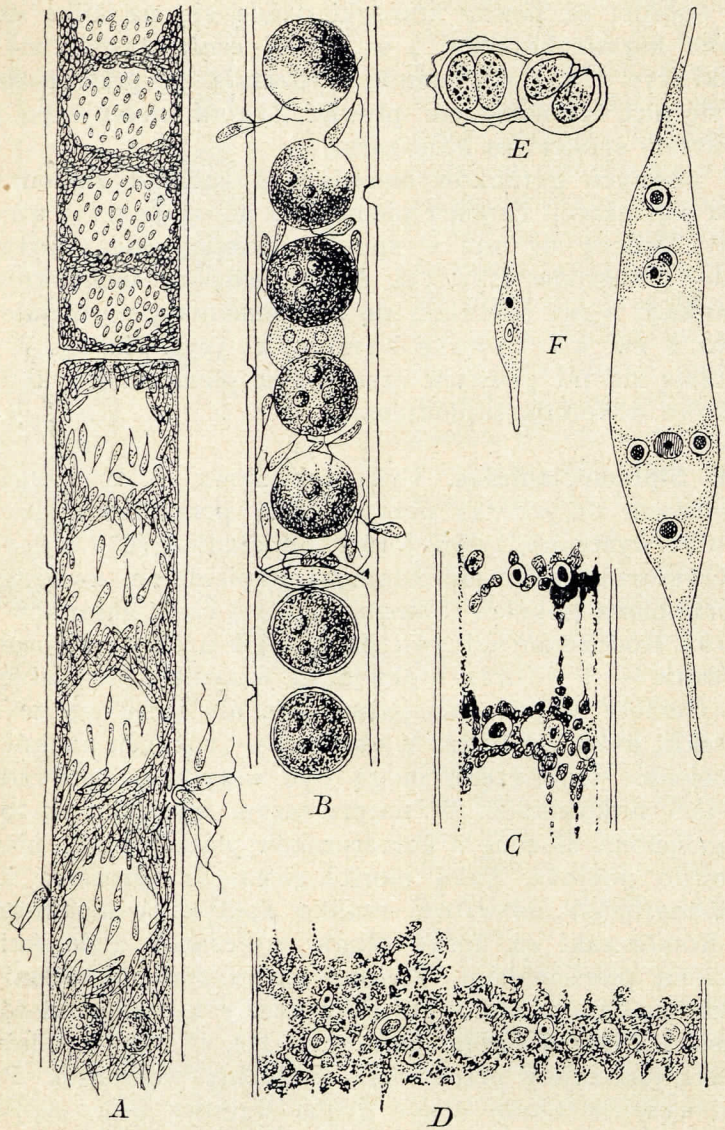
Pływki bezpłciowe (zoospory) tworzą się pojedyńczo w komórkach nici, poczynając od górnych. Wydostają się one nazewnątrz skutkiem przełamywania się komórek (ryc. 112, *B*). Rozmnażanie płciowe odbywa się w drodze oogamji. Pewne komórki nici rozdymają się, zawartość ich natomiast kurczy się. Są to lęgnie z jajami (ryc. 113, *A*). W górnej części lęgni powstaje otwór w błonie, przez który wchodzi do środka plemnik, mający taką samą postać jak bezpłciowa pływka, ale mniejszy (ryc. 113, *B*). Plemniki tworzą się w tych samych albo w innych niciach w ten sposób, że pewne komórki dzielą się na kilka części, mających kształt krążków, i w każdej części tworzą się dwa plemniki (ryc. 113, *C*). Plemniki wydostają się przez rozłamywanie się nici, tak samo jak pływki. Zygota kiełkuje po pewnym okresie spoczynku albo zaraz.

U pewnych gatunków omawianego rodzaju zapłodnienie odbywa się inaczej. Zamiast plemników powstają t. zw. a n d r o s p o r y. Tworzą się one w sposób podobny, ale pojedyńczo w każdej przegródce (ryc. 113, *D*). Androspory umocowują się na ściankach lęgni, obłaniają się i przemieniają się w jajowate komórki, t. zw. k a r ł o w a t e s a m c z y k i (ryc. 113, *A*). W nich wytwarzają się po pewnym czasie dwa plemniki zwykłej postaci, które dokonują zapłodnienia.

41. Siphonocladiales. Cykl rozwojowy u tych zielenic, w zbadanych dotychczas przypadkach, przedstawia się dwojako: albo występują tylko formy diploidalne (u *Cladophora* i *Acetabularia*), albo diploidalne i haploidalne, związane ze sobą przemianą pokoleń *(Chaetomorpha* i część gatunków *Cladophora)*. Rodozmian odbywa się tak, jak u *Ulva:* są osobniki haploidalne + i — oraz diploidalne, wszystkie do siebie podobne. Gamety są pozornie jednakowe, ale łączą się ze sobą tylko takie, które pochodzą z osobników „różnych znaków".

Zielenice tego rzędu mogą być wszystkie sprowadzone do postaci nitkowatych. W najprostszym wypadku są to nici nierozgałęzione, złożone z komórczaków jednakowych, nieumocowane do podłoża. Taką morfologicznie najprostszą formą jest *Sphaeroplea annulina*, rzadko spotykany słodkowodny glon. Komórczaki są dosyć długie z licznemi zielonemi poprzecznemi pierścieniami. Zielona barwa tych pierścieni jest powodowana przez siatkowate chloroplasty z bardzo nierównym brzegiem i kilkoma pirenoidami (ryc. 114, *C* i *D*). Środek komórczaka jest zajęty przez wielki podłużny wodniczek. Protoplazma wyściela błonę dosyć grubą warstwą a w miejscach, gdzie znajdują się chloroplasty, gromadzi się w większej ilości, przedzielając wodniczek jakgdyby poprzecznemi przegrodami. W tych samych miejscach, co chloroplasty, mieszczą się w niej liczne jądra, położone nieco głębiej. W przeciwieństwie do wiel-

kiej prostoty w budowie plechy, *Sphaeroplea* stoi na wysokim stopniu rozwoju pod względem sposobu rozmnażania. Rozmnażanie jest tylko płciowe i odbywa się przez oogamję. Komórczaki zamieniają się na plemnie i lęgnie, nie zmieniając



Ryc. 114. *Sphaeroplea annulina*. *A* Tworzenie się plemników. — *B* Jaja w czasie zapłodnienia. — *C* i *D* Części komórczaków z jądrami i chloroplastami. — *E* Tworzenie się pływek w zygocie. — *F* Młoda nić, wyrastająca z pływki w dwóch różnych stadjach rozwoju. — Według Cohna i Klebahna.

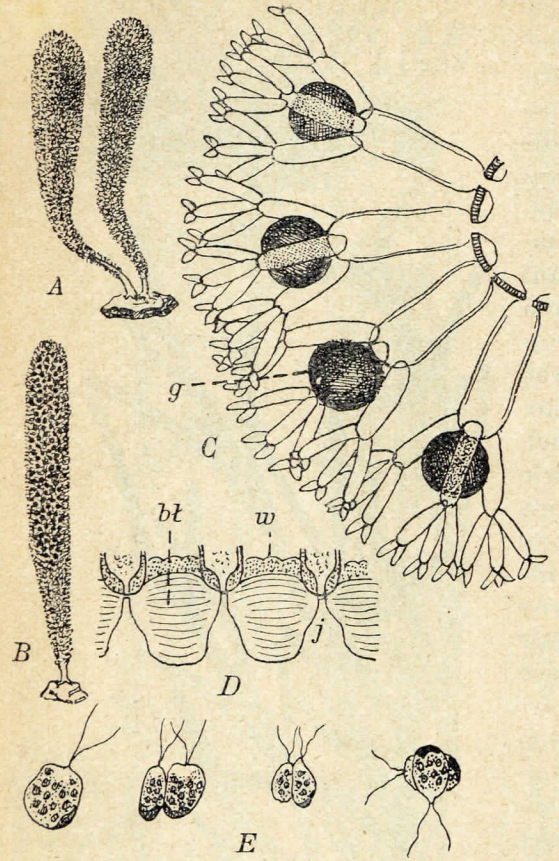
swojego kształtu. Plemniki powstają w olbrzymiej ilości przez podział zawartości (ryc. 114, *A*). Jaja tworzą się w lęgniach w mniejszej, ale znacznej ilości (ryc. 114, *B*). Każde jaje zawiera jedno lub kilka jąder, zawsze jednak tylko jedno jądro bierze udział w zapłodnieniu. Przez otwory w błonie plemniki wychodzą z plemni i wchodzą do lęgni. Zygota otacza się mocną podwójną błoną i może przetrwać przez dłuższy czas niekorzystne warunki. Przy kiełkowaniu tworzą się dwie pływki z dwoma wiciami, z których wyrastają nowe nici (ryc. 114, *E* i *F*). *Sphaeroplea* przedstawia jedyny wypadek oogamji w rzędzie *Siphonocladiales*. U innych form rozmnażanie płciowe odbywa się przez izogamję.

Poza rodzajem *Sphaeroplea* nici nierozgałęzione spotykają się w rodzajach *Chaetomorpha* i *Urospora*. Nici te są jednak umocowane dolnym końcem do podłoża. Daleko częściej spotyka się formy rozgałęzione. Tu przedewszystkiem należy *Cladophora*, bardzo rozpowszechniony zarówno w wodzie słodkiej jak i słonej rodzaj zielenic. Nici w tym rodzaju są bardzo obficie rozgałęzione, tworząc gęste, dosyć duże krzaki (ryc. 115). Komór-



Ryc. 115. *Cladophora*. *A* Osobnik w naturalnej wielkości. — *B* Gałąź z zoosporangjami w powiększeniu. — *C* Komórczak silnie powiększony; *p* pirenoidy, *j* jądra. *A* i *B* według Oltmannsa, *C* według Strasburgera.

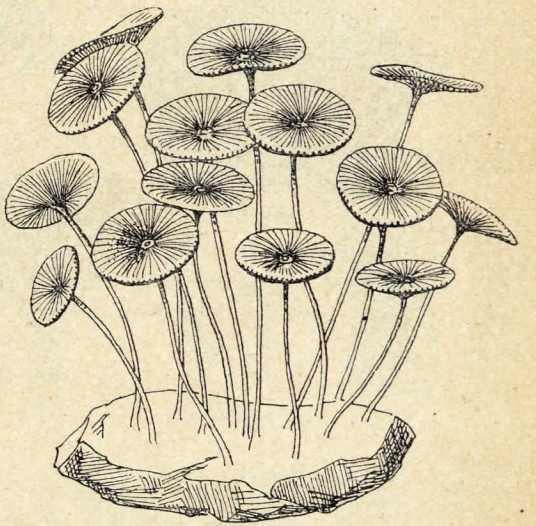
czaki zawierają w środku wielki wodniczek. Otaczająca go protoplazma zawiera siatkowaty chloroplast w formie wydrążonego walca z wielką ilością prawidłowo rozmieszczonych pirenoidów (ryc. 115, *C*). U niektórych gatunków tego rodzaju chloroplast rozpada się na oddzielne drobne blaszki, które jednak pozostają ułożone w sieć. Nieco głębiej od chloroplastu mieszczą się w protoplazmie liczne jądra. Rozmnażanie jest bezpłciowe i płciowe. Bezpłciowe odbywa się przy pomocy czterowiciowych pływek, które tworzą się w wielkiej ilości w końcowych komórczakach, t. zw. zoosporangjach (ryc. 115, *B*). Rozmnażanie płciowe jest uskuteczniane przez jednakowe gamety o dwóch wiciach. Zygoty kiełkują natychmiast. Niekorzystne warunki przetrzymują glony z rodzaju *Cladophora* przy pomocy komórek przetrwalnikowych, które tworzą się w dwojaki sposób: albo są to specjalne nici, pełzające po podłożu, albo dowolne komórki. W jednym i drugim wypadku są one otoczone grubą błoną i zawierają dużo materjałów zapasowych.



Ryc. 116. *Dasycladus clavaeformis*. *A* Osobniki w stanie wegetatywnym. — *B* Osobnik z gametangjami. — *C* Część okółka gałęzi; *g* gametangja; na tej rycinie zostały pominięte przez niedopatrzenie błony, oddzielające gałęzie od osiowego komórczaka. — *D* Przekrój błony osiowego komórczaka: *bł* warstwa błonnikowa, *w* warstwa wapienna, *j* jamki naprzeciwko gałęzi. — *E* Gamety i ich zespalanie się. — *D* według Nägeli, reszta według Oltmannsa.

Rozgałęzienie nici w rzędzie *Siphonocladiales* odbywa się w rozmaity sposób. U *Cladophora* z tego samego miejsca nici

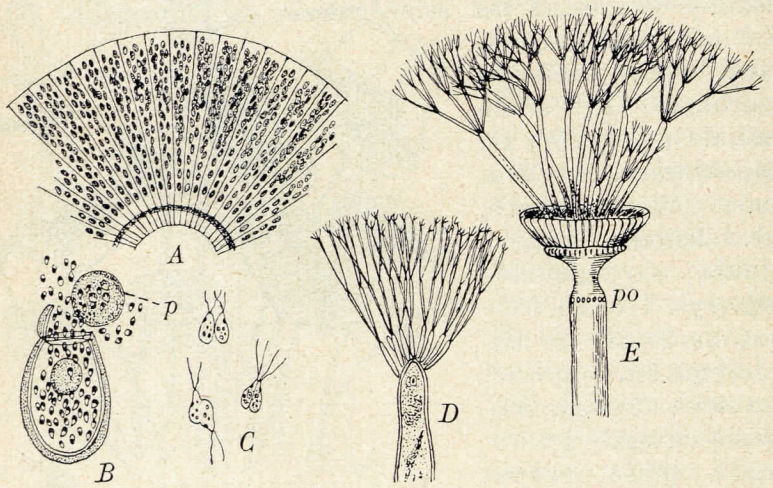
odchodzą 1—2 gałęzie. W innych przypadkach z tego samego miejsca odchodzą nieraz liczne gałęzie ułożone w okółki. Przykładem takich form może służyć *Dasycladus clavaeformis*, często spotykany na morzu Śródziemnem. Ma on postać wydłużonej gąbki, dochodzącej do 5 *cm* długości (ryc. 116, *A*, *B*). Wzdłuż całej rośliny przechodzi osiowy komórczak, umocowany dolnym końcem do podłoża przy pomocy specjalnych wyrostków — chwytników. Na tej osi są osadzone w okółkach liczne komórczaki, które rozgałęziają się również okółkowo (ryc. 116, *C*). Komórczak osiowy nie ma przegród poprzecznych, ale jest odgrodzony od gałęzi; tak samo gałęzie są odgrodzone od gałęzi dalszych rzędów. Ściany boczne osiowego komórczaka są silnie zgrubiałe i pokryte z zewnątrz warstwą węglanu wapnia. W miejscach, skąd odchodzą gałęzie, znajdują się głębokie jamki (ryc. 116, *D*). Skoro roślina dojdzie do stanu dojrzałości, w górnej jej części zaczynają tworzyć się okrągłe gametangja przez uwypuklenie szczytów gałęzi pierwszego rzędu. Do tych gametangjów przechodzi większa część zawartości gałęzi wraz z chloroplastami i jądrami, skutkiem czego przybierają one barwę ciemnozieloną. W nich tworzy się wielka ilość gamet o dwóch wiciach. Gamety wychodzą nazewnątrz jednocześnie ze wszystkich gametangjów danego osobnika. Następuje to między godziną 4 a 5 po południu we wrześniu, październiku lub listopadzie. Gamety mają charakterystyczną spłaszczoną czworoboczną postać (ryc. 116, *E*). Zespalają się one ze sobą tylko wtedy, jeżeli pochodzą z różnych osobników. Zygoty kiełkują odrazu. Rozmnażania bezpłciowego niema.



Ryc. 117. *Acetabularia mediterranea*. Pokrój rośliny w naturalnej wielkości. — Według Oltmannsa.

Drugą ciekawą postacią z okółkowem rozgałęzieniem jest sławna *Acetabularia mediterranea*, charakterystyczna roślina morza Śródziemnego (ryc. 117). Dojrzała roślina składa się

z trzonka, na szczycie którego jest osadzona okrągła tarczka, złożona z promienisto ułożonych komórczaków zrośniętych ze sobą. Całość przypomina swoim wyglądem rozpięty parasol. W komórczakach parasola tworzy się wielka ilość (do 100) cyst, otoczonych grubą błoną (ryc. 118, *A*). W lipcu i sierpniu wydostają się one nazewnątrz skutkiem rozłamania zwapniałej błony parasola (ryc. 118, *B*). Przez zimę cysty pozostają w spoczynku i w lutym i marcu tworzą się w nich gamety, króre wydostają się nazewnątrz przez okrągły otwór w błonie. Gamety mają dwie wici i zespalają się ze sobą, o ile



Ryc. 118. *Acetabularia mediterranea*. *A* Parasol z cystami. — *B* Gamety wychodzące z cysty; *p* niezużyte części plazmy. — *C* Zespalanie się gamet. — *D* Młody osobnik z pierwszym okółkiem płonnych gałęzi. — *E* Starszy osobnik z drugim okółkiem płonnych gałęzi i nierozwiniętym jeszcze parasolem; *po* ślad po pierwszym płonnym okółku. — *A* według Oltmannsa, *B* według de Bary, *C* według Strasburgera, *D* według Woronina, *E* według Nägeli.

pochodzą z różnych cyst. Zygoty kiełkują natychmiast. Wyrasta z nich walcowata komórka, która dolnym końcem umocowuje się do podłoża; jest to późniejszy trzonek parasola. W górnej części jego wyrasta okółek gałęzi, które rozgałęziają się kilkakrotnie (ryc. 118, *D*). Powyżej tego okółka, na szczycie trzonka wyrasta pierścieniowaty wałek, zaczątek parasola. Z tego wałka wyrasta z początku nowy okółek obficie rozgałęzionych komórek. Nieco później u podstawy tych komórek wyrastają komórki parasola od początku zrośnięte ze sobą w okrągłą blaszkę (ryc. 118, *E*). Oba okółki rozgałęzionych komórek bardzo prędko opadają i zostaje tylko charakterystyczny parasol, którego komórki grają rolę gametangjów. Zasadniczo budowa *Acetabularii* jest zatem taka sama, jak u *Dasycladus*, tylko są tu oddzielne okółki płonne i plenne: pierwszych jest dwa, drugich tylko jeden.

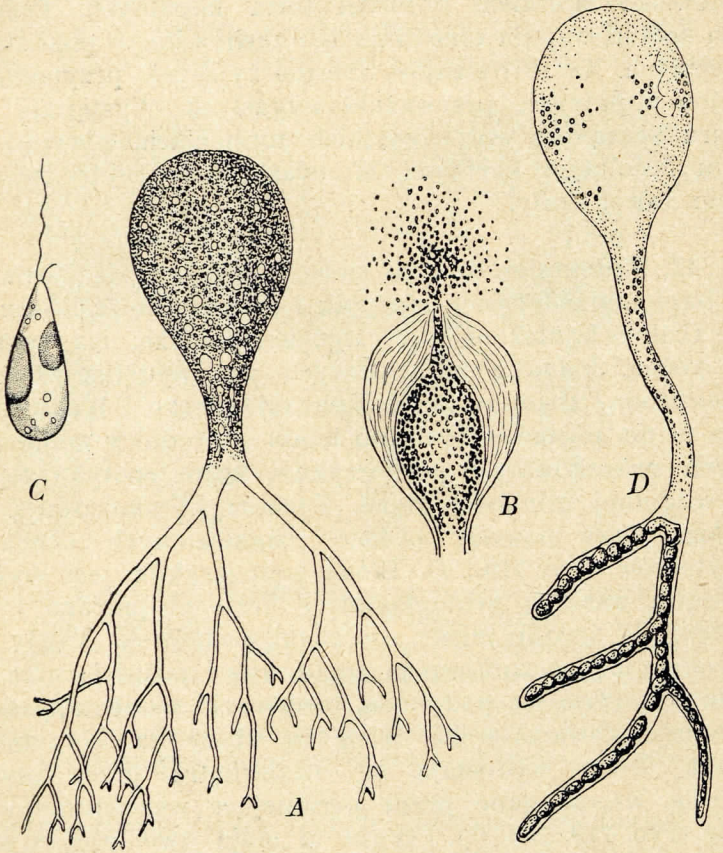
Dasycladus i *Acetabularia* należą do rodziny *Dasycladaceae*, charakteryzującej się okółkowem ustawieniem odgałęzień plechy. Rodzina ta wśród plechowców zajmuje wyjątkowe stanowisko skutkiem obfitości form kopalnych. Przesycenie błon solami wapnia umożliwia ich zachowanie w pokładach geologicznych. Na 10 rodzajów obecnie żyjących przypada 58 rodzajów kopalnych, przeważnie wygasłych. Występują one od syluru począwszy we wszystkich formacjach, z wyjątkiem dewonu i dolnego karbonu. W triasie potworzyły się z tych roślin nawet skały.

42. Siphonales. U tych zielenic spotyka się zarówno formy haploidalne *(Vaucheria)*, jak i diploidalne *(Codium)*.

Ciało ich, złożone z jednego komórczaka, ma postać bardzo różną. Jedną z najprostszych jest wydętka *(Botrydium granulatum)* zbadana przez Rostafińskiego i Woronina. Roślina ta ma postać dużych, do 2 *mm* w średnicy mających, zielonych gruszkowatych pęcherzyków, które spotyka się często na wilgotnej gliniastej ziemi. Pęcherzyki umocowują się do podłoża przy pomocy obficie rozgałęzionych bezbarwnych chwytników (ryc. 119, *A*). Błona pęcherzyków jest wyścielona wewnątrz warstwą protoplazmy z licznemi jądrami i chloroplastami. W środku mieści się wielki wodniczek. Każdy z chloroplastów ma początkowo pirenoid, który później znika. Jeżeli roślina znajdzie się pod wodą, pęcherzyki zamieniają się w zoosporangja. Zawartość ich dzieli się wtedy na olbrzymią ilość pływek, które wydostają się nazewnątrz przez otwór na szczycie, wspomagane przez pęczniejące wewnętrzne warstwy błony (ryc. 119, *B* i *C*). Pływki te mają dwie wici, z których jedna jest bardzo krótka. Pływki te są gametami. W niesprzyjających warunkach zapłodnienie nie następuje i gamety rozwijają się bez zapłodnienia. Podczas suszy protoplazma przenosi się do położonych w ziemi chwytników i rozpada się w nich na wielojądrowe cysty, które otaczają się błonami. W tej postaci roślina może przetrwać długie okresy suszy. Pod działaniem wody cysty wyrastają bezpośrednio w nowe pęcherzykowate osobniki albo wytwarzają pływki. Niektórzy autorzy zaliczają *Botrydium* do *Heterocontae*, grupy roślin pośrednich między wiciowcami a glonami, charakteryzujących się

dwiema nierównemi wiciami, brakiem skrobi i niektóremi innemi cechami.

Podobnie jak *Botrydium*, bardzo prostą budowę plechy posiada *Vaucheria*, której liczne gatunki żyją przeważnie w słodkiej wodzie, rzadziej w morzu, nadto także na wilgotnej ziemi. Ma ona postać nieprawidłowo rozgałęzionych nici, przytwierdzonych do podłoża przy pomocy chwytników. W tych

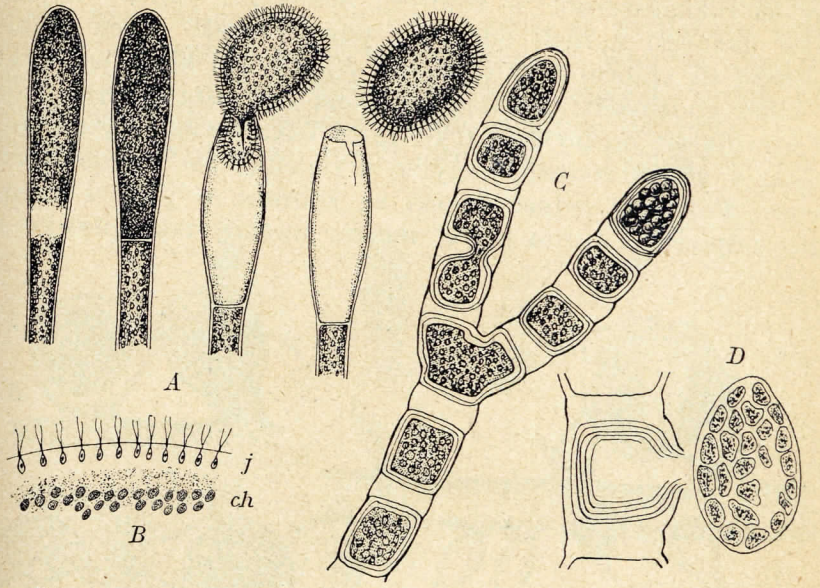


Ryc. 119. *Botrydium granulatum*. *A* Stadjum wegetatywne. — *B* Wychodzenie pływek z pęcherzyka. — *C* Pływka. — *D* Tworzenie się cyst. — Według Rostafińskiego i Woronina.

niciach znajduje się w środku sok komórkowy, otoczony warstwą przylegającej do błony protoplazmy. W zewnętrznej warstwie protoplazmy znajdują się liczne drobne chloroplasty bez pirenoidów, a nieco głębiej liczne jądra.

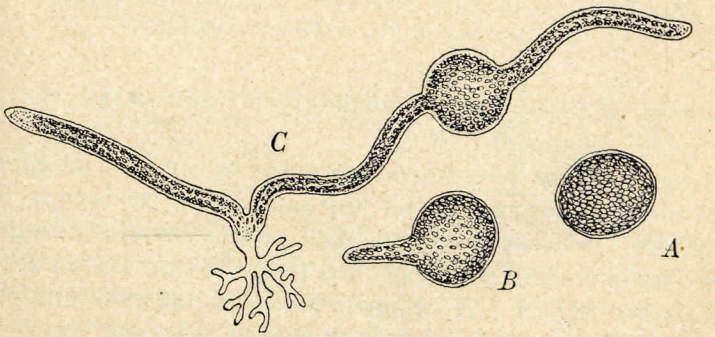
W przeciwieństwie do wielkiej prostoty części wegetatywnych, narządy rozrodcze u *Vaucheria* są bardzo złożone i stoją

na najwyższym stopniu rozwoju z całego rzędu *Siphonales*. Rozmnażanie bezpłciowe uskutecznia się przy pomocy pływek bardzo szczególnej budowy. Tworzą się one w ten sposób, że



Ryc. 120. *A Vaucheria repens*. Tworzenie się pływek. — *B Vaucheria sp.* Część przekroju pływki; *j* jądra, *ch* chloroplasty. Według Strasburgera. — *C* Nić z grubościennemi akinetami. — *D* Kiełkowanie akinet. — *A* według Goetza, *B* według Strasburgera, *C* i *D* według Stahla.

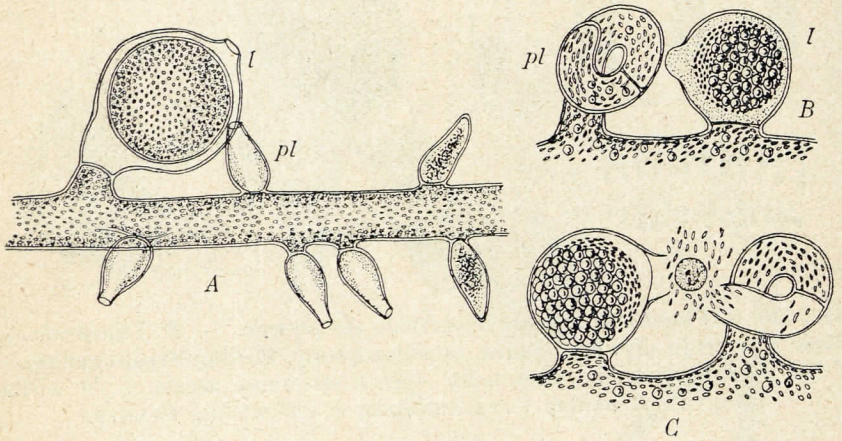
w końcowej części nici gromadzi się protoplazma z jądrami i chloroplastami, odcina się od reszty nici poprzeczną błoną



Ryc. 121. *Vaucheria sessilis*. Kiełkowanie zoospory. — Według Pringsheima.

i przez otwór na szczycie wychodzi nazewnątrz (ryc. 120, *A*). Pływka ma kształt owalny i na całej powierzchni jest pokryta

gęstą warstwą rzęsek. Dokładniejsze zbadanie wykazało, że w środku pływki znajduje się duży wodniczek, otoczony grubą warstwą nagiej protoplazmy. W zewnętrznej warstwie protoplazmy są rozmieszczone w równych odstępach jądra i naprzeciwko każdego z nich odchodzi para rzęsek. Nieco głębiej mieszczą się chloroplasty (ryc. 120, *B*). Pływki kiełkują zwykle po kilku godzinach: otaczają się błoną i wyrastają w nici, które umocowują się do podłoża (ryc. 121). Taka forma pływek jest jedyną w swoim rodzaju nietylko u zielenic, ale wogóle wśród glonów. Ponieważ jednak rzęski są zebrane w pary i każdej parze odpowiada jedno jądro, można uważać taką pływkę za

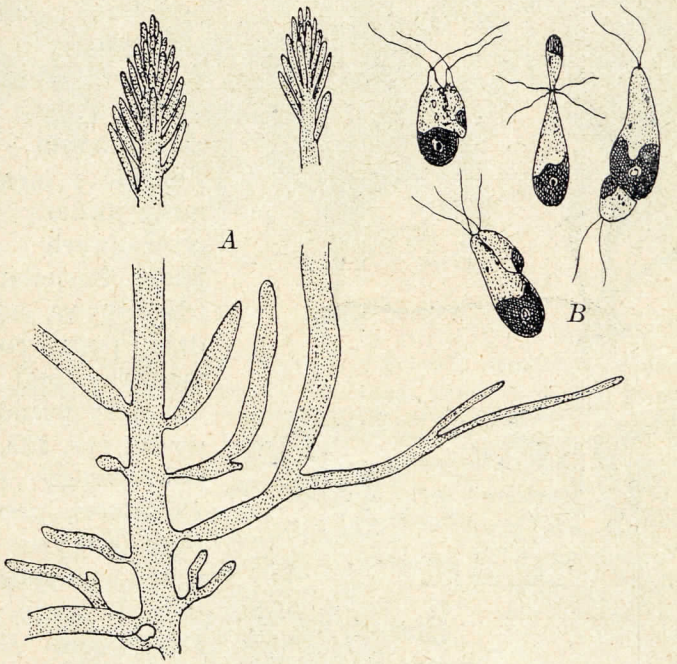


Ryc. 122. *A Vaucheria Thureti.* Nić z lęgnią *(l)* i plemniami *(pl)*. — *B Vaucheria sessilis.* Lęgnia i plemnia. — *C Vaucheria sessilis.* Zapłodnienie; wśród plemników kulista masa niezużytej protoplazmy. — *A* według Woronina, *B* i *C* według Sachsa.

połączenie wielkiej ilości normalnych dwuwiciowych pływek właściwych zielenicom.

Rozmnażanie płciowe odbywa się w drodze oogamji. Lęgnie i plemnie tworzą się na tej samej nici w formie uwypukleń, które oddzielają się od nici poprzecznemi przegrodami. Lęgnie mają kształt zaokrąglony i są większe od wydłużonych plemni (ryc. 122, *A* i *B*). Lęgnia zawiera jądro i chloroplasty, a nadto wielką ilość kropelek tłuszczu. Większa część tej zawartości kurczy się i zaokrągla, tworząc nieruchomą gametę żeńską — jaje. Błona lęgni uwypukla się w jednem miejscu w dzióbek, wypełniony bezbarwną protoplazmą. Skoro lęgnia dojrzeje, błona na szczycie dzióbka rozpływa się i powstaje

otwór, przez który plemniki dostają się wewnątrz lęgni. Plemniki tworzą się w wielkiej ilości przez podział zawartości plemni, przyczem pewna część protoplazmy pozostaje niezużytkowana i w formie kulistej masy wraz z plemnikami wychodzi nazewnątrz (ryc. 122, *C*). Plemniki są wydłużone, kształtu wrzecionowatego albo laseczkowatego. Wici są osadzone zboku; jedna z nich jest skierowana naprzód, druga wtył. Postać plemników odbiega zatem znacznie od typu pływek zielenic i przypomina raczej brunatnice. Zygota przebywa

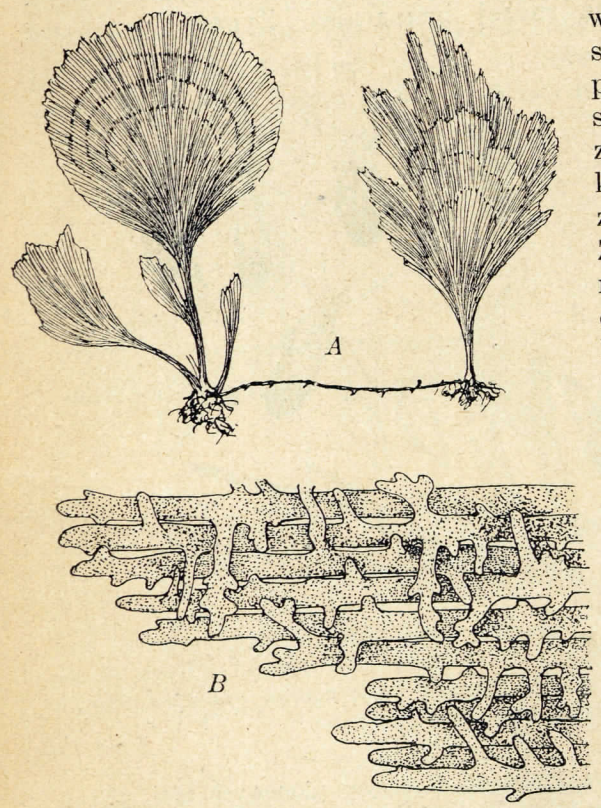


Ryc. 123. *A Bryopsis.* Podstawa i szczyty pionowych nici wraz z płożącemi się nićmi. Według Grubera. — *B Pseudobryopsis.* Zespalanie się gamet. Według Oltmannsa.

dłuższy okres spoczynku. Poza obu sposobami rozmnażania, opisanemi powyżej, *Vaucheria* pod wpływem niekorzystnych warunków może tworzyć także akinety: zawartość nici rozpada się wówczas na części, które otaczają się grubą błoną (ryc. 120, *C*). Z nastaniem sprzyjających warunków akinety kiełkują, dając nowe nici (ryc. 120, *D*).

Formą nitkowatą morfologicznie wyżej stojącą od *Vaucheria* jest *Bryopsis*, u którego nitki są prawidłowo pierzasto

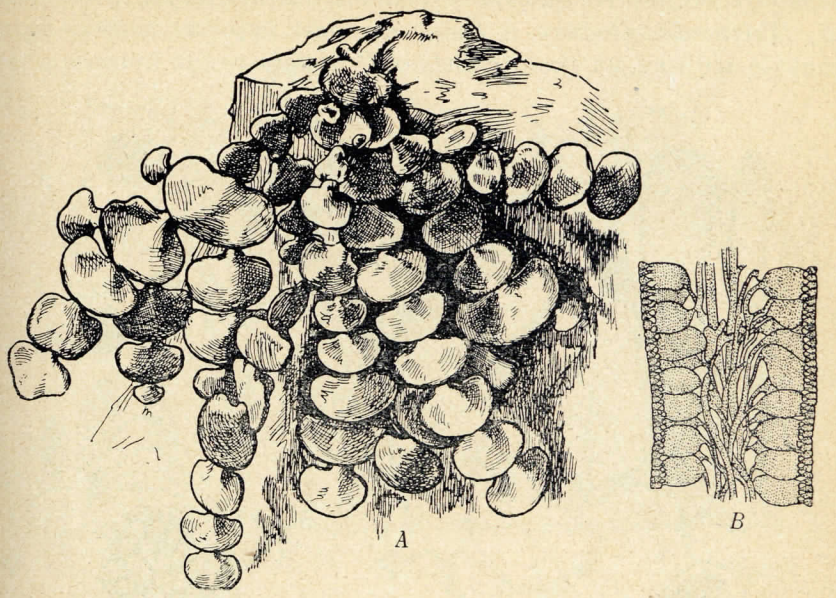
rozgałęzione. Taką postać mają zresztą tylko nici pionowe, wyrastające z osobnych nieprawidłowo rozgałęzionych, płożących się po podłożu nici (ryc. 123, *A*). Krótkie boczne gałązki pionowych nici nie są od nich oddzielone przegrodami, które tworzą się dopiero wtedy, gdy te gałązki zamieniają się na gametangja. W gametangjach tworzą się liczne gamety, które są dwojakiego rodzaju: drobne męskie i trzykrotnie większe żeńskie. Poza wielkością są one do siebie w zupełności podobne i mają postać typowych pływek zielenic: gruszkowaty kształt i dwie wici na zaostrzonym końcu. Żeńskie i męskie gamety tworzą się na oddzielnych osobnikach. Zespalanie się ich odbywa się w wodzie poza roślinami macierzystemi. Proces ten jest przedstawiony na ryc. 123, *B* dla pokrewnego rodzaju *Pseudobryopsis*, u którego odbywa się on w ten sam sposób. Zygota kiełkuje odrazu. Poza tem *Bryopsis* może rozmnażać się także wegetatywnie przy pomocy gałązek, które zamiast tworzyć gamety odrywają się od rośliny i, umocowując się do podłoża, wytwarzają nowe osobniki. *Bryopsis* spotyka się często w cieplejszych morzach, np. w morzu Śródziemnem.



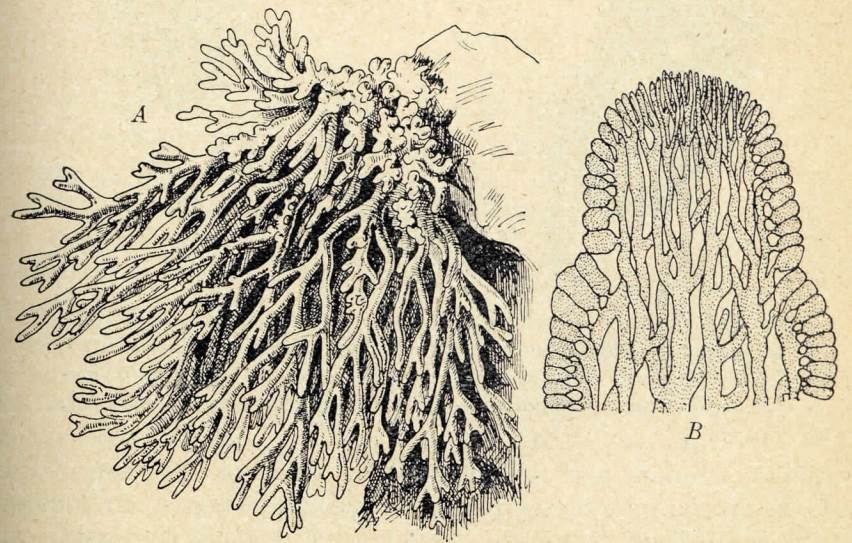
Ryc. 124. *A Udotea Desfontainei*. Dwa osobniki w naturalnej wielkości. — *B* Brzeg blaszki w powiększeniu. — Według Oltmannsa.

Dalsze komplikacje w budowie plechy w omawianym rzędzie powstają skutkiem splatania się nici. Tworzą się w ten sposób postacie blaszkowate, jak w rodzaju *Udotea* (ryc. 124), albo bryłowate, jak w rodzajach *Halimeda* i *Codium* oraz po-

dobnem do niego *Pseudocodium*. *Halimeda* ma bardzo charakterystyczną postać: glon ten składa się z okrągłych spła-

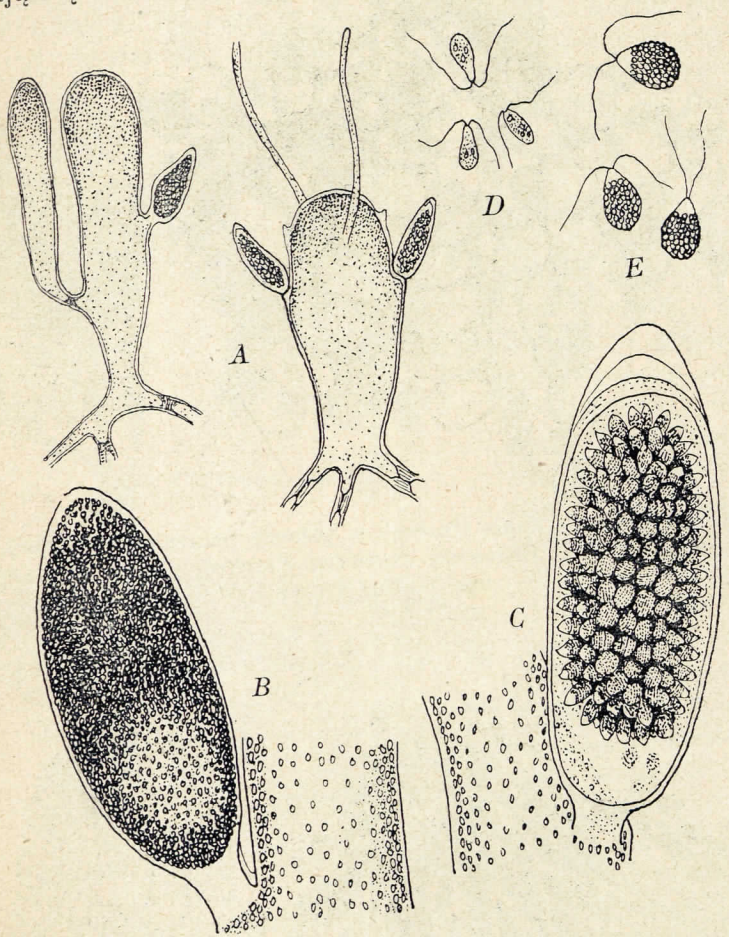


Ryc. 125. *A Halimeda Tuna*. Osobnik w połowie naturalnej wielkości. Według Oltmannsa. — *B Halimeda discoidea*. Przekrój plechy w powiększeniu. Według Howe.



Ryc. 126. *A Codium tomentosum*. Osobnik w połowie naturalnej wielkości. Według Oltmannsa. — *B Pseudocodium*. Podłużny przekrój szczytu plechy w powiększeniu. — Według Webera van Bosse.

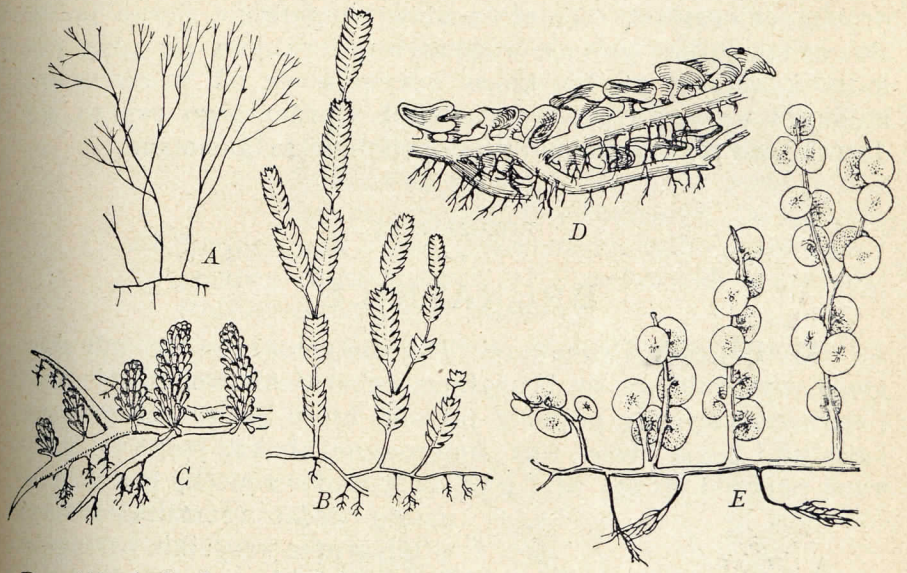
szczonych członów, złączonych ze sobą na podobieństwo sznurów paciorków (ryc. 125). *Codium* wygląda inaczej: jest to jakgdyby obficie rozgałęziony bezlistny krzew (ryc. 126). *Udotea, Halimeda, Codium* i *Pseudocodium* żyją w morzu. Rozmnażają się one na podobieństwo *Bryopsis* przez heterogamję.



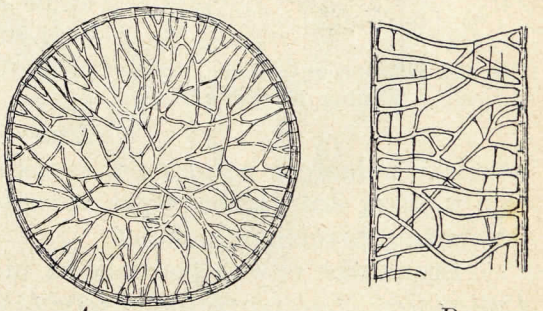
Ryc. 127. *Codium tomentosum*. *A* Końcowe rozgałęzienia nici z gametangjami. — *B* Gametangjum męskie silnie powiększone. — *C* Gametangjum żeńskie silnie powiększone. — *D* Gamety męskie. — *E* Gamety żeńskie. — Według Bertholda i Thureta.

Najlepiej znanem jest rozmnażanie u *Codium*. Na końcowych gałązkach nici tworzą się przez uwypuklenie bocznych ścianek lekko wydłużone, jajowate gametangja, męskie i żeńskie na różnych osobnikach (ryc. 127). Gamety żeńskie są zielone skutkiem zawartości licznych zielonych chloroplastów. Gamety męskie zawierają tylko jeden, drobny, żółtawy chloroplast. Zygota kiełkuje, nie przechodząc przez stadjum spoczynkowe.

Najdalej posunięte zróżnicowanie plechy w rzędzie *Siphonales* posiada *Caulerpa*, właściwa morzom strefy podzwrotnikowej (niektóre gatunki dochodzą do morza Śródziemnego). Pomimo braku przegród, plecha wykształca części łudząco podobne do korzeni, kłączy, łodyg i liści wyższych roślin (ryc. 128). Te części nietylko są podobne zewnętrznie do wymienionych narządów, ale spełniają nawet te same co one czynności fizjologiczne. Plecha u *Caulerpa* utrzymuje swój kształt dzięki posiadaniu bardzo licznych beleczek, które łączą ze sobą boczne ścianki i nadają im odpowiednią odporność mechaniczną (ryc. 129). Protoplazma pokrywa ciągłą warstwą



Ryc. 128. *A Caulerpa fastigiata*. — *B Caulerpa crassifolia*. — *C Caulerpa racemosa*. — *D Caulerpa nummularia*. — *E Caulerpa macrodisca*. — Według Reinkego, Börgesena i Svedeliusa. — Połowa naturalnej wielkości.



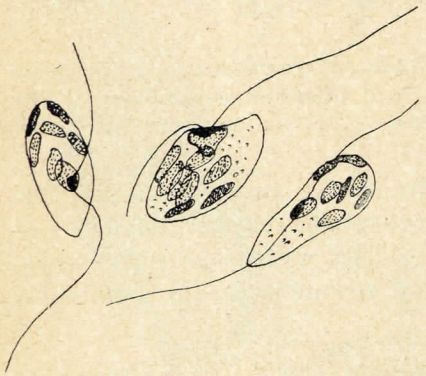
Ryc. 129. *Caulerpa prolifera*. *A* Przekrój „kłącza“ nieco schematyzowany. — *B* Przekrój „liścia“ również schematyzowany. — Według Oltmannsa.

zarówno zewnętrzne ścianki, jak i beleczki, a nadto tworzy pasma, idące w różnych kierunkach i łączące ze sobą różne części komórki. Reszta przestrzeni wypełniona jest sokiem komórkowym. W protoplazmie znajdują się liczne, ale przeważnie drobne chloroplasty bez pirenoidów i naturalnie liczne jądra. Rozmnażanie jest głównie wegetatywne i odbywa się przy pomocy kawałków plechy, które odrywają się od macierzystej rośliny i wytwarzają nowe osobniki. Oprócz tego tworzą się dwuwiciowe pływki, które prawdopodobnie są gametami.

ROZDZIAŁ IX

BRUNATNICE

43. Podział. Brunatnice *(Phaeophyceae)* są to morskie glony, wyróżniające się brunatnem zabarwieniem chloroplastów i charakterystyczną postacią pływek, które są gruszkowatego kształtu i mają dwie wici umocowane zboku, jedną skierowaną naprzód, drugą wtył (ryc. 130). Budowa plechy jest u brunatnic bardzo rozmaita: mamy w tej grupie wszystkie przejścia od form nitkowatych do bryłowatych, złożonych z prawdziwych tkanek. Jednakże nawet u form bryłowatych daje się prześledzić wszędzie ułożenie komórek w prawidłowo przebiegające nici. Można wobec tego uważać nitkowate ukształtowanie plechy za podstawowe dla brunatnic, tak samo jak dla plechowców w ogólności. Komórki są z reguły jednojądrowe. Zdarza się jednak, że większe komórki, zwłaszcza położone w środkowej części plechy, zawierają większą ilość jąder. Cykl rozwojowy brunatnic wykazuje przeważnie przemianę pokoleń.



Ryc. 130. *Ectocarpus globifer*. Pływki. — Według Kuckucka.

Brunatnice można podzielić na pięć rzędów: *Ectocarpales, Cutleriales, Laminariales, Dictyotales* i *Fucales*. Ich cechy charakterystyczne dadzą się zestawić w następującej tabeli:

A) Plecha nitkowata. Rodozmian. *Ectocarpales.*

B) Plecha bardziej złożonej budowy.

a) Rodozmian.

α) Forma diploidalna rozmnaża się przy pomocy pływek, forma haploidalna przy pomocy dwupostaciowych ruchomych gamet. *Cutleriales.*

β) Forma haploidalna rozmnaża się przy pomocy nieruchomych jaj i ruchomych plemników.

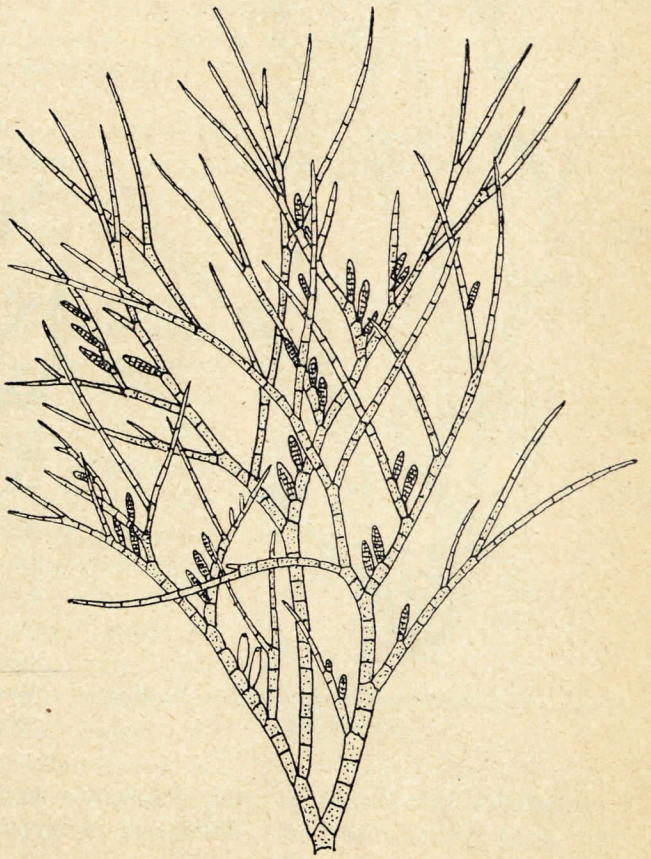
I. Forma haploidalna mikroskopowych rozmiarów. Forma diploidalna okazała, rozmnaża się przy pomocy pływek. *Laminariales.*

II. Obie formy morfologicznie jednakowe. Forma diploidalna rozmnaża się przy pomocy nieruchomych nagich zarodników. *Dictyotales.*

b) Rodozmianu niema. Rozmnażanie tylko płciowe przy pomocy nieruchomych jaj i ruchomych plemników. Rośliny diploidalne. *Fucales.*

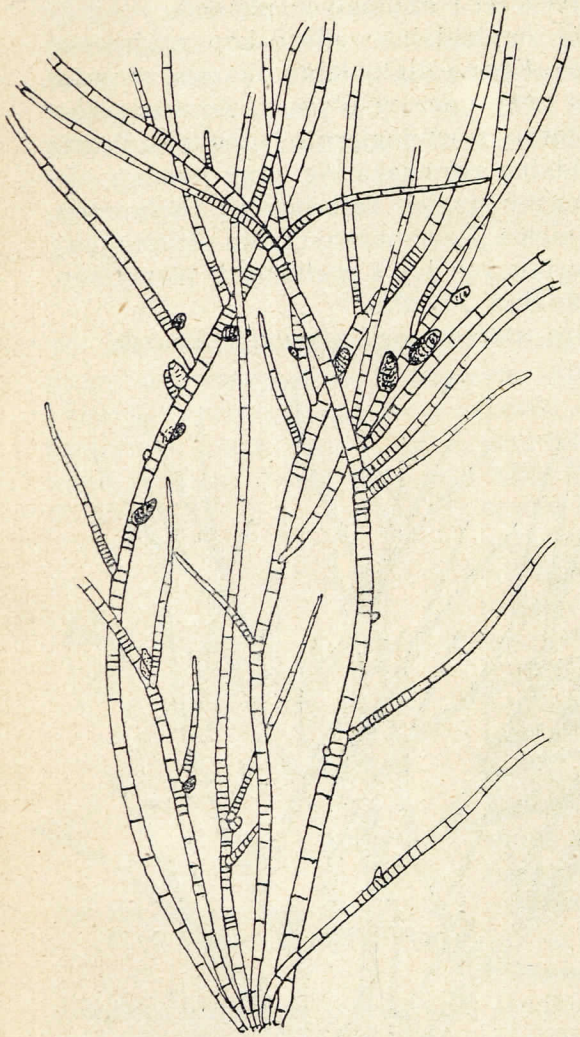
Brunatnice są bardzo staremi organizmami. Resztki ich są znajdywane w różnych pokładach, począwszy od syluru *(Prototaxites)*. Są to niestety resztki tak niewyraźne, że o dawnych brunatnicach nie można sobie wyrobić żadnego jasnego wyobrażenia.

44. Ectocarpales. Typowy rodzaj tego rzędu *Ectocarpus* tworzy w przybrzeżnej strefie morskiej na kamieniach i drewnianych budowlach brunatne naloty, złożone z obficie rozgałęzionych delikatnych nici. Wzrost

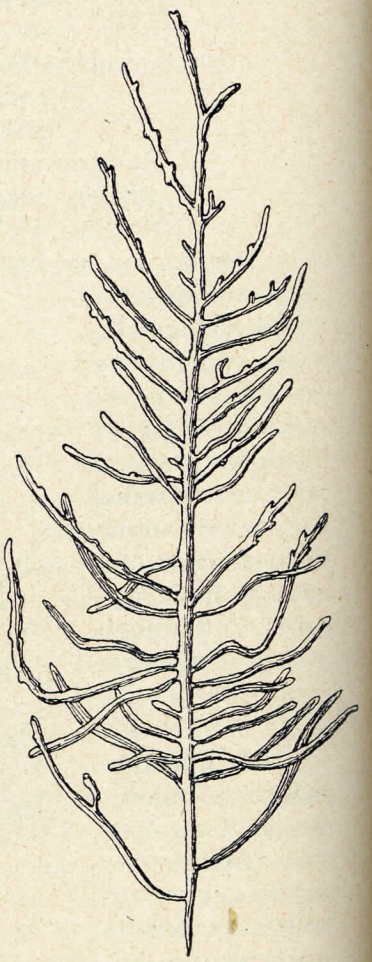


Ryc. 131. *Ectocarpus virescens*. Część plechy z gametangjami. — Według Sauvageau.

odbywa się u niektórych gatunków przez równomierny podział wszystkich komórek; tak jest np. u *Ectocarpus virescens* (ryc. 131). Po większej części jednak plecha rośnie przez podział komórek ściśle określonej strefy, położonej na pewnej

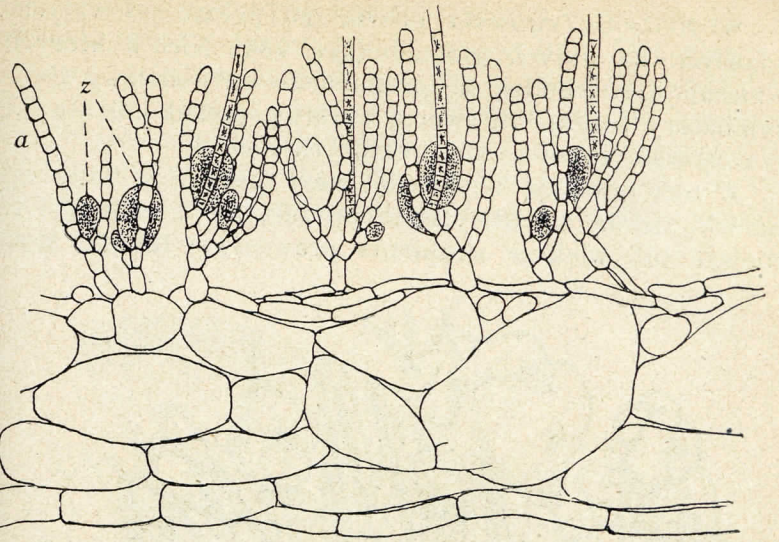


Ryc. 132. *Ectocarpus irregularis.* — Według Kuckucka.



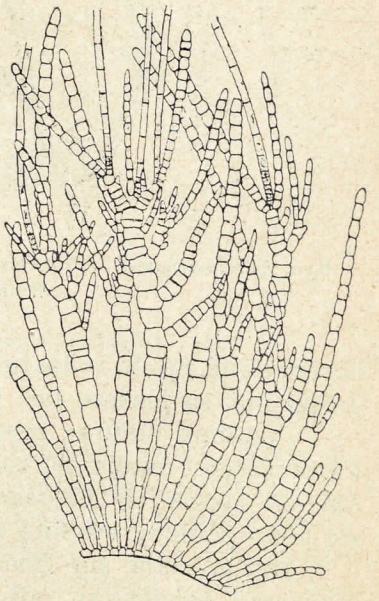
Ryc. 133. *Castagnea virescens.* — Według Kützinga.

odległości od szczytów nici. Tę strefę wzrostu można poznać po drobnych komórkach. Widzi się ją wyraźnie np. u *Ectocarpus irregularis* (ryc. 132).



Ryc. 134. *Castagnea fistulosa.* Podłużny przekrój plechy; *a* asymilatory, *z* zoosporangja. — Według Kuckucka.

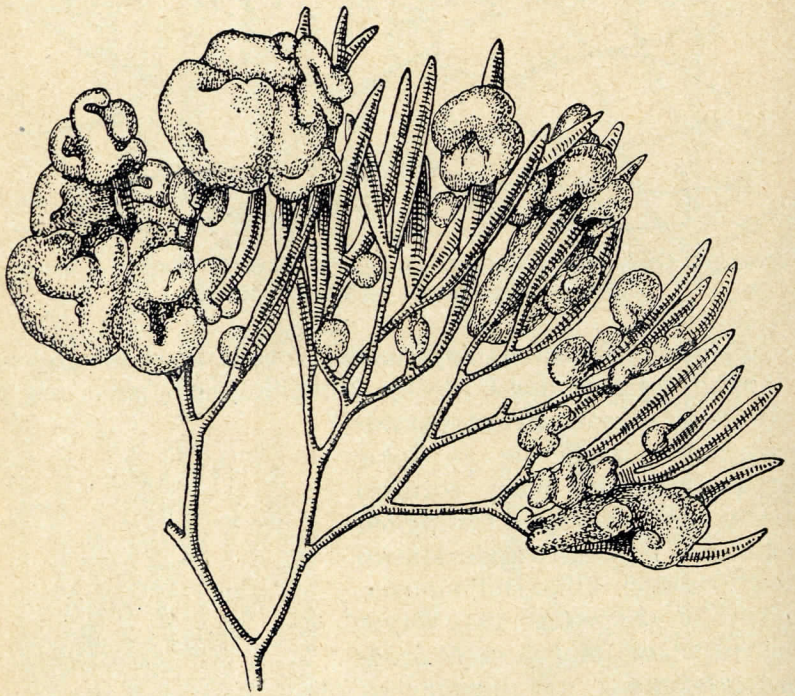
Ectocarpus stanowi najprostszą formę omawianego rzędu. U innych form budowa plechy komplikuje się znacznie i to w dwojaki sposób. Przedewszystkiem nici splatają się ze sobą, tworząc bryłowate masy różnego kształtu. W rodzaju *Castagnea* plecha ma postać rozgałęzionego walca grubości kilku milimetrów, długości 10—20 *cm* (ryc. 133). W tym walcu rozróżnić można część środkową, złożoną z nici biegnących równolegle do osi, i część korową, złożoną z krótkich, odstających, obficie rozgałęzionych gałęzi, t. zw. asymilatorów (ryc. 134). Nazwa ta pochodzi stąd, że ich komórki zawierają liczne ciałka zieleni, podczas gdy w komórkach części środkowej chloroplastów jest mało. Samodzielność nici, z których składa się plecha, występuje ze szczególną wyraźnością na młodych roślinkach (ryc. 135).



Ryc. 135. *Castagnea fistulosa.* Młoda roślina. — Według Kuckucka.

W rodzaju *Leathesia* plecha ma postać jajowatych brył, siedzących na innych glonach (ryc. 136). Nici, z których one się składają, rozchodzą się promienisto od podstawy (ryc. 137). Asymilatory tworzą tu zwartą warstwę, ponad którą wysuwają się włosowate zakończenia niektórych nici.

Z nici powstają bryłowate masy jeszcze w inny sposób. Komórki dzielą się nietylko wpoprzek, ale i wzdłuż, i tworzą mniejsze lub większe skupienia prawdziwej tkanki. Można to



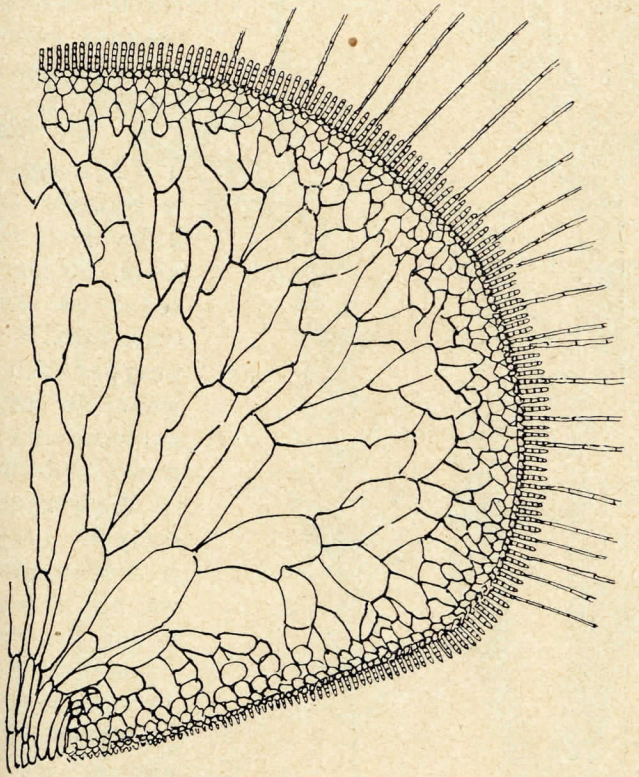
Ryc. 136. *Leathesia difformis* na krasnoroście *Furcellaria fastigiata*. Według Oltmannsa.

obserwować np. w rodzaju *Dictyosiphon*, w którym na końcach gałęzi nici są jeszcze bez podłużnych przegród (ryc. 138).

Podobną budowę posiada plecha w grupie *Sphacelariales*, którą często uważa się za osobny rząd brunatnic. Różnią się one od typowych *Ectocarpales* tylko tem, że wzrost odbywa się przy pomocy wielkiej szczytowej komórki (ryc. 139).

Rozmnażają się *Ectocarpales* bezpłciowo i płciowo. Rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przy pomocy pływek, które tworzą się w t. zw. „jednokomorowych“ zarodniach, zoosporangjach. Są to najczęściej końcowe komórki krótkich gałęzi

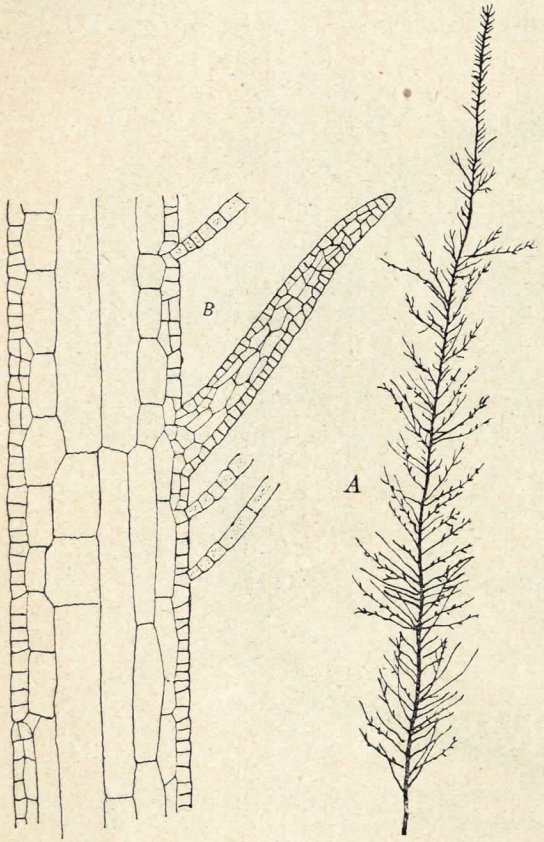
albo uwypuklenia korowych komórek plechy (ryc. 134; 140, *A*). Pływki mają typową dla brunatnic postać (ryc. 130). Rozmnażanie płciowe odbywa się przy pomocy ruchomych gamet, które powstają w gametangjach, zwanych inaczej „wielokomorowemi“ zarodniami, pojedyńczo w każdej przegródce (ryc. 140, *B*). Gamety te mają taką samą postać jak pływki. Są one albo jednakowe, albo różne: mniejsze męskie i większe żeńskie.



Ryc. 137. *Leathesia difformis*. Przekrój plechy. — Według Kuckucka.

Właściwie są one zawsze różne, gdyż nawet wtedy, kiedy są morfologicznie jednakowe, przy zapłodnieniu zachowują się różnie. Żeńskie umocowują się na podłożu przy pomocy przedniej nici. Naokoło każdej żeńskiej gamety zbiera się chmara męskich, które do niej umocowują się przedniemi wiciami i wykonują żywe, drgające ruchy. Powstaje obraz niezmiernie charakterystyczny (ryc. 141, *A* i *B*). Po pewnym czasie jedna z mę-

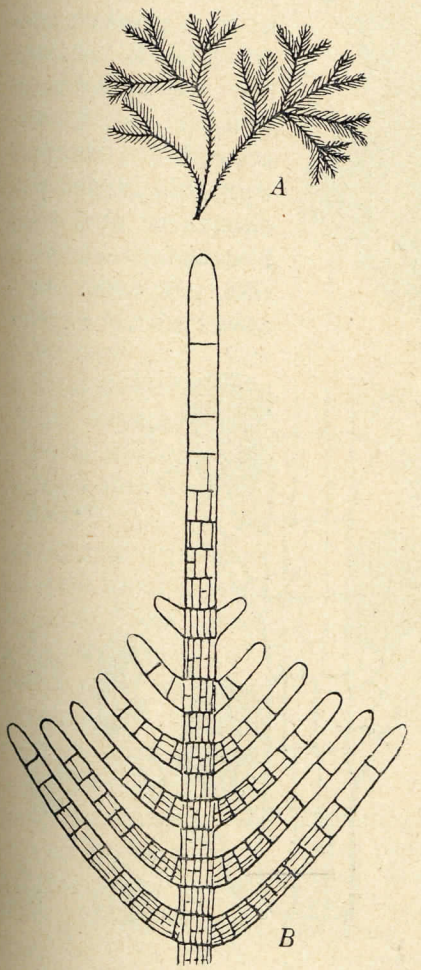
skich pływek zbliża się do żeńskiej i zaczyna się z nią zespalać (ryc. 141, *C*). Wszystkie inne gamety męskie natychmiast oddalają się. Gamety różnej płci tworzą się w różnych gametangjach, które powstają na tych samych albo różnych (męskich i żeńskich) osobnikach. Jeżeli gamety są morfologicznie jednakowe, gametangja męskie nie dadzą się odróżnić od żeńskich. Są jednak formy, u których różnica płci ujawnia się także w ukształtowaniu gamet i gamentangjów: gamety żeńskie są większe. Tak jest naprzykład u *Halopteris* albo w rodzaju *Giffordia*, który poza rozmnażaniem niczem się nie różni od *Ectocarpus* (ryc. 142). W pewnych przypadkach obserwowano, że gamety bez zapłodnienia dawały nowe osobniki.



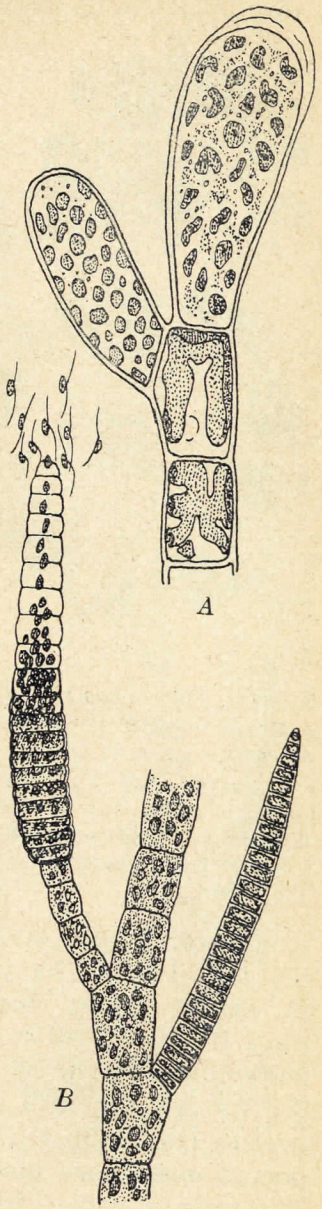
Ryc. 138. *Dictyosiphon*. *A* Pokrój rośliny w naturalnej wielkości. — *B* Podłużny przekrój plechy. — Według Reinkego i Kuckucka.

We wszystkich zbadanych przypadkach u *Ectocarpales* odbywa się przemiana pokoleń. Proces ten jest zagmatwany przez to, że na osobnikach diploidalnych tworzą się nieraz wielokomorowe sporangja. Wytwarzane w nich gamety — widocznie diploidalne — jednak nie zespalają się. Niezapłodnione gamety haploidalne, o ile nie zostaną zapłodnione, kiełkują, dając rośliny haploidalne.

45. Cutleriales. Do tego rzędu należą tylko dwa rodzaje: *Zanardinia* i *Cutleria*, charakteryzujące się zmianą pokoleń diploidalnych i haploidalnych, następujących kolejno po sobie. Plecha u nich ma postać blaszkowatą, niespotykaną w poprzednim rzędzie. Są to blaszki, utworzone przez zrastanie się nici. Nici te są ułożone w dwie warstwy i pozostają wolne w końcowej swojej części, tworząc frendzle na brzegu blaszki. Można to widzieć np. u *Zanardinia*, u której blaszki są środkową swoją częścią przyrośnięte do dna albo do zeszłorocznej plechy (ryc. 143). W dolnej części frendzli znajduje



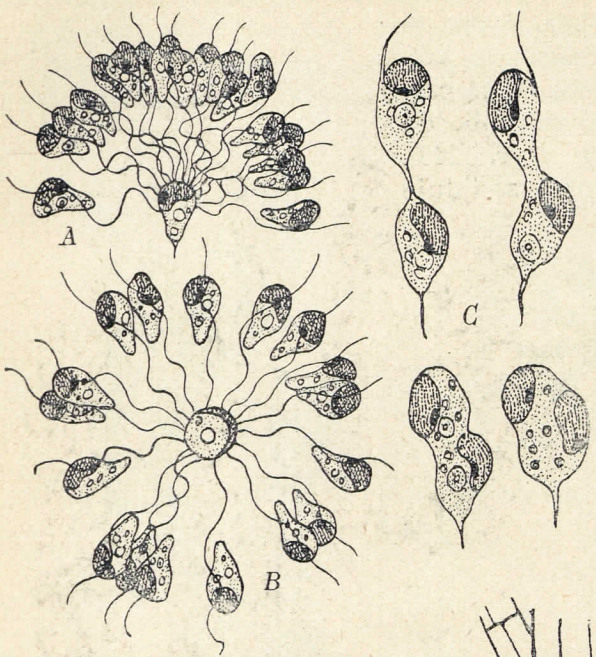
Ryc. 139. *Sphacelaria plumigera*. *A* Pokrój rośliny w naturalnej wielkości. — *B* Szczyt plechy powiększony. — Według Reinkego.



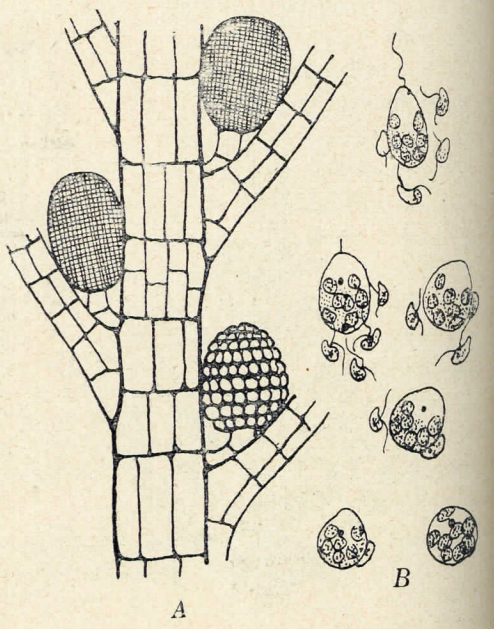
Ryc. 140. *A Ectocarpus lucifugus*. Zoosporangja. Według Kuckucka. *B Ectocarpus siliquosus*. Gametangjum wypuszczające gamety. Według Thureta.

się strefa wzrostu, którą można poznać po drobniejszych komórkach. Przyrost idzie z jednej strony na uzupełnienie frendzli, z drugiej zaś strony na powiększenie blaszki. W miarę wydłużania się frendzli dolne ich części zrastają się ze sobą, powiększając blaszkę. Komórki tych nowych części blaszki dzielą się i wytwarzają tkankę, w której początkowo można wyróżnić części, pochodzące z jednej i drugiej warstwy nici, przyczem warstwa górna wytwarza więcej tkanki od dolnej (ryc. 143, *C*). Na jesieni wzrost ustaje, blaszki tracą frendzle i robią wrażenie obumarłych. Na wiosnę wyrastają z nich nowe blaszki (ryc. 143, *A*). Taką postać mają w rodzaju *Zanardinia* obie formy, haploidalna i diploidalna.

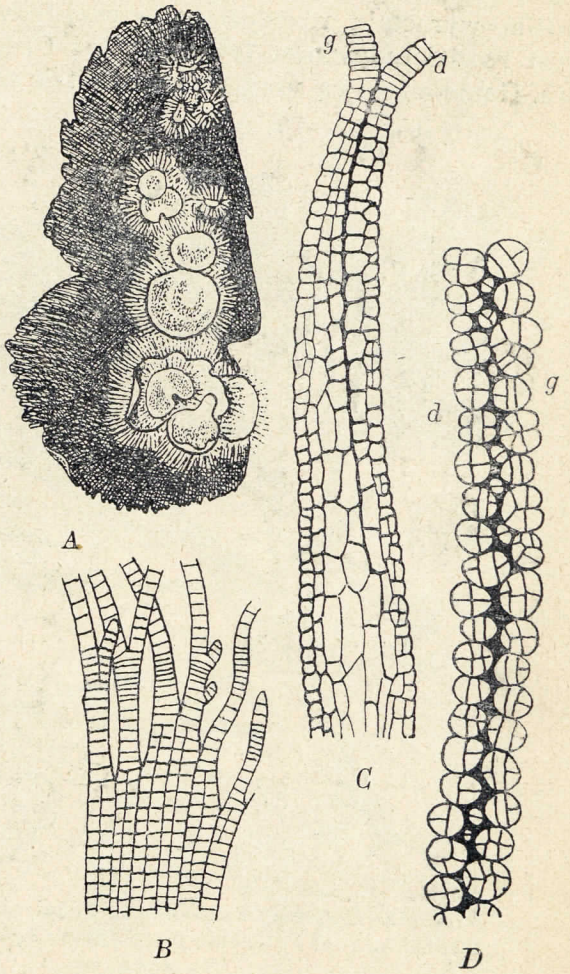
W rodzaju *Cutleria* jest inaczej: pomiędzy obu formami są tak duże różnice morfologiczne, że dawniej uważano formę diploidalną za osobny rodzaj, który nazwano *Aglaozonia*. Szczególnie jaskrawa jest różnica w gatunku *Cutleria multifida*, jak to można widzieć z ryc. 144. Forma haploidalna ma postać blaszki, podzielonej na liczne, wąskie pasma i umocowanej do podłoża tylko podstawą. Forma zaś diploidalna *(Aglaozonia)* jest blaszką o zaokrąglonych wycięciach, umocowaną do podłoża całą swoją dolną powierzchnią. Są także znaczne różnice w budowie. Podczas gdy forma haploidalna ma taką samą budowę jak *Zanardinia*, z podwójną warstwą frendzli na brzegu, forma diploidalna jest pozbawiona frendzli i na brzegu składa się z jednej tylko warstwy komórek. Wzrost formy diploidalnej odbywa się przy pomocy brzeżnych komórek, będących początkiem nici, z których składa się plecha; nici te są na całej długości ze sobą zrośnięte.



Ryc. 141. *Ectocarpus siliculosus*. *A* Grupa męskich gamet umocowanych na gamecie żeńskiej; widok zboku. — *B* To samo widziane z góry. — *C* Zespalanie się gamet. — Według Bertholda i Oltmannsa.



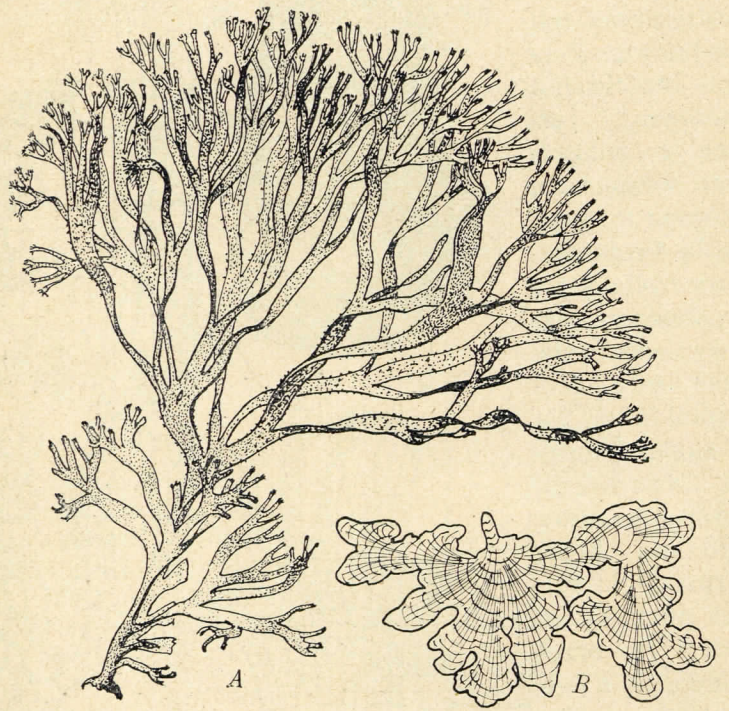
Ryc. 142. *A Halopteris filicina*. Męskie i żeńskie gametangja. — *B Giffordia secunda*. Zapłodnienie. — Według Sauvageau.



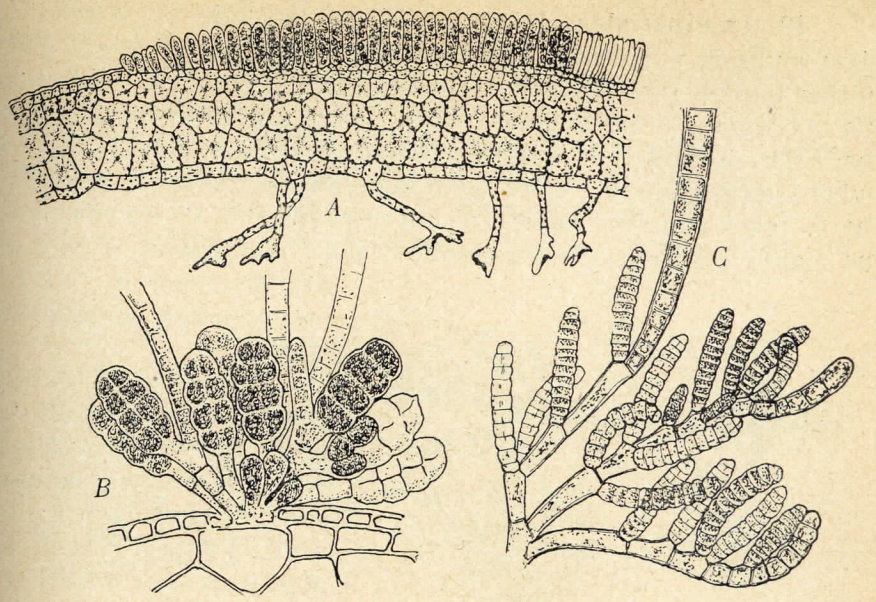
Ryc. 143. *Zanardinia collaris*. *A* Młode blaszki na starej plesze. Według Reinkego. — *B* Brzeg rosnącej blaszki widziany z góry. Według Falkenberga. — *C* Promieniowy przekrój blaszki; *g* górna strona, *d* dolna strona. Według Sauvageau. — *D* Przekrój równoległy do brzegu blaszki. Według Sauvageau.

Forma diploidalna rozmnaża się bezpłciowo przy pomocy pływek, które tworzą się w jednokomorowych zoosporangjach,

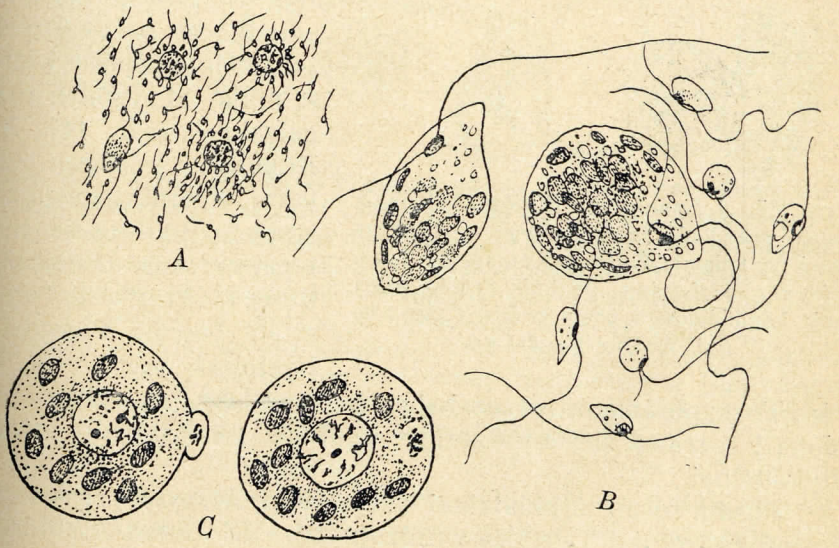
tak samo jak u *Ectocarpales*. Zarodnie te powstają na górnej stronie blaszek przez uwypuklenie komórek powierzchniowej warstwy (ryc. 145, *A*). Pływki mają typową dla brunatnic postać. Gametangja tworzą się na pękach włosków, które u tych roślin wyrastają również na górnej stronie plechy. *Cutleria* jest rozdzielnopłciowa (ryc. 145, *B* i *C*), *Zanardinia* obupłciowa. Gametangja są wielokomorowe, tak samo jak u *Ectocarpales*. Z każdej przedziałki wychodzi jedna gameta. Gamety mają taką samą postać jak pływki; żeńskie są znacznie większe od męskich. Męskie gamety otaczają gęstym rojem żeńskie, dopóki nie nastąpi zapłodnienie (ryc. 146). Ilość chromozomów przytem naturalnie podwaja się: u *Zanardinia* z 22 na 44, u *Cutleria* z 24 na 48. Redukcja chromatyny następuje przy tworzeniu pływek na pokoleniu diploidalnem.



Ryc. 144. *Cutleria multifida*. *A* Pokolenie haploidalne. Według Thureta. — *B* Pokolenie diploidalne *(Aglaozonia)*. Według Falkenberga.

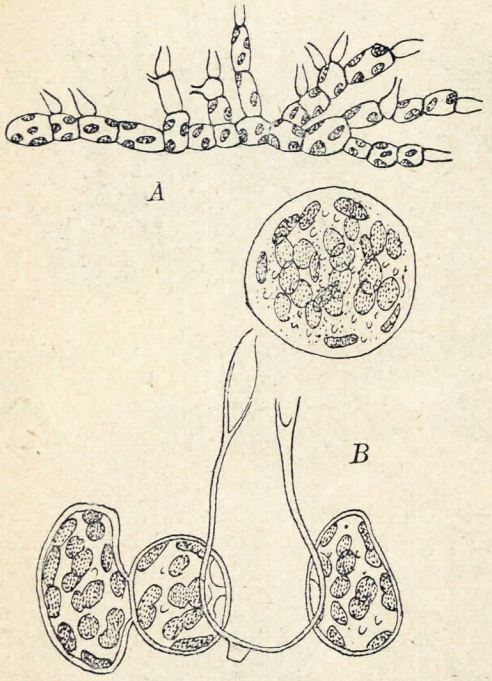


Ryc. 145. *Cutleria multifida*. *A* Przekrój plechy pokolenia diploidalnego z zarodniami na górnej stronie i chwytnikami na dolnej. — *B* Żeńskie gametangja na pokoleniu haploidalnem. — *C* Męskie gametangja. — *A* według Falkenberga, *B* i *C* według Thureta.



Ryc. 146. *Cutleria multifida*. *A* Gamety żeńskie otoczone rojem gamet męskich. Słabe powiększenie. — *B* To samo przy silniejszem powiększeniu. — *C* Zapłodnienie. — Według Kuckucka i Yamanouchi.

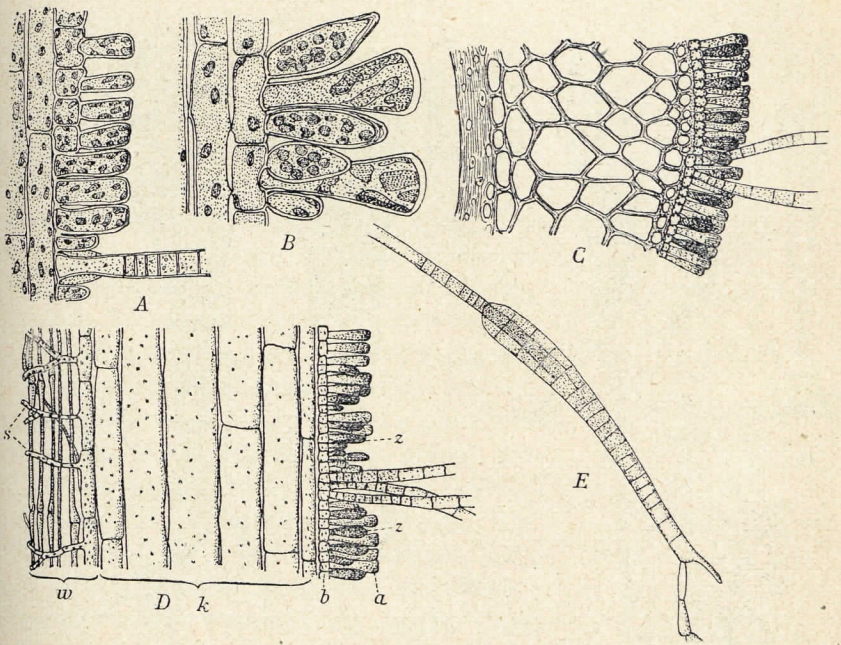
46. Laminariales. Rząd ten charakteryzuje się ogromną dysproporcją w rozwoju obu form w rodozmianie. Podczas gdy forma haploidalna jest mikroskopowo drobna, forma diploidalna ma wymiary nie mniejsze od $^1/_2$ metra, a w niektórych przypadkach dochodzi do kilkudziesięciu metrów długości. Są to mieszkańcy zimnych mórz podbiegunowych zarówno arktycznych, jak i antarktycznych. W miarę posuwania się ku równikowi maleje tak samo ilość gatunków, jak i osobników. W morzu Śródziemnem np. są to już zupełnie wyjątkowe zjawiska.



Ryc. 147. *A Laminaria digitata.* Osobnik męski pokolenia haploidalnego z opróżnionemi plemniami. Według KYLINA. — *B Laminaria saccharina.* Osobnik żeński pokolenia haploidalnego, wypuszczający jaje z łęgni. Według KUCKUCKA.

Forma haploidalna, odkryta dopiero w 1915 r. przez francuskiego algologa SAUVAGEAU, ma postać nici złożonych z niewielkiej ilości komórek. Męskie okazy (ryc. 147, *A*) są dosyć silnie rozgałęzione. Plemniki mają postać charakterystyczną dla pływek brunatnic i tworzą się pojedyńczo. Jaja tworzą się również pojedyńczo na osobnych żeńskich okazach, które są mniej od męskich rozgałęzione (ryc. 147, *B*). Komórki, grające rolę łęgni, wydłużają się prostopadle do długości nici i wypuszczają zawartość, która zaokrągla się i unosi się biernie w wodzie, ponieważ nie posiada wici. Po zapłodnieniu przez jeden z plemników jaje otacza się błoną i rozrasta się, wytwarzając osobnik, należący do formy diploidalnej.

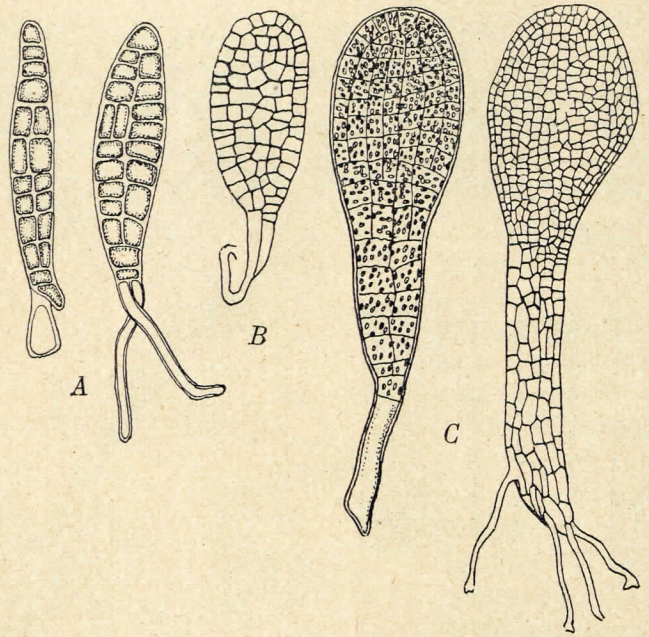
Plecha formy diploidalnej ma w najprostszym przypadku postać walcowatą. Tak jest w rodzaju *Chorda*. Gatunek *Chorda Filum* osiąga często długość 3—4 metrów przy grubości 2—4 milimetrów. Taki sznur dolnym końcem przytwierdzony jest do podłoża i rośnie swoją górną częścią, podczas gdy część środkowa wytwarza na swojej powierzchni zarodnie. Na przekrojach plechy można rozróżnić walec środkowy, złożony z grubościennych, silnie wydłużonych komórek, ułożonych w prawidłowe nici, i korę, złożoną z dosyć drobnych, cienkościennych komórek, wydłużonych w kierunku poprzecznym (ryc. 148, *A*). Komórki korowe wcześnie oddzielają przy pomocy poprzecznej przegrody komórki podstawowe. Zewnętrzne części komórek korowych wydłużają się następnie jeszcze bardziej w kierunku



Ryc. 148. *Chorda Filum.* *A* Podłużny przekrój przez korę młodej plechy. Komórki kory wydłużają się prostopadle do osi rośliny i odcinają komórki podstawowe, tworząc zarazem asymilatory. — *B* To samo na starszej plesze; na komórkach podstawowych kory, które zdążyły już wydłużyć się w kierunku osi rośliny, tworzą się zarodnie pomiędzy asymilatorami (asymilatory można odróżnić od zarodni po zgrubieniu błony na szczycie). — *C* Poprzeczny przekrój wyrośniętej plechy. — *D* Przekrój podłużny przez wyrośniętą plechę; *w* wewnętrzna część walca środkowego, *k* jego część zewnętrzna, *a* asymilatory, *b* komórki podstawowe, *z* zarodnie, *s* strzępki. — *E* Młoda roślinka. — Według REINKECO i KYLINA.

poprzecznym, wytwarzają obficie chloroplasty, i stają się asymilatorami, które można łatwo poznać po zgrubieniu błony na szczycie (ryc. 148, *B*). W nich głównie odbywa się przyswajanie dwutlenku węgla; reszta plechy, zawierająca stosunkowo mało chloroplastów, bierze w tym procesie udział nieznaczny.

Niektóre komórki korowe zamiast asymilatorów wytwarzają dosyć długie włoski. W miarę wzrostu plechy komórki podstawowe wydłużają się w kierunku długości plechy, skutkiem czego asymilatory odsuwają się od siebie, a pomiędzy niemi przez uwypuklenie komórek podstawowych powstają jednokomorowe zarodnie (ryc. 148, *B* i *D*, *z*). Przez podział zawartości w tych zarodniach tworzą się pływki. Pierwszy podział jest redukcyjny i zmniejsza ilość chromozomów z 40 do 20. Walec środkowy składa się, jak to było wzmiankowane, z wydłużonych, grubo-

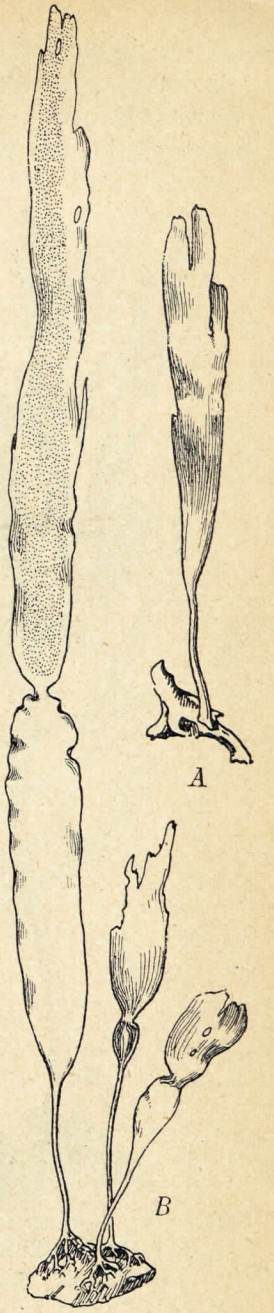


Ryc. 149. *A* Bardzo młode roślinki *Laminaria digitata*. Według Kylina. — *B* Nieco starsza roślinka tegoż samego gatunku. Według Killiana. — *C* Młode roślinki *Costaria Turneri*. Stadjum późniejsze niż w poprzednim przypadku. — Według Yendo.

ściennych komórek. W zewnętrznej swojej części walec środkowy zawiera nici szerokie, szczelnie ze sobą złączone. W środkowej natomiast nici są cienkie i luźnie złożone. Pusta przestrzeń pomiędzy niemi jest wypełniona śluzem albo gazami. W tej środkowej części znajdują się oprócz podłużnych nici jeszcze poprzeczne, zwane strzępkami z powodu podobieństwa do nitkowatych części składowych plechy grzybów. Są to wyrostki podłużnych nici, rozgałęziające się i splatające się

z temi ostatniemi. Plecha dzięki temu zostaje znacznie wzmocniona. Wszystkie opisane powyżej tkanki powstają przez podział komórek prostej nici, wyrastającej z zygoty. Mamy tu zatem prawdziwe tkanki, ale pochodzenie ich od nitkowatej formy uwidocznia się wyraźnie w układzie komórek.

Poza rodzajem *Chorda* u wszystkich *Laminariales* plecha składa się z walcowatej dolnej części i płaskiej górnej. Pierwsza imituje łodygę, druga liście. Takie ukształtowanie plechy zaznacza się bardzo wcześnie. Z siemienia wyrasta krótka nić, która umocowuje się do podłoża przy pomocy chwytników i rozrasta się w jednowarstwową blaszkę (ryc. 149, *A*, *B*). W dolnej jej części komórki zaczynają dzielić się energicznie we wszystkich trzech kierunkach i tworzy się dolna walcowata część plechy (ryc. 149, *C*). Na granicy między „łodygą“ a „liściem“ tworzy się strefa wzrostu, w której komórki zachowują stale zdolność podziału: powstaje tu tkanka twórcza. Blaszka, początkowo jednowarstwowa, grubieje przez podział komórek równolegle do powierzchni, rozrasta się także część „łodygowa“, umocowując się dolnym końcem coraz mocniej do podłoża, i w ten sposób powstaje charakterystyczna postać, przedstawiona na ryc. 150. Bardzo ciekawy jest sposób umocowywania się do podłoża. Jest to rzecz bardzo ważna dla tych roślin ze względu na ich znaczne rozmiary, dochodzące do kilkudziesięciu metrów. Początkowo dolny koniec jest rozszerzony w postaci poduszeczki, szczelnie przylegającej do podłoża (ryc. 150, *A*). Później wyrasta z nieco wyższej części trzonka okółek dosyć grubych chwytników, imitujących korzenie. Te chwytniki rozgałęziają się i przyrastają końcami



Ryc. 150. *A Laminaria*. Młody osobnik. — *B Laminaria saccharina*. Silnie pomniejszone. — Według Oltmannsa.

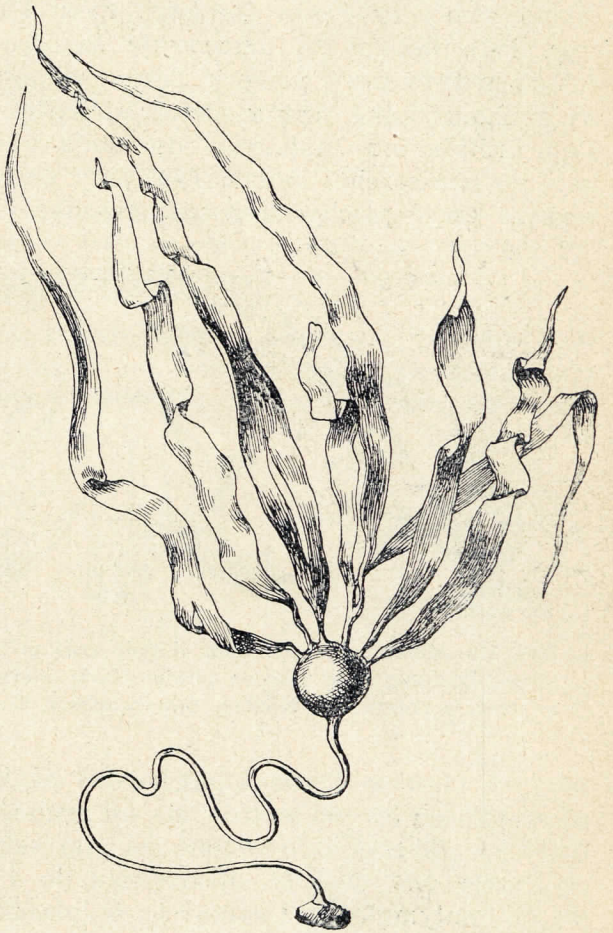
mocno do podłoża, wchodząc we wszystkie jego zagłębienia. Po pierwszym okółku tworzy się drugi i trzeci, wyrastając z coraz wyższych części trzonka. Pierwotna poduszeczka zwykle odrywa się po pewnym czasie od podłoża i roślina utrzymuje się nadal w miejscu przy pomocy systemu opisanych powyżej chwytników, naśladujących korzenie (ryc. 150, *B* i 151).



Ryc. 151. *Laminaria Cloustoni*. Okaz zmieniający blaszkę. Silnie pomniejszone. — Według Oltmannsa.

Rodzaj *Laminaria* zachowuje na stałe opisaną powyżej postać. Blaszka plechy wydłuża się znacznie, dochodząc do 5 metrów długości. Trzonek rozrasta się także, ale zwykle jest krótszy od blaszki; grubość jego dochodzi do 8 *cm*. Bardzo ciekawem zjawiskiem jest opadanie blaszek i wytwarzanie nowych. Nowa blaszka powstaje skutkiem działalności tkanki twórczej, znajdującej się na granicy między blaszką a trzonkiem. Jest ona zwykle oddzielona od starej blaszki charakterystycznem przewężeniem (ryc. 150, *B* i 151). Stara tkanka ulega zniszczeniu pod działaniem fal i po pewnym czasie odpada. Zmiana blaszek następuje na wybrzeżach północno-europejskich w lutym lub marcu. Ile razy w ciągu życia rośliny odbywa się ta zmiana, niewiadomo. Zarodnie tworzą się dopiero w drugim roku, na drugiem pokoleniu blaszek. Według niektórych obserwacyj roślina potem umiera. Nie jest to jednak pewne, przynajmniej niewiadomo, czy to się dzieje tak zawsze.

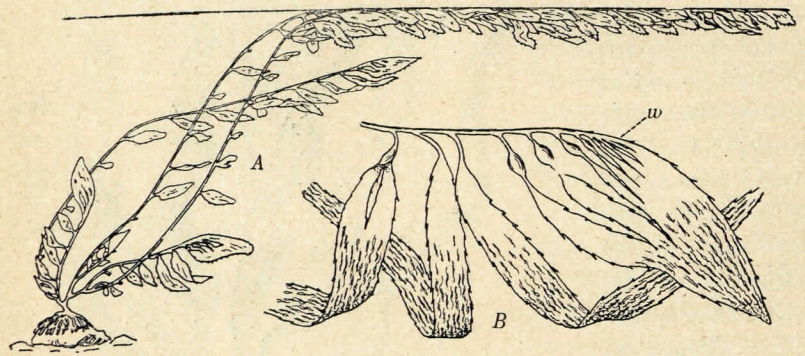
Wszystkie inne formy omawianego rzędu pomimo ich wielkiej rozmaitości dają się sprowadzić do zasadniczej postaci zrealizowanej w rodzaju *Laminaria*. Pierwsze stadja rozwojowe są zupełnie podobne do takich samych stadjów u *Laminaria*. Później występują różnice, polegające na podzieleniu blaszki na części. W tym podziale w niektórych przypadkach bierze udział także górna część trzonka. Podział blaszki jest zapoczątkowany zresztą już nawet w obrębie rodzaju *Laminaria* np. u *L. Cloustoni* (ryc. 151). Blaszka dzieli się w tym przypadku na podłużne, dosyć wąskie odcinki.



Ryc. 152. *Nereocystis Lütkeana*. Bardzo silnie pomniejszone. — Według Postelsa i Ruprechta.

Wśród tych najbardziej zróżnicowanych postaci rzędu *Laminariales* jest dużo form olbrzymich. Naprzykład *Nereocystis Lütkeana*, występująca przy zachodnich wybrzeżach północnej Ameryki, dochodzi do 90 *m* długości. Forma ta niewiele się różni od gatunków *Laminaria* o blaszkach pociętych na podłużne pasma (ryc. 152). Główną osobliwością jest pęcherz pławny, który tworzy się u podstawy blaszki. Ten pęcherz jest wypeł-

niony gazami i przez to umożliwia górnym częściom rośliny utrzymywanie się blisko powierzchni morza. Strefa wzrostu znajduje się tak samo jak u *Laminaria* u podstawy blaszki. Pomimo swoich olbrzymich rozmiarów *Nereocystis* jest rośliną jednoroczną! Drugim olbrzymem, zażywającym zasłużonej sławy, jest *Macrocystis pyrifera*, rosnąca w strefie antarktycznej (około wybrzeży Ziemi Ognistej, wysp Falklandzkich i t. d.) (ryc. 153). Roślina ta umocowuje się do dna na głębokości 10—15 metrów przy pomocy licznych chwytników. Od podstawy odchodzi kilka pędów różnej wielkości. Jedne z nich pozostają krótkie, inne natomiast dorastają wielkiej długości i sięgają do powierzchni morza. Tam przy pomocy pęcherzy pływa większa część plechy, złożona z trzonka i osadzonych na nim

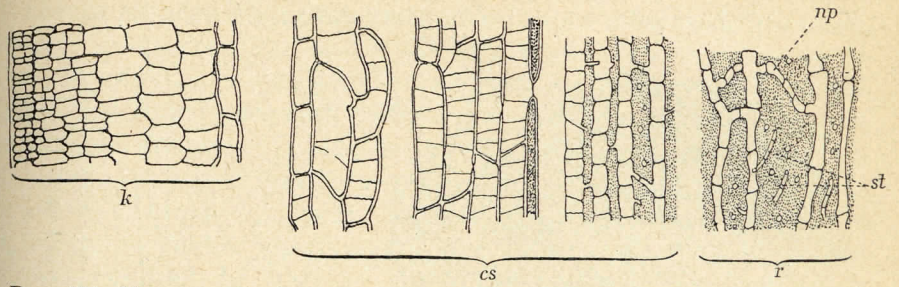


Ryc. 153. *Macrocystis pyrifera*. *A* Cała roślina bardzo silnie pomniejszona. Pozioma linja oznacza powierzchnię wody. — *B* Szczyt plechy; *w* strefa wzrostu. — Według Skottsberga, Postelsa i Ruprechta.

licznych blaszek. Trzonek jest bardzo cienki: przy długości, dochodzącej do 50—60 metrów ma on grubość zaledwie 5—11 milimetrów. Blaszki są osadzone na nim wszystkie z jednej strony; mają one długość, dochodzącą do 1·5 metra, i szerokość do 19 centymetrów. Tworzą się te blaszki na szczycie plechy z końcowej wielkiej blaszki, która u podstawy ma strefę wzrostu (ryc. 153, *B*, *w*) i oddziela coraz to nowe odcinki. U podstawy każdej blaszki tworzy się wkrótce po odcięciu pęcherz pławny, dzięki czemu górna część plechy pływa na powierzchni wody.

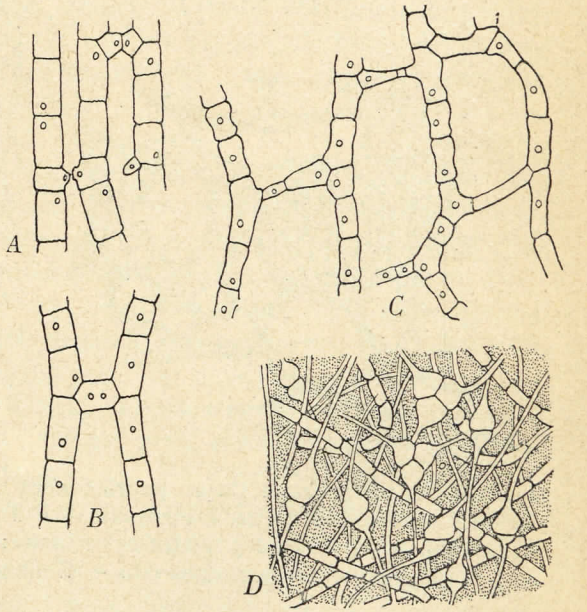
Budowa anatomiczna tych wielkich brunatnic z konieczności musi być bardzo złożona. Naogół można tu odróżnić korę złożoną z komórek, mających we wszystkich kierunkach mniej więcej jednakowe wymiary, i ciało środkowe złożone z komórek

wydłużonych. Wyraźnej granicy pomiędzy korą a ciałem środkowem niema, gdyż podczas wzrostu wewnętrzne warstwy kory przechodzą do ciała środkowego. Dzieje się to w sposób nastę-



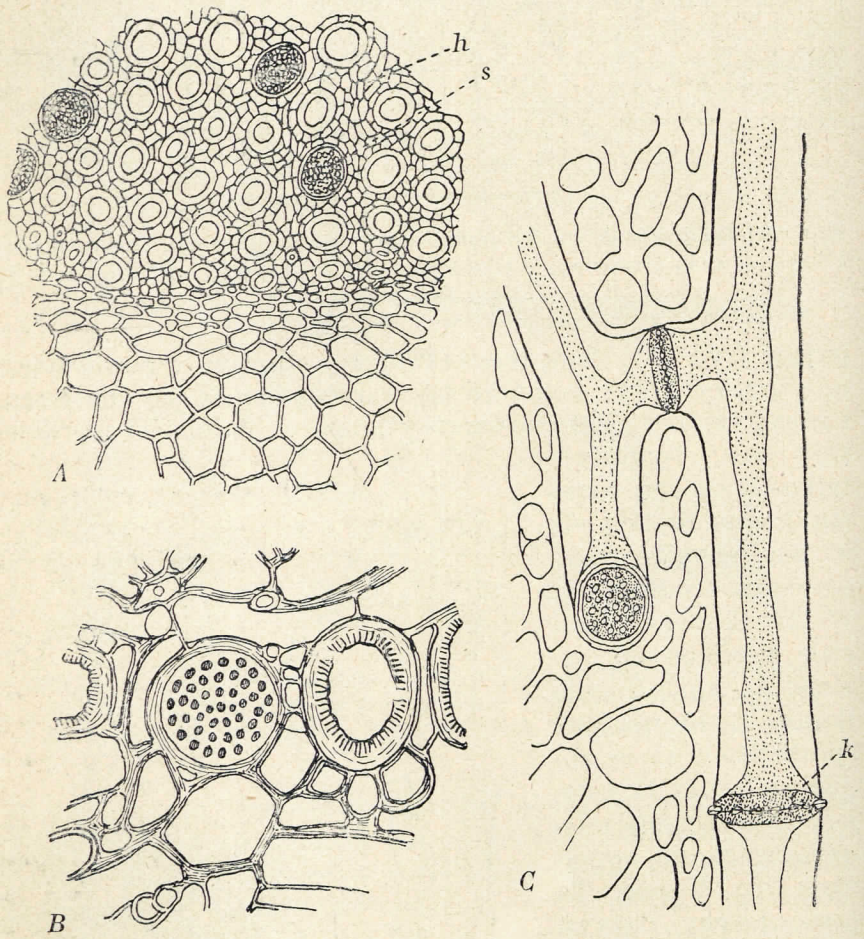
Ryc. 154. *Macrocystis*. Części podłużnego przekroju przez strefę wzrostu; *k* kora, *cs* ciało środkowe, *r* rdzeń, *np* nici poprzeczne, *st* strzępki. — Według Rosenthala.

pujący (ryc. 154). Rolę tkanki twórczej odgrywają powierzchowne warstwy kory; komórki tej warstwy dzielą się energicznie i rosną szybko. Głębsze warstwy komórek natomiast nie dzielą się, lecz wydłużają tylko w miarę wzrostu i upodobniają się w ten sposób tkance ciała środkowego. W środkowej części ciała środkowego następuje rozluźnienie tkanki, z którem już spotkaliśmy się w rodzaju *Chorda*. Powstające przestrzenie międzykomórkowe wypełniają się śluzem. Ta część plechy nazywa się r d z e n i e m. Składa się ona z poplątanych ze sobą nitkowatych tworów. Są wśród nich różne elementy: podłużne nici, normalne składniki ciała środkowego, dalej nici poprzeczne,



Ryc. 155. *Laminaria digitata*. *A*—*C* Powstawanie poprzecznych nici w rdzeniu. Według Killiana. — *D Laminaria saccharina*. Przekrój podłużny rdzenia. Poprzeczne nici i strzępki. — Według Grubera.

wreszcie strzępki. Nici poprzeczne tworzą się przez zlewanie się ze sobą wyrostków poprzecznych, które powstają na podłużnych niciach przy rozluźnianiu się związku między niemi. Różne stadja tego procesu są przedstawione na rycinie 155, *A*—*C*. Strzępki, które poznaliśmy już u *Chorda*, są to rów-



Ryc. 156. *Macrocystis*. *A* Część poprzecznego przekroju łodygi z rurkami sitowemi w rdzeniu; *s* sita, *h* strzępki. — *B* To samo przy silniejszem powiększeniu. — *C* Przekrój podłużny rdzenia; *k* substancja zasklepkowa *(callus)* w rurkach sitowych. — Według Olivera i Willa.

nież poprzeczne wyrostki nici, ale one nie łączą się z innemi komórkami, tylko splatają się ze sobą i z niemi zarówno podłużnemi jak i poprzecznemi, tworząc nieraz zupełnie bezładną plątaninę (ryc. 155, *D*). Strzępki mają na całej długości jedna-

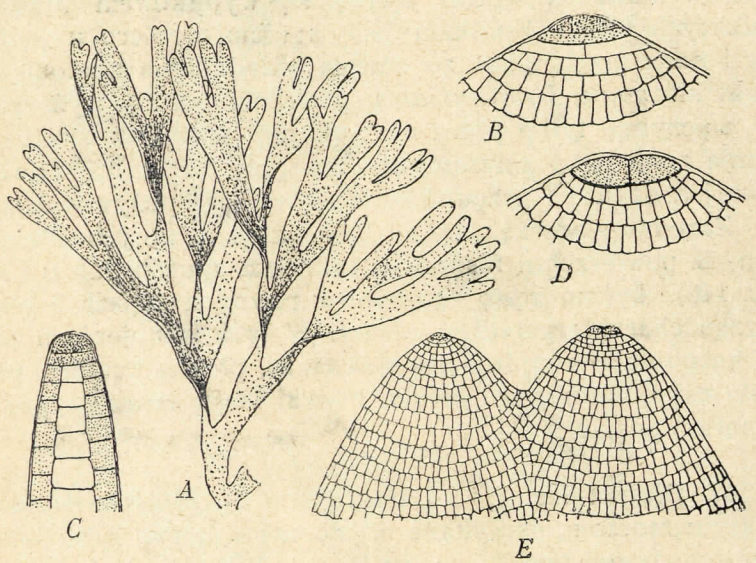
kową średnicę, natomiast nici są często rozdęte w miejscach, gdzie znajdują się poprzeczne przegrody. Przyczyną tego jest bierne rozciąganie, któremu one ulegają przy wzroście plechy. Rozciąganie pociąga za sobą zwężenie nici, któremu przeciwdziałają poprzeczne przegrody. Te poprzeczne przegrody są często podziurawione nakształt sita (ryc. 156). W ten sposób tworzą się t. zw. rurki sitowe. Przez otwory sit protoplazmy sąsiednich komórek łączą się ze sobą, co ułatwia przeprowadzenie substancyj pokarmowych z jednej części rośliny do drugiej. Przy olbrzymich rozmiarach omawianych roślin ma to wielkie znaczenie. Rurki sitowe są wyjątkowem zjawiskiem u niższych roślin. Spotkamy się z niemi dopiero u paprotników i nasiennych, jako ze stałym składnikiem anatomicznym. Rurki sitowe u *Laminariales*, podobnie jak i u wyższych roślin, są czynne tylko przez czas dosyć krótki. Otwory sit rychło zostają zamknięte galaretowatą masą substancji zasklepkowej (callus) i przewodzenie substancyj pożywnych ustaje.

Zarodnie tworzą się u *Laminaria* i innych liściastych form na powierzchni blaszek w taki sam sposób, jak u *Chorda* (ryc. 148). Są one gęsto skupione w pewnych częściach blaszek, tworząc charakterystyczne plamy. W tych skupieniach pomiędzy zarodniami znajdują się wstawki, płonne komórki podobne do asymilatorów u *Chorda*. Pływki mają zawsze typową dla brunatnic postać.

47. Dictyotales. Są to dosyć drobne glony właściwe cieplejszym morzom, spotykane często np. w morzu Śródziemnem. Typowym przedstawicielem rzędu jest *Dictyota dichotoma*. Plecha, 10—20 *cm* długa, jest blaszkowata, bardzo prawidłowo dwudzielnie rozgałęziona na równowąskie pasma (ryc. 157). Wzrost odbywa się przez podział dużych soczewkowatych komórek początkowych, znajdujących się pojedyńczo na szczytach wszystkich gałęzi. Każda taka komórka początkowa oddziela coraz to nowe komórki potomne przy pomocy przegród, mających formę szkiełek zegarkowych. Te komórki dzielą się dalej w ten sposób, że powstają trzy warstwy. Z początku te warstwy niewiele różnią się od siebie (ryc. 157, *C*), ale wkrótce różnicują się i wykształcają dwie warstwy powierzchniowe złożone z drobnych komórek i środkową złożoną z dużych komórek (ryc. 158, *A*—*C*). Drobne, soczewkowate chloroplasty znajdują się głównie w warstwach powierzchniowych. Rozgałęzienie plechy jest typowym przykładem dichotomji. Rozpoczyna się ono od podziału komórki początkowej na dwie równe czę-

ści (ryc. 157, *D*). Każda część pracuje dalej oddzielnie w ten sam sposób, jak to robiła komórka macierzysta.

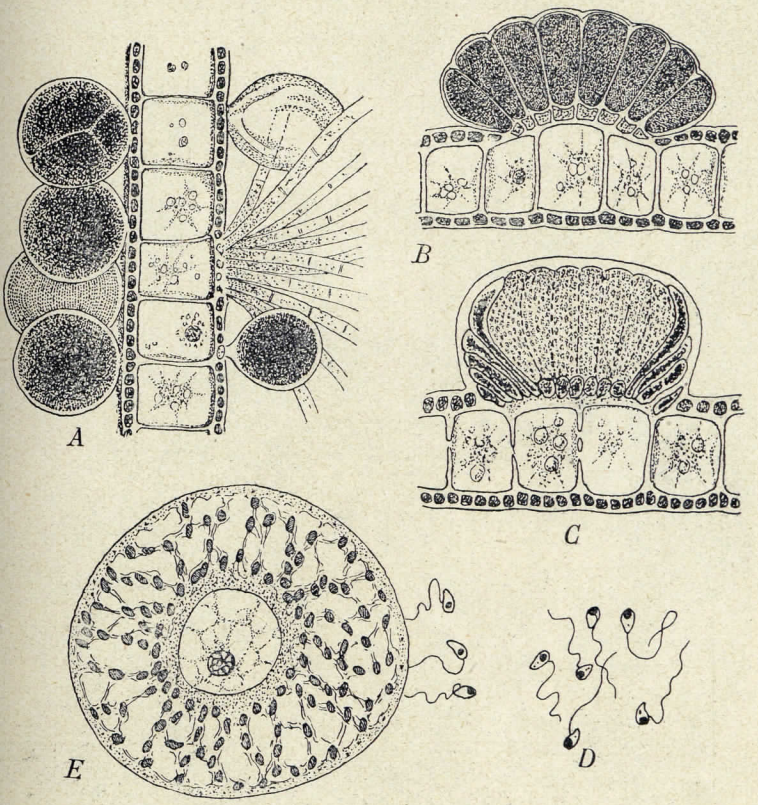
Z warstwy powierzchniowej przez uwypuklenie komórek wyrastają narządy rozmnażania: zarodnie, plemnie i lęgnie. Każdy rodzaj narządów powstaje na oddzielnych osobnikach zewnętrznie w zupełności do siebie podobnych. Wykazują one jednak różnice cytologiczne: osobniki bezpłciowe zawierają w swoich jądrach 32 chromozomów, płciowe zaś 16. Zawartość zarodni (ryc. 158, *A*) dzieli się na cztery części, które jednak nie otaczają się błonami. Przy pierwszym podziale następuje



Ryc. 157. *Dictyota dichotoma*. *A* Pokrój. — *B* Koniec jednego z rozgałęzień plechy. — *C* To samo w przekroju podłużnym. — *D* Początek dichotomicznego rozgałęzienia plechy. — *E* Dzielący się koniec plechy przy słabszem powiększeniu. — Według Thureta, Cohna i Grubera.

redukcja chromatyny i powstałe tetraspory zawierają 16 chromozomów. W bardzo krótkim czasie tetraspory otaczają się błoną i wytwarzają nowe osobniki, które wykazują określony charakter płciowy: są żeńskie albo męskie. Na nich powstają skupienia lęgni albo plemni (ryc. 158, *B* i *C*). Lęgnie są jednokomorowe, mają ciemnobrunatne zabarwienie od licznych chloroplastów, które się w nich znajdują. W każdej lęgni powstaje jedno nagie jaje, które wychodzi nazewnątrz i unosi się biernie we wodzie, gdyż nie posiada wici (ryc. 158, *E*). Plemnie są wielokomorowe, w każdej komorze tworzy się jeden plemnik

o jednej wici. Plemniki zawierają pojedyńcze bardzo małe chloroplasty, skutkiem czego plemnie są barwy jasnej, która odcina się wyraźnie od ciemnego zabarwienia płonnych komórek, otaczających każde skupienie plemni. Jaje po zapłodnieniu rozwija się natychmiast i wytwarza nową diploidalną, bezpłciową roślinę. Mamy tu wyraźny rodozmian pomimo jednakowego morfologicznego wykształcenia wszystkich osobników.



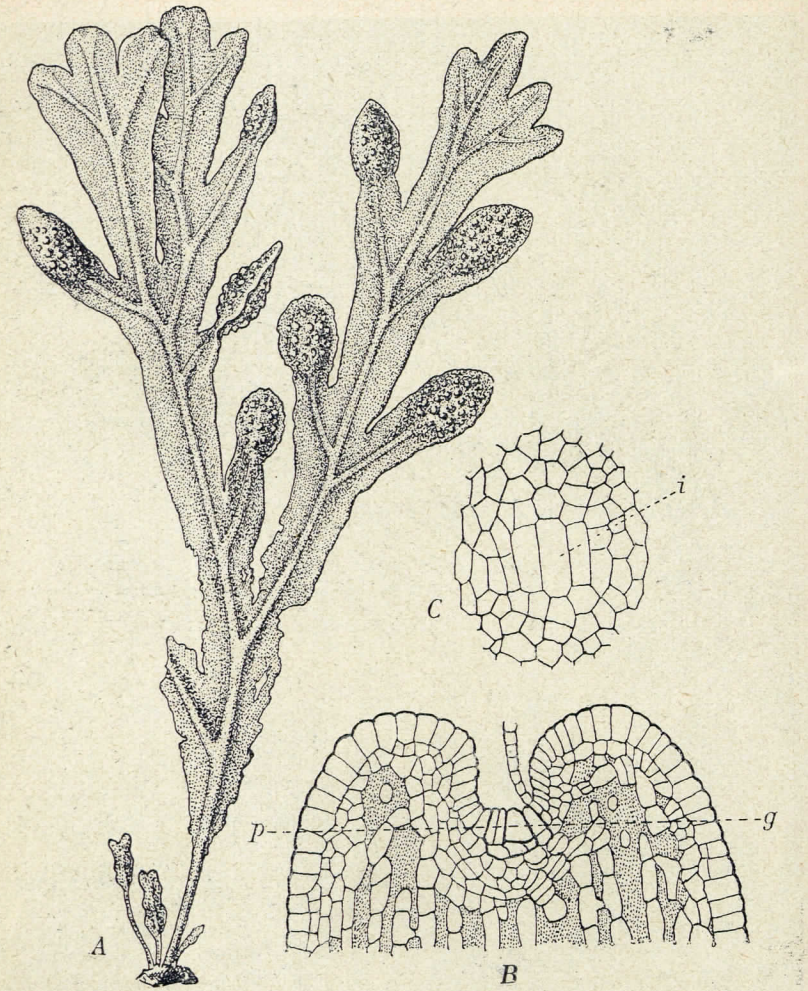
Ryc. 158. *Dictyota dichotoma*. *A* Przekrój plechy z zarodniami. — *B* To samo z lęgniami. — *C* To samo z plemniami. — *D* Plemniki. — *E* Zapłodnienie jaja. — Według Thureta i Williamsa.

48. Fucales. Brunatnice zaliczane do tego rzędu są bardzo rozpowszechnione w zimniejszych morzach. Znoszą one wodę mało słoną i rosną wobec tego dosyć licznie także w morzu Bałtyckiem, np. morszczyn *(Fucus vesiculosus)* jest bardzo pospolity na polskiem wybrzeżu. Są to rośliny średniej wielkości, występujące głównie w płytkiej wodzie i tworzące na skalistych wybrzeżach wraz z *Laminaria* charakterystyczne pa-

Ryc. 159. *Laminaria digitata* na wybrzeżu Vaagö na wyspach Faroerskich. — Według Börgesena.

Ryc. 160. *Fucus vesiculosus* na wybrzeżu Strömö na wyspach Faroerskich. — Według Börgesena.

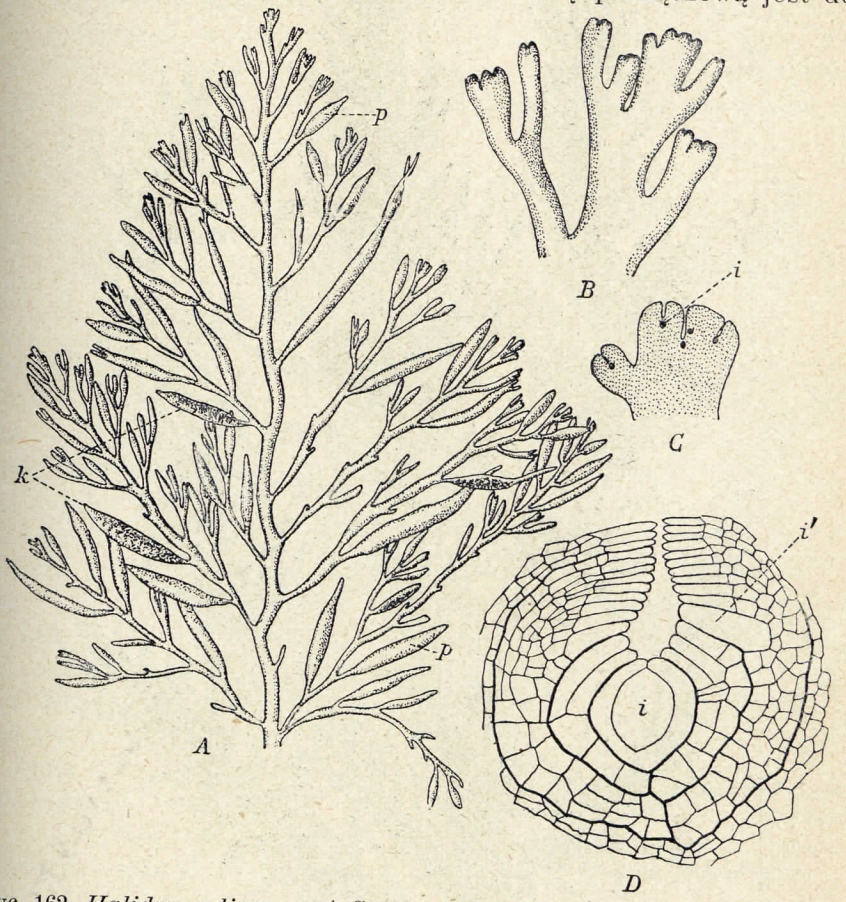
sma, które w czasie odpływu znajdują się nad powierzchnią wody (ryc. 159 i 160). Takie pasma tworzą się tylko przy skalistych wybrzeżach, gdyż glony potrzebują stałego podłoża do



Ryc. 161. *A Fucus platycarpus.* Pokrój rośliny; konceptakle zaznaczają się jako brodawki na specjalnych skróconych pędach. — *B Fucus vesiculosus.* Podłużny przekrój przez szczyt młodej rośliny, poprowadzony prostopadle do powierzchni plechy. — *C Fucus vesiculosus.* Przekrój poprzeczny według linji *pg; i* komórka początkowa. — Według Oltmannsa.

umocowania się. Stosuje się to do wszystkich glonów, nietylko do tych, o których teraz jest mowa; przy wybrzeżach piaszczystych glony są rzadkie.

Charakterystyczną cechą plechy w rzędzie *Fucales* jest jej wzrost przy pomocy szczytowej komórki początkowej, znajdującej się w specjalnem wgłębieniu. Można to widzieć wyraźnie np. u morszczyna nawet na młodych okazach (ryc. 161, *B* i *C*). U niektórych form wgłębienie z komórką początkową jest do-



Ryc. 162. *Halidrys siliquosa. A* Część plechy w naturalnej wielkości; *p* pęcherz pławny, *k* pędy z konceptaklami. — *B* Szczyt plechy powiększony. — *C* Przekrój podłużny szczytowej części; *i* komórki początkowe. — *D* Wgłębienie z komórką początkową w przekroju przy silnem powiększeniu; *i'* nowa komórka początkowa. — Według Oltmannsa.

syć głębokie i połączone ze światem zewnętrznym przy pomocy wąskiego kanału; tak jest np. u *Halidrys siliquosa* (ryc. 162, *C* i *D*).

Postać zewnętrzna plechy *Fucales* jest bardzo rozmaita, przeważają jednak formy płaskie, dichotomicznie rozgałęzione. Rozpatrzymy niektóre z nich bliżej. Przedewszystkiem zajmie-

my się morszczynem *(Fucus)*, typowym przedstawicielem rzędu (ryc. 161). Plecha jego jest blaszkowata, dosyć prawidło-

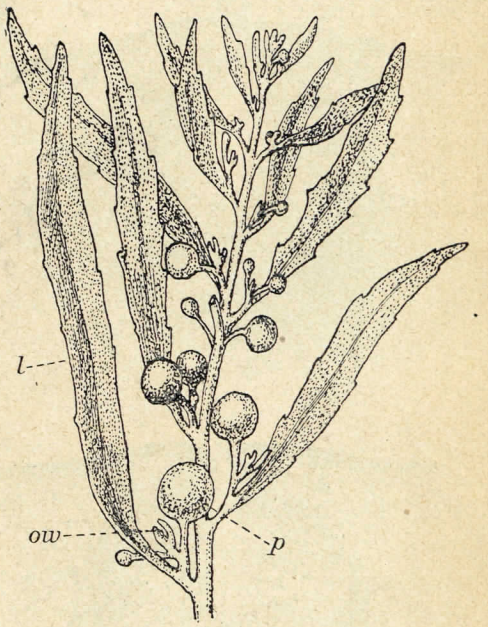


Ryc. 163. *Sargassum linifolium*. Pokrój rośliny. — Według Oltmannsa.

wo dichotomicznie rozgałęziona; na końcu każdej gałęzi znajduje się osobna komórka początkowa. Dolnym końcem plecha

jest umocowana do podłoża przy pomocy specjalnej tarczki. Środkiem plechy przez całą jej długość i przez jej rozgałęzienia przebiega zgrubienie podobne do nerwu środkowego w liściach wyższych roślin. U wielu gatunków morszczyna tworzą się przez rozluźnienie tkanek pęcherze pławne. Niektóre gałęzie plechy odznaczają się ograniczonym wzrostem i nierówną powierzchnią, pokrytą drobnemi brodawkami. W tych brodawkach mieszczą się charakterystyczne dla *Fucales* wgłębienia, t. zw. konceptakle, zawierające narządy rozmnażania.

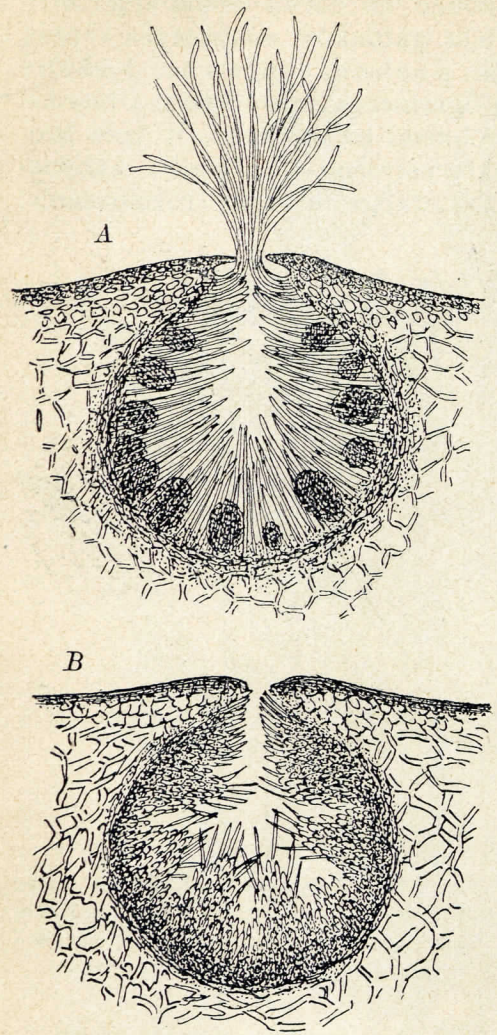
Rozpatrzymy dalej *Halidrys siliquosa* (ryc. 162). U tej pospolitej brunatnicy plecha jest wprawdzie spłaszczona, ale nie taśmowata jak u morszczyna. Rozgałęzia się ona w jednej płaszczyźnie, ale nie dichotomicznie, gdyż przy każdem rozgałęzieniu można odróżnić oś główną i gałąź, która jest cieńsza i krótsza od osi. Takie rozgałęzienie nazywa się monopodjalnem. Gałęzie są długie i skrócone; skrócone są bardziej spłaszczone od długich i są zamienione na pęcherze pławne lub na owocowania z konceptaklami.



Ryc. 164. *Sargassum*. Końcowa część długiego pędu; *l* skrócone pędy, naśladujące liście, *p* pęcherzyki pławne; *ow* owocowania. — Według Oltmannsa.

Trzecim wreszcie przykładem, który rozpatrzymy, będzie sławne *Sargassum*. Oderwane od dna pędy tego i innych glonów, posiadające pęcherze pławne, są unoszone przez prądy morskie i zbierają się w wielkich masach w oceanie Atlantyckim na szerokości Florydy, tworząc t. zw. „morze Sargassowe“. Plecha *Sargassum* składa się z pędów długich i skróconych. Pędy długie są walcowate i naśladują łodygę roślin wyższych. Są one obficie monopodjalnie rozgałęzione, przyczem gałęzie odchodzą we wszystkie strony od osi (ryc. 163). Pędy skrócone są dwojakiego rodzaju. Jedne z nich są spłaszczone i naśladują liście wyższych roślin z blaszką i ogonkiem (ryc. 164, *l*). Od

dolnej części ogonka odchodzą pędy skrócone innego charakteru z konceptaklami na szczytowych rozgałęzieniach (ryc. 164, *ow*), i pęcherzykami pławnemi na dolnych (ryc. 164, *p*).



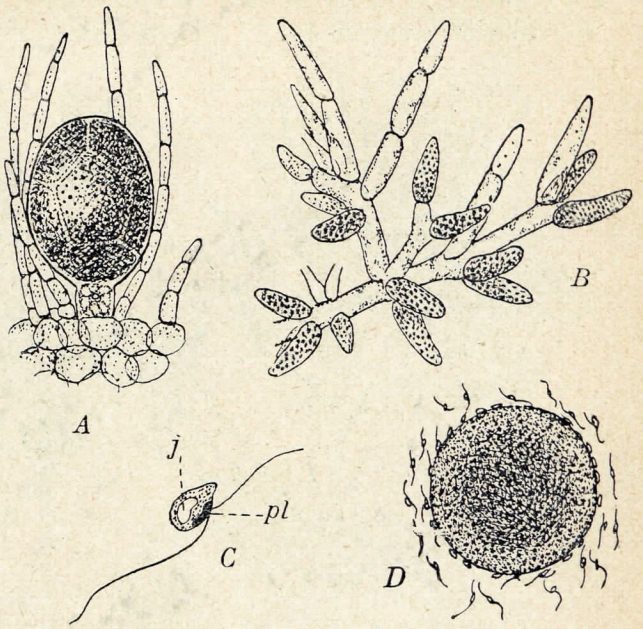
Ryc. 165. *Fucus*. *A* Żeńskie konceptakulum. — *B* Męskie konceptakulum. — Według THURETA.

Budowa anatomiczna plechy u *Fucales* jest bardzo podobna do *Laminariales*. Występują tu te same rodzaje tkanek z rurkami sitowemi i strzępkami.

Fucales rozmnażają się tylko płciowo w drodze oogamji. Narządy płciowe tworzą się w szczególnych wgłębieniach plechy, o których już była mowa, t. zw. konceptaklach. Lęgnie i plemnie tworzą się w tych samych albo różnych konceptaklach, które mogą się znajdować na tych samych albo różnych okazach (ryc. 165). Poza tem często spotyka się u *Fucales* konceptakle bezpłodne, zawierające tylko włoski, których zresztą nie braknie także w konceptaklach plennych.

Lęgnie mają postać dużych komórek osadzonych na krótkim trzonku (ryc. 166, *A*). Jądro lęgni dzieli się trzykrotnie, dając osiem jąder. Naokoło każdego jądra zbiera się protoplazma i powstaje osiem jaj, oddzielonych od siebie delikatnemi przegrodami. Tak jest w rodzaju *Fucus*. U innych *Fucales* tworzy się mniejsza ilość jaj: cztery *(Ascophyllum)*, dwa *(Pelvetia)* i nawet jedno *(Halidrys)*. Zawsze jednak powstaje osiem jąder. Każde jaje otrzymuje jedno jądro, nadliczbowe jądra giną. Lęgnia jest otoczona potrójną powłoką. Podczas odpływu morza, kiedy omawiane

glony znajdują się częstokroć nad powierzchnią wody, lęgnie odrywają się od swoich nóżek i zostają wypchnięte z konceptaklów nazewnątrz. To samo dzieje się jednocześnie z plemniami, które tworzą się na włoskach, pokrywających wewnętrzne ściany konceptaklów (ryc. 166, *B*). W plemniach powstają liczne plemniki o dwóch wiciach i zwykłej dla brunatnic postaci (ryc. 166, *C*). Z nastaniem przypływu woda porywa lęgnie i plemnie, leżące u wylotów konceptaklów. Powłoki tych narządów pękają, jaja i plemniki wydostają się nazewnątrz. Zapłodnienie odbywa się w zwykły sposób. Zygoty kiełkują niezwłocznie. Redukcja chromatyny odbywa się przy pierwszym podziale jąder lęgni i plemni. Podwójna ilość chromozomów (u morszczyna 64) zostaje przywrócona wkrótce potem przez zapłodnienie. Rodozmianu zatem niema i roślina jest diploidalna.



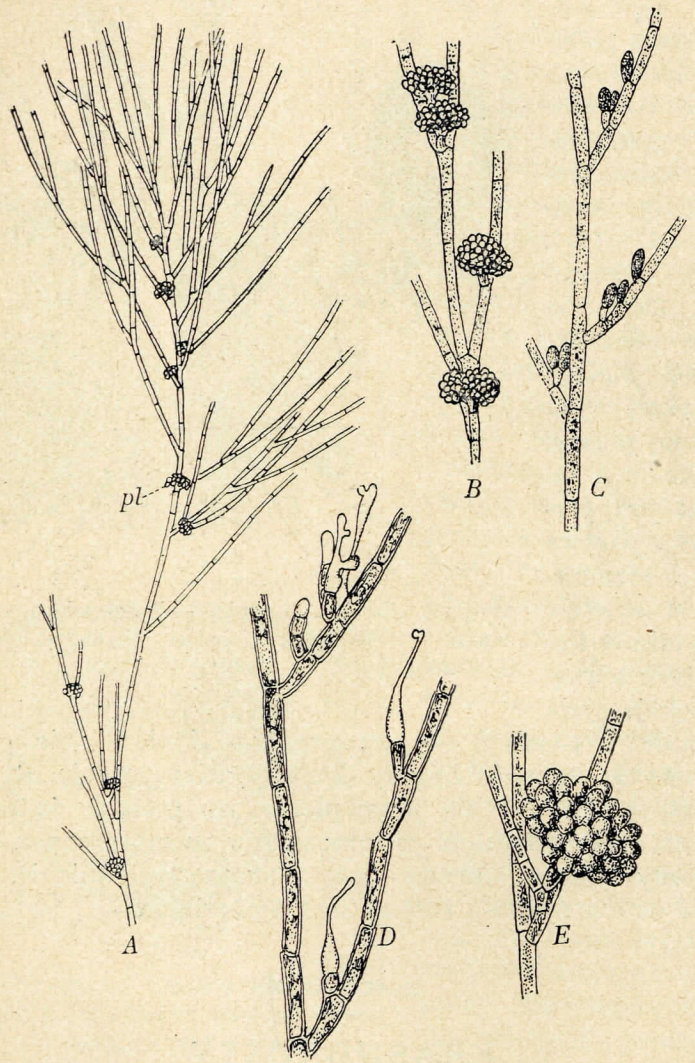
Ryc. 166. *Fucus*. *A* Lęgnia. — *B* Pęk włosków z plemniami. — *C* Plemnik; *j* jądro, *pl* plamka oczna. — *D* Zapłodnienie. — Według THURETA i GUIGNARDA.

ROZDZIAŁ X

KRASNOROSTY

49. Budowa plechy. Krasnorosty są glonami niewielkich rozmiarów. Niektóre z nich rosną w wodzie słodkiej, np. *Chantransia, Batrachospermum, Lemanea*. Ogromna większość zamieszkuje morza i to bez wyraźnego upodobania do zimnych albo ciepłych. Charakterystyczna czerwona barwa ich plechy przybiera nieraz silny odcień brunatny lub fioletowy. Chloro-

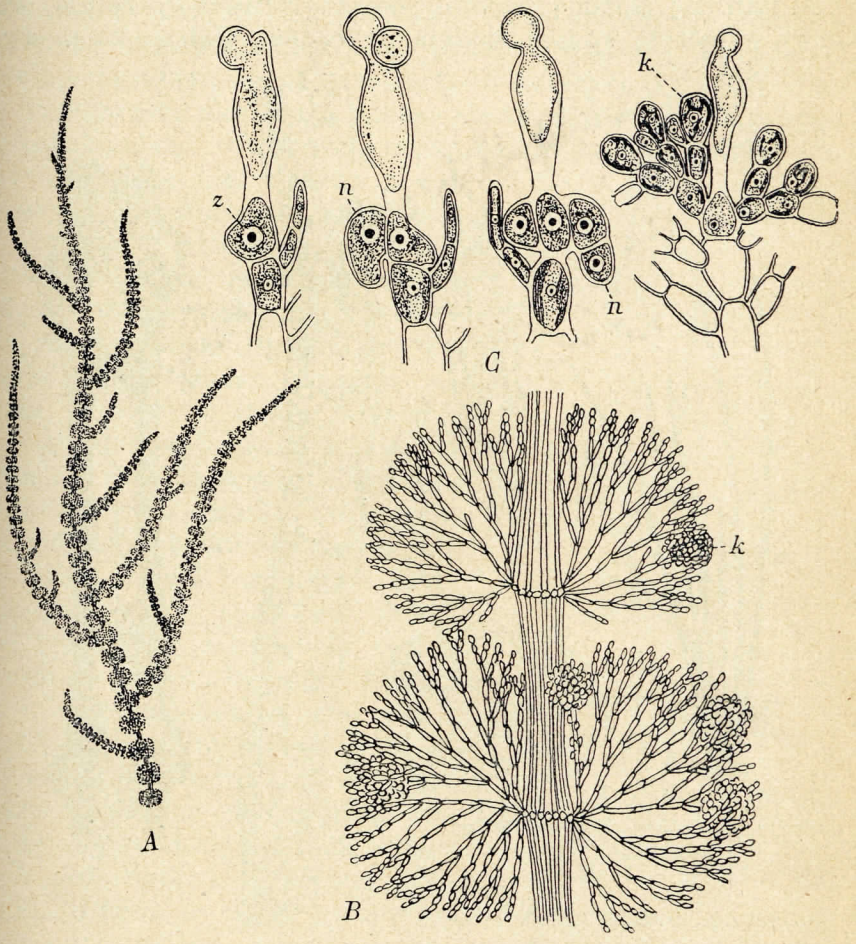
plasty są przeważnie liczne i drobne, najczęściej bez pirenoidów. Komórki plechy, podobnie jak u brunatnic, są z reguły jednojądrowe. Komórki większych rozmiarów są jednak często wielojądrowe.



Ryc. 167. *Chantransia corymbifera*. *A* Gałąź z plemniami *(pl)*. — *B* Część takiej gałęzi silniej powiększona. — *C* Gałąź z monosporami. — *D* Gałąź z płodnicami. — *E* Gałąź z karposporami. — Według Borneta i Thureta.

Ukształtowanie plechy jest bardzo rozmaite. Pomiędzy glonami największa rozmaitość pod tym względem panuje właśnie

wśród krasnorostów. Bardzo zmienna jest także budowa anatomiczna, można ją jednak znowu sprowadzić do nitkowatej. W najprostszym przypadku plecha składa się z pojedyńczej nici w rozmaity sposób rozgałęzionej. Rozgałęzienia często zle-

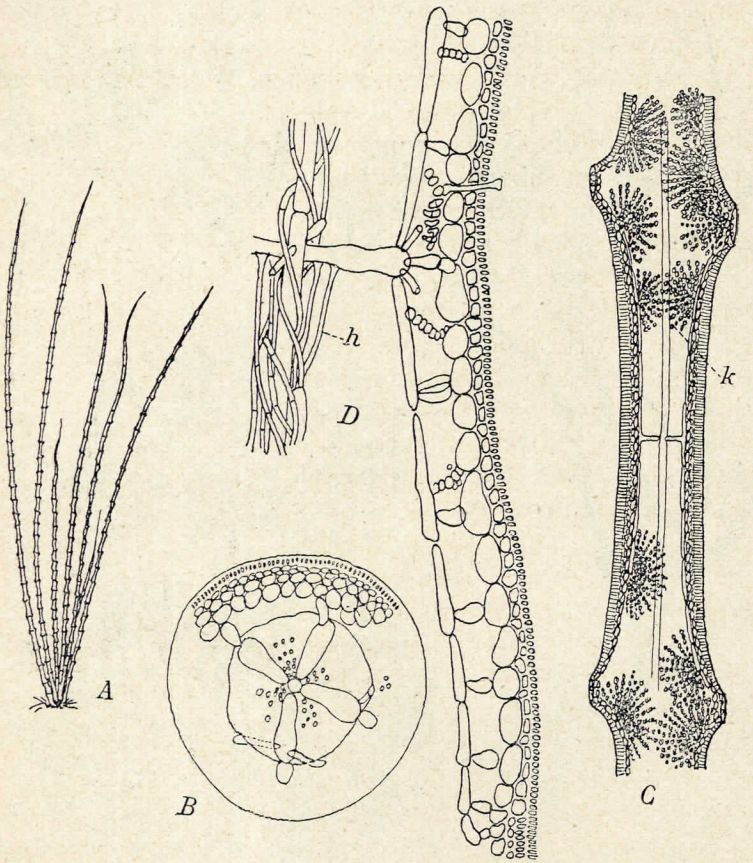


Ryc. 168. *Batrachospermum moniliforme*. *A* Pokrój rośliny. — *B* Część plechy ze skróconemi gałęziami; *k* karpospory. — *C* Powstawanie nici sporogenicznych z karposporami; *z* zygota, *n* nić sporogeniczna, *k* pęki nici sporogenicznych. — *A* i *B* według Sidorota, *C* według Kylina.

piają się ze sobą, tworząc tkanki strzępkowe. Poza tem jest dużo form złożonych z prawdziwych tkanek, ale nawet w nich komórki są ułożone bardzo prawidłowo w nici, które dają się wyśledzić we wszystkich częściach.

Jako przykład prostych nitkowatych form można wziąć rodzaj *Chantransia*, spotykany w słodkiej i słonej wodzie (ryc. 167). Roślina składa się na podobieństwo *Stigeoclonium* z płożących się po podłożu nici, z których wyrastają pionowe nici monopodjalnie rozgałęzione.

Bardziej złożoną budowę posiada *Batrachospermum*, właściwy wyłącznie wodom słodkim (ryc. 168). Gałęzie są tu dwo-

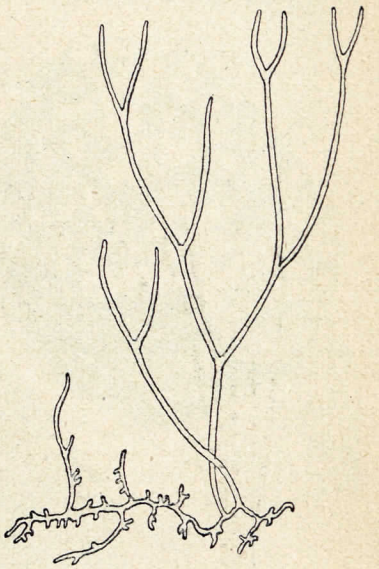


Ryc. 169. *Lemanea*. *A* Pokrój *Lemanea catenata* w naturalnej wielkości. — *B* Przekrój poprzeczny plechy. — *C* Przekrój podłużny plechy; *k* pęki nici sporogenicznych. — *D* Część przekroju podłużnego silniej powiększona; *h* strzępki. — Według Sidorota.

jakiego rodzaju: długie i skrócone. Gałęzie skrócone są obficie rozgałęzione i ułożone w okółki w równych odstępach na długich gałęziach. Galareta, pokrywająca całą roślinę, utrzymuje wszystkie, nawet najdrobniejsze rozgałęzienia w pewnem określonem położeniu. Zasługują jeszcze na uwagę u *Batrachosper-*

mum strzępki, które wyrastają z podstawowych komórek skróconych gałęzi i rosną wzdłuż osiowej nici pędów, przylegając ściśle do niej i wytwarzając charakterystyczne okorowanie.

U *Batrachospermum* można rozróżnić z łatwością wszystkie nici, z których składa się plecha. U wielu innych krasnorostów nici zlepiają się tak ściśle, że plecha ma wygląd jednolity, jakgdyby była utworzona przez prawdziwą tkankę. Taką formą jest np. *Lemanea*, rosnąca w wartkich potokach (ryc. 169). U tego krasnorosta plecha ma postać nierozgałęzionych szczecinek ze zgrubieniami w równych odstępach. W środku, wzdłuż plechy przebiega nić, złożona z walcowatych wydłużonych komórek. W równych odstępach wyrastają z niej poczwórne okółki skróconych gałęzi, które rozgałęziają się obficie, tworząc coraz drobniejsze komórki. Rozgałęzienia skupiają się coraz bardziej w miarę oddalania się od środkowej nici, ostatnie zaś łączą się ze sobą ściśle, tworząc coś podobnego do skórki. Rozgałęzienia jednego okółka idą na spotkanie takich samych rozgałęzień, utworzonych przez sąsiednie okółki, i w ten sposób tworzy się zwarta warstwa korowa, otaczająca środkową nić i oddzielona od niej wolną przestrzenią. W miejscach, gdzie łączą się gałęzie sąsiednich okółków, plecha rozszerza się, tworząc jakgdyby węzły. Jeżeli jednak mamy użyć porównania z pędem wyższych roślin, to będą to raczej wzdęte międzywęźla, węzłom natomiast będą odpowiadały cieńsze miejsca, z których odchodzą okółki skróconych gałęzi. Całość jest jeszcze wzmocniona przez strzępki, wyrastające z podstawowych części skróconych gałęzi (ryc. 169, *B*—*D*). Drugim przykładem takiej budowy może służyć *Platoma*, przedstawiona na ryc. 176.

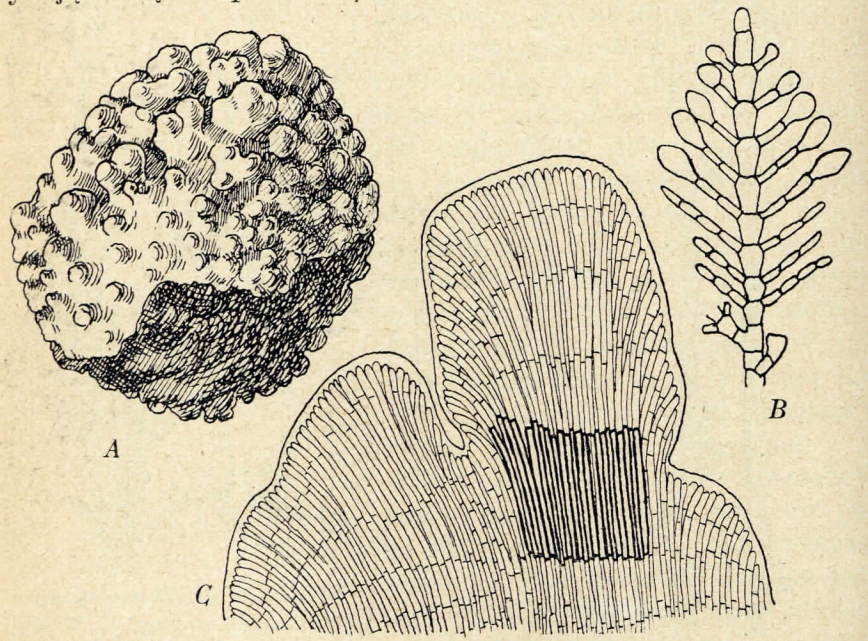


Ryc. 170. *Furcellaria fastigiata*. Pokrój rośliny. — Według Kützinga

Przez łączenie się nici plecha może tworzyć się jeszcze inaczej. Zamiast jednej środkowej nici idą nieraz równolegle liczne nici, rosnące swojemi wierzchołkami i rozgałęziające się niezależnie od siebie. Boczne gałęzie tych nici rozchodzą się na strony i ustawiają się prostopadle do powierzchni, przylegając

ściśle do siebie. Wszystko jest złączone w jedną zwartą całość przy pomocy galarety. Przykładem takiej budowy może służyć *Furcellaria fastigiata,* krasnorost właściwy północnej części oceanu Atlantyckiego. Przekrój podłużny jego plechy podaliśmy już dawniej (ryc. 33, *A*). Teraz pozostaje opisać w paru słowach zewnętrzne ukształtowanie plechy. Składa się ona z płożących się pędów, naśladujących kłącza roślin wyższych, i z dichotomicznie rozgałęzionych pędów pionowych (ryc. 170, a także 136).

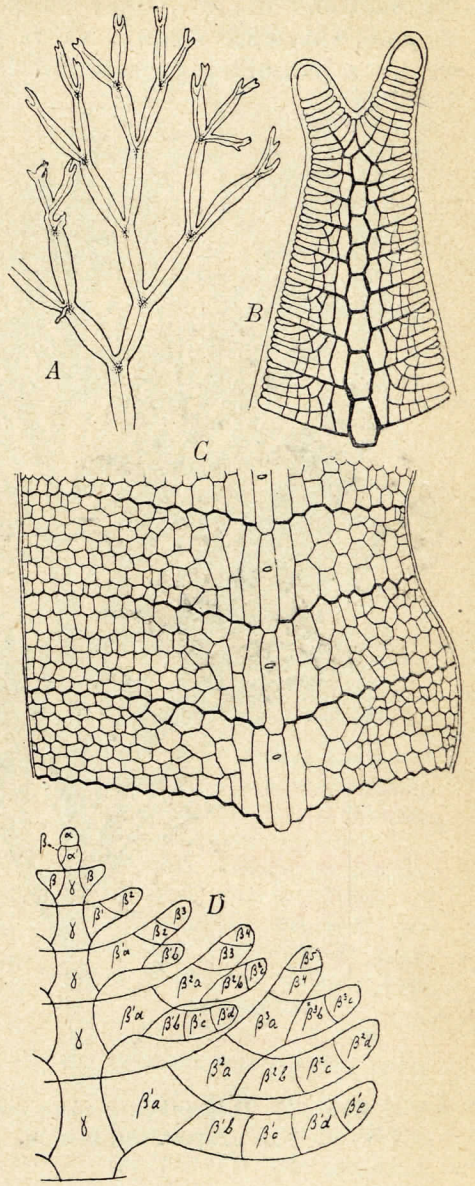
Podobną budowę posiada rodzina *Corallinaceae,* charakteryzująca się zwapnieniem błon. Plecha tych roślin jest skut-



Ryc. 171. *A Lithothamnion.* Młoda skorupa, wyrastająca na starej. — *B Corallina.* Pokrój rośliny w słabem powiększeniu. — *C Corallina.* Przekrój podłużny szczytu plechy w silniejszem powiększeniu. — *A* i *C* według Oltmannsa, *B* według Yendo.

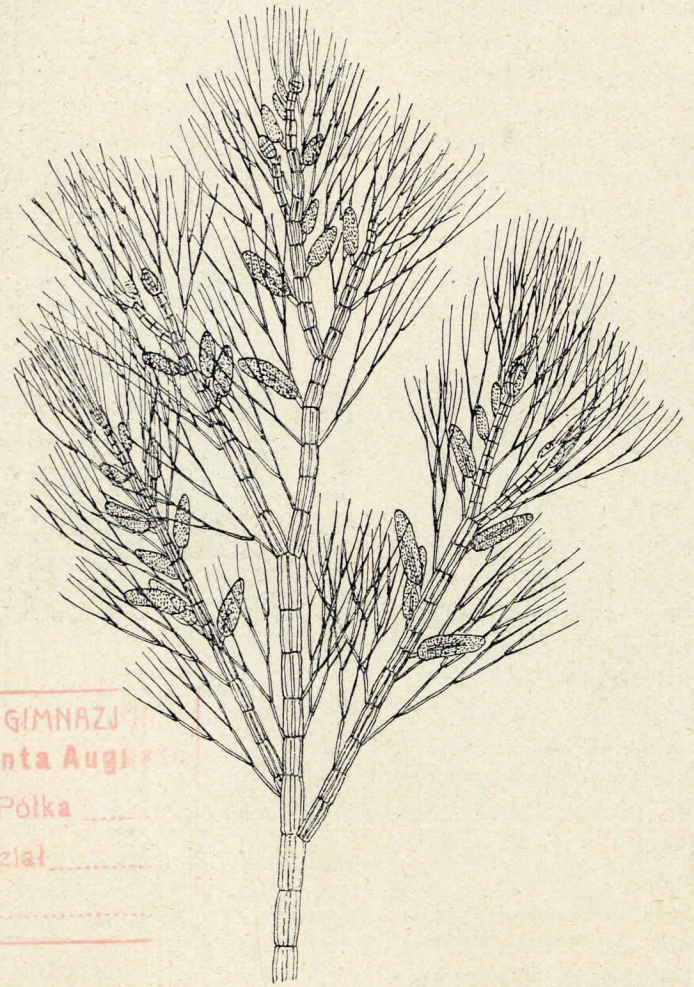
kiem tego twarda jak kamień i biała, z lekkim tylko różowym odcieniem. Przez nagromadzenie tych roślin powstają wapienne skały, np. wapienie litotamnjowe z różnych gatunków rodzaju *Lithothamnion.* Zewnętrzna postać plechy u tych roślin jest bardzo rozmaita: we wspomnianym rodzaju *Lithothamnion* jest ona nieprawidłowo skorupiasta (ryc. 171, *A*), w rodzaju *Corallina* natomiast prawidłowo rozgałęziona w jednej płaszczyźnie z charakterystycznemi przewężeniami (ryc. 171, *B*).

Opisane dotychczas formy krasnorostów nie miały prawdziwych tkanek. Plecha powstawała przez zlepianie się nici, rosnących niezależnie od siebie przy pomocy szczytowych komórek. Oprócz tego jest wśród krasnorostów dużo form złożonych z prawdziwych tkanek, to znaczy z komórek, które powstały w nieprzerwanej łączności ze sobą przez podział wspólnych komórek początkowych. Kształt plechy może być przytem rozmaity: blaszkowaty, jak u *Caloglossa* (ryc. 172), albo nitkowaty, jak u *Polysiphonia* (ryc. 173). Blaszkowate postacie składają się z jednej warstwy komórek, tylko nerw środkowy (ewentualnie i boczne, o ile wogóle istnieją) jest grubszy. Wzdłuż tego nerwu przebiega nić środkowa, z której wyprowadza się cała plecha. Nić ta posiada na szczycie dużą komórkę początkową (ryc. 172, *B*), przez której podział plecha narasta i rozgałęzia się. Powstaje w ten sposób prawdziwa tkanka. Jednakże ułożenie komórek i porządek, w którym one powstają, jest taki, jakgdyby się nić środkowa rozgałęziła z początku w jednej płaszczyźnie, a następnie złączyła wszystkie gałęzie w jednolitą blaszkę. Schemat podany na ryc. 172, *D* uwidocznia ułożenie



Ryc. 172. *Caloglossa Leprieurii. A* Pokrój rośliny. — *B* Szczyt plechy. — *C* Środkowa część plechy. — *D* Schemat rozgałęzienia nici, z których składa się plecha. — Według Kützinga, Nägelego i Falkenberga.

tych hipotetycznych gałęzi. Nitkowate formy tego typu co *Polysiphonia* posiadają również nić środkową, która jest jednak rozgałęziona nie w jednej płaszczyźnie: gałęzie odchodzą od niej we wszystkie strony. Nić ta jest otoczona korą, która powstaje z jednolitej początkowo nici przy pomocy podłużnych

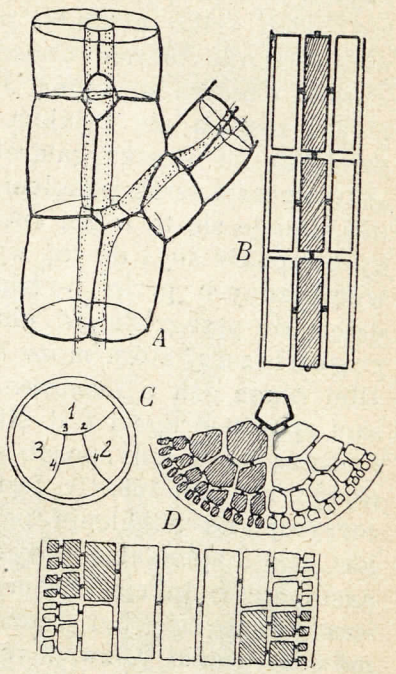


Ryc. 173. *Polysiphonia rhunensis.* Gałąź słabo powiększona ze skupieniami plemni. — Według THURETA.

wygiętych przegród, odcinających osobne zewnętrzne komórki. Ryc. 174, *C* wskazuje porządek, w jakim tworzą się wspomniane przegrody. W najprostszym przypadku kora składa się tylko z jednej warstwy komórek. Najczęściej jednak komórki te dzielą się dalej, wytwarzając nazewnątrz liczne warstwy coraz drob-

BIBLIOTEKA GIMNAZJ
Półka
Dział

niejszych komórek (ryc. 174, *D*). Ułożenie tych wszystkich komórek jest jednak zawsze takie, jakgdyby one tworzyły skrócone a obficie rozgałęzione gałęzie. Wyśledzenie poszczególnych gałęzi jest ułatwione przez pory, które łączą tylko komórki ze sobą morfologicznie związane. Stosunki te są przedstawione na schematycznych rycinach 174, *B* i *D*. Pory łączą ze sobą komórki nici środkowej oraz każdą komórkę z jej rozgałęzieniami, natomiast komórki, należące do różnych gałęzi, pozostają niepołączone.



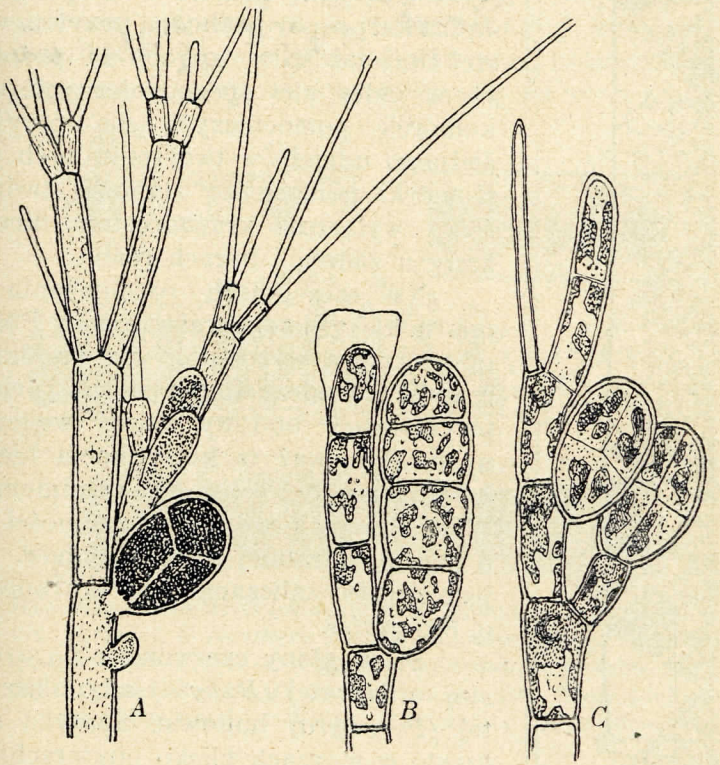
Ryc. 174. *A—C Polysiphonia sertularioides.* — *A* Kawałek plechy w powiększeniu. — *B* Schematyczny przekrój podłużny. — *C* Schemat podłużnego podziału komórek nici środkowej. — *D Rhodomela.* Schemat poprzecznego i podłużnego przekroju plechy. — Według FALKENBERGA.

50. Rozmnażanie. Rozwój krasnorostów odbywa się w drodze rodozmianu przez kolejne następowanie po sobie dwóch albo trzech różnych form. Pierwszy przypadek można widzieć np. u *Chantransia* i *Batrachospermum* (ryc. 167 i 168). Są tu dwie formy: płciowa i bezpłciowa. I jedna, i druga składa się z haploidalnych komórek. Forma płciowa jest to ta roślina, która była opisana w poprzednim ustępie, złożona z nici rozgałęzionych w charakterystyczny sposób. Ta forma rośliny rozmnaża się nietylko płciowo, ale i bezpłciowo. Rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przy pomocy t. zw. monospor, zarodników, tworzących się pojedyńczo w pewnych komórkach plechy (ryc. 167, *C*). Monospory są nagie i nie posiadają wici, co jest zresztą właściwe wszystkim komórkom rozrodczym krasnorostów. Przy tworzeniu się monospor ilość chromozomów nie zmienia się. Wyrastają z nich rośliny takie same, należące do pokolenia płciowego. Rozmnażanie płciowe odbywa się w sposób niezmiernie charakterystyczny. Narządy żeńskie, t. zw. płodnice (karpogonja), mają postać buteleczki z długą szyjką (ryc. 167, *D*). W dolnej rozszerzonej części mieści się jaje z jednem jądrem. Szyjka, mająca tu specjalną nazwę włostka (tricho-

gyne), jest osobną komórką, gdyż posiada własne jądro, które później zanika; ta komórka zresztą nie jest oddzielona od jaja żadną przegrodą. Narządy męskie, plemnie, są skupione zwykle w większej ilości (ryc. 167, *B*). Każda plemnia wytwarza jeden tylko plemnik, podobny do monospory, nagi, bez wici. Plemnik, biernie unoszony przez wodę, przylepia się do włostka i otacza się błoną. Jego zawartość przechodzi do płodnicy i zespala się z jajem, poczem dolna część płodnicy oddziela się od włostka galaretowatym korkiem (ryc. 168, *C*). Z zygoty wyrasta teraz pokolenie bezpłciowe, które ma postać pęku nici. Dzieje się to w ten sposób, że błona dolnej części płodnicy uwypukla się i do tej wypukłości przechodzi jedno z jąder wytworzonych przez podział jądra zygoty. Uwypuklenie oddziela się przegrodą od płodnicy i wytwarza t. zw. nić sporogeniczną, która może być krótka jak u *Batrachospermum*, albo długa jak u *Lemanea*. Za pierwszą wytwarza się w taki sam sposób druga i t. d. Nici te rozgałęziają się nieraz obficie i tworzą się w ten sposób charakterystyczne pęki albo kłębki (*k*, ryc. 168, *B* i 169, *C*). Jest to pokolenie bezpłciowe, które pasorzytuje na pokoleniu płciowem. Tak samo jak poprzednie, jest ono haploidalne, gdyż przy pierwszym podziale zygoty następuje redukcja chromatyny. Na tem pokoleniu bezpłciowem tworzą się bez żadnych zmian w garniturze chromozomów zarodniki, t. zw. karpospory. Powstają one pojedyńczo w końcowych komórkach i mają normalną u krasnorostów postać, to znaczy są nagie i bez wici. Z karpospor wyrastają osobniki nowego pokolenia płciowego.

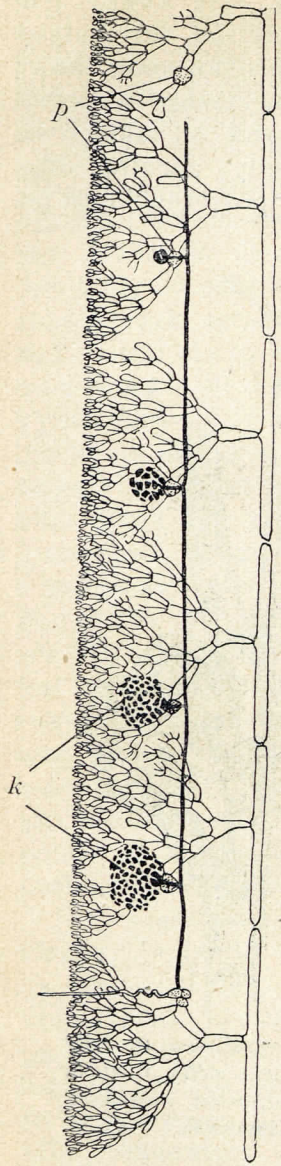
U większej części krasnorostów rodozmian jest bardziej złożony; wchodzą tu w grę nie dwie, ale trzy formy: haploidalna płciowa i dwie diploidalne bezpłciowe. Forma płciowa jest samodzielnie żyjącą rośliną tak samo, jak w poprzednim przypadku. Rozmnaża się ona jednak tylko płciowo w sposób zresztą zasadniczo podobny do opisanego dla *Chantransia* i *Batrachospermum*. Z zygoty tak samo wyrastają nici z karposporami, stanowiące pokolenie bezpłciowe. Ale to pokolenie jest diploidalne, ponieważ przy podziale zygoty redukcja chromatyny nie następuje. Z karpospor wyrasta drugie pokolenie diploidalne i zarazem bezpłciowe, w przeciwieństwie do poprzedniego żyjące samodzielnie. Ma ono postać podobną do pokolenia płciowego i różni się od niego sposobem rozmnażania, które jest bezpłciowe i odbywa się przy pomocy tetraspor. Tetraspory, jak sama ich nazwa wskazuje, tworzą się po cztery w zarodni. Podział zawartości zarodni odbywa się w różny sposób:

równolegle, nakrzyż lub w czworościan (ryc. 175). Zawsze jednak przy pierwszym podziale następuje podział chromatyny i tetraspory zawierają pojedyńczą ilość chromozomów, którą też przekazują pokoleniu płciowemu. Z powyższego wypływa, że rodozmian krasnorostów różni się znacznie od takiego samego zjawiska u większości innych roślin, gdyż garnitur chromozomów nie wystarcza tu dla odróżnienia poszczególnych pokoleń.



Ryc. 175. Tetraspory. — *A Callithamnion corymbosum* (podział czworościenny). Według Thureta. — *B Cruoria stilla* (podział równoległy). Według Kuckucka. — *C Rhodochorton minutissimum* (podział nakrzyż). Według Oltmannsa.

W szczegółach rozmnażanie krasnorostów wykazuje ogromną rozmaitość. Głównem źródłem tych różnic jest udział t. zw. komórek pomocniczych, szczególnych komórek, wyróżniających się obfitą i gęstą zawartością. Zdarza się mianowicie często, że nici sporogeniczne, wyrastające z zygoty, nie tworzą odrazu karpospor, lecz łączą się przedtem z temi komórkami pomocniczemi. To łączenie się nie ma nic wspólnego z zapłod-



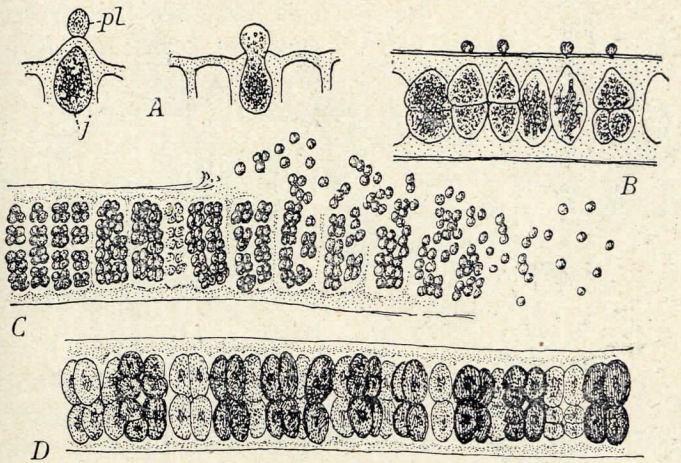
Ryc. 176. *Platoma Bairdii.* Nici sporogeniczne, rosnące w korowej części plechy i wytwarzające pęki gałązek z karposporami *(k)* w miejscach połączenia z komórkami pomocniczemi *(p)*.—Według Kuckucka.

nieniem, gdyż jądra nie zespalają się ze sobą. Rola komórek pomocniczych ogranicza się tylko do odżywiania nici. Nici te kierują się nieraz zdaleka do komórek pomocniczych, jakgdyby były przez nie przywabiane (ryc. 176). Z miejsc połączenia nici z komórkami pomocniczemi wyrastają pęki gałązek z karposporami. Jądra karpospor pochodzą przytem w prostej linji od jądra zygoty za pośrednictwem jąder nici sporogenicznych. Jądra komórek pomocniczych nie przyjmują żadnego udziału w tworzeniu tych jąder. Komórki pomocnicze stanowią twór właściwy wyłącznie krasnorostom, niespotykany u żadnych innych roślin.

Na szczegółach rozmnażania jest oparta klasyfikacja krasnorostów. Poszczególne rzędy, wyróżnione na zasadzie narządów rozrodczych, nie posiadają charakterystycznej budowy części wegetatywnych. Ponieważ ta klasyfikacja nie daje zasadniczo nic ważnego, pominiemy ją. Wspomniemy przy tej sposobności tylko o pewnej odrębnej grupie glonów, która jest często zaliczana do krasnorostów, o *Bangiales.*

Są to glony czerwone, o bardzo prostej, nitkowatej *(Bangia)* albo blaszkowatej *(Porphyra)* budowie. Spotyka się je często w morzach blisko powierzchni wody, czasem nawet nad wodą, na skałach opryskiwanych przez fale. Podobnie jak krasnorosty nie tworzą one pływek, ale ich rozmnażanie płciowe odbywa się inaczej. Rolę płodnicy u *Bangiales* odgrywają pewne komórki plechy, które są nieco większe od normalnych komórek wegetatywnych, ale poza tem niczem się od nich nie różnią, co najwyżej tworzą lekkie wypukłości na powierzchni plechy (ryc. 177). Te wypukłości można uważać za zredukowany włostek, którego tu niema.

Rolę plemni odgrywają komórki, nie różniące się niczem od komórek wegetatywnych. Zawartość ich dzieli się na wielką (dochodzącą do 64) ilość drobnych, nagich plemników. Plemniki te nie mają wici i biernie unoszone przez wodę dostają się w pobliże narządów żeńskich. Tam umocowują się one na powierzchni plechy naprzeciwko komórek, odgrywających rolę płodnicy, i otaczają się błoną. Błona, oddzielająca plemnik od komórki jajowej, zostaje przedziurawiona i zawartość plemnika przechodzi do wnętrza, dokonując zapłodnienia. Zygota wychodzi nazewnątrz w postaci nagiej komórki, która otacza się błoną, i przez podział wytwarza nową roślinę. Częściej dzieje się inaczej: zygota dzieli się na cztery lub osiem



Ryc. 177. *A Erythrotrichia obscura.* Zapłodnienie; *pl* plemnik, *j* jaje. — *B Porphyra leucosticta.* Kawałek plechy z lęgniami w przekroju. — *C Porphyra laciniata.* Kawałek plechy z plemniami. — *D Porphyra laciniata.* Część plechy z karposporami. — Według Bertholda i Reinkego.

karpospor i każda taka część osobno opuszcza macierzystą roślinę. W którem stadjum odbywa się tu redukcja chromatyny, niewiadomo. Oprócz tego odbywa się rozmnażanie bezpłciowe przy pomocy monospor. Rozmieszczenie narządów rozrodczych jest u tych roślin bardzo różne. U *Porphyra leucosticta* wszystkie narządy znajdują się na tych samych osobnikach. U innych gatunków tego samego rodzaju oraz w innych rodzajach występują oddzielne osobniki z monosporami, plemniami i lęgniami. W tym ostatnim przypadku możliwy jest rodozmian, którego jednak dotąd nie stwierdzono. Reasumując, widzimy, że *Bangiales* różnią się od krasnorostów brakiem

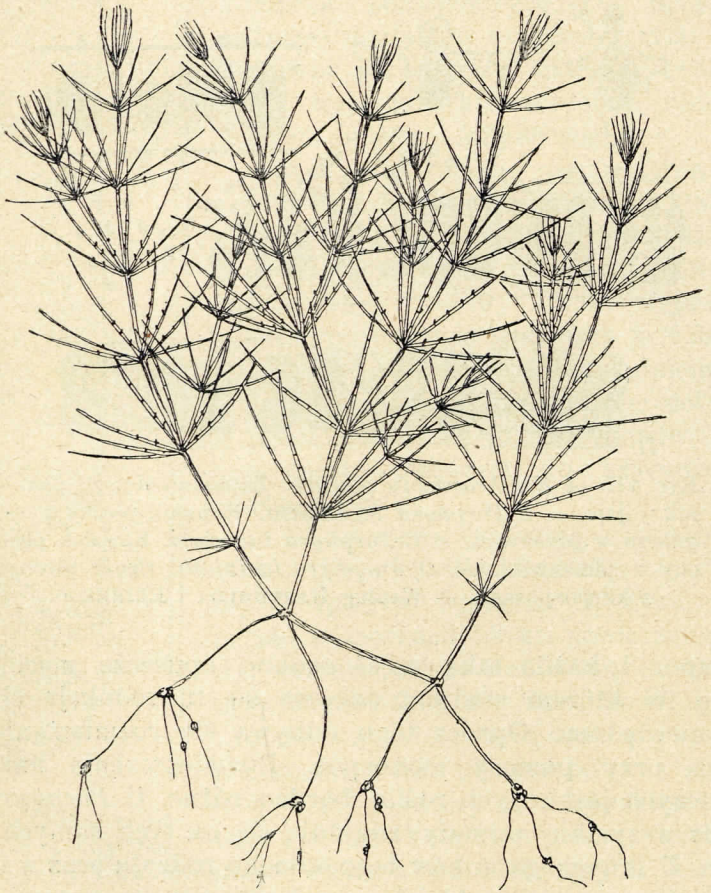
włostka, nici sporogenicznych i prawdopodobnie także brakiem rodozmianu.

Kopalne krasnorosty są znane począwszy od węgla. Naturalnie przechowują się tylko formy o zwapniałej błonie. *Lithotamnion* tworzy w trzeciorzędzie skały wapienne.

ROZDZIAŁ XI

RAMIENICE

51. Budowa plechy. Ramienice *(Charales)* jest to niewielka grupa glonów z zielonemi chloroplastami, spotykanych czę-

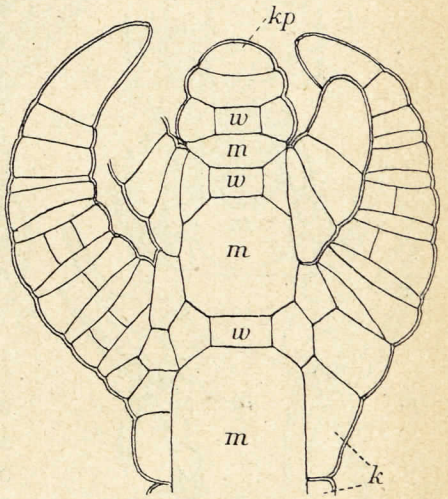


Ryc. 178. *Chara fragifera.* Pokrój. — Według Migueli.

sto w wodach stojących, słodkich i słonawych. Z powodu zielonej barwy chloroplastów zalicza się je nieraz do zielenic. Jed-

nakże zarówno budowa plechy, jak i rozmnażanie tych glonów nie mają nic wspólnego z analogicznemi cechami zielenic i dlatego najlepiej traktować tę grupę glonów jako osobną gromadę.

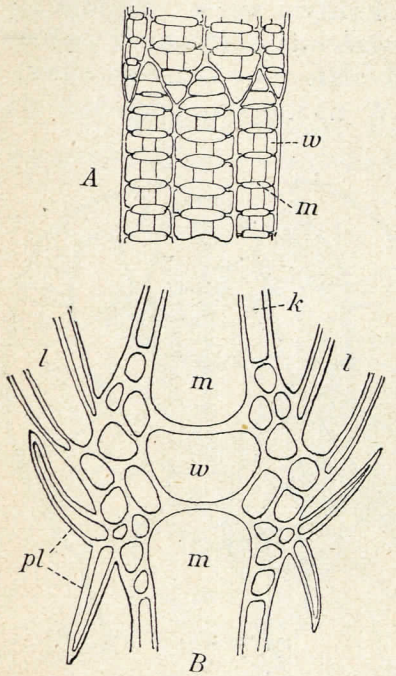
Pokrojem swoim ramienice przypominają żywo wyższe rośliny z ich korzeniami, łodygami i liśćmi (ryc. 178). W łodygach, których wysokość może dochodzić do jednego metra, można wyróżnić węzły i międzywęźla; na każdym węźle znajduje się okółek, złożony z 6 albo 8 liści, a właściwie skróconych pędów. Z dolnej części pędów odchodzą nitkowate niby-korzenie, chwytniki, zagłębiające się w podłożu. W niektórych miejscach na chwytnikach tworzą się charakterystyczne bulwki.



Ryc. 179. *Chara fragilis.* Przekrój podłużny szczytu pędu; *kp* komórka początkowa, *w* węzeł, *m* międzywęźle, *k* kora. — Według Sachsa.

Budowa anatomiczna ramienic jest tak samo geometrycznie prawidłowa, jak ich kształt zewnętrzny. Główną częścią zarówno łodyg, jak i liści jest nić złożona z krótkich komórek węzłowych i długich międzywęźlowych. Jedne i drugie powstają przez podział dużej komórki szczytowej (ryc. 179). Komórki międzywęźlowe nie dzielą się dalej, tylko się wydłużają. Natomiast komórki węzłowe odcinają na obwodzie 6 albo 8 komórek, z których wyrastają liście. Z pachwiny najstarszego liścia wyrasta gałąź, która tak samo wytwarza okółki liści. Z podstawy każdego liścia, z wyjątkiem najstarszego, wyrastają ku górze i ku dołowi nici korowe (ryc. 179, *k*); z najstarszego liścia wyrasta tylko nić dolna. Nici te rosną wzdłuż międzywęźla, przylegając do niego szczelnie, i tworzą charakterystyczne okorowanie. W połowie międzywęźla spotykają się one ze sobą i z powodu naprzemianległego ustawienia okółków liściowych każda dolna nić wpada pomiędzy dwie górne i odwrotnie (ryc. 180, *A*). Nici kory rosną w miarę wydłużania się międzywęźla i dzielą się na komórki węzłowe i międzywęźlowe (ryc. 180, *A*). Komórki węzłowe dzielą się dalej i w ten sposób powstaje złożona tkanka korowa. Liście mają taką samą budowę jak łodyga, tylko wzrost ich jest ogra-

niczony. W pewnych przypadkach rozgałęziają się one, tworząc okółki krótkich „listków“. Okółki te jednak są naprzeciwległe i dlatego nici kory na liściach idą naprzeciwko siebie (ryc. 181, *A*). Taka jest normalna budowa wegetatywna tych ciekawych roślin, charakterystyczna między innemi dla rodzaju *Chara*. Są od niej rozmaite odchylenia, których opisywać nie będziemy. Wspomniemy tylko o tem, że w rodzaju *Nitella* niema okorowania.



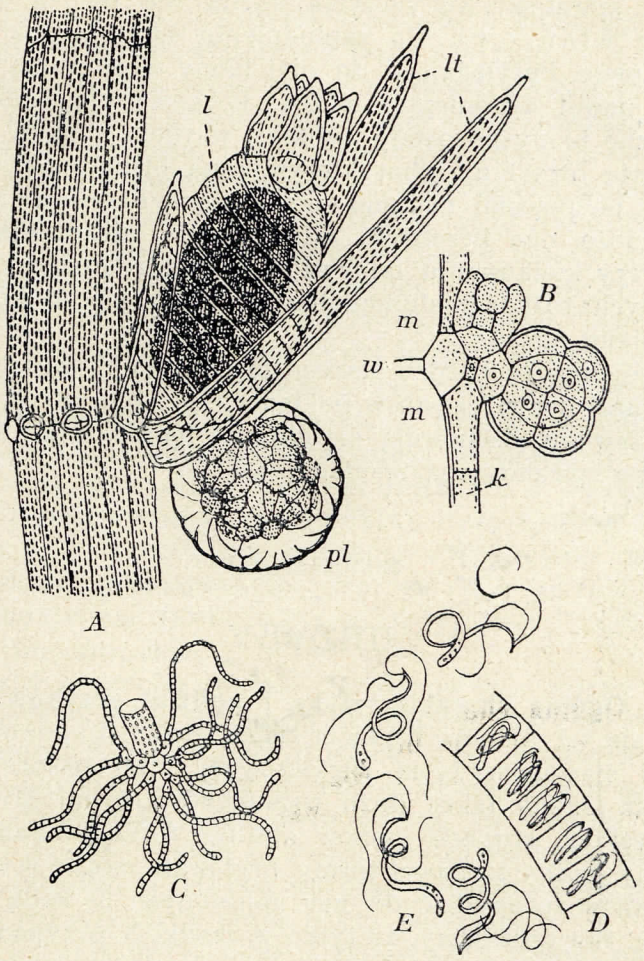
Ryc. 180. *A Chara fragilis.* Młode okorowanie środkowej części międzywęźla; *w* komórki węzłowe nici okorowania, *m* ich komórki międzywęźlowe. Według Sachsa. *B Chara hispida.* Przekrój podłużny węzła; *w* węzeł, *m* międzywęźle, *k* kora, *l* liście, *pl* przylistki. — Według Migueli.

Co się tyczy zawartości komórek, to są one z reguły jednojądrowe, tylko silnie wydłużone komórki międzywęźlowe są wielojądrowe. W tym ostatnim przypadku jądra pomnażają się przez podział bezpośredni (por. ryc. 24). Chloroplasty są liczne i drobne, bez pirenoidów, ułożone zwykle w prawidłowe szeregi.

52. Rozmnażanie. Ramienice rozmnażają się tylko płciowo. Odnośne narządy tworzą się na węzłach liści, na ich stronie zwróconej ku łodydze. Zazwyczaj narządy męskie i żeńskie występują na tych samych okazach i na węźle tworzy się jedna plemnia i jedna lęgnia (ryc. 181). Plemnie zajmują miejsce listków, lęgnie miejsce gałęzi w pachwinie odnośnych listków.

Budowa tych narządów jest bardzo złożona. Plemnie mają kształt kulisty i składają się z ośmiu trójkątnych tarczek. Blaszka tarczki jest płaską komórką, wielkich jak na pojedyńczą komórkę rozmiarów z niekompletnemi przegrodami, które odchodzą od brzegów i skierowują się ku środkowi. Trzonek ma na końcu wieniec drobnych komórek, od których odchodzi 24 nici, będących właściwemi plemniami. Wnętrze plemni jest wypełnione temi nićmi. W każdej komórce takich nici tworzy się pojedyńczy plemnik

bardzo charakterystycznej postaci, niespotykanej poza tem wśród glonów, natomiast bardzo podobny do plemników mszaków (ryc. 181, *E*). Plemniki te mają kształt laseczki spiralnie



Ryc. 181. *A Chara fragilis.* Kawałek liścia z plemnią *(pl)* i lęgnią *(l)*, naokoło nich listki *(lt)*. — *B Chara fragilis.* Przekrój podłużny tegoż w stanie młodym: *w* węzeł, *m* międzywęźle, *k* nici okorowania. — *C Nitella flexilis.* Trzonek tarczki z plemni. — *D Nitella flexilis.* Część nici z plemnikami w silnem powiększeniu. — *E Nitella flexilis.* Plemniki. — Według Sachsa.

skręconej z dwiema wiciami na cieńszym końcu. Rzecz ciekawa, składają się one prawie całkowicie z jądra, z bardzo małemi resztkami protoplazmy.

Lęgnia ma także postać bardzo charakterystyczną, spowodowaną przez okorowanie. Z podstawowej komórki lęgni (ryc. 181, *A* i *B*) wyrasta pięć nici, które ją oplatają, skręcając się przytem spiralnie. Na szczycie każda nić odcina specjalną komórkę wieńcową. Po zapłodnieniu błona lęgni grubieje i brunatnieje. Przylegające do niej błony okorowania grubieją także, a nawet drewnieją a może i korkowacieją, podczas gdy zewnętrzne błony pozostają cienkie i wkrótce giną. W ten sposób zygota otrzymuje charakterystyczną brunatną powłokę ze spiralnie biegnącemi naokoło niej śladami okorowania. W tym stanie może ona przetrwać dłuższy czas niesprzyjające warunki. Przy kiełkowaniu odbywa się zaraz redukcja chromatyny. W tych roślinach diploidalną komórką jest tylko zygota. Rodozmianu niema.

Ramienice są bardzo staremi organizmami. Resztki ich są znajdowane dosyć często w pokładach geologicznych, począwszy od dewonu. Zachowują się głównie lęgnie, łatwe do rozpoznania po spiralnej ornamentacji.

ROZDZIAŁ XII

GRZYBY

53. Ogólna charakterystyka i podział grzybów. Grzyby różnią się od glonów brakiem ciałek zieleni i spowodowanym przezeń sposobem życia roztoczowym albo pasorzytniczym. Mają one jednak także dużo wspólnego z niemi. Widzieliśmy we wszystkich grupach glonów obfitość form nitkowatych. Widzieliśmy nadto, że nawet formy bryłowate można w większości przypadków sprowadzić do nici splecionych ze sobą albo zrośniętych. Stwierdziliśmy, że tylko w rzadkich przypadkach występują u glonów prawdziwe tkanki, powstające przez podział komórek początkowych. U grzybów znajdujemy stosunki podobne, ale daleko bardziej krańcowe: nitkowata budowa jest zawsze bardzo wyraźna i tkanki prawdziwe są zjawiskiem zupełnie wyjątkowem.

Nitkowate części składowe grzybów noszą nazwę strzępek (hyphae). Są one podzielone na odcinki poprzecznemi przegrodami; tylko pleśniaki takich przegród nie mają. Jeżeli strzępki są podzielone, każdy odcinek zawiera jedno, dwa albo większą, nieokreśloną ilość jąder. W strzępkach, nie mających przegród, ilość jąder jest zawsze bardzo duża. Błona komórkowa u grzybów składa się przeważnie nie z błonnika, lecz z chityny, substancji azotowej bardzo rozpowszechnionej w państwie zwierzęcem, u roślin poza grzybami niespotykanej. Co do zawartości komórek zasługuje na uwagę brak skrobi, natomiast częste występowanie glikogenu, tłuszczów i wolutyny, a także osobliwych barwików, właściwych tylko grzybom.

Strzępki tworzą luźne sploty na powierzchni albo w głębi podłoża, na którem grzyby żyją. Takie sploty, niezmiernie dla nich charakterystyczne, noszą nazwę grzybni (mycelium). Są grzyby, które innych postaci nie przybierają; o ile są roztoczami, nazywają się one pleśniami, czego nie należy utożsamiać z pleśniakami, bo tylko część pleśni należy do grupy pleśniaków. Najczęściej jednak strzępki tworzą oprócz grzybni, której nigdy nie braknie u typowych grzybów, jeszcze inne ciała bardziej zwarte, czasem nawet bardzo spoiste lub zgoła twarde. Są to przedewszystkiem t. zw. owocniki, w których wytwarzają się narządy rozmnażania. Części owocników, nie zawierające tych narządów, otrzymują w pewnych grupach osobne nazwy: stroma, receptaculum i t. d. Następnie należą tu przetrwalniki (sclerotia), ciała złożone ze zwartych strzępek, pozwalające grzybom wytrzymywać niesprzyjające warunki zewnętrzne. Ze strzępek ściśle ze sobą splecionych składają się także rhizomorfy, twory podobne do korzeni i niektóre inne.

Grzyby w przeciwieństwie do glonów są z reguły roślinami lądowemi, chociaż wymagają dla swojego rozwoju wilgotnego powietrza. Nieliczne formy wodne żyją prawie wyłącznie w wodzie słodkiej: grzyby w morzu są zjawiskiem zgoła wyjątkowem. W związku z tem rozmnażanie ich odbywa się inaczej niż u glonów. Pływki są u nich zjawiskiem rzadkiem a rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przy pomocy obłonionych zarodników, roznoszonych przez prądy powietrza.

Grzyby żyją wolno albo w symbiozie z innemi roślinami: wyższemi (mikorhizy) albo niższemi (porosty).

Rozmnażanie płciowe odbywa się przeważnie w szczególny sposób, niespotykany u innych roślin, co będzie wyjaśnione poniżej. Chromatyna w jądrze zygoty ulega redukcji zaraz przy pierwszym podziale. Wszystkie jądra poza jądrem zygoty są haploidalne. Jedynemi wyjątkami z tego prawidła są: *Plasmodiophora Brassicae* i *Allomyces javanicus*.

U wielu grzybów daje się stwierdzić mniej lub więcej wyraźny rodozmian.

Poza tem spotyka się u grzybów rozmnażanie wegetatywne: odcinki strzępek mogą oddzielać się, tworząc t. zw. oidja, z których wyrastają nowe grzybnie. Takie odcinki czasem otaczają się grubemi błonami i kiełkują dopiero po pewnym okresie spoczynku: są to gemmy. Zbliżone do wegetatywnego jest rozmnażanie przez konidja: wtedy strzępki oddzielają na końcu przez przewężenie jedną za drugą drobne komórki, grające rolę zarodników. Konidja są bardzo częstem zjawiskiem w wielu grupach grzybów.

Grzyby dzielą się na cztery gromady: pleśniaki *(Phycomycetes)*, workowce *(Ascomycetes)*, podstawczaki *(Basidiomycetes)* i grzyby niedoskonałe *(Fungi imperfecti)*.

1. Pleśniaki różnią się pod wieloma względami od wszystkich innych grzybów. Ich strzępki nie mają przegród poprzecznych, które zjawiają się tylko przy tworzeniu narządów rozrodczych, podczas gdy u wszystkich innych grzybów strzępki są podzielone. Tylko u pleśniaków spotyka się formy wodne z pływkami. Rozmnażanie płciowe odbywa się w sposób zwykły: a mianowicie podczas zapłodnienia łączenie się protoplazm (plazmogamja) odbywa się jednocześnie z łączeniem się jąder (karjogamja). Tymczasem u innych grzybów karjogamja następuje z reguły później od plazmogamji i w innem miejscu; jądra złączonych gamet pozostają dłuższy czas niepołączone, lecz są tylko ustawione obok siebie, jako jądra sprzężone (dikarjonty). Jądra dikarjontów odznaczają się tem, że dzielą się jednocześnie. Z powodu tych różnic pozostałe grzyby często są przeciwstawiane pleśniakom, jako *Eumycetes*. Zarodniki tworzą się u pleśniaków w nieokreślonej ilości i zawartość zarodni zużywa się przytem całkowicie.

2. Workowce charakteryzują się sposobem wytwarzania zarodników, t. zw. askospor, które tworzą się w określonej ilości (przeważnie po 8) w specjalnych zarodniach, t. zw. workach (asci). W workach pozostaje część zawartości niezużyta w formie cieczy, w której pływają askospory. Charakterystyczną cechą workowców jest nadto wielka obfitość konidjów.

3. Podstawczaki charakteryzują się także sposobem wytwarzania zarodników, które tu noszą nazwę bazydjospor i tworzą się w określonej ilości (przeważnie po 4) na specjalnych strzępkach, t. zw. podstawkach (basidii) przez pączkowanie. Konidja u podstawczaków są o wiele rzadsze niż u workowców.

4. Grzyby niedoskonałe są to formy konidjalne workowców, rzadziej podstawczaków, u których płciowość zanikła.

W stanie kopalnym grzyby przedstawiają się niewyraźnie z powodu delikatności ich ciała. Są one znane od karbonu.

Dla bliższego zaznajomienia się z grzybami można skorzystać z dzieła:

Gäumann E. Vergleichende Morphologie der Pilze (Jena 1926).

ROZDZIAŁ XIII

PLEŚNIAKI

54. Charakterystyka i podział. Jak to już było zaznaczone w poprzednim rozdziale, plecha pleśniaków przedstawia się jako jeden wielki komórczak, zawierający protoplazmę z licznemi jądrami bez przegród poprzecznych. U najniższych form plecha ma postać nagich jednojądrowych mas protoplazmatycznych. Po większej jednak części plecha jest obłoniona i wykształcona w formie cienkich, walcowatych, obficie rozgałęzionych strzępek. Te strzępki nie splatają się ze sobą zbyt ściśle i tworzą tylko luźne przypominające wojłok sploty, t. zn. grzybnię. Ani owocników, ani przetrwalników pleśniaki nie tworzą. Pewna część pleśniaków żyje w wodzie. Te formy rozmnażają się na podobieństwo glonów przy pomocy pływek, które poza tem u grzybów nie występują nigdzie. Formy lądowe pleśniaków pływek nie tworzą i rozmnażają się przy pomocy obłonionych zarodników. Pomiędzy formami wodnemi a lądowemi są bardzo ciekawe przejścia.

Pleśniaki dzielą się na pięć rzędów, których cechy można zestawić w następującej tabeli:

A) Nagie jednojądrowe rośliny, bez grzybni. Gamety ruchome. *Archimycetes.*

B) Wyraźna, obłoniona, wielojądrowa grzybnia.

  a) Rodozmian. Heterogamja z ruchomemi gametami. *Blastocladiales.*

  b) Bez rodozmianu.

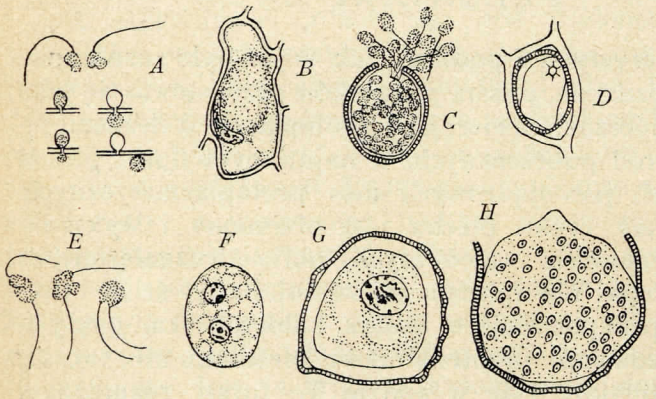
    α) Oogamja z ruchomemi plemnikami. *Monoblepharidales.*

    β) Gamety nieruchome.

      I Oogamja. *Oomycetes.*

      II Izogamja. *Zygomycetes.*

55. Archimycetes. Typową formą tego rzędu jest *Olpidium*. W najlepiej znanym japońskim gatunku *O. Viciae* (ryc. 182) cykl rozwojowy przedstawia się następująco. Jednojądrowa pływka o jednej wici osiada na żywicielu, którym jest pewien gatunek wyki *(Vicia unijuga)*, traci wić i otacza się błoną. Następnie naga zawartość jej przebija błonę skórki i wchodzi do wnętrza komórki. Tam plecha rozrasta się, poczem jądro ulega wielokrotnemu podziałowi, protoplazma otacza się błoną i z plechy tworzy się zarodnia, z której wychodzą pływki. Pływki mogą odrazu wchodzić do żywiciela, ale w pewnych warunkach są czynne jako gamety. Wtedy łączą się i tworzą zygoty o dwóch wiciach. Te wchodzą do żywiciela w podobny sposób jak bezpłciowe pływki. Tam plecha rozrasta się i otacza się podwójną błoną i staje się komórką przetrwalnikową. Kiełkowanie odbywa się dopiero następnej wiosny. Wtedy jądra, które przez ten cały czas zachowywały swoją odrębność, łączą się. Po kilku dniach następuje wielokrotny podział powstałego w ten sposób diploidalnego jądra. Pierwszy podział jest prawdopodobnie redukcyjny. Tworzą się liczne pływki, które wydostają się nazewnątrz. Ciekawy jest tu chwiejny charakter pływek, które mogą być czynne, jako zarodniki i jako gamety. Jest to zjawisko częste u *Archimycetes*.

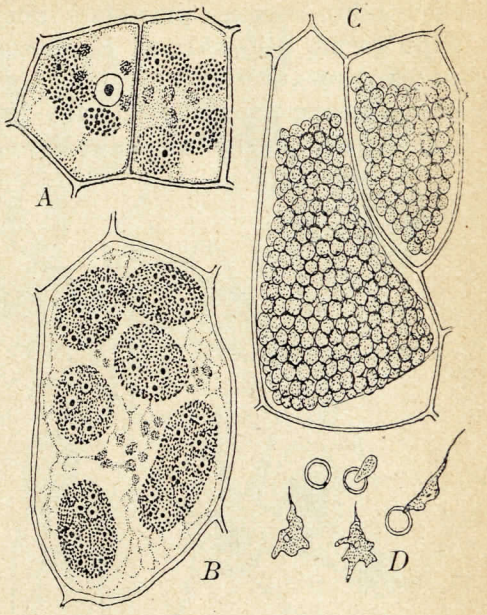


Ryc. 182. *Olpidium Viciae*. — *A* Pływki i ich przenikanie do żywiciela. — *B* Naga plecha *Olpidium* w komórce żywiciela. — *C* Kiełkująca zarodnia. — *D* Opróżniona zarodnia. — *E* Zespalanie się pływek. — *F* Zygota z niepołączonemi jeszcze jądrami. — *G* Dojrzała zygota. — *H* Kiełkująca zygota. — Według Kusano.

Podobny, tylko nieco bardziej złożony, cykl rozwojowy ma *Synchytrium endobioticum*, groźny pasorzyt ziemniaków, powodujący t. zw. raka ziemniaczanego.

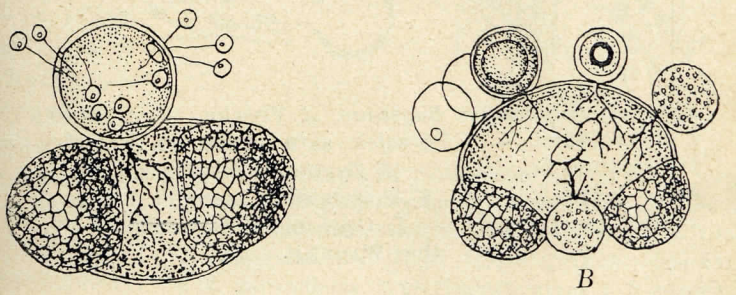
Do *Archimycetes* zalicza się także pasorzyt kapusty *Plasmodiophora Brassicae* (ryc. 183), powodujący przerosty w korzeniach żywiciela. Naga plecha żyje w komórkach korzenia.

Z początku jednojądrowa staje się później wielojądrową w miarę rozrastania się, przyczem osobniki, znajdujące się w tej samej komórce żywiciela, mogą zlewać się. Jądra są diploidalne. Plecha ta rozpada się wkońcu na liczne obłonione zarodniki. Przy tworzeniu ich następuje redukcja chromatyny. Są to komórki przetrwalnikowe, które wydostają się nazewnątrz skutkiem gnicia korzeni. Z nich wychodzą haploidalne ameboidalne pływki o jednej wici, które łączą się w diploidalne ameby. Ameby wchodzą do komórek żywiciela. Roślina ta wykazuje zatem wielkie podobieństwo do śluzowców; różni się od nich błonami zarodników, które są chitynowe.



Ryc. 183. *Plasmodiophora Brassicae*. *A* i *B* Komórki żywiciela z plechą pasorzyta. — *C* Komórki żywiciela z zarodnikami pasorzyta. — *D* Kiełkowanie zarodników. — *A* i *B* według Nawaszina, *C* i *D* według Woronina.

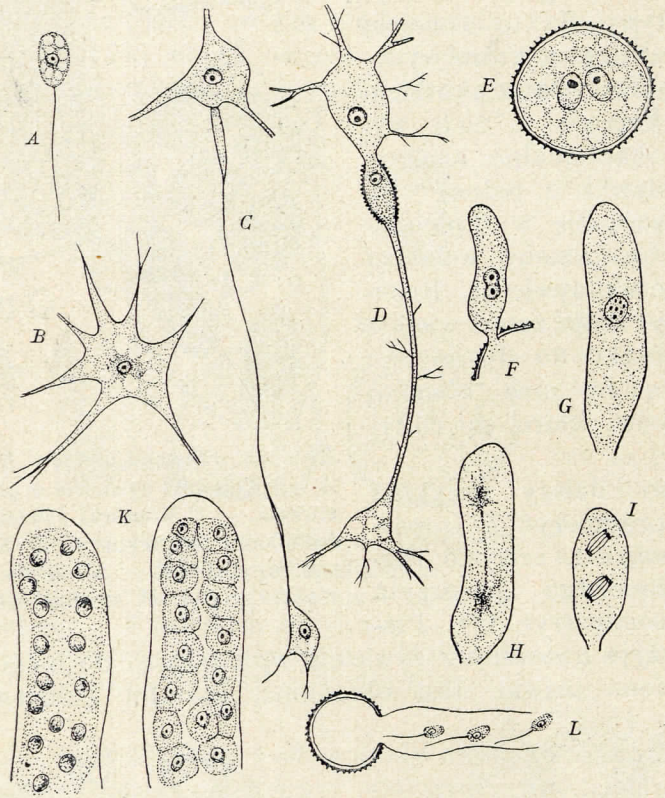
Jako dalszy przykład można przytoczyć *Rhizophidium pollinis*, szeroko rozpowszechnionego pasorzyta pyłków sosny (ryc. 184). Plecha tu żyje nazewnątrz żywiciela, wpuszczając do niego tylko rozgałęzione ssawki. Jest obłoniona, kształtu kulistego. Zamienia się ona w całości w zarodnię, z której wychodzą jednowiciowe pływki. Są także zarodnie przetrwalnikowe o grubej



Ryc. 184. *Rhizophidium pollinis*. *A* zarodnie normalne. — *B* Zarodnie normalne i przetrwalnikowe. — Według Zopfa.

błonie. Tworzą się one prawdopodobnie po zapłodnieniu, w sposób podobny do *Olpidium*, ale to nie jest dowiedzione.

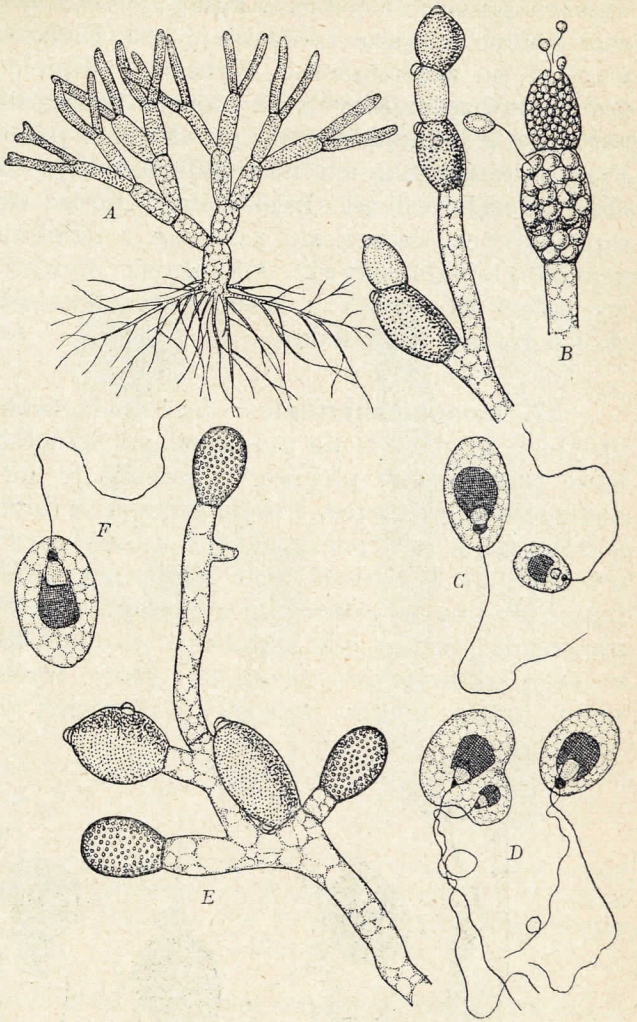
Jako ostatni przykład przytoczę silnie odbiegającą od typu formę *Polyphagus Euglenae* (ryc. 185), zbadaną najpierw przez Nowakowskiego. Jest to pasorzyt, który wysysa *Euglenę* zapomocą nitkowatych odgałęzień, wyrastających z jednojądrowej plechy nieprawidłowego kształtu. Mamy tu zaczą-



Ryc. 185. *Polyphagus Euglenae*. *A* Pływka. — *B* Plecha z nibynóżkami. — *C* Początek aktu płciowego. — *D* Dalsze stadjum tego aktu. — *E* Zygota z niepołączonemi jeszcze jądrami. — *F—K* Powstawanie zarodni i pływek z kiełkującej zygoty. — *L* Opróżniona zarodnia. — Według Wagera.

tek obłonionej grzybni. Roślina ta jest rozdzielnopłciowa. Akt płciowy odbywa się w ten sposób, że osobnik męski wypuszcza długą strzępkę, która przyrasta do osobnika żeńskiego, odznaczającego się większemi rozmiarami. Strzępka ta nabrzmiewa na końcu. Do nabrzmienia przechodzi jądro męskie, a potem

i żeńskie. Zygota otacza się mocną błoną i zawiera oba jądra niepołączone. Jest to stadjum przetrwalnikowe. Przy kiełkowaniu wyrasta z zygoty woreczek, do którego przechodzą oba jądra. Następuje połączenie tych jąder i zaraz podział, prawdopodobnie redukcyjny. Ostatecznie zawartość woreczka dzieli się na wielką ilość jednowiciowych pływek. W podobny sposób mogą tworzyć się zarodnie z pływkami także bez zapłodnienia z plechy przez uwypuklenie.

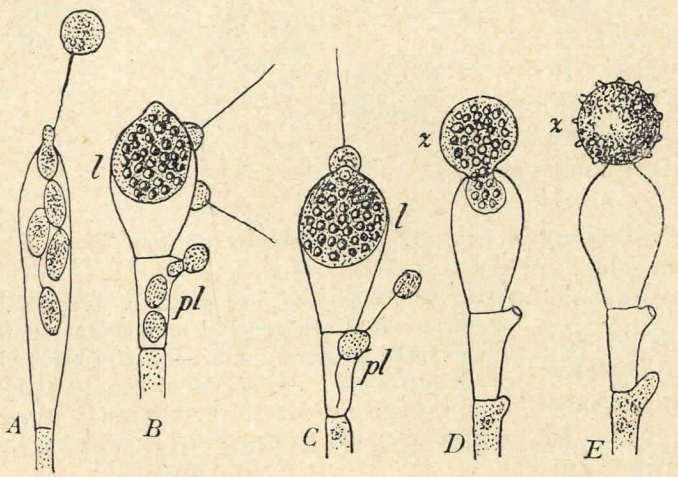


Ryc. 186. *Allomyces javanicus*. *A* Grzybnia wegetatywna. — *B* Część grzybni haploidalnej z męskiemi i żeńskiemi gametangjami. — *C* Gamety obu płci. — *D* Zapłodnienie. — *E* Część grzybni diploidalnej z 3 zarodniami przetrwalnikowemi i 2 zarodniami czynnemi (z dziobkiem). — *F* Pływka bezpłciowa. — Według Kniepa.

56. Blastocladiales. Do tego rzędu należy tylko *Allomyces javanicus* (ryc. 186), jedyny przedstawiciel gromady *Phycomycetes*, wykazujący rodozmian. Jest to roztocz, rosnący na wilgotnej glebie. Jego strzępki mają przegrody, ale w nich są otwory, przez które protoplazma i jądra mogą swobodnie przechodzić. Na końcach strzępek przegrody bez otworów odcinają gametangja dwojakiego rodzaju.

Z mniejszych wychodzą męskie ruchome, jednojądrowe gamety o pojedyńczych wiciach, z większych — podobne, ale większe gamety żeńskie. Zygoty początkowo zachowują obie wici, potem je tracą i obłaniają się. Kiełkowanie odbywa się wkrótce po zapłodnieniu. Wyrastają diploidalne rośliny, podobne do haploidalnych, na których tworzą się przetrwalnikowe zarodnie z jednojądrowemi pływkami o pojedyńczych wiciach. Przy powstawaniu ich następuje redukcja chromatyny. Wyrastają z nich osobniki haploidalne. Oprócz tego na osobnikach diploidalnych tworzą się zarodnie z dziobkiem, wytwarzające zaraz diploidalne pływki. Jakkolwiek pływki te nie różnią się wyglądem od pływek z zarodni przetrwalnikowych, wyrastają z nich rośliny diploidalne.

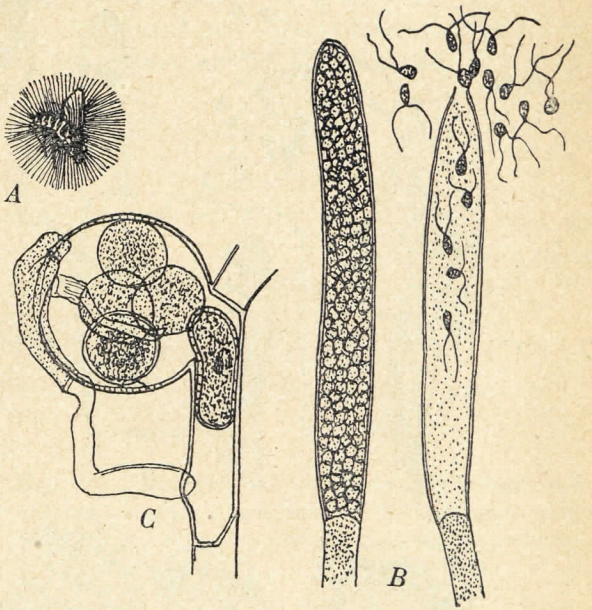
57. Monoblepharidales. Jest to nieliczna grupa wodnych grzybów, żywiących się gnijącemi substancjami. Mają one ciekawe rozmnażanie płciowe. Opiszemy je na przykładzie *Monoblepharis sphaerica*. Pewne strzępki nabrzmiewają na końcu i, oddzielając się przegrodą od reszty grzybni, tworzą lęgnie (ryc. 187, *B*). Zawartość lęgni skupia się, tworząc jednojądrowe jaje. Położona bezpośrednio pod lęgnią część strzępki zamienia się na plemnię, nie zmieniając swojego kształtu. Tworzą się w niej jednowiciowe plemniki, które wychodzą nazewnątrz przez krótki boczny wyrostek w górnej części plemni. Po



Ryc. 187. *A Monoblepharis macrandra*. Zarodnia z pływkami. — *B—E Monoblepharis sphaerica*. Zapłodnienie i tworzenie się zygoty; *l* lęgnia, *pl* plemnia, *z* zygota. — Według Woronina.

zapłodnieniu zygota wychodzi z lęgni i umocowuje się u wylotu, wytwarzając na swojej powierzchni grubą, brodawkowatą błonę. *Monoblepharidales* rozmnażają się także bezpłciowo: pływki są zupełnie podobne do plemników (ryc. 187, *A*).

58. Oomycetes. W tym rzędzie daje się obserwować bardzo wyraźnie przejście od wodnego sposobu życia do lądowego. Odbija się to zwłaszcza w wykształceniu organów rozrodczych, służących do rozmnażania bezpłciowego. Są to komórki, które tworzą się na podobieństwo konidjów, odcinając się pojedyńczo lub sznurami w większej ilości na końcach strzępek. U form wodnych grają one rolę zoosporangjów. U pewnej części form lądowych wytwarzają także pływki, ale oprócz tego mogą kiełkować bezpośrednio, dając odrazu grzybnię. Wreszcie u pozostałych form lądowych tracą te zarodnie zdolność wytwarzania pływek i odgrywają rolę obłonionych zarodników.

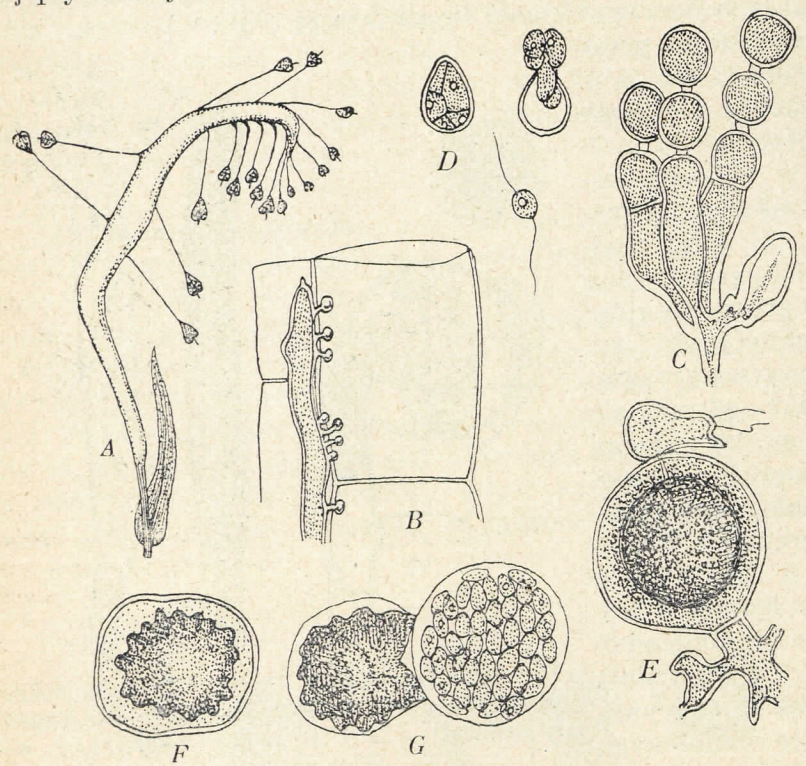


Ryc. 188. *Saprolegnia Thureti*. *A* Mucha pokryta grzybnią. — *B* Zoosporangja. — *C* Lęgnia z plemnią. — *A* i *B* według Thureta, *C* według de Bary.

To przejście od życia w wodzie do życia na lądzie prześledzimy na szeregu przykładów, rozpoczynając od rodzaju *Saprolegnia*. Do tego rodzaju należą wodne grzyby, żyjące na żywych albo martwych zwierzętach wodnych: rybach, owadach, rakach i t. d. Najprostszym sposobem otrzymania kultury tych grzybów jest użycie martwych owadów. Wystarczy położyć świeżo zabite muchy na powierzchnię wody zaczerpniętej z bagna albo stawu, ażeby się na nich wytworzyła grzybnia, złożona ze strzępek ułożonych promienisto (ryc. 188, *A*). Końce tych strzępek lekko nabrzmiewają, przybierają kształt maczugowaty i, odcinając się poprzeczną ścianką od reszty grzybni,

*

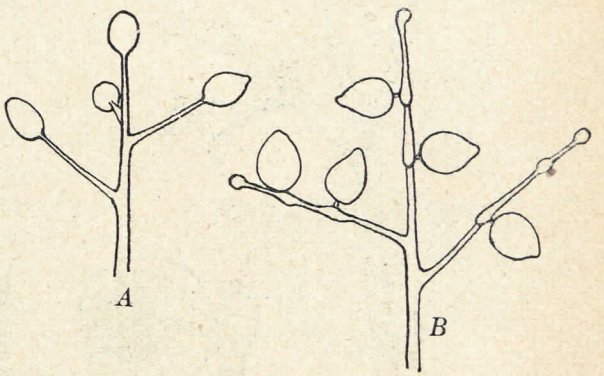
zamieniają się w zoosporangja. Dwuwiciowe pływki wychodzą z nich przez otwór na szczycie (ryc. 188, *B*). Rozwój tych pływek jest bardzo ciekawy: pływają one przez pewien czas, potem zatrzymują się i otaczają się błoną. Z takich nieruchomych obłonionych pływek zawartość wychodzi po pewnym czasie w postaci pływek innego typu, różniących się od poprzednich bocznem umocowaniem wici. Dopiero ten drugi rodzaj pływek wytwarza grzybnię. Rozmnażanie płciowe odbywa



Ryc. 189. *Albugo candida*. *A* Kwiatostan tasznika *(Capsella Bursa pastoris)* porażony grzybem. — *B* Strzępka z ssawkami. — *C* Sznury konidjów. — *D* Wytwarzanie pływek w konidjach. — *E* Lęgnia z plemnią. — *F* Zygota. — *G* Kiełkowanie zygoty. — *A* według Wettsteina, *B*—*G* według de Bary.

się u *Saprolegnia* przy pomocy kulistych lęgni, zawierających kilka jednojądrowych jaj. Rolę plemni odgrywa specjalna strzępka, wyrastająca z bliższej lub dalszej części grzybni. Końcowa część tej strzępki, przylegająca do lęgni, odcina się poprzeczną przegrodą. Zawartość wytworzonej w ten sposób plemni nie dzieli się na odrębne męskie gamety i stanowi jedną cenogametę. Z plemni wyrastają rurkowate odgałęzienia, które kierują się ku jajom i wpuszczają do każdego z nich jedno jądro wraz z pewną częścią protoplazmy. Zygota otacza się grubą błoną i stanowi stadjum przetrwalnikowe. Przy kiełkowaniu wytwarzają się pływki, z których wyrasta grzybnia.

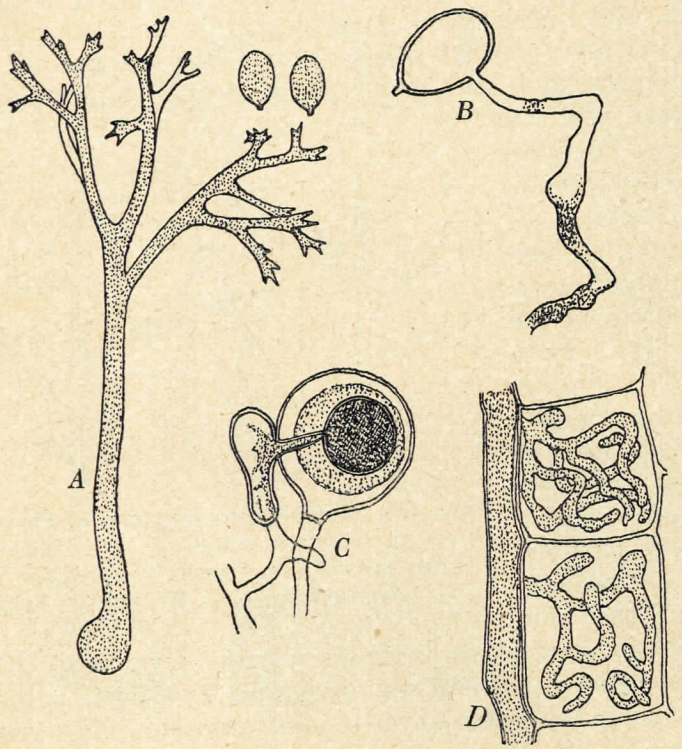
Drugim przykładem, który rozpatrzymy, będzie *Albugo candida*, bardzo rozpowszechniony pasorzyt roślin z rodziny krzyżowatych *(Cruciferae)*, u których powoduje rozmaite zniekształcenia (ryc. 189, *A*). Grzybnia jego mieści się w przestworach międzykomórkowych, wpuszczając do komórek tylko krótkie ssawki (ryc. 189, *B*). Rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przy pomocy konidjów, które tworzą się pod skórką żywiciela w postaci sznurów paciorków. Po przerwaniu skórki konidja wydostają się nazewnątrz, pokrywając białym mącznistym nalotem porażone części żywiciela. Te konidja są tylko szczególną formą zoosporangjów, albowiem nie dają bezpośrednio nowej grzybni, lecz, o ile zostaną zwilżone rosą albo deszczem, wytwarzają dwuwiciowe pływki (ryc. 189, *D*). Rozmnażanie płciowe odbywa się wewnątrz żywiciela. Lęgnia zawiera tylko jedno jednojądrowe jaje, otoczone niezużytą protoplazmą. Zygota otacza się, jak zwykle, grubą brodawkowatą błoną. Przy kiełkowaniu wytwarzają się liczne pływki (ryc. 189, *G*).



Ryc. 190. *Phytophthora infestans*. *A* Pierwsze konidja na szczytach gałązek. — *B* Późniejszy stan rzeczy, spowodowany przez sympodjalne rozgałęzienie strzępek. — Według de Bary.

U *Phytophthora infestans*, groźnego pasorzyta ziemniaków, znajdujemy stosunki podobne, ale konidja mogą także kiełkować bezpośrednio, wypuszczając strzępki, które przez szparki wchodzą wewnątrz żywiciela. Konidja w tym przypadku tworzą się pojedyńczo na gałęziach specjalnych strzępek, wysuwających się z ciała żywiciela przez szparki. Z początku tworzą się one na szczytach gałęzi. Następnie u podstawy każdego konidjum wyrasta nowa gałąź, która rośnie w kierunku pierwotnej gałęzi, odchylając konidjum nabok, i wytwarza na

szczycie nowe konidjum (ryc. 190). Mamy tu rozgałęzienie, które nosi nazwę sympodjalnego. Narządy płciowe tworzy *Phytophthora* tylko na sztucznych pożywkach. Grzyb ten stanowi bardzo ciekawe przejście od roślin wodnych do lądowych. Rozwój jego może odbywać się całkowicie poza środowiskiem wodnem, jednakże woda sprzyja mu, gdyż przy pomocy pływek może on rozprzestrzeniać się o wiele energiczniej, niż przy bezpośredniem kiełkowaniu konidjów. Dla-

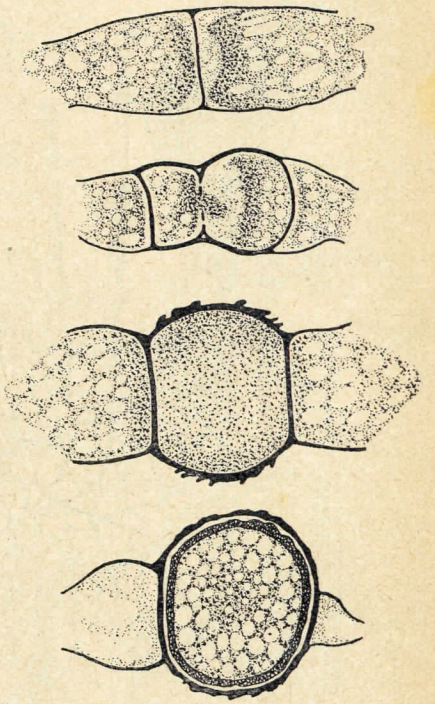


Ryc. 191. *A Peronospora leptosperma.* Strzępka wytwarzająca konidja. — *B Peronospora leptosperma.* Kiełkowanie konidjum. — *C Peronospora Alsinearum.* Zapłodnienie. — *D Peronospora calotheca.* Strzępki z ssawkami. — Według DE BARY.

tego też w latach wilgotnych, dżdżystych pasorzyt wyrządza daleko większe szkody, niż w latach suchych.

Peronospora może być uważana za roślinę całkowicie lądową, gdyż konidja jej nie wytwarzają nigdy pływek, chociaż tworzą się tak samo jak u poprzednio opisanych *Oomycetes*. Powstają one na końcach dichotomicznie rozgałęzionych strzępek; można to widzieć np. u *Peronospora leptosperma*, pasorzytującej na różnych złożonych *(Compositae): Anthemis, Matricaria* i t. d. (ryc. 191, *A*). Kiełkując, konidja wytwarzają odrazu grzybnię (ryc. 191, *B*). Rozmnażanie płciowe odbywa się tak samo, jak u *Albugo* (ryc. 191, *C*).

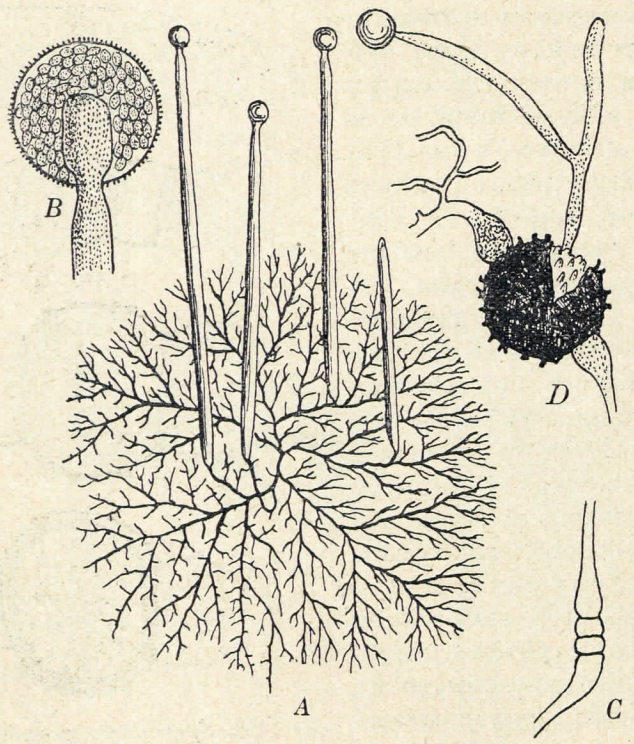
59. Zygomycetes. Mamy tu do czynienia z organizmami wyłącznie lądowemi. W związku z tem rozmnażanie bezpłciowe odbywa się zawsze przy pomocy nieruchomych obłonionych zarodników, które tworzą się w zarodniach (endospory) albo odcinają się na końcach strzępek (konidja). Rozmnażanie płciowe odbywa się w ten sposób, że dwie strzępki zlepiają się końcami i odcinają wielojądrowe, jednakowe z reguły gametangja, zawierające cenogamety o licznych jądrach (ryc. 192). Cenogamety łączą się po rozpuszczeniu przedzielającej ich błony i jądra łączą się parami ze sobą: powstaje wielojądrowa zygota, t. zw. cenozygota. W wielu przypadkach stwierdzono zróżnicowanie płciowe grzybni pozornie jednakowych na podobieństwo tego, co widzieliśmy u niektórych zielenic *(Ulva, Cladophora)*. Wtedy łączą się tylko grzybnie „różnych znaków". *Zygomycetes* żyją przeważnie na substancjach organicznych (chleb, owoce, odchody zwierząt trawożernych) oraz w glebie, zawierającej dużo próchnicy. Stosunkowo nieliczne są pasorzyty, żywiące się kosztem innych gatunków tego samego rzędu albo kosztem owadów.



Ryc. 192. *Sporodinia grandis.* Powstawanie cenozygoty. — Według KEENE.

Przegląd typowych form rzędu rozpoczniemy od pospolitego rodzaju *Mucor*, występującego na substancjach organicznych, np. na nawozie *(Mucor Mucedo)*, na chlebie *(Mucor racemosus)* i t. d. Obficie rozgałęziona grzybnia rośnie wewnątrz

podłoża. Nazewnątrz wysuwają się tylko grube nierozgałęzione strzępki, na których mają wytworzyć się zarodnie (ryc. 193). Strzępki te są bardzo wrażliwe na działanie światła i kierują się ku niemu. Na końcu ich tworzy się nabrzmienie, które odcina się poprzeczną ścianką. Zawartość nabrzmienia dzieli się na wielką ilość obłonionych zarodników. Przegroda, oddzielająca zarodnię od strzępki, zostaje silnie uwypuklona i tworzy wewnątrz zarodni tak zwaną kolumellę. Cenozygota, powsta-



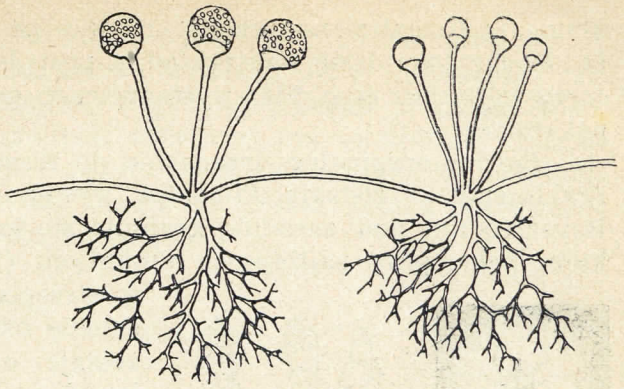
Ryc. 193. *Mucor Mucedo*. *A* Grzybnia z zarodniami. — *B* Zarodnia w przekroju. — *C* Powstawanie cenozygoty. — *D* Kiełkowanie cenozygoty. — Według Sachsa.

jąca w opisany powyżej sposób, stanowi stadjum przetrwalnikowe. W sprzyjających warunkach kiełkuje, wytwarzając krótką, słabo rozgałęzioną strzępkę, na której powstają drobne zarodnie bez kolumelli. W pewnych okolicznościach cenozygota wytwarza odrazu grzybnię.

Oprócz cenozygot do przetrwania niekorzystnych warunków służą jeszcze obłonione skupienia protoplazmy z licz-

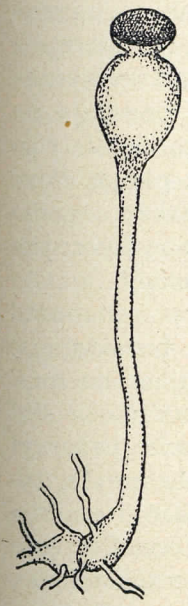
nemi jądrami, które powstają w różnych miejscach grzybni pod wpływem niesprzyjających warunków.

W rodzaju *Rhizopus* grzybnia różniczkuje się bardziej niż u *Mucor*. Oprócz rozgałęzionych strzępek, ro-

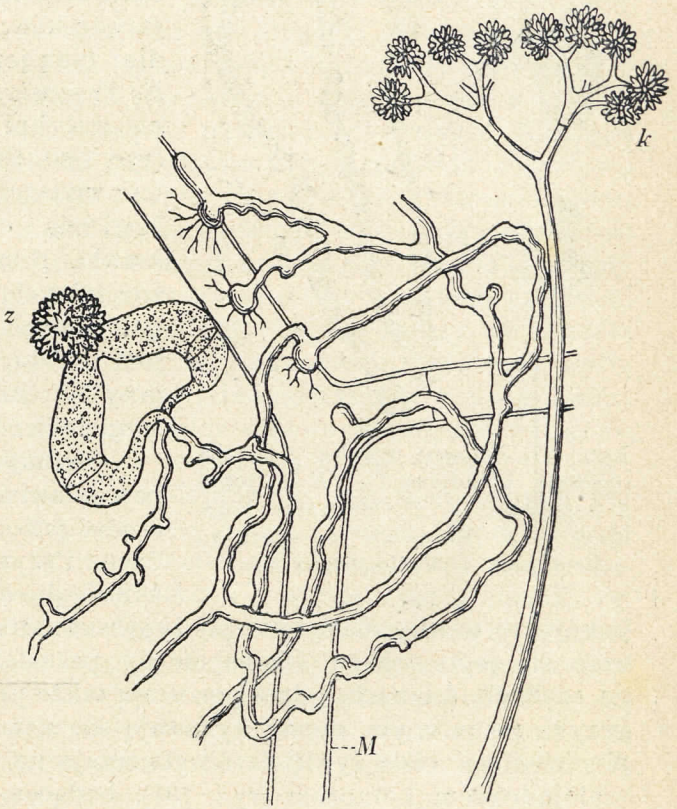


Ryc. 194. *Rhizopus nigricans*. — Według Schrötera.

snących w podłożu i wysuwających się z niego nierozgałęzionych strzępek z zarodniami, wytwarzają się jeszcze rozłogi,



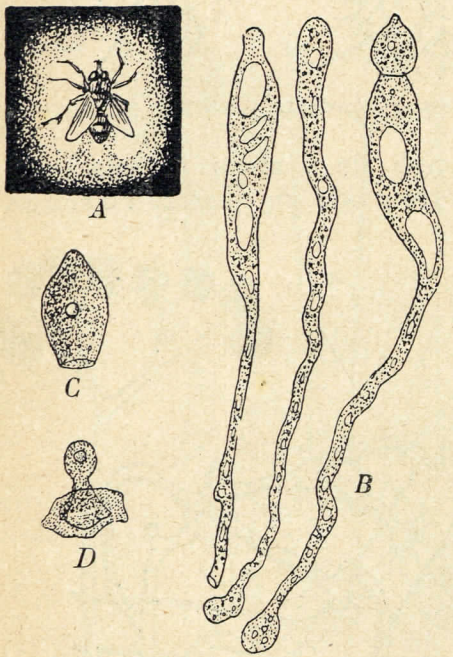
Ryc. 195. *Pilobolus Kleinii*. Część grzybni z zarodnią. — Według Brefelda.



Ryc. 196. *Piptocephalis Freseniana*. *M* strzępki żywiciela, którym jest *Mucor*; *k* konidja; *z* cenozygota. — Według Brefelda.

długie, nierozgałęzione strzępki, rosnące po powierzchni podłoża. Można to widzieć naprzykład u pospolitego gatunku *Rhizopus nigricans* (ryc. 194), występującego na chlebie i oleistych pokarmach.

Bardzo oryginalne urządzenie do rozsiewania zarodników znajdujemy w rodzaju *Pilobolus*, występującym na nawozie. Bezpośrednio pod zarodnią znajduje się tu silne nabrzmienie, które pęka przy najlżejszem dotknięciu (ryc. 195). Ponieważ w strzępce panuje duże ciśnienie osmotyczne, zarodnia zostaje odrzucona z wielką siłą.



Ryc. 197. *Empusa muscae*. *A* Mucha otoczona konidjami. — *B* Strzępki z konidjami. — *C* Odrzucone konidjum. — *D* Tworzenie się wtórnego konidjum. — Według BREFELDA.

Obok opisanych powyżej narządów rozmnażania tworzą się czasem także konidja. Niektóre formy nie tworzą zarodników, tylko same konidja; taką jest np. *Piptocephalis Freseniana*, pasorzytująca na grzybni *Mucor Mucedo* (ryc. 196). Strzępki tego grzyba wpuszczają do strzępek żywiciela charakterystyczne ssawki. Konidja powstają na specjalnych, dwudzielnie rozgałęzionych strzępkach. Poza tem tworzą się także cenozygoty na charakterystycznych wygiętych strzępkach.

Osobny typ stanowią przedstawiciele omawianego rzędu, pasorzytujący na owadach. Przykładem może służyć *Empusa muscae*, pasorzyt pokojowej muchy. Grzybnia jej żyje wewnątrz ciała owada, żywiąc się jego sokami. Chore muchy przestają latać i siadają na szybach, ścianach, gdzie pozostają także po śmierci. Strzępki grzyba po pewnym czasie wysuwają się nazewnątrz pomiędzy pierścieniami ciała żywiciela i wytwarzają na końcu po jednem wielojądrowem konidjum (ryc. 197), będącem odpowiednikiem zarodni. Nabrzmiała górna część strzępki pęka i odrzuca konidjum na pewną odległość, dochodzącą do centymetra. Konidja te wytwarzają się bardzo obficie i otaczają trup muchy

białą obwódką. Jeżeli konidjum trafi w przelatującą muchę, to wytwarza strzępkę, która przebija powłokę zwierzęcia i rozwija się w jego wnętrzu w grzybnię. Jeżeli konidjum spadnie na jakieś ciało martwe, wytwarza ono na krótkiej strzępce wtórne konidjum, które znowu zostaje odrzucone. Rozmnażanie płciowe u *Empusa* jest nieznane, zostało jednak stwierdzone u innych tego rodzaju pasorzytów.

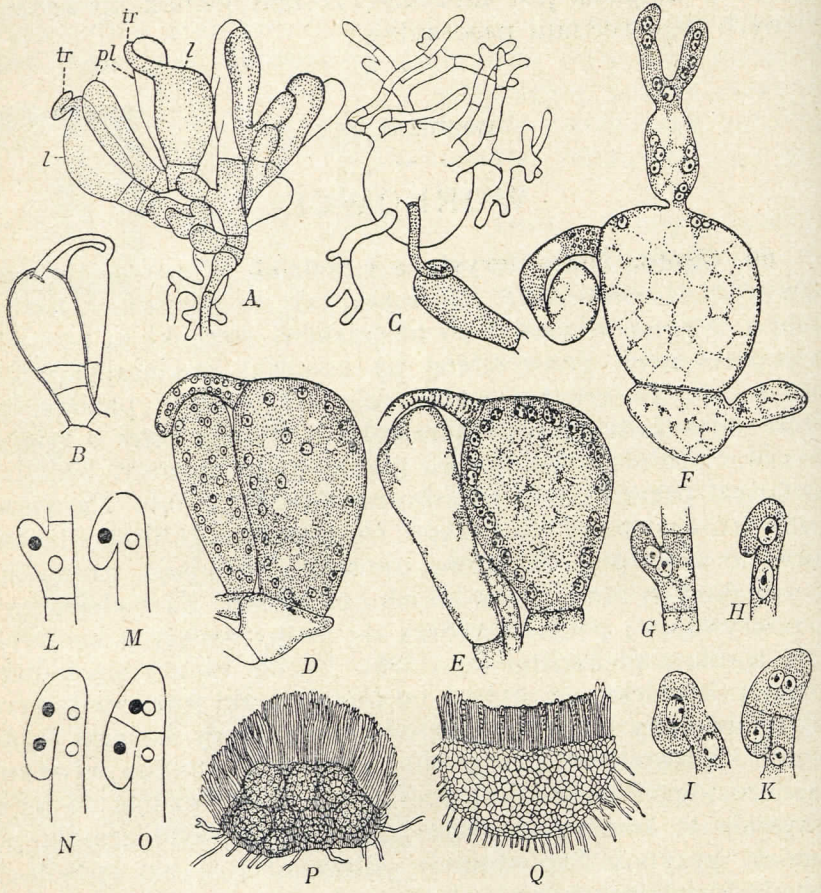
ROZDZIAŁ XIV

WORKOWCE

60. Ogólna charakterystyka i podział. W gromadzie workowców *(Ascomycetes)*, tak samo jak we wszystkich następnych, a w przeciwieństwie do pleśniaków, strzępki są podzielone poprzecznemi przegrodami na komórki, zawierające różną ilość jąder. Na grzybni wytwarzają się narządy płciowe, podobne do takich samych narządów u *Zygomycetes* o tyle, że ich zawartość nie dzieli się na poszczególne gamety. Najlepiej zbadanym przypadkiem jest sławna z tego powodu *Pyronema confluens*. Jest to grzyb z rzędu *Discomycetes*, którego drobne, czerwone albo pomarańczowe owocniki występują gromadnie na wypalonych miejscach w lasach i na łąkach. Na białej grzybni, pokrywającej podłoże, tworzą się grupy wzdętych komórek: są to lęgnie z plemniami (ryc. 198). Lęgnia tworzy się z dużej okrągłej komórki, od której odchodzi cienki walcowaty wyrostek, oddzielony od niej przegrodą i dotykający końcem swoim plemni. Wyrostek ten przypomina w pewnym stopniu włostek krasnorostów. Plemnia jest podłużna i mniej wzdęta do lęgni. Wszystkie te komórki są wielojądrowe, tak samo zresztą jak komórki grzybni. Zapłodnienie odbywa się w ten sposób, że błona, oddzielająca koniec włostka od plemni, rozpływa się, znika także błona między włostkiem a lęgnią i jądra plemni wędrują przez włostek do lęgni. Jądra włostka w tym procesie udziału nie biorą, bo ulegają degeneracji. Lęgnia teraz zawiera dwa rodzaje jąder: żeńskie i męskie. Jądra te układają się obok siebie parami, męskie obok żeńskich, ale nie łączą się ze sobą. Tworzą się w ten sposób liczne pary jąder sprzężonych, dikarjontów.

Następuje dalsza faza procesu płciowego: powstawanie strzępek workotwórczych i tworzenie się z nich worków. Z każdej lęgni wyrastają przez uwypuklenie rozgałęzione strzępki, do

których przechodzą sprzężone jądra. Strzępki te dzielą się przegrodami na odcinki, każdy z parą sprzężonych jąder. Są to strzępki workotwórcze. Z nich powstają worki w sposób bardzo charakterystyczny. Strzępka workotwórcza albo jej odgałęzienie zgina się haczykowato na końcu. Do tego haczyka

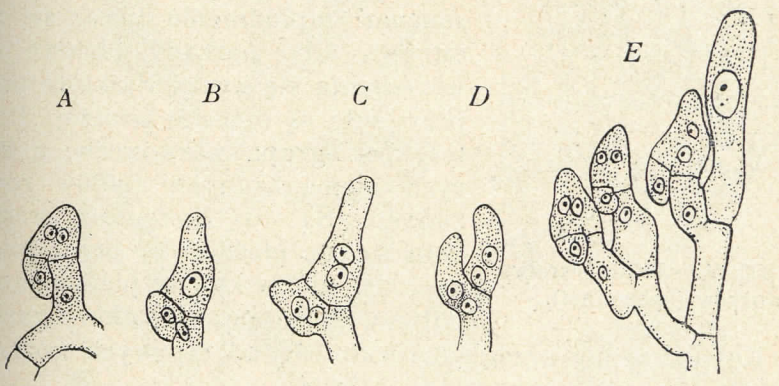


Ryc. 198. *Pyronema confluens*. *A* Grupa lęgni z plemniami; *l* lęgnia, *tr* włostek, *pl* plemnia. — *B* Połączenie lęgni z plemnią. — *C* Strzępki workotwórcze wyrastające z lęgni. — *D—F* Szczegóły cytologiczne narządów płciowych i strzępek workotwórczych. — *G - K* Tworzenie się worków. — *L—O* To samo w schemacie. — *P* Młody owocnik widziany zboku; lęgnie przeświecają w postaci kul przez masę owocnika. — *Q* Dojrzały owocnik w pionowym przekroju. — *A—C* według Kihlmanna, *D—K* według Claussena, *P—Q* według de Bary.

przechodzi jedno z jąder sprzężonych; drugie jądro zatrzymuje się wpobliżu. Następuje podział obu jąder. Jądra potomne w zagiętej części nici ustawiają się w ten sposób, że jedno

z nich przechodzi do końcowej części haczyka, drugie zaś do zgięcia. Do tego zgięcia przechodzi także jedno z jąder, pochodzących od drugiego sprzężonego jądra; jądro siostrzane pozostaje w niezgiętej części nici. Zgięcie haczyka oddziela się teraz przegrodą i przetwarza się w worek. Znajdujące się w nim dwa jądra są różnego pochodzenia, jedno pochodzi z lęgni, drugie z plemni (ryc. 198, *G—O*).

Po wytworzeniu w powyższy sposób pierwszego worka następuje bardzo ciekawa wędrówka jądra, które pozostało w niezgiętej części strzępki pod workiem (ryc. 199). Haczyk przylepia się swoim końcem do strzępki i przez otwór w błonie wchodzi do niego wzmiankowane powyżej jądro. W ten sposób pod wor-



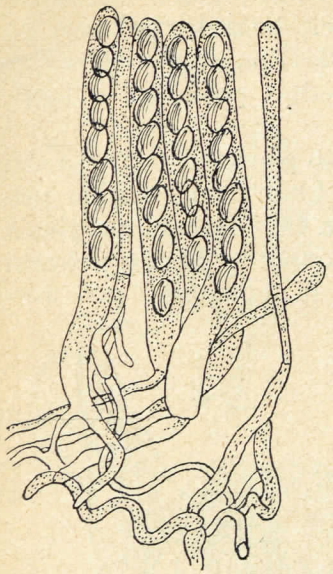
Ryc. 199. *Pyronema confluens*. Dalszy rozwój workotwórczych strzępek (dalszy ciąg ryc. 198 *G—K*). — Według Claussena.

kiem zbiera się znowu para sprzężonych jąder. Następnie z tego miejsca wyrasta nowe odgałęzienie, która zagina się na końcu i znowu wytwarza worek w ten sam sposob jak poprzednio. Proces ten powtarza się wielokrotnie.

Jak to było opisane powyżej, worki zawierają początkowo dwa jądra. Jądra te łączą się ze sobą — następuje karjogamja. Zaraz następuje podział redukcyjny, a po nim dwa zwykłe. Naokoło każdego z ośmiu jąder w ten sposób wytworzonych zbiera się protoplazma, która otacza się błoną; powstają zarodniki, które pływają w niezużytej zawartości worka. Dojrzałe worki pękają i działaniem ciśnienia osmotycznego zarodniki są odrzucane na pewną odległość.

Naokoło powstających w ten sposób worków rozrastają się i splatają się strzępki grzybni, tworząc owocnik. W owocniku worki mogą być różnie ułożone: nieprawidłowo rozrzucone, ze-

brane w pęki albo ustawione równolegle w t. zw. warstwę (hymenjum) (ryc. 200). W tym ostatnim przypadku pomiędzy worki wchodzą zwykle strzępki, tworząc t. zw. wstawki.



Ryc. 200. *Morchella*. Warstwa worków (hymenjum).

Jak to wypływa z powyższego przedstawienia rzeczy, u workowców można dopatrzyć się rodozmianu: jedną formą byłaby grzybnia wraz z wytworzonym przez nią owocnikiem, drugą — pasorzytujące na niej strzępki workotwórcze. Rzeczy te jednak w wielu przypadkach nie przedstawiają się tak wyraźnie, jak u *Pyronema*: zapłodnienie nieraz się nie odbywa albo narządy płciowe nie wytwarzają się wcale. Niektóre takie przypadki są opisane poniżej. Poza tem jest grupa workowców, u których niema żadnych śladów rodozmianu. Są to *Protoasci*, grzyby zbliżone do pleśniaków przez swoje zapłodnienie, w którem plazmogamja odbywa się jednocześnie z karjogamją.

Rozpoczniemy przegląd workowców od typowych workowców, stanowiących podgromadę *Euasci*.

61. Euasci. Ta podgromada dzieli się na 7 rzędów, które mogą być scharakteryzowane przy pomocy następującej tabeli.

A) Worki ustawione w warstwy (hymenja).
- *a)* Owocników niema. *Exoascales.*
- *b)* Owocniki są.
  - *α)* Warstwa na powierzchni owocnika. *Discomycetes.*
  - *β)* Warstwa wyściela wewnętrzną powierzchnię komór i przewodów w owocniku. *Tuberales.*

B) Worki rozrzucone bezładnie wewnątrz owocnika. *Plectascales.*

C) Worki zebrane w pęki. Każdy pęk otoczony osobną powłoką, tworząc t. zw. otocznię.
- *a)* Typowe workowce z dobrze wykształconą grzybnią.
  - *α)* Powłoka otoczni nie ma otworu. *Perisporiales.*
  - *β)* Powłoka otoczni z wąskim otworem na szczycie. *Pyrenomycetes.*
- *b)* Daleko od typu odbiegające pasorzytnicze formy bez grzybni. Powłoka otoczni bez otworu. *Laboulbeniales.*

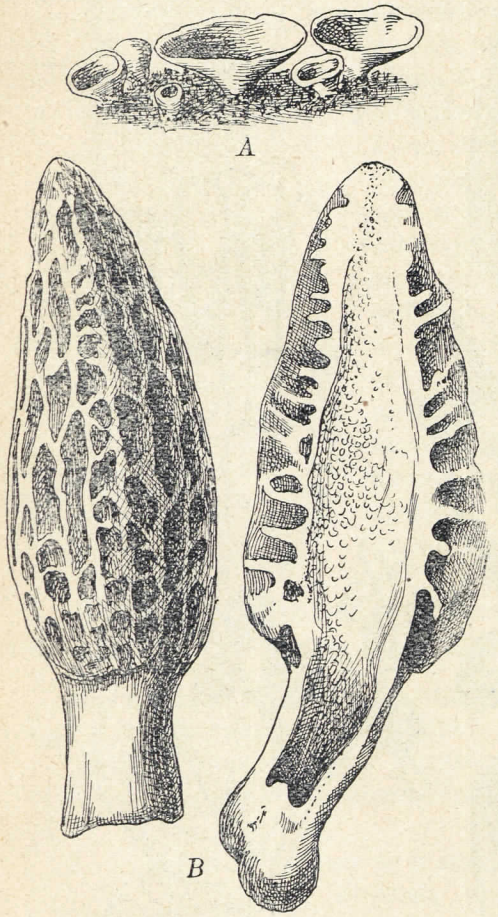
Co do sposobu życia *Euasci*, należy zauważyć, że wśród nich jest dużo pasorzytów. Pewna ich grupa, charakteryzująca



Ryc. 201. *A—F Exoascus Pruni*. *A* Porażona gałązka. — *B* Przekrój porażonego owocu. — *C* Grzybnia w tkance żywiciela; *n* nabłonek, *s* skórka. — *D* Młode worki. — *E* Worek dojrzały. — *F* Pączkowanie zarodników. — *G Exoascus alnitorquus*. Zniekształcone żeńskie kwiatostany olszy. — Według DE BARY i SADEBECKA.

się szczególnem urządzeniem narządów płciowych, żyje w symbiozie z sinicami i zielenicami, tworząc porosty.

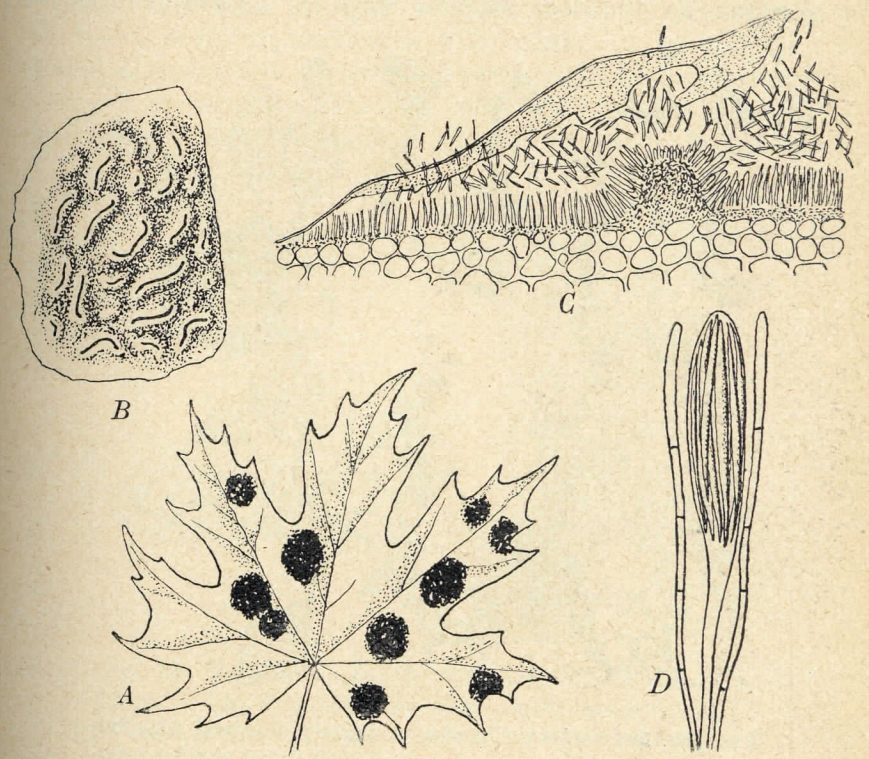
62. Exoascales. Są to uwstecznione workowce bez owocników i narządów płciowych. Plazmogamja odbywa się u nich przez połączenie konidjów, wytwarzanych przez pączkowanie z askospor (ryc. 201 *F*). Skutkiem tego grzybnia ich jest dwujądrowa i cała odpowiada strzępkom workotwórczym. Żyje ona pasorzytniczo w roślinach nasiennych (m. i. w śliwach, olszach) i powoduje charakterystyczne zniekształcenia i przerosty owoców i kwiatostanów (ryc. 201 *A*, *B*, *G*). Worki wytwarzają się ze strzępek, które wchodzą do skórki i wciskają się między nabłonek a błonę zewnętrzną.



Ryc. 202. *A Peziza rutilans.* Owocniki w naturalnej wielkości. Według Lindaua. — *B Morchella conica.* Owocnik w naturalnej wielkości. Według Schrötera.

63. Discomycetes. Rząd ten charakteryzuje się workami ustawionemi w warstwę, która albo od początku znajduje się na zewnętrznej powierzchni owocnika, albo tworzy się wprawdzie wewnątrz owocnika, jednak później zostaje odsłonięta. Owocnik ma często postać płaskiej lub słabo wklęsłej miseczki (apotecjum), np. w rodzaju *Pyronema*, o którym już była mowa (ryc. 198) i który ma warstwę od początku odsłoniętą. Silnie wklęsłe miseczki posiada *Peziza* (ryc. 202, *A*). Miseczki te są z początku zamknięte i mają kuliste wydrążenie, którego ścianki są pokryte warstwą worków; dopiero po dojrzeniu worków otwierają się one na szczycie. Do rodzaju *Peziza* należą liczne roztocze, występujące na ziemi lub na drewnie. Inną postać mają owocniki smardza *(Morchella)* (ryc. 202, *B*). Składają się one z owalnego „kapelusza“, osadzonego na krótkim walcowatym trzonie. Zarówno kapelusz jak i trzon są puste w środku. Hymenjum jest od początku wolne i pokrywa nierówną zewnętrzną powierzchnię kapelusza.

Liczne *Discomycetes* wytwarzają oprócz worków konidja. Można to widzieć np. u *Rhytisma acerinum*, pasorzytującego na liściach klonu *(Acer platanoides)*. Grzybnia wytwarza pod skórką czarne, skorupiaste owocniki, widoczne na liściach w postaci dużych czarnych plam (ryc. 203). Owocniki te wytwarzają

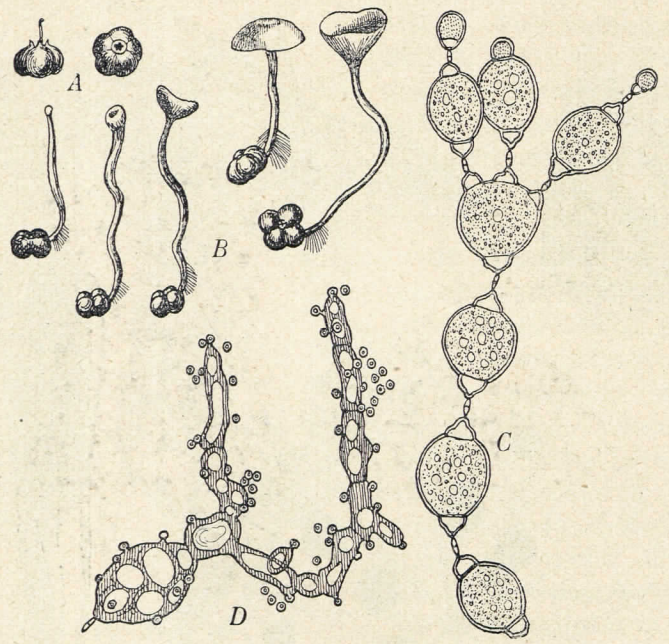


Ryc. 203. *Rhytisma acerinum. A* Porażony liść klonu z owocnikami grzyba. — *B* Owocnik słabo powiększony ze szczelinami w powłoce hymenjów. — *C* Przekrój owocnika z konidjami. — *D* Worek i wstawki. — Według Lindaua.

z początku tylko konidja. Na jesieni opadają one wraz z liśćmi na ziemię i na wiosnę powstają w nich hymenja. Hymenja mają postać nieprawidłowo powyginanych pasm i po dojrzeniu worków zostają odsłonięte skutkiem tworzenia się podłużnych szczelin w pokrywającej je powłoce.

Owocniki u *Rhytisma* są twarde, skórkowate i posiadają dużą wytrzymałość na działanie niesprzyjających warunków,

dzięki czemu mogą zimować. Są to zatem jednocześnie przetrwalniki. Bardzo ciekawe przetrwalniki tworzy *Sclerotinia*, która tej okoliczności zawdzięcza swoją nazwę. Jako przykład można wziąć *Sclerotinia Urnula*, pasorzyt na borówce brusznicy *(Vaccinium Vitis idaea)*. Grzybnia żyje w zalążni żywiciela i wytwarza przetrwalnik wewnątrz jagód (ryc. 204). Takie jagody zimują na ziemi i na wiosnę wyrastają z nich owocniki w formie miseczek, osadzonych na długiej nóżce. Askospory, wytworzone na tych owocnikach, kiełkują na młodych pędach

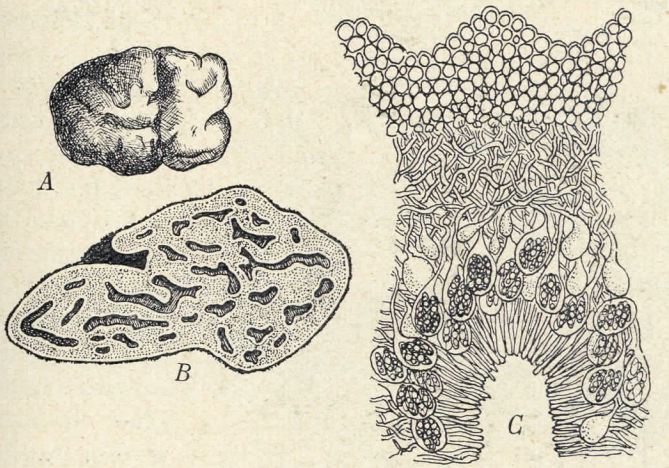


Ryc. 204. *Sclerotinia Urnula*. *A* Jagody borówki brusznicy *(Vaccinium Vitis idaea)* z przetrwalnikami grzyba w naturalnej wielkości. — *B* Owocniki wyrastające z przetrwalników. — *C* Sznury konidjów. — *D* Kiełkujące konidjum z wtórnemi konidjami. — Według Woronina.

borówki, wytwarzając w nich grzybnię. Z tej grzybni na powierzchni żywiciela powstają sznury konidjów, złączonych ze sobą w sposób bardzo kunsztowny. Konidja wydają zapach migdałów, który przywabia owady, i za ich pośrednictwem dostają się na znamię kwiatów borówki. Tam wykiełkowują z nich strzępki, które wrastają w słupek w sposób podobny do łagiewek pyłkowych i dostają się do zalążni. Przy kiełkowaniu konidjów tworzą się na nich samych i na strzępkach, które z nich

wyrastają, bardzo drobne wtórne konidja, nie posiadające zdolności kiełkowania. Z grzybni tworzy się w zalążni nowy przetrwalnik. Są tu zatem dwa rodzaje grzybni, rozmnażające się w sposób odmienny. U pokrewnego gatunku *Sclerotinia heteroica* obie grzybnie żyją na różnych żywicielach: konidja tworzą się na borówce bagiennej *(Vaccinium uliginosum)*, przetrwalniki na bagnie *(Ledum palustre)*.

64. Tuberales. W tym rzędzie, podobnie jak w obu poprzednich, worki są ustawione w hymenja, ale te hymenja wyścielają komory albo przewody, wydrążone w bulwiastych podziemnych owocnikach. Różnice pomiędzy poszczególnemi formami idą w dwóch kierunkach: komory otwierają się nazewnątrz



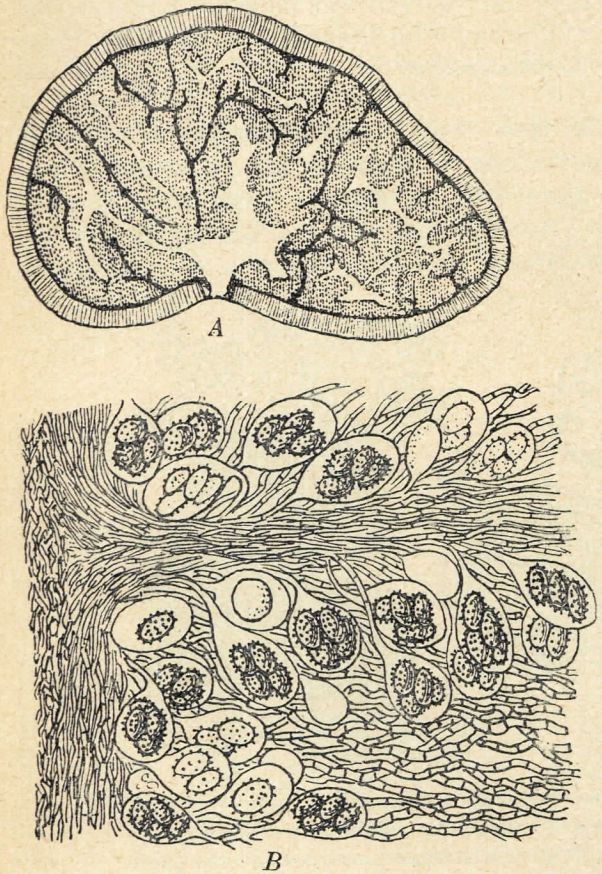
Ryc. 205. *Balsamia vulgaris*. *A* Owocnik $^1/_2$ naturalnej wielkości. — *B* Przekrój owocnika słabo powiększony. — *C* Część przekroju, poprowadzonego przez zewnętrzną część owocnika i jedną z komór (w silniejszem powiększeniu). — Według Tulasne'a.

albo są zamknięte ze wszystkich stron i są puste, albo wypełnione luźnym splotem strzępek. Rozpatrzmy dwa przykłady: *Balsamia* i *Tuber*.

U *Balsamia* komory są próżne i wyścielone na wewnętrznej powierzchni przez hymenjum, które składa się z worków nieprawidłowo pomieszanych ze strzępkami (ryc. 205). Takie nieprawidłowe ułożenie worków spotyka się bardzo często w omawianym rzędzie. Komory nie mają ujścia, zarodniki skutkiem tego dostają się nazewnątrz dopiero przez rozkład owocnika.

*

W rodzaju *Tuber*, do którego należą między innemi jadalne trufle, komory i przewody otwierają się nazewnątrz w jednem lub kilku miejscach na powierzchni owocnika (ryc. 206), ale zarodniki i tak nie mogą odrazu wydostawać się nazewnątrz, ponieważ luźnie ze sobą poplątane, białe strzępki wypełniają wszystkie te komory wraz z przewodami. Worki zawierają tu zamiast ośmiu tylko cztery zarodniki.



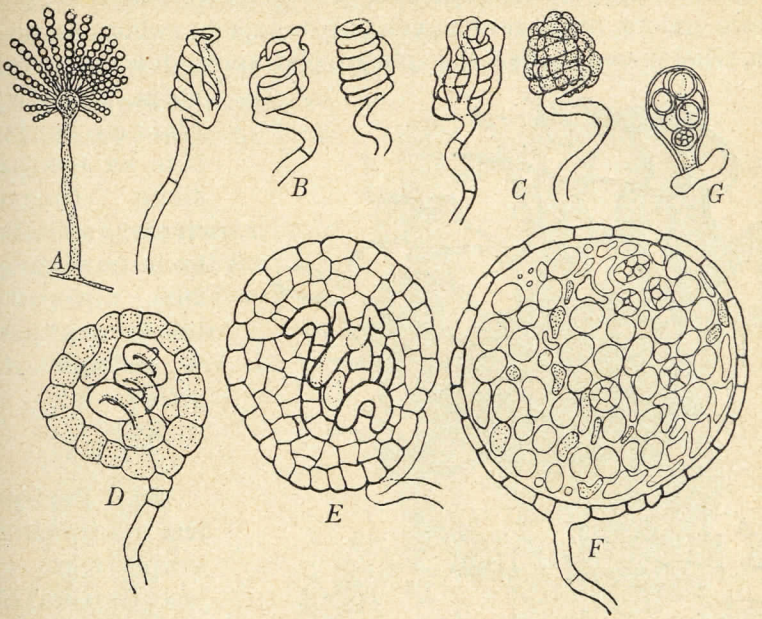
Ryc. 206. *Tuber rufum*. *A* Przekrój owocnika w naturalnej wielkości; komory i przewody są białe. — *B* Część przekroju w powiększeniu. — Według Tulasne'a.

65. Plectascales.

W tym rzędzie, tak jak w poprzednim, worki znajdują się wewnątrz owocników, nie tworzą jednak hymenjum, lecz są rozrzucone bez określonego porządku. Zarodniki wydostają się nazewnątrz przez rozkład owocnika. Są w tym rzędzie formy podziemne z dużemi owocnikami (rodzaje *Elaphomyces* i *Terfezia*), przypominającemi żywo trufle. Najważniejsze są jednak *Plectascales* o drobnych owocnikach i bardzo silnie rozwiniętej grzybni, które występują w formie pleśni na różnych organicznych substancjach, owocach i t. d. Dwa rodzaje zasługują tu na szczególną uwagę: *Aspergillus* i *Penicillium*.

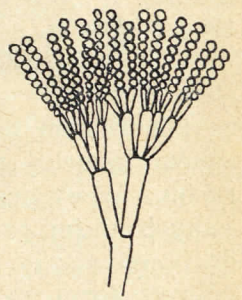
Aspergillus czyli kropidlak zawdzięcza swoją nazwę temu, że skupienia konidjów mają u niego formę kropidła (ryc. 207). W środku takiego „kropidła“ znajduje się kulisto

nabrzmiały koniec strzępki, od którego odchodzą we wszystkie strony sznury konidjów, osadzone na krótkich trzonkach. Konidja tworzą się obficie na grzybni, pokrywającej podłoże war-



Ryc. 207. *Aspergillus herbariorum*. *A* Zbiór konidjów. — *B* Pierwsze stadja powstawania owocnika: lęgnia i szczątkowa plemnia. — *C* i *D* Dalsze stadja rozwojowe: tworzenie się powłoki. — *E* Powstawanie haczykowato zgiętych workotwórczych strzępek. — *F* Dojrzały owocnik w przekroju. — *G* Worek. — *A* według Kny, reszta według de Bary.

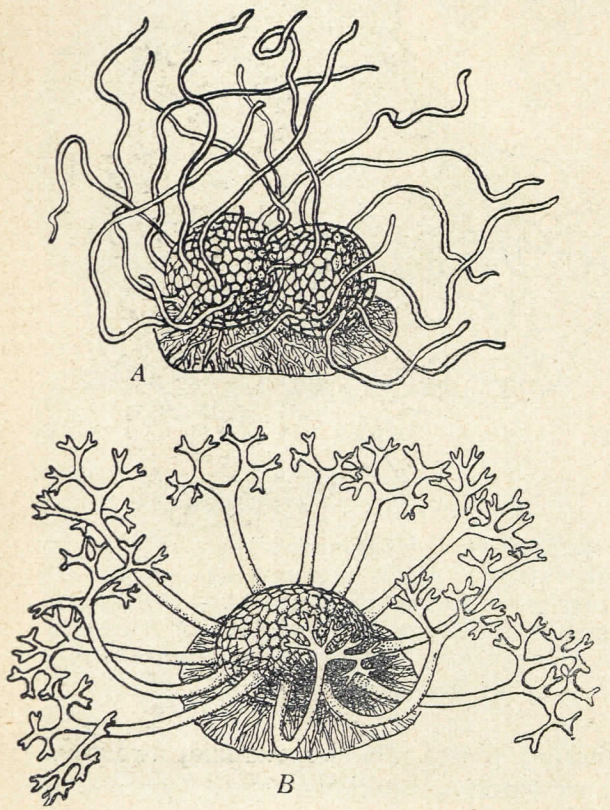
stwą szarej lub brunatnej pleśni. Daleko rzadziej tworzą się na grzybni owocniki; są nawet gatunki, u których owocniki nie są wcale znane (przejście do grzybów niedoskonałych). Owocnik tworzy się z pionowej strzępki, która na końcu zwija się w śrubę (ryc. 207). Do tej śrubowatej strzępki, która gra rolę lęgni, przylega krótka strzępka, stanowiąca szczątkową plemnię. Zapłodnienie nie odbywa się wcale i ze śrubowatej lęgni wyrastają odrazu workotwórcze strzępki, które wyginają się haczykowato na końcu i wytwarzają worki w zwykły sposób. Jednocześnie inne odgałęzienia, pochodzące z tej samej pionowej strzępki, oplatają lęgnię i wytwarzają naokoło niej kulistą po-



Ryc. 208. *Penicillium crustaceum*. Konidja. Według Brefelda.

włokę, w której wyróżnia się zewnętrzna spoista warstwa. Worki, stosownie do sposobu powstawania, są nieprawidłowo rozrzucone wewnątrz owocnika.

Niemniej pospolitą pleśnią jest *Penicillium*, tworzące zielonawe naloty na organicznych substancjach, zwłaszcza na owocach. Zielonawa barwa tej pleśni jest spowodowana przez konidja, które wytwarzają się bardzo obficie na specjalnych silnie rozgałęzionych miotełkowatych strzępkach (ryc. 208). Owocniki są tak samo kuliste jak w rodzaju *Aspergillus*, ale nieco większe.



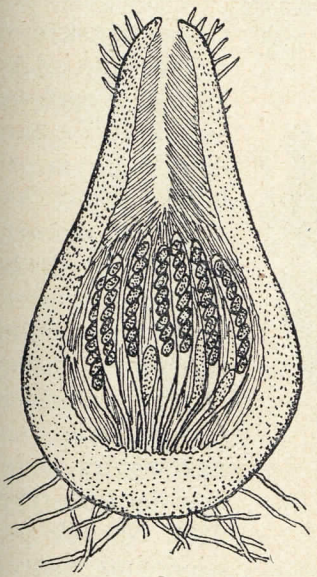
Ryc. 209. *A Sphaerotheca Humuli.* Otocznie silnie powiększone. — *B Microsphaera Berberidis.* Otocznia silnie powiększona. — Według Tulasne'a.

66. Perisporiales. Najważniejszą grupą tego rzędu jest rodzina *Erysiphaceae*, złożona z bardzo charakterystycznych pasorzytów. Biała grzybnia ich pokrywa ciało żywiciela (liście, owoce i t. d.), wytwarzając z początku białe oidja, później zaś bardzo drobne ciemne otocznie (peritecja), wyglądające jak czarne kropki na białem tle grzybni. Otocznie mają cienką, kruchą powłokę, która pęka nieprawidłowo po dojrzeniu. Wewnątrz otoczni znajduje się pęk worków, umocowanych u jej podstawy. Taki pęk jest nieraz zredukowany do pojedyńczego worka. Bardzo charakterystyczne dla poszczególnych form są nitkowate wyrostki różnego kształtu, odchodzące od powłoki otoczni. W rodzaju *Sphaerotheca* wyrostki

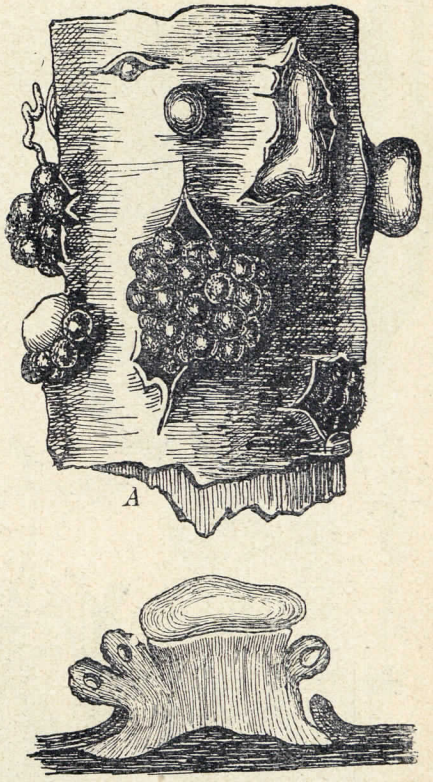
są proste, w rodzaju *Microsphaera* dichotomicznie rozgałęzione (ryc. 209) i t. d.

Erysiphaceae powodują choroby wielu roślin. Najgroźniejszą z nich jest choroba agrestu i porzeczek, powodowana przez *Sphaerotheca mors uvae*, amerykański grzyb zawleczony do Europy dopiero na początku XX wieku. Choroba ta początkowo groziła zupełnem zniszczeniem plantacyj agrestu i porzeczek.

67. Pyrenomycetes. Rząd ten jest bardzo zbliżony do poprzedniego i niektórzy autorowie łączą je razem. Różnica polega na tem, że powłoka otoczni u *Pyrenomycetes* ma zawsze otwór, przez który wydostają się nazewnątrz zarodniki. Naprzeciwko otworu od podstawy otoczni odchodzi pęk worków. Takie otocznie tworzą się bezpośrednio z grzybni, albo powstają na powierzchni lub w głębi t. zw. stromy, tworu mniej lub więcej spoistego, złożonego ze splecionych ze sobą strzępek. Owocniki przez to przybierają złożoną budowę.

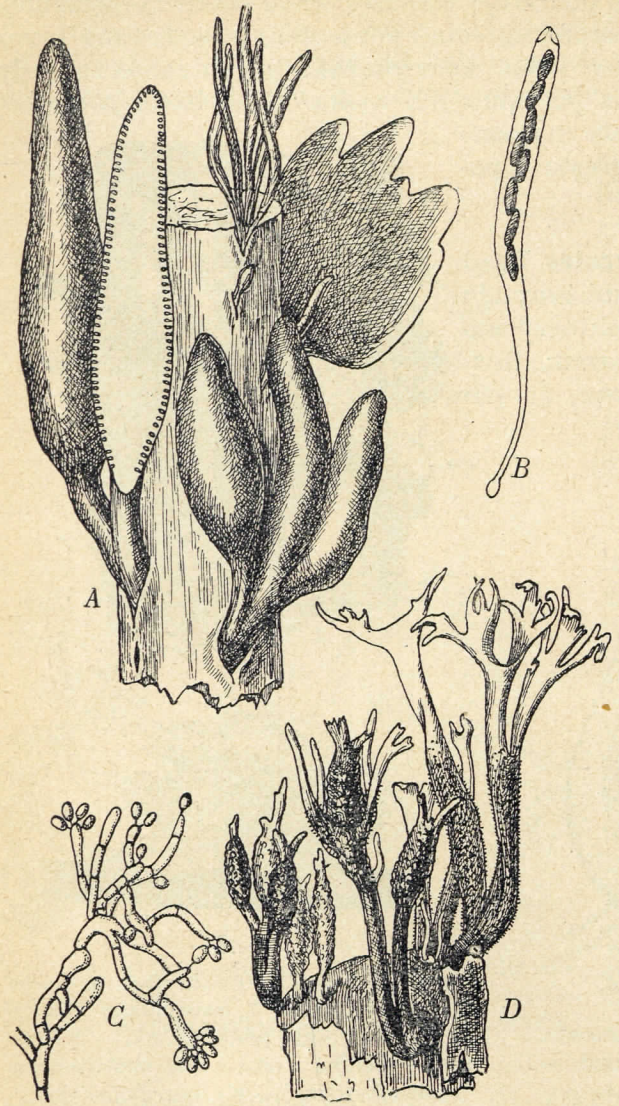


Ryc. 210. *Podospora fimiseda.* Przekrój pionowy otoczni. — Według v. Tavela.



Ryc. 211. *Nectria cinnabarina. A* Kawałek suchej gałęzi z owocnikami i otoczniami, 10-krotnie powiększony. — *B* Przekrój owocnika z otoczniami w 20-krotnem powiększeniu. — Według Tulasne'a.

Podospora fimiseda, żyjąca na nawozie (ryc. 210), może służyć jako przykład otoczni, powstającej bezpośrednio z grzybni. Drobne, prawie czarne otocznie tego grzyba mają kształt jajowaty z dosyć długim dziobkiem.

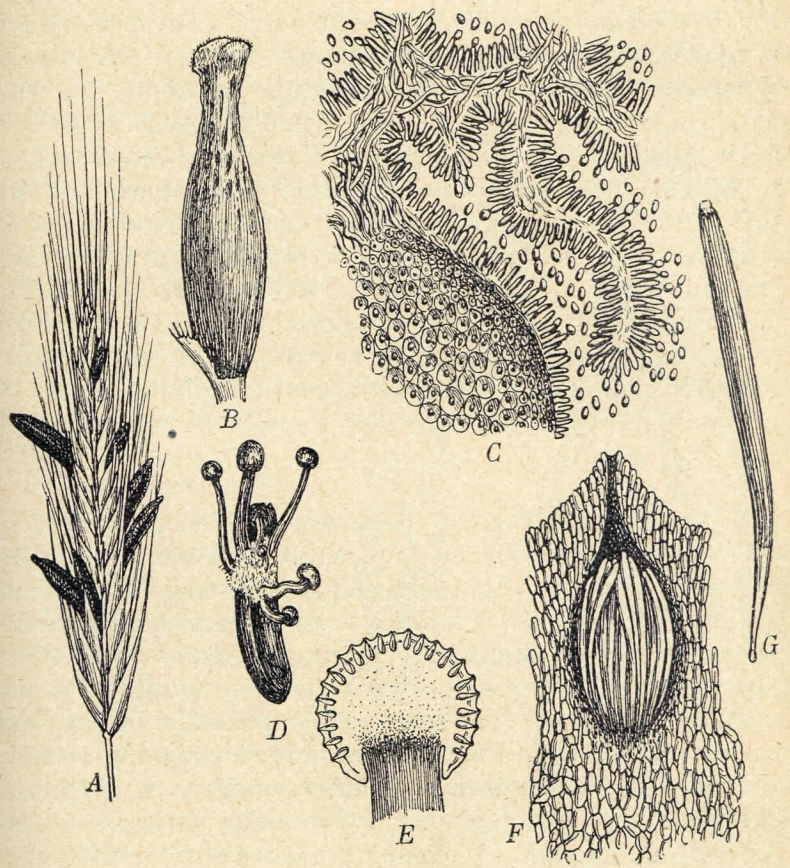


Ryc. 212. *A—C Xylaria polymorpha.* — *A* Owocniki rozmaitego kształtu w naturalnej wielkości; jeden z nich przecięty wzdłuż. — *B* Worek. — *C* Tworzenie się konidjów. — *D Xylaria Hypoxylon.* Owocniki. — *A* i *D* według Tulasne'a, *B* i *C* według Brefelda.

Z pomiędzy form, mających stromę, zasługują na uwagę: *Nectria, Xylaria* i *Claviceps.*

Nectria posiada jaskrawo zabarwione, miękkie, okrągławe owocniki. Najbardziej znanym gatunkiem jest *Nectria cinnabarina,* której drobne, jaskrawoczerwone owocniki tworzą się na suchych gałęziach i wysuwają się nazewnątrz, przerywając korę (ryc. 211). Na ich powierzchni tworzą się z początku konidja, później po bokach wyrastają otocznie. Grzyb ten występuje głównie na uschniętych gałęziach, ale potrafi także przenikać do żywej tkanki, przez pęknięcia i uszkodzenia w korze.

Zupełnie inaczej wyglądają owocniki rodzaju *Xylaria,* występujące również na drewnie. Czarne na powierzchni, są one twarde — mają spoistość korka albo drewna. Kształt mają walcowaty albo buławowaty, rzadziej spłaszczony, prosty albo rozgałęziony (ryc. 212). Dolna, cieńsza część owocnika (trzonek)



Ryc. 213. *Claviceps purpurea. A* Kłos żyta z przetrwalnikami. — *B* Porażona zalążnia. — *C* Przekrój zewnętrznej części zalążni z konidjami. — *D* Owocniki wyrastające z przetrwalników w naturalnej wielkości. — *E* Przekrój górnej kulistej części owocnika w powiększeniu. — *F* Pojedyńcza otocznia silniej powiększona. — *G* Worek. — *A* według Lindaua, *B—F* według Tulasne'a, *G* według Brefelda.

jest płonna. Górna, plenna część jest z początku pokryta gęsto strzępkami, wytwarzającemi konidja. Później w zewnętrznej warstwie owocnika powstają liczne otocznie z czarną powłoką, doskonale widoczne na przekrojach. Otocznie u *Xylaria* są zatem zagłębione w stromie owocnika, nie zaś jak u *Nectria* osa-

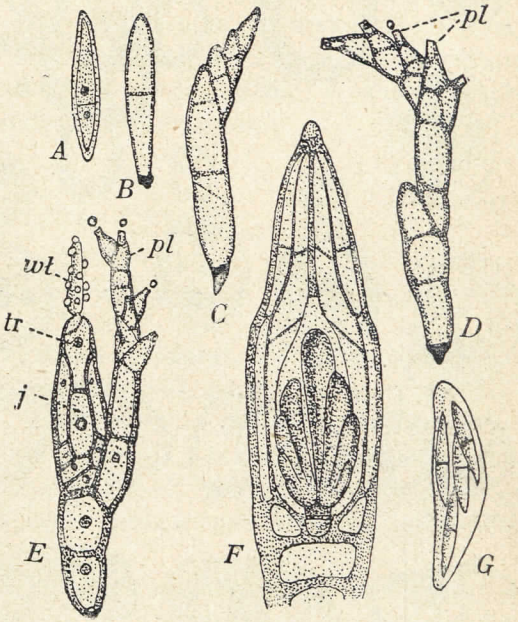
dzone na jej powierzchni. Gatunek *Xylaria polymorpha* zasługuje na szczególną uwagę wielką zmiennością swoich owocników (ryc. 212, *A*).

Bardzo ciekawy z punktu widzenia ekologicznego jest sporysz *(Claviceps purpurea)*, pasorzytujący na życie *(Secale cereale)*, rzadziej na innych zbożach. Grzybnia tego grzyba tworzy w zalążniach żywiciela podłużne, czarne przetrwalniki, wysuwające się z pomiędzy plewek (ryc. 213, *A*). Przetrwalniki te wypadają z kłosów żywiciela i zimują na ziemi. Na wiosnę wyrastają z nich owocniki, mające postać kulistych tworów, osadzonych na długiej, cienkiej nóżce. W kulistej części owocnika są zagłębione liczne otocznie. Na dnie tych otoczni znajduje się pęk worków z nitkowatemi zarodnikami. Zarodniki te kiełkują na młodych roślinkach żyta, wytwarzając grzybnię, która trzyma się w górnej części rośliny i wkońcu przechodzi do zalążni. Strzępki jej nietylko przenikają zalążnię w środku, ale także oplatają ją nazewnątrz. Na zewnętrznych strzępkach wytwarzają się obficie konidja a jednocześnie słodka ciecz. Owady przywabione tą cieczą roznoszą konidja i rozpowszechniają zarazę.

68. Laboulbeniales. Są to bardzo drobne pasorzyty owadów, występujące głównie na tych gatunkach chrząszczy, które żyją w wodzie lub w wilgotnych miejscach. Grzybni *Laboulbeniales* nie tworzą wcale. Plecha ich umocowuje się dolnym, zaostrzonym, czarnym końcem w jednym punkcie do chitynowej skorupy owada i wysysa soki z ciała jego poprzez skorupę. W rzadkich tylko przypadkach grzyb przebija ją i wpuszcza ssawki wewnątrz ciała. Plecha omawianych grzybów składa się z niewielkiej ilości komórek prawidłowo ułożonych. Większa jej część służy celom rozmnażania, wytwarzając narządy uderzająco podobne do płodnicy i plemni krasnorostów, a różniące się od nich tem, że w płodnicy tworzy się po zapłodnieniu pęk worków.

Opiszemy dokładniej te stosunki na przykładzie *Stigmatomyces Baeri*, pasorzytującego na muchach. Zarodniki (askospory) tego grzyba są wrzecionowate, dwukomórkowe (ryc. 214). Jednym końcem przymocowują się one do skorupy owada. Górna komórka zaczyna teraz wydłużać się i dzieli się skośnemi przegrodami na części, z których wytwarzają się plemnie. Z tych plemni przez stożkowato zwężoną górną ich część są wypychane nazewnątrz nieobłonione drobne plemniki podobne do plemników krasnorostów. Nieco później przez podział dolnej komórki zarodnika tworzy się lęgnia, otoczona powłoką, złożoną z czterech pionowych szeregów komórek, z których na ryc. 214, *E* widoczne są tylko dwa. Lęgnia ta jest podobna do płodnicy krasnorostów tem, że posiada włostek, do którego przylepiają się plemniki. Jest tu jednak ta osobliwość, że pomiędzy jajem a włostkiem znajduje się jeszcze specjalna komórka, t. zw. trychoforyczna. Plemniki okrywają się błoną, skoro tylko przylepią się do włostka. Zawartość plemnika przechodzi prawdopodobnie do lęgni; zjawiska tego jednak dotąd nie udało się stwierdzić bezpośrednio.

Po zapłodnieniu z komórki jajowej tworzy się pęk worków. Jednocześnie powłoka lęgni staje się dwuwarstwową i powstaje twór, przypominający swoją budową otocznię *Perisporiales*. Worki zawierają po cztery zarodniki.



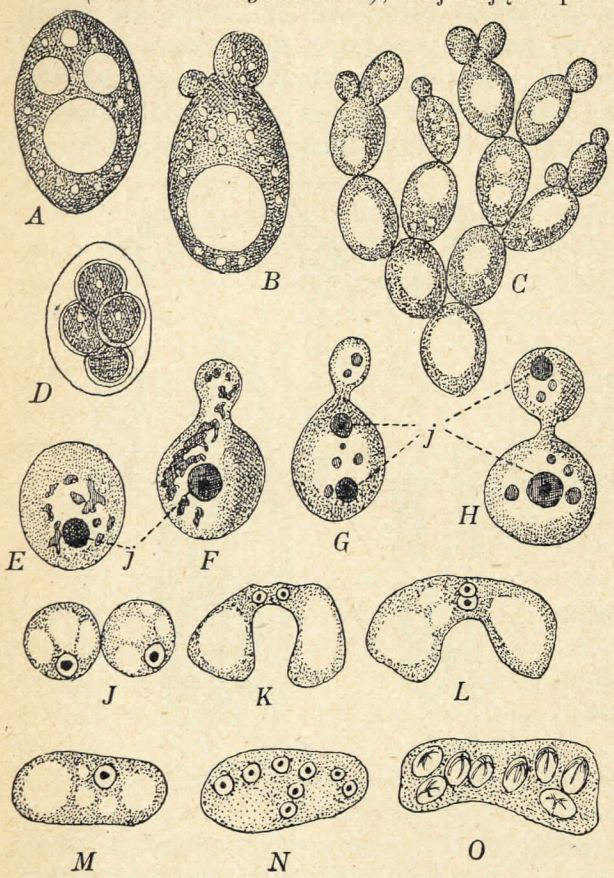
Ryc. 214. *Stigmatomyces Baeri*. *A* Zarodnik. — *B* Zarodnik umocowany dolnym końcem na skorupie owada. — *C—E* Rozwój plemni i lęgni; *pl* plemnie, *j* jaje, *tr* komórka trychoforyczna, *wł* włostek. — *F* Otocznia z workami. — *G* Worek. — Według Thaxtera.

Inne *Laboulbeniales* wykazują liczne odchylenia od opisanego typu. Między innemi u niektórych form plemniki nie tworzą się wewnątrz plemni, lecz odcinają się z końców strzępek na podobieństwo konidjów i są od początku obłonione. Najwięcej *Laboulbeniales* znaleziono w Ameryce północnej, co jest zasługą Thaxtera, któremu zawdzięczamy dokładniejsze poznanie tych dziwnych grzybów. Możliwe jest, że w innych częściach świata nie są one rzadkie, tylko były przeoczone.

69. Protoasci. Są to workowce o prostym cyklu rozwojowym, zbliżone do *Oomycetes* przez to, że zapłodnienie nie jest rozwleczone: plazmogamja i karjogamja odbywają się jedno-

cześnie. Różnią się one od wspomnianych pleśniaków tem, że zygota zamienia się na worek.

Najważniejsze formy tej podgromady workowców są drożdże *(Saccharomycetaceae)*, zajmujące pod wieloma względami wyjątkowe stanowisko wśród grzybów. Grzybnia ich składa się z jednojądrowych owalnych komórek i rozrasta się przez pączkowanie. Dzieje się to w sposób następujący: na komórce tworzy się uwypuklenie, które pęcznieje, utrzymując połączenie z macierzystą komórką przy pomocy wąskiego kanału (ryc. 215, *E—H*). Jądro przytem dzieli się sposobem bezpośrednim, nie karjokinetycznym, i z dwóch jąder potomnych jedno przechodzi do nowej komórki, która ostatecznie oddziela się przegrodą od komórki macierzystej. Przez powtórzenie tego procesu powstają charakterystyczne groniaste skupienia komórek (ryc. 215, *C*), które z łatwością rozpadają się. Nitkowate typowe formy grzybni są rzadkie. W pewnych warunkach następuje u drożdży zapłodnienie. Odbywa się to w ten sposób, że dwie jednakowe komórki zlewają się ze sobą (ryc. 215, *J—O*). Jądra łączą się niezwłocznie. Powstałe w ten sposób



Ryc. 215. *A—D Saccharomyces cerevisiae.* Według żywego materjału: *A* pojedyńcza komórka, *B* początek pączkowania, *C* kolonja, *D* worek. Jasne plamy są to wodniczki. — *E—H Saccharomyces cerevisiae.* Pączkowanie. Szczegóły cytologiczne według barwionych preparatów; *j* jądro. — *J—O Schizosaccharomyces octosporus.* Zespalanie się dwóch komórek i tworzenie się zarodników. — *A—D* według Luerssena i Reesa, *E—O* według Guillermonda.

jądro diploidalne podlega dwu albo trzykrotnemu podziałowi i powstają w zwykły sposób askospory. W wielu przypadkach zarodniki tworzą się apogamicznie, bez zapłodnienia, np. u drożdży piwnych *(Saccharomyces cerevisiae*, ryc. 215, *D*) i winnych *(Saccharomyces ellipsoideus).*

Drożdże mają osobliwy sposób życia. Mogą one żyć bez tlenu przez czas nieograniczony. Nie są to jednak prawdziwe anaeroby, bo bez tlenu nie rosną. W nieobecności tlenu rozkładają cukier na alkohol etylowy i dwutlenek węgla, dokonując fermentacji alkoholicznej, o której będzie jeszcze mowa w fizjologji. Są przeto stosowane do wyrobu alkoholu i napojów wyskokowych. W przyrodzie żyją tam, gdzie występują większe stężenia cukrów: na jagodach, w miodnikach. Drożdże piwne w stanie dzikim nie są znane.

ROZDZIAŁ XV

PODSTAWCZAKI

70. Ogólna charakterystyka i podział. Podstawczaki posiadają, podobnie jak workowce, grzybnię podzieloną poprzecznemi przegrodami na części. Ilość jąder w poszczególnych odcinkach jest różna: od jednego do wielu. Jeżeli jąder jest więcej niż jedno, są one parami sprzężone. Z grzybni tworzą się często owocniki w zwykły sposób przez splatanie się strzępek. Przetrwalniki są rzadkie.

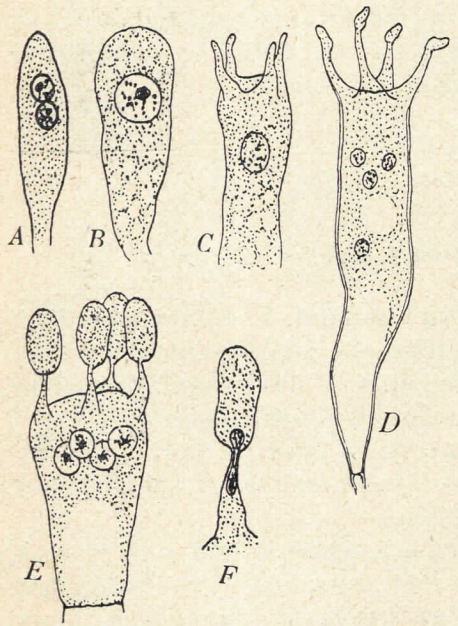
Typową formą rozmnażania u podstawczaków jest rozmnażanie przy pomocy bazydjospor, zarodników tworzących się po cztery przez pączkowanie na osobnych strzępkach, t. zw. podstawkach (basidia), czemu te grzyby zawdzięczają swoją nazwę. Podobnie jak worki u workowców, podstawki zawierają początkowo parę sprzężonych jąder (ryc. 216). Jądra te łączą się ze sobą, dając jądro diploidalne. Wkrótce potem następuje podział redukcyjny, wytwarzający dwa jądra haploidalne. Te dzielą się raz jeszcze bez redukcji chromatyny i w ten sposób powstają cztery jądra dla czterech zarodników. W przeciwieństwie do workowców zarodniki nie tworzą się tu wewnątrz strzępki, lecz nazewnątrz przez pączkowanie: błona uwypukla się i powstają pęcherzyki, połączone z podstawką przy pomocy wąskich kanalików, t. zw. sterygm. Przez sterygmy jądra wchodzą do pęcherzyków, które odcinają się od nich przegrodą. Błona tych pęcherzyków grubieje, przybierając

przytem przeważnie ciemną barwę i wytworzone w ten sposób zarodniki odrywają się wkońcu od podstawek.

Konidja u podstawczaków, w przeciwieństwie do workowców, występują rzadko. Zjawiska płciowe, poza karjogamją w podstawkach, przedstawiają się różnie w różnych grupach i będą omówione później.

Podstawczaki można podzielić na trzy podgromady: *Eubasidii, Hemibasidii* i *Protobasidii.*

Pierwsza z tych podgromad — *Eubasidii* — obejmuje typowe podstawczaki, u których podstawki tworzą się z owocników. Bazydjospory powstają na podstawkach w opisany powyżej sposób. Są to z reguły roztocza, których grzybnia żyje w ziemi, owocniki zaś przeważnie nad ziemią.

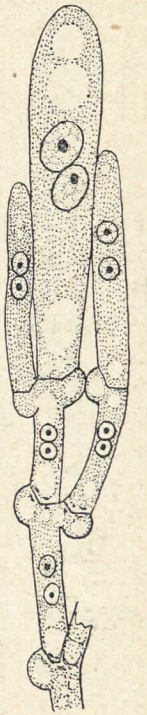


Ryc. 216. *Armillaria mellea. A—E* Kolejne stadja rozwoju podstawki. — *F* Przechodzenie jądra z podstawki do zarodnika. — Według Ruhlanda.

Dwie ostatnie podgromady — *Hemibasidii* i *Protobasidii* charakteryzują się brakiem owocników i podstawkami przetrwalnikowemi *(sclerobasidia).* Te ostatnie tworzą się z grzybni, która pasorzytuje na roślinach wyższych, w formie szczególnego rodzaju zarodników przetrwalnikowych, chlamydospor i teleutospor. Zawierają one początkowo parę jąder sprzężonych, które przy dojrzewaniu zespalają się. Z tych przetrwalnikowych podstawek nie tworzą się odrazu bazydjospory, lecz po przebyciu spoczynku wyrasta z nich krótka strzępka — *promycelium*, do której przechodzą jądra haploidalne, wytworzone w ilości 4 lub większej z jądra diploidalnego w *sclerobasidium.* Z *promycelium* dopiero przez pączkowanie wyrastają bazydjospory. *Protobasidii* różnią się od *Hemibasidii* bardziej złożonym cyklem rozwojowym z rodozmianem, którego *Hemibasidii* nie mają.

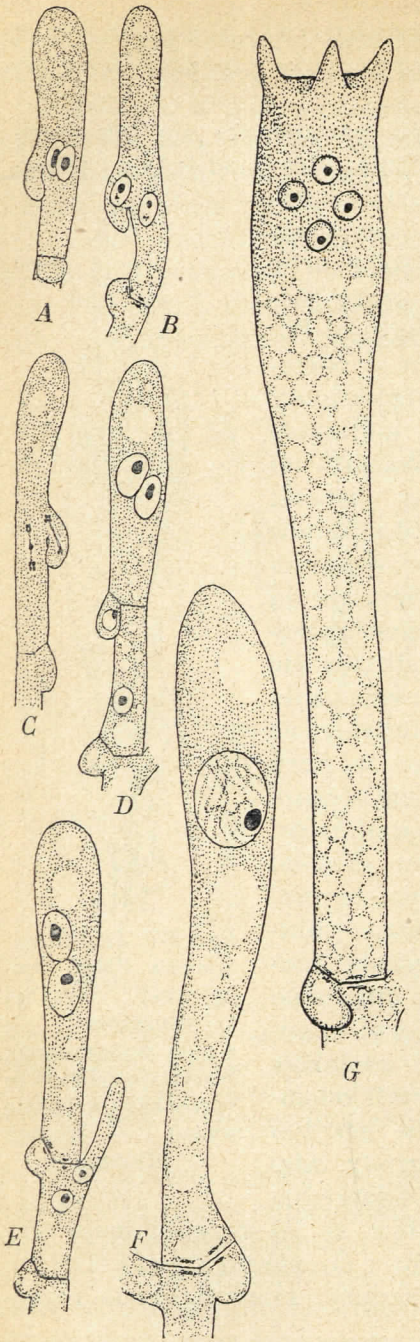
71. Eubasidii. Charakterystyka i podział. Są to przeważnie roztocze, charakteryzujące się podstawkami, które powstają na powierzchni albo we wnętrzu owocników, rzadziej tworzą się bezpośrednio z grzybni.

Cykl rozwojowy u *Eubasidii* przedstawia się, jak następuje. Z zarodnika wyrasta grzybnia, której odcinki są jednojądrowe, t. zw. grzybnia pierwotna. Pomiędzy odcinkami tej grzybni następuje plazmogamja: one łączą się ze sobą przy pomocy wyrostków, przez które jądro jednego odcinka przechodzi do drugiego. Powstaje grzybnia drugorzędna o odcinkach, zawierających dikarjonty. Dikarjonty dzielą się w zwykły sposób: oba jądra jednocześnie. Pomiędzy nowemi dikarjontami tworzą się przegrody i grzybnia rozrasta się stopniowo. Czasem podział dikarjontów odbywa się częściej, niż tworzenie się przegród, i powstają komórczaki, zawierające do 20 jąder, ale jądra te będą parami sprzężone. Rozrastanie się grzybni odbywa się w sposób złożony, a mianowicie powstawaniu nowych odcinków towarzyszy tworzenie się sprzążek, co będzie opisane poniżej przy opisie genezy podstawek. Skutkiem obecności sprzążek grzybnia drugorzędna różni się wybitnie swoim wyglądem od grzybni pierwotnej (ryc. 217). Grzybnia podstawczaków, jaką spotyka się w przyrodzie, głównie w ziemi, jest przeważnie grzybnią drugorzędną ze sprzążkami. Tworzy ona luźne sploty. Z niej powstaje grzybnia trzeciorzędna, złożona wyłącznie z odcinków dwujądrowych, bo w wielojądrowych odcinkach, które czasem tworzą się w grzybni drugorzędnej, zjawiają się przegrody między dikarjontami. Grzybnia trzeciorzędna różni się od drugorzędnej tylko tem, że jej strzępki mają tendencję do przebiegu równoległego i do skupiania się. Tworzą się w ten sposób coraz grubsze sznury, które wreszcie rozrastają się w owocniki.



Ryc. 217. *Armillaria mucida.* Część dwujądrowej grzybni z tworzącemi się u góry podstawkami. Wszystkie odcinki ze sprzążkami w formie wydęć. — Według Kniepa.

W owocnikach tworzą się podstawki, a to w sposób następujący (ryc. 218). Mniej więcej pośrodku komórki, z której ma powstać podstawka, wyrasta przez uwypuklenie krótki haczy-

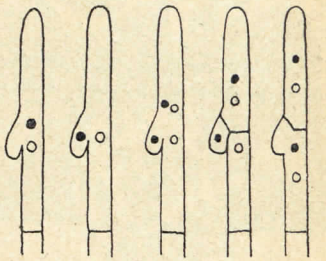


Ryc. 218. *Armillaria mucida*. Tworzenie się sprzążki i podstawki. Objaśnienie w tekście. — Według KNIEPA.

kowato zgięty wyrostek (sprzążka) (ryc. 218, *A*). Do tego wyrostka przechodzi jedno z jąder (ryc. 218, *B*). Następuje równoczesny podział obu jąder, poczem z czterech jąder potomnych dwa przechodzą do górnej części komórki, jedno pozostaje w wyrostku, a jedno przechodzi do dolnej części. Zaraz potem zjawia się tuż pod wyrostkiem poprzeczna przegroda, przecinająca komórkę na dwie części, i prawie jednocześnie z nią druga, odcinająca wyrostek od strzępki (ryc. 218, *C* i *D*). Ta druga przegroda tworzy z pierwszą bardzo charakterystyczny kąt rozwarty, zwrócony ku wierzchołkowi strzępki. Górna komórka staje się podstawką. Zawarte w niej jądra nie są siostrzane; jedno z nich pochodzi od jądra, które weszło do wyrostka, drugie od drugiego jądra, które pozostało w komórce. Na tem te zjawiska jeszcze się nie kończą. Wyrostek łączy się z dolną częścią komórki i zawarte w nim jądro przechodzi do niej. W ten sposób ta dolna część staje się normalną dwujądrową komórką grzybni i z niej mogą tworzyć się nowe podstawki na odgałęzieniach, które z niej wyrastają; takie powstające odgałęzienie jest widoczne na ryc. 218, *E*. Dalsze stadja rozwojowe przedstawione na ryc. 218, *F* i *G* nie wymagają objaśnień. Jako pozostałość po opisanym powyżej procesie znajduje się u spodu

podstawki wydęcie, stanowiące pozostałość po sprzążce (ryc. 217); przegroda, stanowiąca dolną granicę podstawki, ma charakterystyczną postać: jest złożona z dwóch części, tworzących kąt rozwarty. Schematyczna ryc. 219 uwydatnia ważniejsze szczegóły procesu.

W podstawkach kończy się karjogamją zapłodnienie, rozpoczęte w drodze plazmogamji przy tworzeniu grzybni drugorzędnej. Jądra dikarjontów mogą pochodzić z tej samej albo z różnych grzybni pierwotnych. Obserwuje się przytem często zróżnicowanie płciowe grzybni jednojądrowych, o jednakowym zresztą wyglądzie. Występują tu nietylko grzybnie + i —, ale także grzybnie o płciowości bardziej złożonej. Mogą być grzybnie *A*, *B*, *C*, *D*, *E* i t. d. takie, że grzybnia *A* łączy się tylko z *B* i *C*, grzybnia *B* z *A* i *D*, ale nie z *C*, grzybnia *C* z *A* i *E*, ale nie z *B* i *D* i t. p. Ten przypadek obserwowano np. u *Schizophyllum*. Są ponadto przypadki, w których odbywa się autogamja. Tu zarodniki są dwujądrowe i dają odrazu dwujądrową grzybnię drugorzędną. Niema wtedy wędrówki jąder, karjogamja odbywa się między siostrzanemi jądrami. Tak jest np. u *Corticium terrestre*. Wogóle zjawiska rozwojowe u *Eubasidii* nieraz odbiegają od przedstawionego powyżej ogólnego typowego przebiegu.



Ryc. 219. Schematyczne przedstawienie procesów zobrazowanych na ryc. 218.

Z powyższego wypływa, że typowe *Eubasidii* mają niewyraźny rodozmian. Jedną formą jest grzybnia jednojądrowa pierwotna, drugą — grzybnie drugo- i trzeciorzędne dwujądrowe.

Owocniki podstawczaków są o wiele silniej zróżnicowane niż owocniki workowców. W wielu przypadkach można w nich rozróżnić płonny trzon i plenny, zawierający podstawki kapelusz, a nadto welum, powłokę otaczającą owocnik we wcześniejszych stadjach rozwojowych. Grzybnia w niektórych przypadkach wytwarza owocniki na rhizomorfach, ścisłych splotach strzępek, mających postać korzeni. Tworzą się czasem także przetrwalniki, ale o wiele rzadziej niż u workowców.

Eubasidii dzielą się na 6 rzędów, które można scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli:

A) Podstawki podzielone wpoprzek. *Auriculariales.*

B) Podstawki podzielone wzdłuż. *Tremellales.*

C) Podstawki niepodzielone:

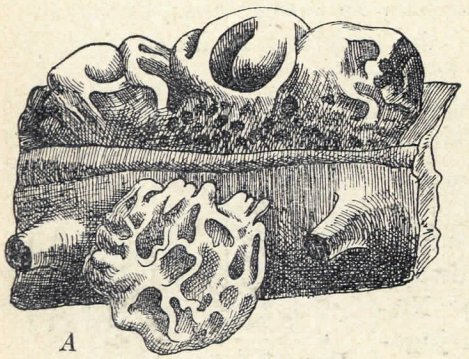
a) Podstawki ustawione obok siebie w warstwę (hymenjum):

α) Hymenjum wyrasta bezpośrednio z grzybni. Owocników niema. *Exobasidiales.*

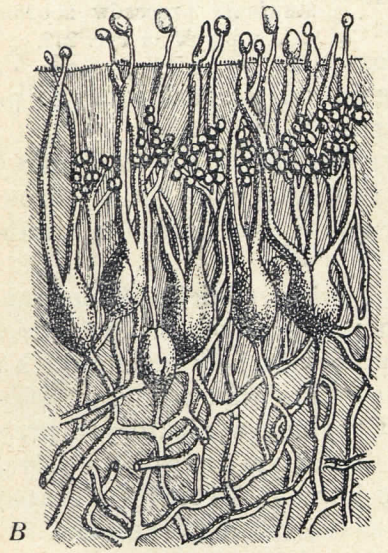
β) Hymenjum na zewnętrznej powierzchni owocników. *Hymenomycetes.*

γ) Hymenjum na wewnętrznej powierzchni komór wewnątrz owocników. *Gastromycetes.*

b) Podstawki rozrzucone bez określonego porządku wewnątrz owocników. *Plectobasidiales.*



A



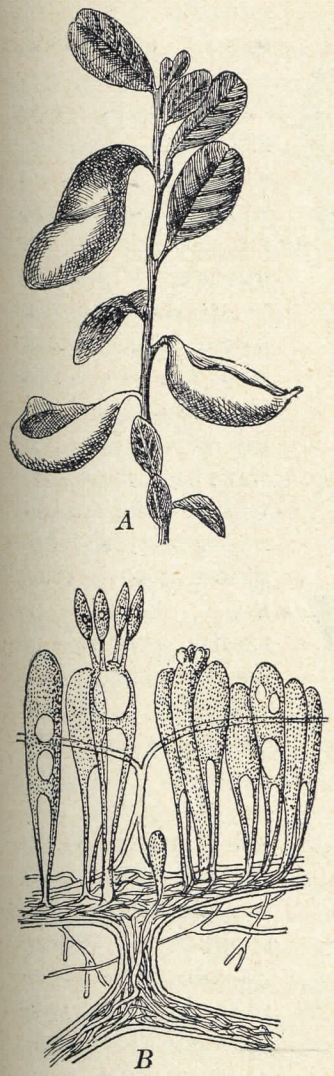
B

Ryc. 220. *Tremella lutescens.* *A* Owocnik w naturalnej wielkości. — *B* Część owocnika w powiększeniu. — Według Brefelda.

72. Auriculariales. Podstawki wyrastają z owocników, mających charakterystyczną galaretowatą konsystencję. Najbardziej charakterystyczną formą rzędu *Auriculariales* jest kosmopolityczny grzyb *Auricularia Auricula Judae,* którego galaretowate, blaszkowate, pokręcone nakształt muszli usznej człowieka owocniki wyrastają na drewnie. Podstawki tworzą hymenjum na dolnej stronie owocnika.

73. Tremellales. Charakterystyczną cechą rzędu są podstawki podzielone dwiema krzyżującemi się podłużnemi przegrodami na cztery komórki. Ze szczytu każdej komórki wyrasta zarodnik. Owocniki są przeważnie galaretowate. Przykładem może służyć *Tremella lutescens,* tworząca na drewnie owocniki nieprawidłowego kształtu, pokryte na powierzchni przez hymenjum (ryc. 220).

74. Exobasidiales. Są to pasorzyty, które wytwarzają hymenjum na powierzchni ciała żywiciela (ryc. 221). Grzybnia pasorzyta mieści się między komórkami w tkankach żywiciela i wywołuje bardzo znamienne zniekształcenia. Najbardziej znanym przykładem jest *Exobasidium Vaccinii,* pasorzytujący na *Vaccinium Vitis idaea.* Brak owocnika jest być może spowodowany przez pasorzytniczy sposób życia.

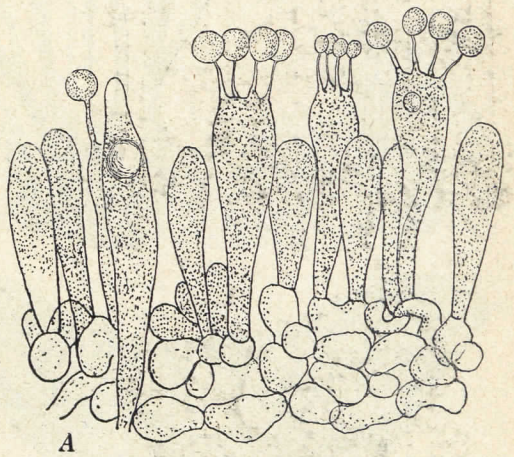


A

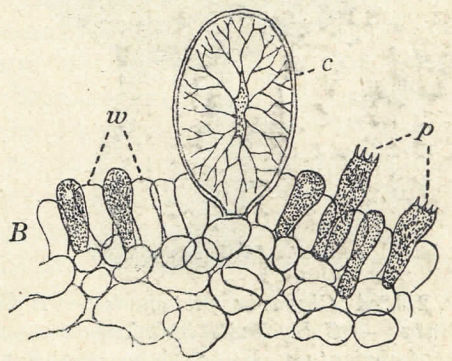
B

Ryc. 221. *Exobasidium Vaccinii.* *A* Porażona gałązka *Vaccinium Vitis idaea* w naturalnej wielkości. — *B* Hymenjum na powierzchni żywiciela. — *A* według Wettsteina, *B* według Woronina.

75. Hymenomycetes. W tym rzędzie podstawki są ułożone w hymenjum,



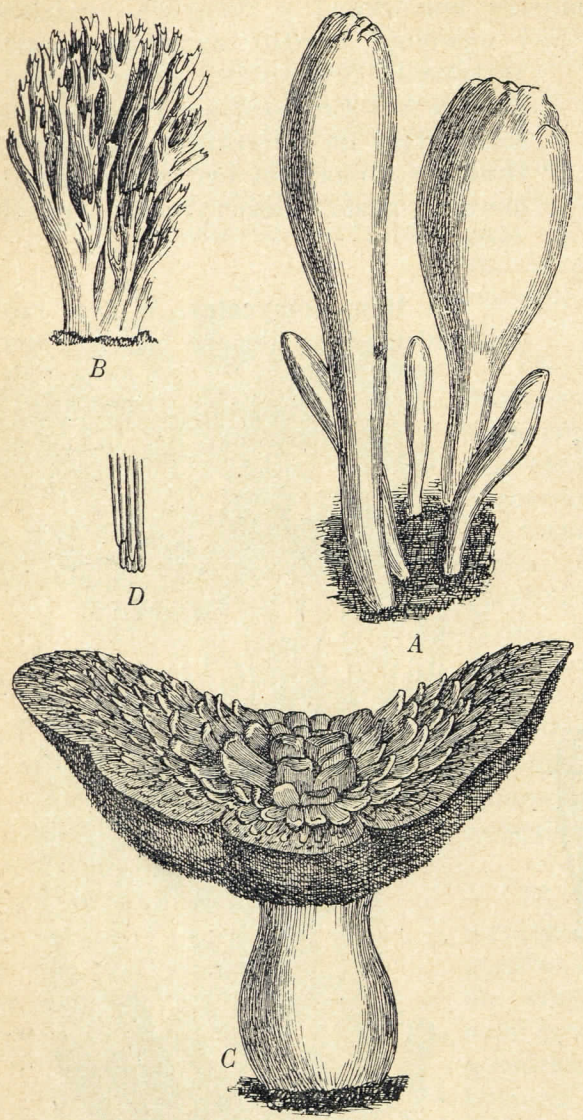
A



B

Ryc. 222. *A* Hymenjum u *Russula rubra.* — *B* Hymenjum u *Coprinus micaceus.* Oba grzyby należą do rodziny *Agaricaceae;* *p* podstawki, *w* wstawki, *c* cystida. — Według Strasburgera i de Bary.

które wyściela zewnętrzną powierzchnię pewnych części owocnika. Hymenjum ma podobną budowę, jak u workowców; podstawki są ustawione obok siebie i pomieszane z płonnemi strzępkami, wstawkami (paraphysae) (ryc. 222, *A*). Niektóre wstawki, t. zw. cystidy, odznaczają się wielkiemi rozmiarami i wysuwają się daleko ponad hymenjum, stanowiąc dla niego pewnego rodzaju ochronę (ryc. 222, *B*). Grzybnia żyje przeważnie jako roztocz, najczęściej w leśnej glebie albo w drewnie. Stosunkowo rzadko grzybnia pasorzytuje na żywych roślinach, głównie na drzewach, wchodząc do nich przeważnie przez miejsca zranione. W glebie grzybnia rozrasta się czasem odśrodkowo, tworząc na obwodzie owocniki, które są wówczas ustawione w prawidłowe koła.



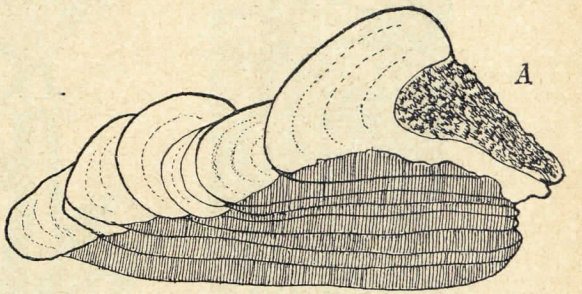
Ryc. 223. *A Clavaria pistillaris.* — *B Clavaria cristata.* — *C Hydnum imbricatum.* — *D Hydnum imbricatum.* Kolce słabo powiększone. — Według Henningsa.

Postać owocników może być bardzo rozmaita. W najprostszych przypadkach są to pajęczynowate naloty na podłożu, na których podstawki są ustawione dość nieprawidłowo; tak jest w rodzinie

Hypochnaceae. Dalej zdarza się, że owocnik ma postać blaszek o gładkiej powierzchni, przyrośniętych do podłoża dolną stroną albo brzegiem. Tego rodzaju owocniki są typowe dla rodziny *Telephoraceae.* Niektóre formy z tej rodziny, zbliżone do rodzaju *Stereum*, tworzą w połączeniu z sinicami porosty; są to jedyne porosty, pochodzące od podstawczaków.

Odmienną formę mają owocniki w rodzaju *Clavariaceae:* są one walcowate, maczugowate albo rozgałęzione na podobieństwo korali (ryc. 223, *A* i *B*). Powierzchnia owocników jest gładka i w górnej części pokryta przez hymenjum.

Dla rodziny *Hydnaceae* charakterystyczne są kolce, pokrywające pewną część owocnika. Na ich powierzchni jest rozpostarte hymenjum. Owocnik jest często kapeluszowaty, kolce pokrywają wówczas dolną stronę kapelusza (ryc. 223, *C* i *D*).

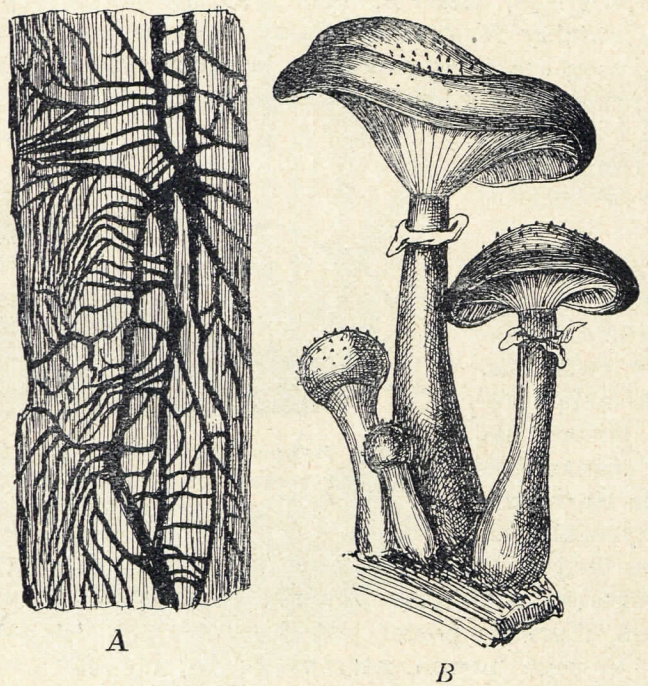


Ryc. 224. *Polyporus igniarius.* Przekrój owocnika ze słojami rocznemi; *A* miejsce umocowania na pniu drzewnym.

W rodzinie *Polyporaceae* hymenjum wyściela wgłębienia w owocniku. Owocniki mają przeważnie postać kapeluszy, osadzonych środkiem na trzonie albo przyrośniętych brzegiem do pni drzewnych. I w jednym, i w drugim przypadku wgłębienia z hymenjum mieszczą się na dolnej stronie kapelusza. Pierwsza postać jest charakterystyczna dla rodzaju *Boletus*, którego pewne gatunki są jadalne (np. grzyb prawdziwy, *Boletus edulis*), inne natomiast trujące (np. *Boletus Satanas*). Druga postać charakteryzuje huby, rosnące na pniach drzewnych i żywiące się kosztem kory. W pewnych przypadkach grzybnia ich po zużyciu kory wchodzi do miazgi i drewna; wówczas stają się one pasorzytami. Należą tu blisko spokrewnione rodzaje *Polyporus, Polystictus* i *Fomes.* Huby bardzo często mają twarde drzewiaste owocniki, które zimują i narastają co roku, tworząc w ten sposób słoje roczne (ryc. 224). Do rodziny *Polyporaceae* należy także grzyb domowy *(Merulius lacrymans),* którego grzybnia powoduje szybki rozkład drewna w wilgotnych budowlach, wywołując nieraz katastrofy. Owocniki jego są miękkie, blaszkowate, zwykle przy-

legające do powierzchni drewna, na górnej powierzchni z płytkiemi wgłębieniami, pokrytemi przez hymenjum.

Najbardziej prawidłową budowę posiadają wreszcie owocniki rodziny *Agaricaceae*. Kształt ich jest zawsze parasolowaty, z pionowemi blaszkami, ustawionemi promienisto na dolnej stronie kapelusza. Młode owocniki są otulone powłoką (welum), która rozrywa się przy dojrzewaniu i pozostaje w resztkach w różnych miejscach w postaci kołnierzyków i t. p. tworów. Ta powłoka w niektórych przypadkach otacza owocnik całkowicie,

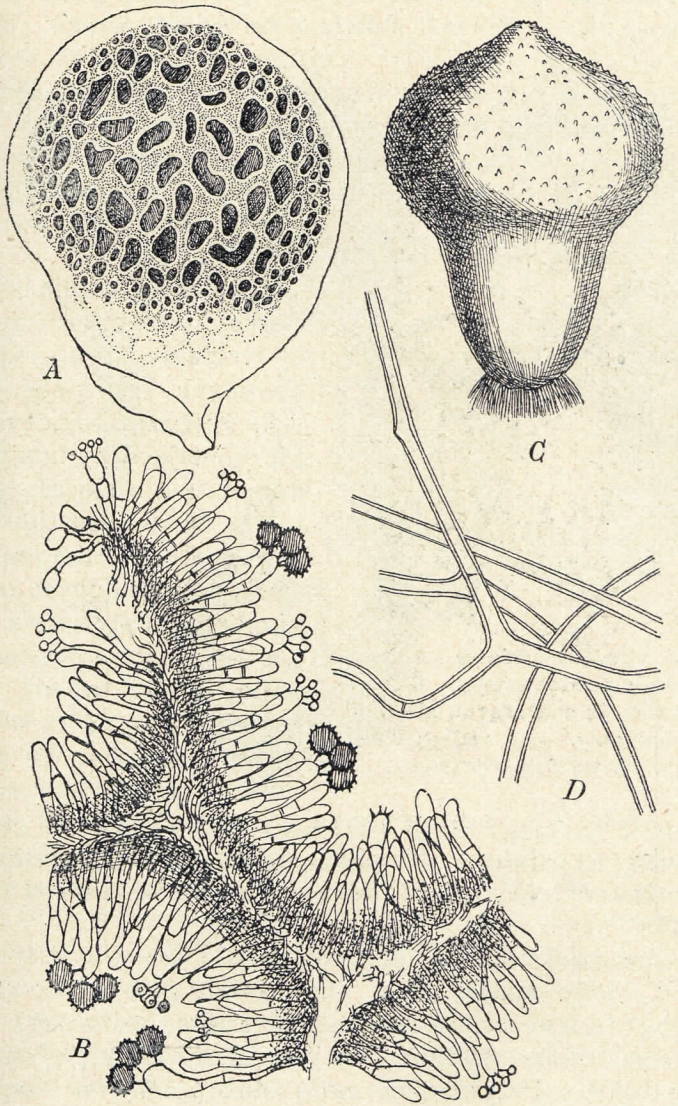


Ryc. 225. *Armillaria mellea*. *A* Rhizomorfy na powierzchni drewna, nieco pomniejszone. — *B* Owocniki, również pomniejszone. — Według Wettsteina.

w innych natomiast łączy tylko brzeg kapelusza z trzonem. Do tej rodziny należy dużo grzybów jadalnych (np. rydz, *Lactarius deliciosus*) i trujących (np. muchomór, *Amanita muscaria*). Ciekawą formą jest *Armillaria mellea*, której grzybnia w formie rhizomorfy pasorzytuje pod korą drzew, zaś owocniki tworzą się u podstawy pni (ryc. 225).

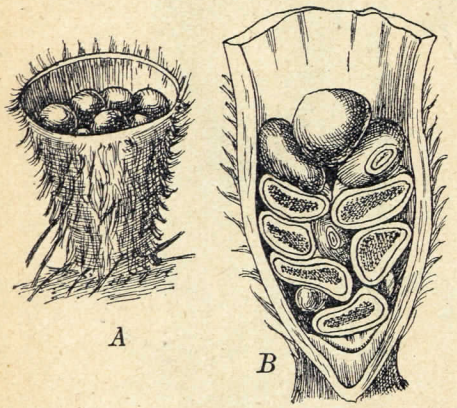
76. Gastromycetes. Owocniki w tym rzędzie składają się z peridjum i gleby. Peridjum jest to zewnętrzna powłoka,

która w rozmaity sposób rozrywa się przy dojrzewaniu. Gleba zaś jest środkową częścią owocnika, w której mieszczą się liczne i drobne komory, wyścielone na wewnętrznej powierzchni przez hymenjum.



Ryc. 226. *A Octaviania asterosperma*. Przekrój owocnika słabo powiększony. — *B Octaviania asterosperma*. Część przekroju owocnika silniej powiększona. — *C Lycoperdon pulcherrimum*. Owocnik w naturalnej wielkości. — *D Lycoperdon lilacinum*. Włókna włośni. — *A* - *B* według Tulasne'a, *C*—*D* według Ed. Fischera.

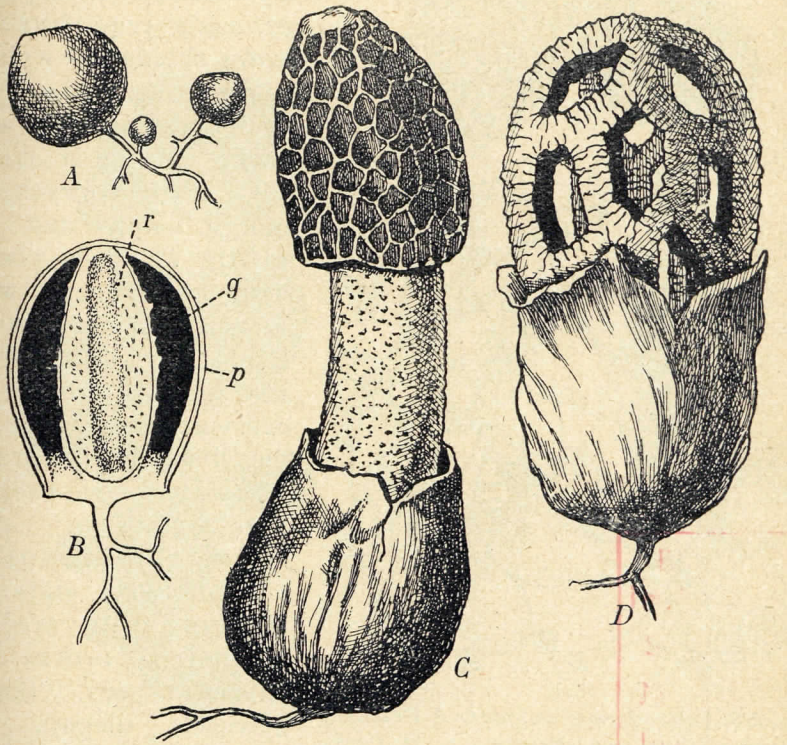
Najprostsze formy mają owocniki podziemne o bardzo prostej budowie. Przykładem może służyć *Octaviania asterosperma* (ryc. 226, *A* i *B*) o okrągłych owocnikach. Purchawki *(Lycoperdon)*, których owocniki tworzą się nad ziemią, mają również bardzo prostą budowę, z tą jednak różnicą, że pewna część strzępek, z których składają się ściany komór, zamienia się we włośnię (capillitium) na podobieństwo analogicznych tworów w zarodniach śluzowców (ryc. 226, *D*). Nitki włośni mają zgrubiałą błonę i są bardzo sprężyste. Po dojrzeniu zarodników gleba ulega rozkładowi i zamienia się w mieszaninę zarodników i włókien włośni. Zarodniki wydostają się nazewnątrz przez otwór na szczycie owocnika.



Ryc. 227. *Cyathus striatus*. *A* Owocnik 3-krotnie powiększony. — *B* Owocnik w przekroju podłużnym, nieco silniej powiększony. — *A* według Wettsteina, *B* według Tulasne'a.

Dalsze komplikacje w budowie owocnika występują w rodzaju *Nidularia* i pokrewnych. Tu gleba zawiera tylko nieliczne komory. Strzępki, oplatające hymenjum tych komór, stają się mocne skutkiem zgrubienia błon, podczas gdy środkowa część przegród, oddzielających od siebie komory, rozpływa się. W ten sposób wnętrze owocnika rozpada się na twarde soczewkowate ciałka, które leżą w powłoce owocnika. Ta powłoka otwiera się szeroko w górnej części, przybierając kształt kubka, i owocnik wygląda jak gniazdo ptaka, wypełnione drobnemi jajami. Taką budowę owocnika można widzieć oprócz rodzaju *Nidularia* także u *Cyathus* (ryc. 227).

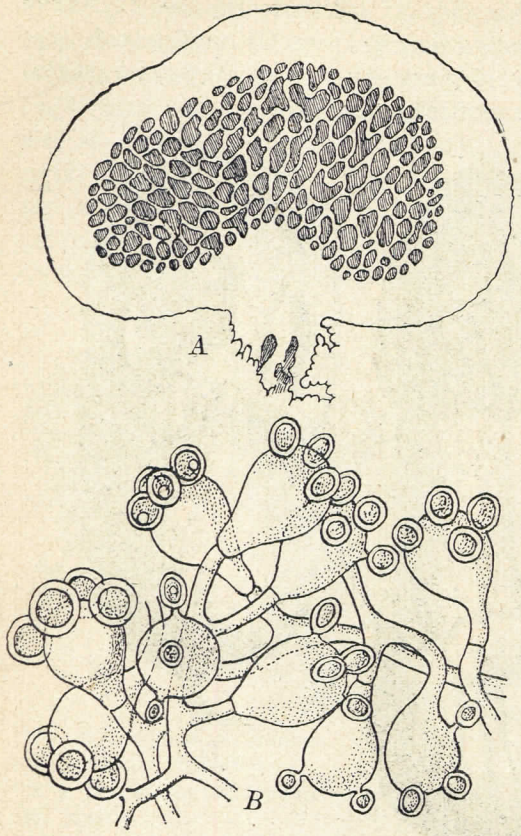
Najbardziej złożoną budowę posiada owocnik w tych przypadkach, kiedy mieści się w nim oprócz gleby jeszcze t. zw. receptaculum, twór rozmaitego kształtu, który przy dojrzewaniu zarodników wydłuża się i unosi do góry glebę, przerywając powłokę. Przykładem może służyć *Phallus impudicus*, u którego receptaculum ma postać pustego w środku walca. Gleba otacza górną jego część, tworząc na niej ciemnej barwy czapkę (ryc. 228, *A—C*). W rodzaju *Clathrus* gleba znajduje się w środku owocnika. Pomiędzy nią a powłoką mieści się receptaculum, mające postać okrągłej kraty (ryc. 228, *D*). Dojrzała gleba rozpływa się i pokrywa wewnętrzną powierzchnię receptaculum. *Phallus* jest szeroko rozpowszechniony na wszystkich prawie lądach, spotyka się go także w Polsce. *Clathrus* natomiast jest właściwy cieplejszym krajom. Owocniki tych obu grzybów wydają szczególny nieprzyjemny zapach, przywabiający owady, które roznoszą zarodniki.



Ryc. 228. *A—C Phallus impudicus*. — *A* Młode owocniki. — *B* Dojrzały owocnik przed wydłużeniem receptaculum w przekroju podłużnym; *r* receptaculum, *g* gleba, *p* powłoka. — *C* Owocnik dojrzały z wydłużonem receptaculum. — *D Clathrus cancellatus*. Dojrzały owocnik z wydłużonem receptaculum. — Według Wettsteina.

77. Plectobasidiales. W tym rzędzie, podobnie jak w poprzednim, podstawki znajdują się wewnątrz owocnika, tworząc glebę. Są one jednak w niej rozrzucone bez żadnego porządku. Typowym przykładem może służyć *Scleroderma vulgare*, której okrągłe owocniki osadzone na krótkim trzonie tworzą się nad ziemią, w przeciwieństwie do innych pokrewnych form podziemnych (ryc. 229). Gleba jest podzielona na części przez przegrody, złożone z płonnych strzępek. Przy dojrzewaniu roz-

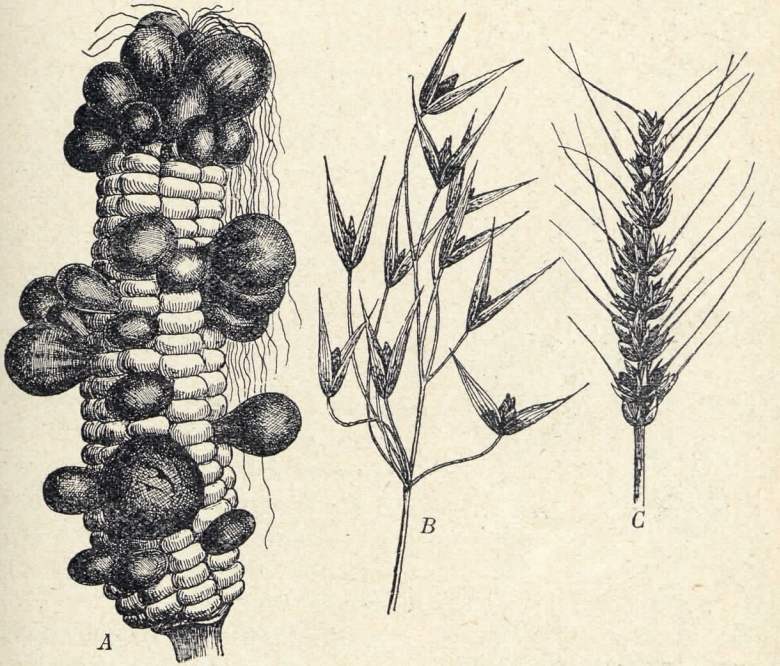
pada się ona na drobny proszek. U niektórych innych form tego rzędu owocnik ma bardziej złożoną budowę, co jednak nie ma zasadniczego znaczenia.



Ryc. 229. *Scleroderma vulgare*. *A* Przekrój owocnika nieco powiększony. — *B* Część gleby silniej powiększona. — Według Tulasne'a.

78. Hemibasidii. Jedyny należący do tej podgromady rząd *Ustilaginales* składa się wyłącznie z pasorzytów, żyjących kosztem roślin wyższych. Grzybnia składa się z dwujądrowych komórek. Żyje ona wewnątrz żywiciela pomiędzy komórkami, wpuszczając do nich ssawki. Początkowo obecność jej nie ujawnia się w niczem nazewnątrz. Dopiero z chwilą, kiedy z grzybni zaczynają się tworzyć przetrwalnikowe podstawki, chlamydospory, pasorzyt staje się widoczny. W miejscu, w którem tworzą się chlamydospory, tkanki żywiciela ulegają zniszczeniu, a miejsce ich zajmuje czarna masa zarodników. Chlamydospory tworzą się nieraz w nabrzmieniach, wywołanych przez pasorzyta na łodygach, w kwiatostanach i t. d., jak to jest np. u *Ustilago Maydis* (ryc. 230, *A*), pasorzytującej na kukurydzy. U innych zbóż chlamydospory powstają w zalążniach, z których tworzą się nieraz ziarna, mające zupełnie normalny wygląd, ale wypełnione chlamydosporami. W tym przypadku zazwyczaj dopiero po pęknięciu powłoki ziaren, zresztą bardzo kruchej, ujawnia się obecność pasorzyta (ryc. 230, *B*). Bardzo ciekawa jest *Ustilago violacea*, powodująca w żeńskich kwiatach *Melandryum album* tworzenie się pręcików, których pylniki zamiast pyłku są wypełnione chlamydosporami.

Chlamydospory tworzą się w sposób następujący. Komórki grzybni najpierw nabrzmiewają, tworząc coś podobnego do sznuru paciorków (ryc. 231, *A*). Następnie z górnej części każdej komórki wyrasta sprzążka, cienki rurkowaty wyrostek, który swoim końcem wbija się w dolną część najbliższej komórki, położonej wyżej od danej komórki, i tworzy kanał, łączący te komórki ze sobą. Przez ten kanał jedno z jąder przechodzi z dolnej komórki do górnej. Ponieważ to się dzieje

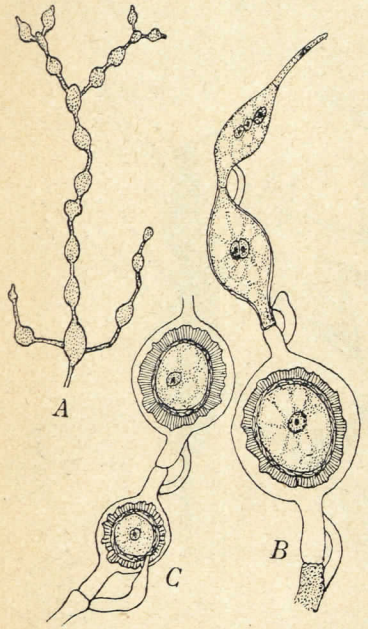


Ryc. 230. *A* Żeński kwiatostan kukurydzy porażony głownią *(Ustilago Maydis)*. — *B* Wiecha owsa porażona głownią *(Ustilago Avenae)*. — *C* Kłos pszenicy porażony śniecią *(Tilletia Tritici)*; pod wpływem pasorzyta kłoski są odchylone od osi kłosa. — *A* i *B* według Dietela, *C* według Swingle'a.

w każdej komórce, ostateczny wynik wędrówki jąder jest ten, że komórki z wyjątkiem najniższej będą zawierały po dwa jądra różnego pochodzenia: jedno własne, drugie z najbliższej komórki położonej niżej. Najwyższa komórka wyjątkowo będzie zawierała trzy jądra, gdyż nie będzie miała możności przeniesienia żadnego ze swoich jąder do innej komórki (ryc. 231, *B*). Przejściowo także inne komórki mogą zawierać po trzy jądra. Po dokonanej wędrówce oba jądra, które ostatecznie pozostały w komórce, łączą się ze sobą, tworząc jądro diploidalne. Jedno-

cześnie protoplazma kurczy się cokolwiek i otacza się grubą błoną. Powstaje w ten sposób chlamydospora, otoczona narazie cienką błoną macierzystej strzępki, która to błona wkrótce potem znika.

Chlamydospory po przezimowaniu na ziemi kiełkują i wytwarzają krótką strzępkę, *promycelium*, z haploidalnemi jądrami, z którego wyrastają w drodze pączkowania jednojądrowe bazydjospory, zwane sporidjami. Nazywa się je tak dla odróżnienia od bazydjospor, powstających bezpośrednio z podstawek. Są dwa typy tych roślin: głownie *(Ustilaginaceae)* i śniecie *(Tilletiaceae)*. U głowni *promycelium* jest złożone z 4 komórek o pojedyńczych jądrach (ryc. 232, *A*). Jądro każdej takiej komórki dzieli się i jedno z jąder przechodzi do sporidjum. Drugie pozostaje w *promycelium* i skutkiem tego mogą wyrastać dalsze sporidja. U śnieci *promycelium* jest jednokomórkowe i wszystkie jądra przechodzą po jednemu do licznych (8—16) sporidjów, wytwarzających się na szczycie (ryc. 232, *C*).

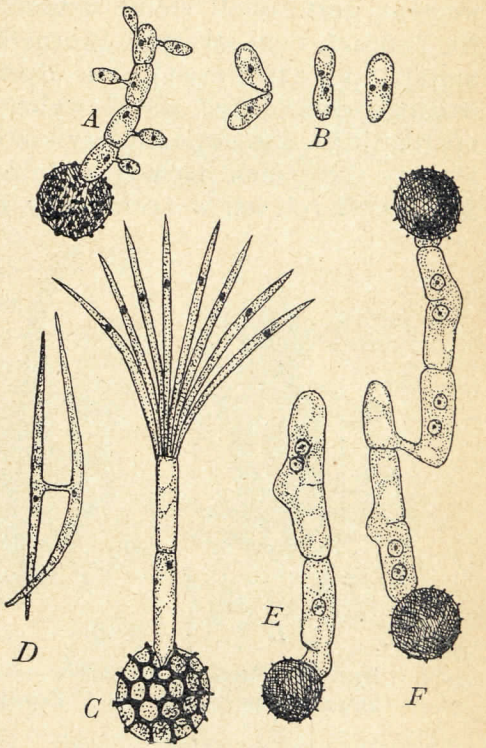


Ryc. 231. *Ustilago Vuijckii.* — *A* Strzępki gotujące się do wytworzenia chlamydospor. — *B* Powstawanie sprzążek i wędrówka jąder; w dolnej komórce już się utworzyła chlamydospora. W górnej komórce są trzy jądra: dwa własne, trzecie pochodzące ze środkowej komórki; w środkowej komórce — dwa jądra. — *C* Strzępka z chlamydosporami. — Według Liro.

Sporidja po odpadnięciu od *promycelium* (u *Tilletiaceae* czasem nawet przed oddzieleniem od niego) łączą się ze sobą końcami albo przy pomocy specjalnych wyrostków, przyczem jądro jednego z nich wędruje do drugiego. Następuje zatem plazmogamja i powstają w ten sposób dwujądrowe zarodniki, które kiełkują na żywicielu, wytwarzając grzybnię, złożoną z dwujądrowych komórek. W niektórych przypadkach dwujądrowość zostaje stworzona w samem *promycelium*, a to przez wędrówkę jąder z jednej komórki do drugiej komórki tego samego lub innego *promycelium* (ryc. 232, *E* i *F*). U *Ustilago Maydis* dzieje się inaczej: sporidja

nie łączą się ze sobą i wytwarzają grzybnię o jednojądrowych komórkach. Dwujądrowość zjawia się dopiero w niedługim czasie przed tworzeniem chlamydospor przez wędrówkę jąder, skutkiem czego połowa komórek otrzymuje drugie jądro, pozostała zaś połowa zostaje pozbawiona jąder zupełnie.

Zakażenie żywicieli odbywa się w różnym czasie. W wielu przypadkach sporidja kiełkują tylko na młodych roślinkach i grzybnia rośnie wraz z żywicielem, przenosząc się do górnych jego części, gdzie (przeważnie w zalążni) tworzy chlamydospory. Tak zachowuje się np. *Ustilago Avenae*. W innych przypadkach, np. u *Ustilago Tritici*, zakażają się dopiero kwiaty przez kiełkowanie sporidjów na znamionach. Wreszcie są formy, u których, jak u *Ustilago Maydis*, sporidja mogą kiełkować na każdej niewyrośniętej części żywiciela i to w dowolnym czasie. Zakażenia mogą dokonywać nietylko sporidja, ale czasem także *promycelia*, które wyrastają odrazu w grzybnię.

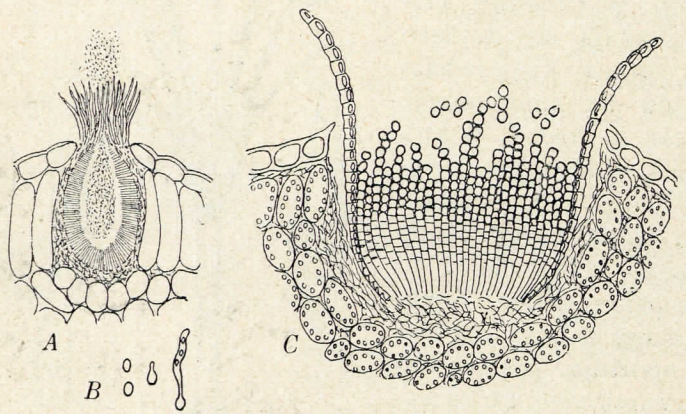


Ryc. 232. *A Ustilago marginalis.* Kiełkowanie chlamydospory. — *B Ustilago marginalis.* Łączenie się sporidjów. — *C Tilletia Tritici.* Kiełkowanie chlamydospory. — *D Tilletia Tritici.* Łączenie się sporidjów. — *E Ustilago Carbo.* Wędrówka jąder w *promycelium*. — *F Ustilago Carbo.* Wędrówka jąder z jednego *promycelium* do drugiego. — *A - D* według Paravicini, *E—F* według Rawitschera.

79. Protobasidii. Podobnie jak poprzednia podgromada, *Protobasidii* są wyłącznie pasorzytami. Należy do nich jeden tylko rząd: rdze *(Uredinales)*. Odznaczają się one cyklem rozwojowym bardzo złożonym, który w swojej pełnej formie może być prześledzony na rdzy pszenicznej *(Puccinia graminis)*. Jest to pasorzyt, który żyje na zbożach (głównie na pszenicy) i na berberysie.

Za punkt wyjścia weźmiemy to stadjum rozwojowe, które jest związane z berberysem. Ma ono postać grzybni o komór-

kach jednojądrowych, żyjącej w liściach berberysu *(Berberis vulgaris)*. Jak to jest zawsze z grzybnią *Uredinales*, strzępki znajdują się pomiędzy komórkami, a do komórek wchodzą tylko ssawki. Ta grzybnia wytwarza dwa rodzaje narządów rozmnażania: z początku na górnej stronie liści spermogonja, później na dolnej stronie ecydja. Spermogonja są to kubkowate twory, których wewnętrzna powierzchnia jest wyścielona warstwą gęsto obok siebie ustawionych strzępek (ryc. 233, *A*). Na końcach tych strzępek tworzą się drobne konidja, które nazywają się spermatjami. Spermatja wydostają się nazewnątrz przez dosyć wąski wylot spermogonjów. Kiełkowanie spermatjów obserwowano tylko w wyjątkowych wypadkach i nigdy nic z nich nie wyrastało oprócz krótkiej strzępki (ryc. 233, *B*). O roli ich w życiu rdzy będzie mowa poniżej. Ecydja

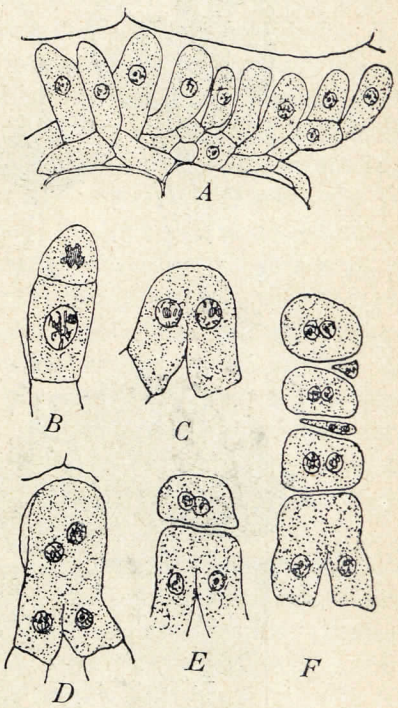


Ryc. 233. *Puccinia graminis*. — *A* Spermogonjum. — *B* Kiełkowanie spermatjów. — *C* Ecydjum. — Według v. Tavela.

mają również postać kubków, ale szeroko rozwartych (ryc. 233, *B*). Od podstawy ich odchodzą prostopadle do powierzchni liścia gęsto obok siebie ustawione strzępki, na których tworzą się sznury zarodników zwanych ecydjosporami. Zewnętrzne strzępki są płonne i tworzą okrywę, która nosi nazwę pseudoperidjum. Zarówno spermogonja, jak i ecydja tworzą się pod skórką żywiciela i otwierają się nazewnątrz przez rozerwane skórki.

Ecydjospory posiadają dwa jądra, jakkolwiek pochodzą z grzybni jednojądrowej. To powiększenie ilości jąder jest skutkiem plazmogamji, która odbywa się przy powstawaniu ecydjum. Dzieje się to w sposób następujący. Każde dwie stojące obok siebie strzępki odcinają na końcu dwie komórki,

z których końcowa jest płonną i wkrótce degeneruje, poprzedzająca ją natomiast staje się pewnego rodzaju gametą (ryc. 234, *A*, *B*). Obie gamety zlewają się ze sobą górną częścią (ryc. 234, *C*), poczem jądra ich dzielą się. Z powstałych czterech jąder dwa przechodzą do górnej wspólnej części gamet, która odcina się od dolnej przegrodą. Tworzy się w ten sposób zygota dwujądrowa ze sprzężonemi jądrami, pochodzącemi od jąder obu gamet. Pozostałe dwa jądra cofają się do dolnej części gamet, które rosną i w dalszym ciągu ze sobą się zlewają, począwszy od góry. Proces ten powtarza się wielokrotnie, dając sznur dwujądrowych zygot. Każda z nich zamienia się na ecydjosporę po odcięciu niewielkiej komórki płonnej. Zjawiska te przedstawia ryc. 234 u *Phragmidium*. U *Puccinia* zresztą dzieje się to samo.

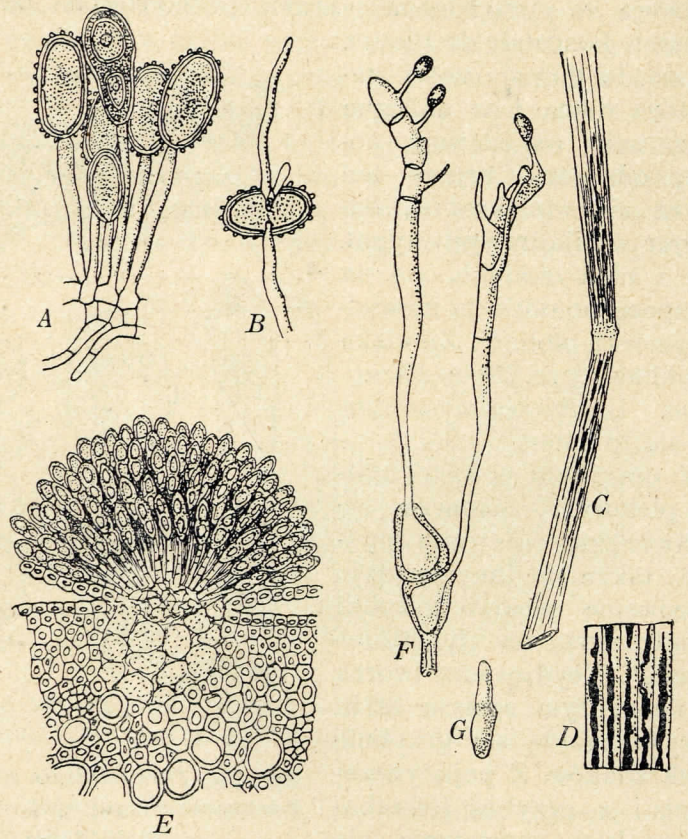


Ryc. 234. *Phragmidium speciosum*. Powstawanie ecydjospor. — Według Christmana.

W opisanym powyżej procesie płciowym zaznacza się u *Puccinia graminis* (prawdopodobnie także u innych rdzy) zróżnicowanie płciowe grzybni jednojądrowych na „dodatnie“ i „ujemne“. Ecydjospory tworzą się, o ile na tym samym liściu berberysu znajdą się grzybnie różnych znaków. Z pojedyńczej grzybni i z grzybni jednakowych znaków wytwarzają się ecydjospory tylko wtedy, jeżeli tam dostanie się spermatjum, pochodzące z grzybni przeciwnego znaku. Spermatja są prawdopodobnie roznoszone przez owady.

Dwujądrowe ecydjospory kiełkują na zbożach, wytwarzając grzybnię o dwujądrowych komórkach. Tam powstają dalsze formy zarodników charakterystyczne dla *Uredinales*. Z początku tworzą się uredospory. Grzybnia tworzy pod skórką żywiciela gęsty splot strzępek, od którego odchodzą liczne odgałęzienia, kierujące się prostopadle do skórki. Końce tych strzępek pęcznieją, odcinają się przegrodą i zamieniają się na jednoko-

mórkowe ale dwujądrowe uredospory (ryc. 235). Zarodniki te mają dosyć grubą błonę z jamkami, przez które przy kiełkowaniu wyrastają strzępki. Barwa ich jest rdzawo-czerwona skutkiem zawartości karotyny. Wydostają się one nazewnątrz po przerwaniu skórki i występują na powierzchni liści i łodyg w postaci rdzawych plam, od których pochodzi nazwa r d z y,



Ryc. 235. *Puccinia graminis*. *A* Uredospory; wśród nich jedna teleutospora. — *B* Kiełkowanie uredospory. — *C* Skupienia teleutospor na źdźble w naturalnej wielkości. — *D* To samo w 4-krotnem powiększeniu. — *E* Przekrój skupienia teleutospor. — *F* Kiełkująca teleutospora. — *G* Kiełkujące sporidium. — Według v. Tavela, Tulasne'a, de Bary i Dietela.

nadawana w ogólności rzędowi *Uredinales*. Uredospory, roznoszone przez wiatr, kiełkują na zbożach i wytwarzają taką samą dwujądrową grzybnię, z jakiej powstały. Na tej nowej grzybni wytwarzają się na nowo uredospory i to powtarza się kilkakrotnie.

Prędzej czy później przychodzi kolej na tworzenie t e l e u t o s p o r, które powstają w ten sam sposób jak uredospory, tworząc osobne skupienia, albo, co zdarza się rzadziej, występują między uredosporami (ryc. 235, *E* i *A*). Skupienia teleutospor mają postać czarnych, podłużnych plam, podobnych do takich samych plam złożonych z uredospor, tylko ciemniejszej barwy (ryc. 235, *C* i D). Teleutospory w przeciwieństwie do uredospor zawierają pojedyńcze jądro, które powstaje przez zlanie się dwóch jąder grzybni i jest skutkiem tego diploidalne. Teleutospory są przetrwalnikowemi podstawkami. Są one u *Puccinia graminis* i wogóle w rodzaju *Puccinia* dwukomórkowe. Błona ich jest o wiele grubsza od błony uredospor, skutkiem czego stanowią one stadjum przetrwalnikowe, odpowiadające chlamydosporom u *Hemibasidii*. Kiełkowanie odbywa się po przezimowaniu na ziemi. Z każdej komórki wyrasta 4-komórkowe *promycelium*. Z każdej komórki tworzy się przez pączkowanie sporidjum, do którego przechodzi jądro, tak że *promycelium* zostaje pozbawione jąder, podobnie jak podstawka u *Eubasidii*. Sporidja kiełkują tylko wtedy, jeżeli spadną na liście berberysu. Zawierają one pojedyńcze jądro, które jest haploidalne, gdyż przy podziale diploidalnego jądra teleutospory odbywa się redukcja chromatyny. Ze sporidjów wyrasta w tkankach liści berberysu grzybnia jednojądrowa i w ten sposób powracamy do punktu wyjścia.

Przy podziale redukcyjnym jądra teleutospory ustala się charakter płciowości (+ lub —) grzybni jednojądrowych, które wytworzą się ze sporidjów: dwa z nich dają grzybnię „dodatnią“, dwa — „ujemną“. Podobne zjawiska występują także u poprzednio omówionych głowni i śnieci.

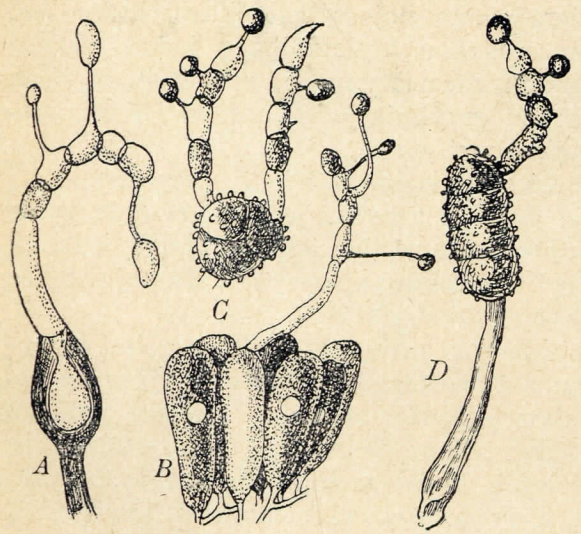
W tym cyklu rozwojowym zasługuje na szczególną uwagę zmiana pokoleń i zmiana żywiciela, które to dwa zjawiska pozostają zresztą w ścisłym związku ze sobą. Zmiana pokoleń jest bardzo wyraźna: jedno pokolenie jest reprezentowane przez grzybnię o jednojądrowych komórkach żyjącą na berberysie, drugie przez grzybnię o dwujądrowych komórkach żywiącą się kosztem zbóż. Poza tem różnią się oba pokolenia od siebie jeszcze sposobem rozmnażania: jednojądrowa grzybnia wytwarza spermatja i ecydjospory, dwujądrowa — uredo- i teleutospory.

Opisany powyżej cykl rozwojowy *Puccinia graminis* jest typowy dla *Uredinales*. W porównaniu z nim występują u innych form tego rzędu liczne różnice, idące w dwóch kierunkach: w odmiennem wykształceniu teleutospor i w skróceniu cyklu z wypadnięciem niektórych zarodników, a nawet i jedne-

go z pokoleń. W związku ze skróceniem cyklu rozwojowego stoi ograniczenie się pasorzyta do jednego tylko żywiciela, które ma miejsce w pewnych przypadkach.

Teleutospory są najbardziej charakterystycznemi tworami *Uredinales;* na nich jest oparte rozróżnianie poszczególnych form. Niezawsze są one dwukomórkowe, jak u *Puccinia.* W niektórych rodzajach są one jednokomórkowe, np. u *Uromyces* i *Melampsora* (ryc. 236, *A*, *B*). U *Melampsora* przedstawiają one tę osobliwość, że są złączone ze sobą, tworząc skupienia, przypominające swoim wyglądem plastry pszczelne. W innych rodzajach są teleutospory trój- i wielokomórkowe, np. w rodzaju *Triphragmidium* składają się one z trzech komórek ułożonych w trójkąt (ryc. 236, *C*), u *Phragmidium* natomiast komórki, których może być trzy lub więcej, są ułożone w jeden szereg (ryc. 236, *D*).

Skrócenie cyklu rozwojowego może być bardzo różne. Jeżeli oznaczymy zgodnie z przyjętym zwyczajem: spermogonja przez O, ecydja przez I, uredospory przez II i teleutospory przez III, będziemy mogli krótko scharakteryzować dziewięć różnych typów. Trzeba jednak odrazu zaznaczyć, że nie mają one większego znaczenia systematycznego, bo spotykają się nieraz w tym samym rodzaju, np. w rodzaju *Puccinia.*

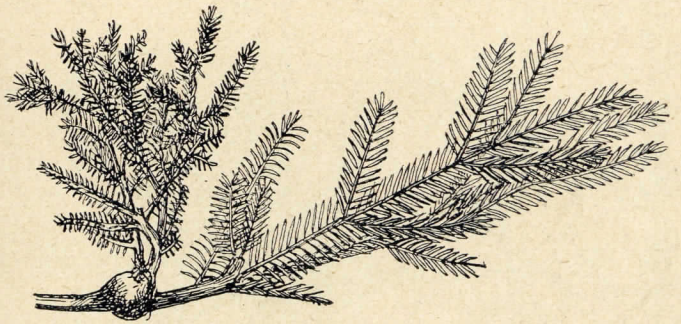


Ryc. 236. Kiełkujące teleutospory u różnych rodzajów rdzy. — *A Uromyces Fabae.* — *B Melampsora betulina.* — *C Triphragmidium Ulmariae.* — *D Phragmidium Rubi.* — Według Tulasne'a.

1.	O	I	II	III
2.	—	I	II	III
3.	O	—	II	III
4.	O	—	—	III
5.	O	I	—	III
6.	—	I	—	III
7.	—	—	II	III
8.	—	—	—	III
9.	O	I	—	—

W przypadkach, w których braknie ecydjów, grzybnia jest tylko jednego rodzaju, mianowicie jednojądrowa. Dwujądrowe komórki zjawiają się dopiero w splocie strzępek, z którego tworzą się uredo- i teleutospory albo ewentualnie tylko teleutospory. Ze wspomnianego splotu wyrastają palisadowo ustawione strzępki, które dokonują plazmogamji w taki sposób, jak to się dzieje w ecydjach. Tak jest naprzykład u *Puccinia Malvacearum*, pasorzytującej na liściach różnych śluzowatych *(Malvaceae)*, a należącej do typu 8. U tego gatunku, nawiasem mówiąc, teleutospory nie zimują, jak to zwykle bywa u *Uredinales*, lecz kiełkują zaraz po dojrzewaniu.

Z ostatniego typu (9), w którym są tylko ecydja, można przytoczyć rodzaj *Endophyllum.* Najbardziej znanym gatunkiem jest *Endophyllum Sempervivi*, pasorzytujący na rozetkach wojnika *(Sempervivum)* i powodujący silne wydłużanie się liści tych rozetek. Z ecydjospor wyrastają tu podstawki, co pod względem cytologicznym nie stanowi żadnych trudności, ponieważ ecydjospory są dwujądrowe.



Ryc. 237. Czarcia miotła wywołana na jodle przez *Melampsorella Caryophyllacearum.* — Według Tubeufa.

Rdze są bardzo rozpowszechnionemi pasorzytami wyższych roślin. Powodują one czasem wyraźne zniekształcenia ciała żywiciela, ale częstokroć ujawniają się tylko w postaci czarnych lub rdzawych plam na liściach i łodygach. Bardzo ciekawe zniekształcenie wywołuje *Melampsorella Caryophyllacearum*, której uredo- i teleutospory tworzą się na liściach różnych gatunków gwiazdnicy *(Stellaria)*, natomiast ecydja na jodle *(Abies alba).* Pod wpływem tego pasorzyta tworzą się na jodle czarcie miotły (ryc. 237).

Jako pasorzyty, rdze wykazują mniej lub więcej ścisłą wyłączność w wyborze żywicieli. Jest wśród nich dużo form ściśle związanych z pewnemi gatunkami roślin wyższych. Inne formy żywią się kosztem różnych gatunków tego samego rodzaju albo tej samej rodziny, zawsze jednak wybierają żywicieli wśród ro-

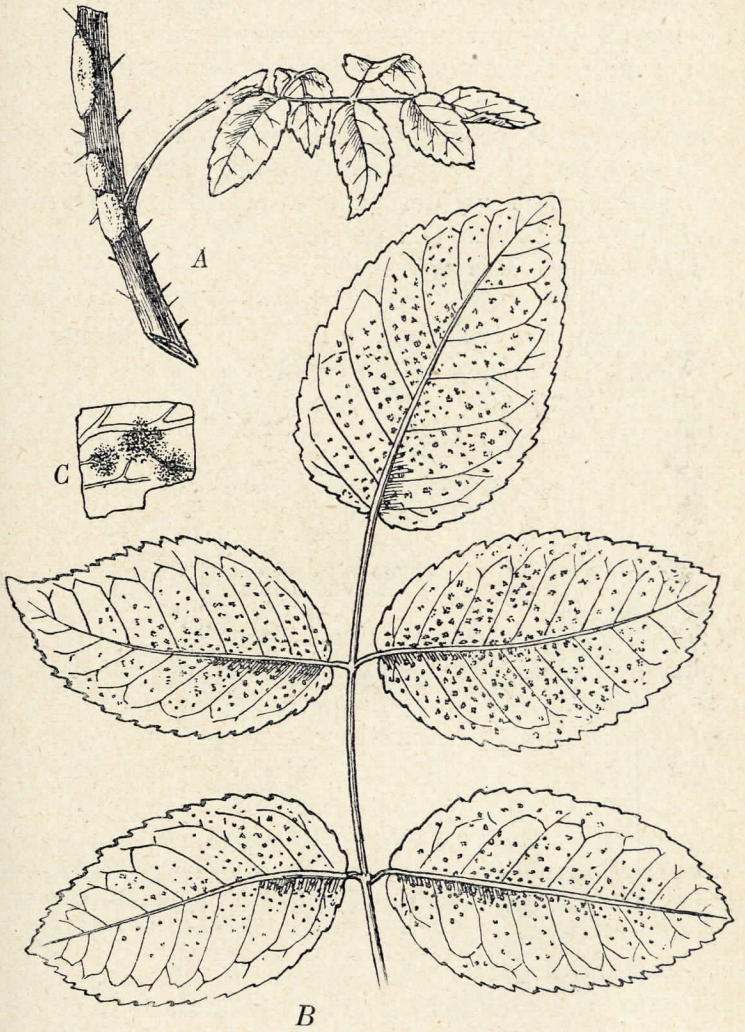
ślin blisko ze sobą spokrewnionych. Bardzo ciekawym zjawiskiem jest zmiana żywicieli, która towarzyszy zmianie pokoleń. Przytoczyliśmy już dwa przykłady takiej zmiany: u *Puccinia graminis* i *Melampsorella Caryophyllacearum*. Jako dalszy przykład można podać *Uromyces Pisi*, którego ecydja tworzą się na jednym z gatunków ostromlecza *(Euphorbia Cyparissias)*, zaś uredo- i teleutospory na grochu *(Pisum)*, groszku



Ryc. 238. *Uromyces Pisi*. *A* Zniekształcony przez pasorzyta pęd *Euphorbia Cyparissias* z ecydjami na liściach. — *B* Pęd normalny tejże rośliny. — *C* Ecydja w powiększeniu 10-krotnem. — *D* Pęd grochu z teleutosporami. — *E* Skupienia teleutospor w 10-krotnem powiększeniu. — Według DIETELA.

(Lathyrus) i wyce *(Vicia)*. Jednojądrowa grzybnia tego pasorzyta zimuje w ostromleczu i przenika wszystkie jego części, powodując wybitną zmianę w morfologji rośliny: liście silnie grubieją, stają się krótkie i szerokie, łodyga wydłuża się i nie rozgałęzia się, roślina prawie nigdy nie kwitnie (ryc. 238, *A* i *B*). Grzybnia dwujądrowa wytwarza na liściach grochu skupienia uredo- i teleutospor w postaci czarnych plamek, nie powodując poza tem żadnych zniekształceń.

U bardzo wielu rdzy takiej zmiany żywicieli niema: cały rozwój, który jest zazwyczaj skrócony, odbywa się na jednej roślinie. Można tu przytoczyć rodzaj *Phragmidium*, charakteryzujący się tem, że występuje wyłącznie na różowatych, zwła-



Ryc. 239. *A Phragmidium Rosae alpinae*. Ecydja na łodydze *Rosa alpina*. — *B Phragmidium subcorticium*. Teleutospory na *Rosa centifolia*. — *C* To samo 8-krotnie powiększone. — Według DIETELA.

szcza na różach *(Rosa)* i malinach *(Rubus)*. Jakkolwiek rozwój *Phragmidium* odbywa się na jednym żywicielu, nie jest on skrócony: są tu obie grzybnie i wszystkie rodzaje zarodników.

U róż ecydja zwykle tworzą się na łodygach, powodując na nich zgrubienia, zaś uredo- i teleutospory występują na dolnej stronie liści w postaci drobnych czarnych plamek (ryc. 239).

Walka z rdzami, jako ze szkodnikami zbóż, jest bardzo trudna. Skrapianie roślin trującemi płynami, które pomaga w wielu innych przypadkach, nie wywiera tu żadnego działania. Pewien pożytek przynosi tępienie roślin dzikich, na których odbywają się pewne stadja rozwojowe pasorzyta, np. tępienie berberysu dla zabezpieczenia zbóż przed *Puccinia graminis*. Pożytek ten jest ograniczony, gdyż jest dużo gatunków, które odbywają cały swój cykl rozwojowy na zbożach (np. *Puccinia triticina*). Poza tem jest rzeczą możliwą, że grzybnia rdzy zimuje w nasionach. Rozsiewanie rdzy odbywa się głównie przy pomocy uredospor, które tworzą się na grzybni już po 8—10 dniach, skutkiem czego w ciągu lata rozwija się kilka pokoleń o coraz większej liczebności. Dlatego też w połowie lipca trudno znaleźć roślinę bez pojedyńczych bodaj skupień uredospor, podczas gdy w końcu maja stanowią one jeszcze wielką rzadkość.

ROZDZIAŁ XVI

GRZYBY NIEDOSKONAŁE

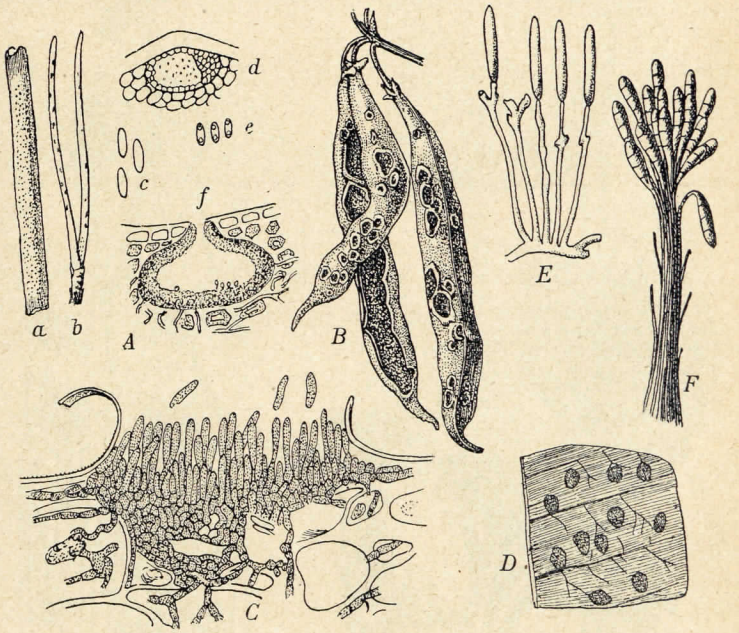
80. Ogólna charakterystyka i podział. Są to grzyby o strzępkach podzielonych, u których jedynym rodzajem zarodników są konidja, bez żadnej płciowości. Widzieliśmy już w poprzednich rozdziałach, że konidja występują u najrozmaitszych grzybów obok typowych form zarodników. Tu jednak niema żadnych innych zarodników oprócz konidjów. Grzyby niedoskonałe są przeważnie uproszczonemi formami workowców. Niektóre z nich w pewnych warunkach mogą nawet tworzyć worki. Pewne nieliczne formy pochodzą nie od workowców, lecz od podstawczaków. Wśród grzybów niedoskonałych jest wiele niebezpiecznych pasorzytów roślin wyższych.

Ilość znanych gatunków grzybów niedoskonałych jest bardzo wielka i przewyższa ilość znanych workowców. Klasyfikacja ich jest sztuczna i opiera się na budowie konidjalnych owocowań. Rozróżnia się trzy rzędy: *Sphaeropsidales, Melanconiales* i *Hyphomycetes*.

Sphaeropsidales charakteryzują się tem, że konidja tworzą się w pyknidach, kubkowatych albo flaszkowatych tworach, otoczonych osobną powłoką. Swoją budową pyknidy przypominają spermogonja rdzy i spotykają się także u różnych wor-

kowców i podstawczaków. Przykładem tego rzędu może być *Phoma oleracea*, pasorzytująca na kapuście i innych krzyżowatych (ryc. 240, *A*).

Melanconiales charakteryzują się tem, że konidjotwórcze strzępki są skupione razem w większej ilości, ale bez powłoki. Przykładem może być *Gloeosporium Lindemuthianum*, pasorzytujący na fasoli, głównie na strąkach (ryc. 240, *B* i *C*).



Ryc. 240. *A Phoma: a Phoma herbarum.* Porażona łodyga lucerny. *b Phoma acicola.* Porażone szpilki sosnowe. *c Phoma acicola.* Zarodniki. *d Phoma Arabidis alpinae.* Pyknida z częścią ścianki usuniętą. *e Phoma Arabidis.* Zarodniki. *f Phoma oleracea.* Przekrój pyknidy. — *B—C Gloeosporium Lindemuthianum. B* Porażone strąki fasoli. *C* Przekrój skupienia strzępek konidjotwórczych. — *D—E Ramularia Cochleariae. D* Kawałek liścia chrzanu z plamami wytworzonemi przez pasorzyta. *E* Konidja. — *F Arthrosporium albicans.* Koremjum. — *A* według Alleschera, *B—C* według Franka, *D—F* według Saccardo.

Wreszcie u *Hyphomycetes* strzępki konidjotwórcze są pojedyńcze albo co najwyżej zebrane w pęki, t. zw. koremja. Jako przykłady można przytoczyć: *Ramularia Armoraciae*, pasorzytującą na chrzanie (ryc. 240, *D—E*) i *Arthrosporium albicans* (ryc. 240, *F*), występujące na butwiejącem drewnie. W pierwszym przykładzie strzępki konidjotwórcze są pojedyńcze, w drugim są zebrane w koremja.

ROZDZIAŁ XVII

POROSTY

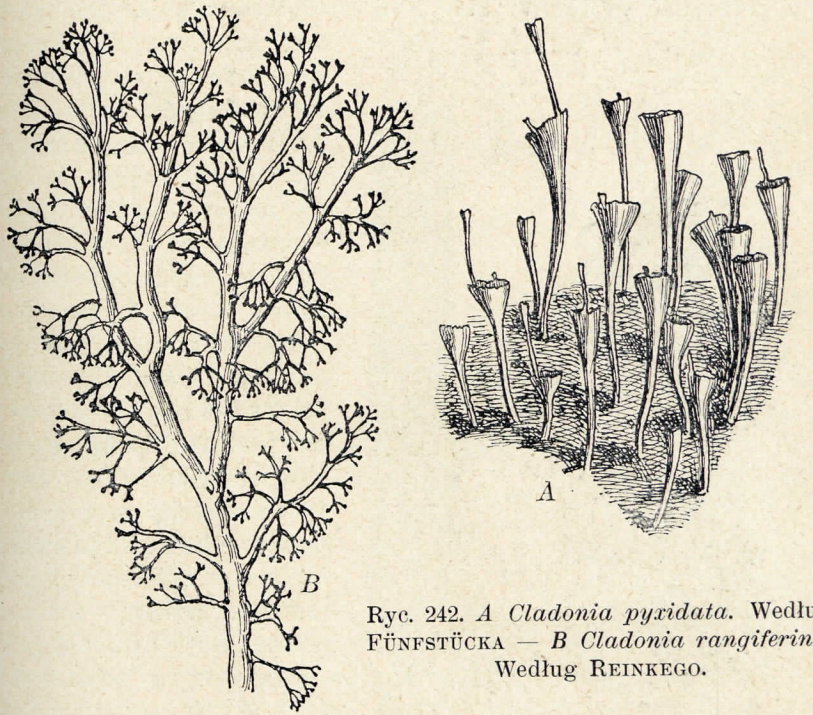
81. Ogólna charakterystyka. Porosty są organizmami, złożonemi z grzybów i zielenic albo sinic. Nie stanowią one grupy



Ryc. 241. *A Graphis scripta.* — *B Xanthoria parietina.* — *C Cetraria islandica.* — *D Usnea barbata.* — Według WETTSTEINA.

roślin równorzędnej z grzybami i glonami lub sinicami. Trzeba jednak traktować je osobno z następujących powodów. Po pierwsze grzyby, wchodzące w ich skład, poza rzadkiemi wyjątkami, nie żyją oddzielnie od glonów i sinic. Powtóre grzyby, tworzące porosty, posiadają wiele osobliwości w ukształtowaniu plechy i w rozmnażaniu, które to osobliwości będą opisane poniżej. Po trzecie porosty posiadają szczególne cechy fizjologiczne, między innemi wielką wytrzymałość na suszę i wytwarzanie specyficznych kwasów porostowych.

Złożona natura porostów została wykazana przez rozkład ich na części składowe i przez syntezę ze składników. Obec-

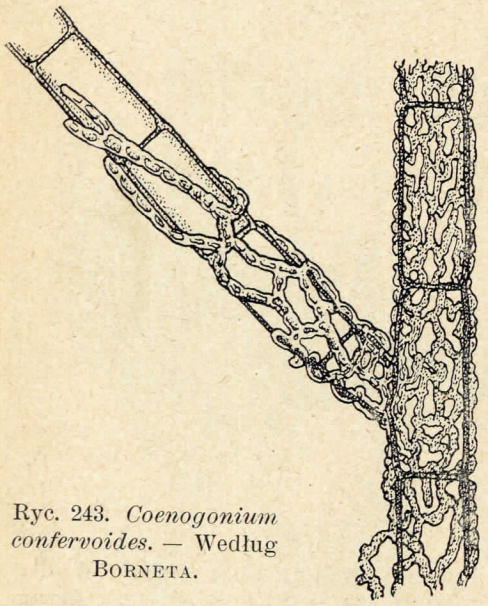


Ryc. 242. *A Cladonia pyxidata.* Według FÜNFSTÜCKA — *B Cladonia rangiferina.* Według REINKEGO.

ność w porostach zielonych komórek podobnych do glonów była znana oddawna; zwano je g o n i d j a m i. Dopiero jednak wydzielenie ich z porostów i hodowla osobno od nich wykazały, że są to rzeczywiście samożywne rośliny, identyczne z pewnemi swobodnie żyjącemi formami. Okazało się, że są to rozmaite *Protococcales: Protococcus, Pleurococcus* i t. d., rzadziej nitkowate formy z rzędu *Ulotrichales*, jak np. *Trentepohlia.* Otrzymano z porostów oprócz tego kolonje sinic z rodzajów: *Chroococcus, Nostoc, Scytonema* i niektórych innych. Wydzielanie glonów (względnie sinic) przeprowadzano przez umieszczanie porostów w wodzie, skutkiem czego grzyb po pewnym czasie zamierał. Nadto z zarodników, wytwarzanych przez porosty, udało się wyhodować grzyby osobno od glonów. Wreszcie zro-

biono ostatni krok w tym kierunku: otrzymano sztucznie porosty, łącząc swobodnie żyjące glony z grzybnią wyhodowaną z zarodników porostów.

Plecha porostów ma postać rozmaitą; można rozróżnić trzy formy zasadnicze: skorupiastą, blaszkowatą i krzaczastą. Formy skorupiaste przylegają szczelnie do podłoża i często są zagłębione w niem częściowo lub nawet całkowicie. Niezmiernie ciekawe są formy skorupiaste naskalne: posiadają one zdolność żłobienia skał i to nietylko wapiennych, ale nawet granitowych. Przykładem form skorupiastych może służyć *Graphis scripta* (ryc. 241, *A*), szarej barwy porost często spotykany na korze drzew, charakteryzujący się wydłużonemi wąskiemi miseczkami, które tworzą rysunek złożony z czarnych powyginanych kresek. Formy blaszkowate są umocowane do podłoża przy pomocy chwytników i to zwykle tylko częścią swojej dolnej powierzchni; jako przykład można przytoczyć *Xanthoria parietina*, pospolity wszędzie żółty porost z okrągłemi miseczkami (ryc. 241, *B*), albo pospolitą w górach i na tundrze *Cetraria islandica* (ryc. 241, *C*). Formy krzaczaste wreszcie są umocowane do podłoża tylko na niewielkiej powierzchni; taką jest np. *Usnea barbata*, której szare, obficie rozgałęzione plechy opatrzone wielkiemi miseczkami zwieszają się często w wielkich ilościach z gałęzi drzew (ryc. 241, *D*). Osobliwą postać mają wreszcie porosty z rodzaju *Cladonia* i pokrewnych. W tym przypadku plecha składa się z części dolnej, przylegającej do gleby, i z wzniesionych do góry lejkowatych albo laseczkowatych tworów, t. zw. podecjów, na których mieszczą się miseczki z workami. Podecja mają kształt rozmaity: są one proste, jak u *Cladonia pyxidata* (ryc. 242, *A*), albo krzaczasto rozgałęzione, jak u *Cladonia rangiferina* (ryc. 242, *B*).

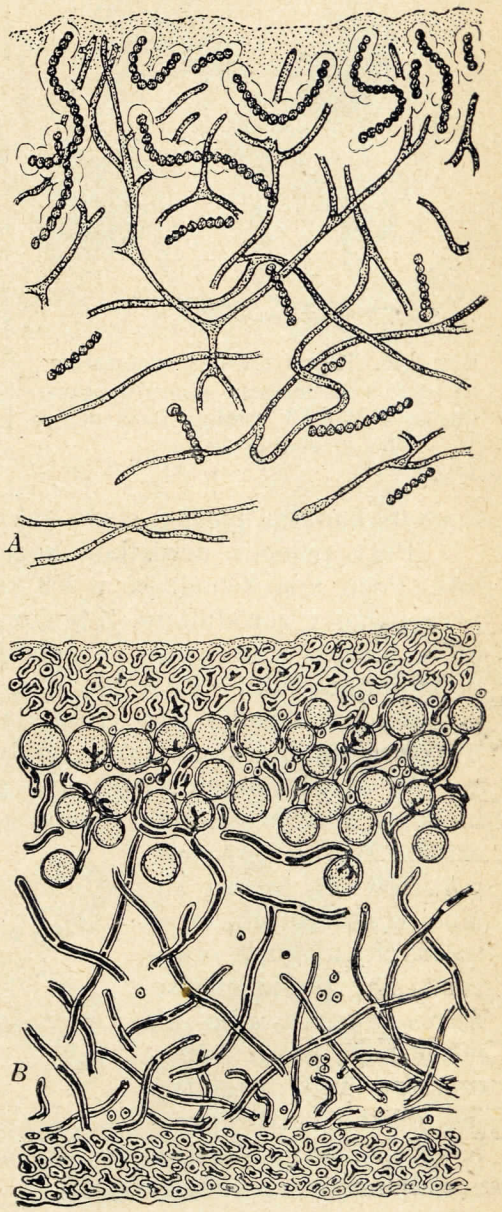


Ryc. 243. *Coenogonium confervoides*. — Według Borneta.

Postać porostów jest najczęściej określona przez plechę grzyba. Czasem jednak zależy ona od gonidjów, naprzykład

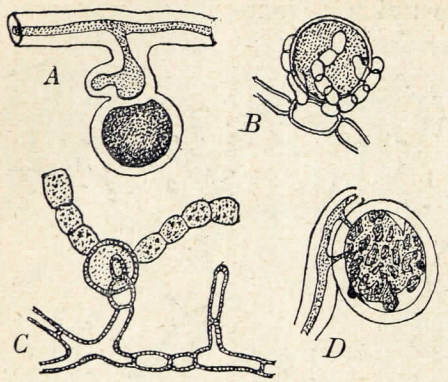
u *Coenogonium confervoides* (ryc. 243) nici zielenicy z rodzaju *Trentepohlia* są oplecione siatką strzępek, u *Collema* zaś strzępki przenikają we wszystkich kierunkach śluzowatą masę kolonji sinicy w rodzaju *Nostoc* (ryc. 244, *A*). Formy porostów, u których postać jest określona przez plechę grzyba, mają budowę następującą (ryc. 244, *B*). Na powierzchni z obu stron wytwarza się warstwa korowa, złożona ze strzępek ściśle splecionych. Pod górną warstwą korową tworzy się warstwa gonidjalna, złożona z gonidjów oplecionych strzępkami, a poniżej graniczącą z dolną korową warstwa rdzeniowa, utkana z luźnych strzępek.

Połączenie grzyba z gonidjami jest w porostach bardzo ścisłe. Strzępki grzyba albo są przyrośnięte do gonidjów (ryc. 245, *A*), albo oplatają je przy pomocy specjalnych gałązek (ryc. 245, *B*), albo nawet wpuszczają wewnątrz komórek ssawki proste (ryc. 245, *C*) lub rozgałęzione (ryc. 245, *D*). Współżycie grzyba z gonidjami ma charakter symbiozy, gdyż korzyści są obustronne: grzyb pobiera z gonidjów substancje organiczne, wytworzone przy pomocy chlorofilu, sam zaś dostarcza im wody i soli mineralnych oraz chroni gonidja przed wysychaniem. Dzięki temu porosty mogą rosnąć w miej-



Ryc. 244. Przekrój plechy porostów. — *A Collema sp.* — *B Parmelia Acetabulum.* — Według Nienburga.

scach najbardziej niesprzyjających, np. na skałach. Symbioza ta nie jest jednak całkiem harmonijna, co ujawnia się w tem, że glony są skrępowane w rozmnażaniu: rozmnażają się przez podział i z reguły nie tworzą pływek.

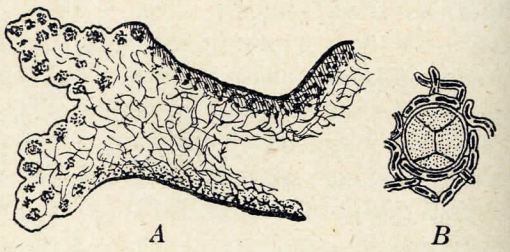


Ryc. 245. Różne sposoby połączenia strzępek z komórkami glonu w porostach. — *A* i *D* według Daniłowa, *B* i *C* według Borneta.

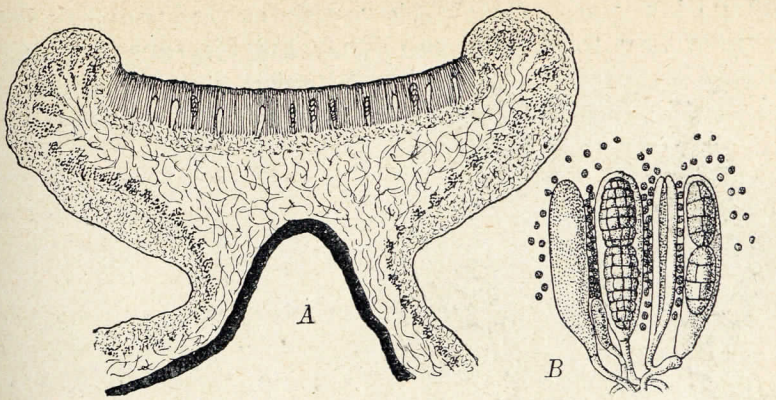
Rozmnażanie porostów odbywa się przy pomocy t. zw. urwistków (soredja), szczególnie wykształconych kawałków plechy, które urywają się i są roznoszone przez wiatr (ryc. 246). Każdy urwistek zawiera jedną lub większą ilość komórek glonu, oplecionych strzępkami. Urwistki tworzą się w pewnych częściach plechy, t. zw. soralach. Nadto przypadkowo urwane kawałki plechy służą także do rozmnażania.

Przy pomocy urwistków rozmnażają się porosty jako całość. Poza tem wchodzące w ich skład grzyby rozmnażają się przy pomocy zarodników. Z tych zarodników wyrasta grzybnia, która naogół tylko wtedy utrzymuje się przy życiu, jeżeli napotka odpowiedni dla siebie glon albo sinicę i utworzy przez połączenie z niemi porost. Gonidja rozmnażają się, jak to już było wspomniane powyżej, z reguły tylko przez podział.

W skład porostów wchodzą przeważnie workowce, tylko niektóre podzwrotnikowe formy są utworzone przez podstawczaki. Worki grzybów porostowych tworzą się albo w otoczniach, opatrzonych u góry otworem na podobieństwo *Pyrenomycetes*, albo na miseczkach jak u *Discomycetes*. Ten drugi typ jest daleko bardziej rozpowszechniony. Warstwa gonidjalna bierze udział w tworzeniu miseczek (ryc. 247, *A*), u niektórych zaś form gonidja wchodzą nawet do hymenjum (ryc. 247, *B*). W tym ostatnim przypadku grzybnia,



Ryc. 246. Soral *(A)* i urwistek *(B)* u *Parmelia physodes*. — *A* według Bittnera, *B* według Nienburga.



Ryc. 247. *A* Przekrój miseczki u *Physcia pulverulenta*. Według Nienburga. — *B* Gonidja w hymenjum u *Endocarpon pusillum*. — Według Stahla.

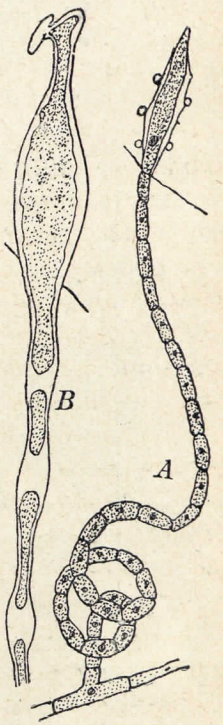
która wyrasta z zarodników, znajduje na miejscu potrzebne jej gonidja.

Strzępki workotwórcze wyrastają u porostów z lęgni szczególnego kształtu, niespotykanego poza tem u grzybów. Te lęgnie mają postać zwiniętej w kłębek strzępki, której końcowa komórka wysuwa się nazewnątrz plechy (ryc. 248). Wspomniana końcowa komórka przypomina włostek krasnorostów swoim kształtem i położeniem oraz czynnością, którą spełnia: mianowicie do niej przylepiają się spermatja, które tworzą się w spermogonjach na sposób konidjów (ryc. 249). Jest rzeczą prawdopodobną, że spermatja grają rolę gamet męskich; dotychczas jednak nie jest to dowiedzione, w szczególności nie obserwowano przejścia jądra ze spermatjum do włostka.

Podstawczaki, wchodzące w skład porostów, tworzą podstawki w sposób, nie odbiegający w niczem od podobnych form, żyjących niezależnie od glonów.

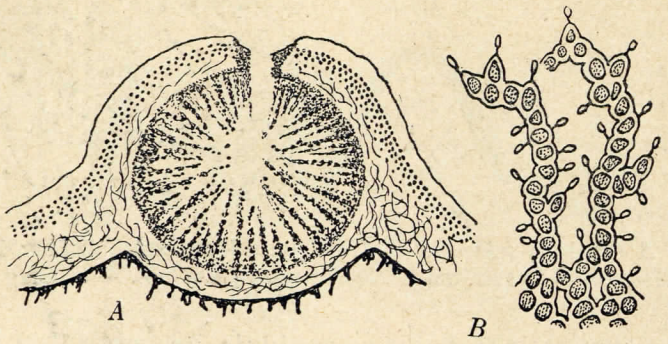
Poza tem wszystkiem niektóre porosty tworzą jeszcze konidja.

Jak już było wzmiankowane na początku tego ustępu, porosty posiadają bardzo ciekawe własności fizjologiczne. Mają one zdolność żłobienia podłoża, nawet tak



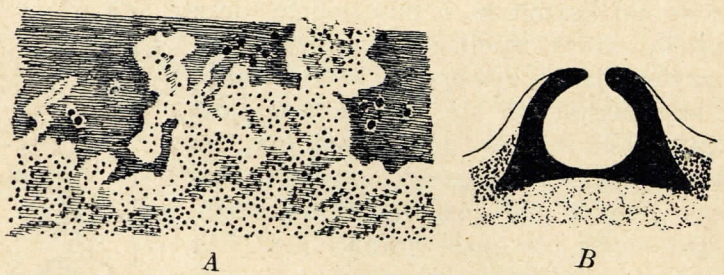
Ryc. 248. *Collema crispum*. — *A* Lęgnia z włostkiem i przylepionemi do niego spermatjami. — *B* Włostek silniej powiększony. — Według Baura.

trwałego jak granit. Oczywiście czynią to przy pomocy jakichś wydzielin. Jest to wogóle cechą charakterystyczną porostów — zdolność wytwarzania różnych substancyj niespotykanych u innych roślin, między innemi szczególnych kwasów poro-



Ryc. 249. *Sticta herbacea.* — *A* Spermogonjum w przekroju. — *B* Tworzenie się spermatjów. — Według GLÜCKA.

stowych, które często są barwne i nadają plesze porostów bardzo jaskrawe zabarwienia. Najważniejszym z nich jest lakmus, dostarczany przez różne gatunki rodzaju *Roccella* właściwego cieplejszym krajom.

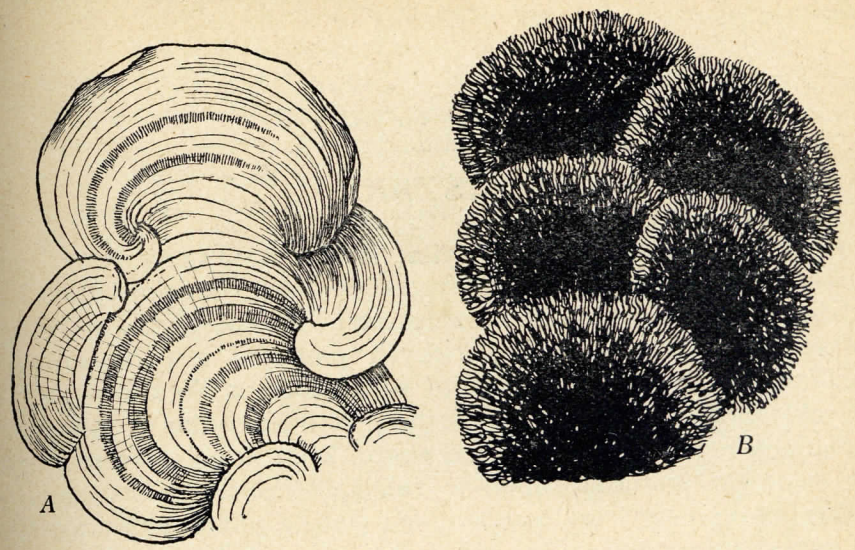


Ryc. 250. *A Verrucaria calciseda.* Plecha z otoczniami na kamieniu w naturalnej wielkości. Według WETTSTEINA. — *B Verrucaria macrostoma.* Przekrój otoczni (worki nie uwidocznione). Według GAROVAGLIO i HEPPA.

82. Klasyfikacja. Stosownie do natury grzyba, wchodzącego w skład porostów, dzielą się te rośliny na *Ascolichenes* i *Basidiolichenes.*

Ascolichenes dzielą się na dwa rzędy: *Pyrenolichenes* i *Discolichenes* według sposobu owocowania. *Discolichenes* są o wie-

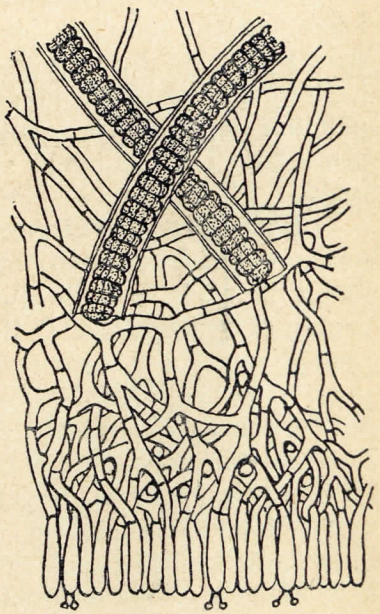
le liczniejsze niż *Pyrenolichenes;* wszystkie przytoczone w poprzednim ustępie przykłady należą do *Discolichenes.* Jako



Ryc. 251. *A Cora Pavonia.* — *B Dictyonema sericeum.* Obie ryciny w naturalnej wielkości. — Według WETTSTEINA.

przykład *Pyrenolichenes* można przytoczyć rodzaj *Verrucaria,* pokrywający często kamienie swoją skorupiastą plechą (ryc. 250). Rolę gonidjów odgrywają u *Ascolichenes* zarówno zielenice jak i sinice; nieraz z dwóch form bardzo podobnych jedna zawiera zielenice, druga zaś sinice.

Basidiolichenes spotyka się jedynie tylko w krajach podzwrotnikowych, głównie w południowej Ameryce. Są one utworzone przez grzyb bardzo podobny do *Stereum* z rodziny *Telephoraceae.* Blaszkowata plecha zawiera sinice z rodzaju *Chroococcus* lub *Scytonema.* W połączeniu z *Chroococcus* tworzą się formy zaliczane do rodzaju *Cora,* w połączeniu ze *Scytonema* formy z rodzaju *Dic-*



Ryc. 252. *Dictyonema sericeum.* Przekrój plechy z podstawkami na dolnej powierzchni. — Według WETTSTEINA.

tyonema (ryc. 251). Trafiają się jednak okazy, w których występują obie sinice naraz. Podstawki tworzą się na dolnej stronie plechy (ryc. 252).

ROZDZIAŁ XVIII

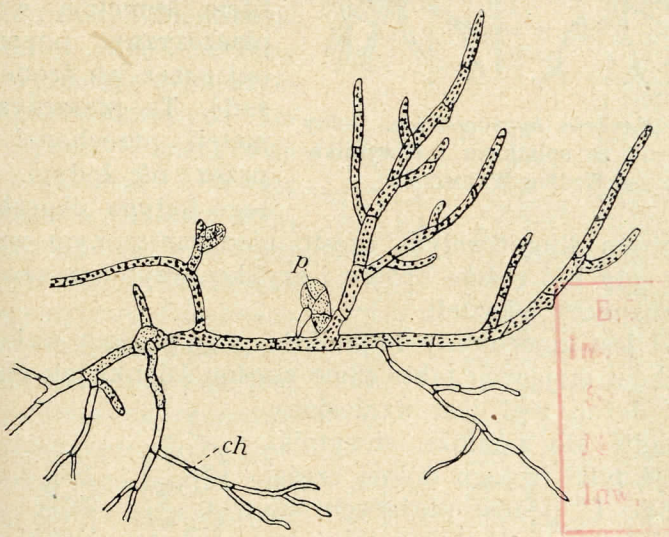
MSZAKI

83. Ogólna charakterystyka. Z typem mszaków *(Bryophyta)* przechodzimy do grupy osiowców *(Cormophyta)*. Będziemy teraz mieli stałe zróżnicowanie morfologiczne na ściśle określony narządy, wśród których pierwsze miejsce zajmuje ulistniony pęd. Rośliny te są złożone z tkanek prawdziwych, formy nitkowate występują u nich tylko w pewnych stadjach rozwojowych i to niezawsze. Zjawiskiem powszechnem u osiowców jest rodozmian z dwiema formami, różniącemi się ukształtowaniem i budową swojego ciała a nadto budową jądra i sposobem rozmnażania: jedna forma jest haploidalna i płciowa, druga diploidalna i bezpłciowa. Wśród osiowców mszaki zajmują miejsce najniższe, albowiem zróżnicowanie morfologiczne i anatomiczne ich ciała jest stosunkowo słabe; mają one wprawdzie pędy, ale brakuje im korzeni oraz tkanek naczyniowych i sitowych. Poza tem odznaczają się one silniejszym rozwojem pokoleń haploidalnych, podczas gdy u wyższych osiowców (paprotników i nasiennych) silniej są rozwinięte pokolenia diploidalne.

Rozpatrzmy cykl rozwojowy mszaków nieco bliżej. Jako punkt wyjścia weźmiemy zarodnik. Jest to jednojądrowa haploidalna komórka o podwójnej błonie. Zewnętrzna powłoka jest gruba, skutynizowana. O ile zarodnik spadnie w wilgotne miejsce, wyrasta z niego nitkowaty twór, zwany splątkiem (protonema). Nici splątka są obficie rozgałęzione i opatrzone licznemi ciałkami zieleni, skutkiem czego są podobne do nitkowatych zielenic (ryc. 253). Splątek umocowuje się do podłoża przy pomocy osobnych również nitkowatych tworów, zwanych chwytnikami (rhizoidy). Chwytniki różnią się od innych nici splątka tem, że są bezbarwne i mają skośne ścianki poprzeczne. Ta ostatnia cecha jest szczególnie uderzająca, gdyż w zielonych niciach splątka ścianki poprzeczne są prostopadłe do długości. U wielu mszaków splątek jest mniej lub więcej zredukowany, w niektórych przypadkach jest on nie nitkowaty, lecz blaszkowaty.

Wogóle różne mszaki wykazują duże różnice. Można je podzielić na dwie wyraźnie odcinające się gromady: mchy *(Musci)* i wątrobowce *(Hepaticae)*. Różnice, zachodzące między niemi, zostaną dokładnie wyjaśnione później. Niektóre z nich trzeba jednak zaznaczyć już teraz. Co się tyczy splątka, typowe jego wykształcenie jest charakterystyczne dla mchów; u wątrobowców jest on bardzo słabo rozwinięty.

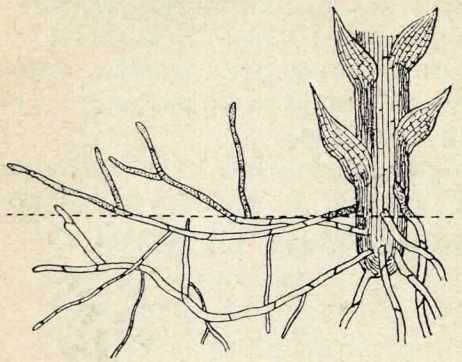
Splątek przedstawia stadjum embrjonalne, które znika po wytworzeniu właściwego ciała mszaka. U niektórych jednak mchów, np. w rodzajach *Phascus, Ephemerum*, splątek utrzy-



Ryc. 253. *Funaria hygrometrica*. Splątek; *p* pączek, *ch* chwytniki. — Według Müllera-Thürgau.

muje się przy życiu przez długie lata, wytwarzając co roku nowe ulistnione pędy. U mchów z jednego splątka powstaje wielka ilość pędów na bocznych gałązkach. Dzieje się to w ten sposób, że gałązka po oddzieleniu jednej lub paru komórek podstawowych nabrzmiewa i przy pomocy skośnych ścian odcina na szczycie początkową komórkę, mającą kształt trójściennej piramidy o podstawie zwróconej do góry. Tworzy się w ten sposób t. zw. pączek (ryc. 253, *p*), różny zresztą bardzo od tworów tej nazwy u roślin nasiennych. Przez podział komórki początkowej pączka tworzy się ulistniony pęd, który już nie jest nitkowaty, lecz składa się z bryłowatych i blaszkowatych mas prawdziwych tkanek. U wątrobowców zazwyczaj powstaje tylko jeden pęd na szczycie krótkiego splątka. Pędy

mszaków zawierają liczne ciałka zieleni. Stanowią one wraz ze splątkiem pokolenie haploidalne, które jest samożywną rośliną.



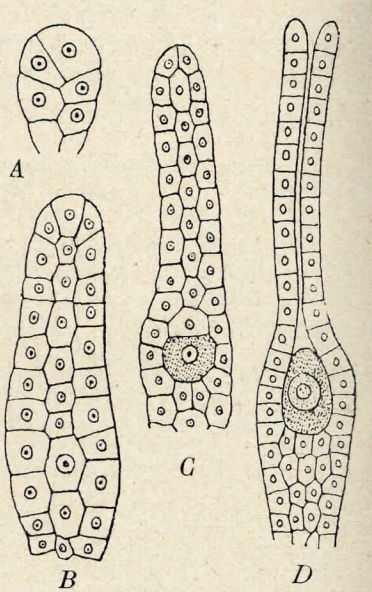
Ryc. 254. *Funaria hygrometrica.* Dolny koniec pędu ze splątkiem i chwytnikami. — Według Warminga.

Typową formą pędu u mszaków jest pęd ulistniony, złożony z walcowatej łodygi i osadzonych na niej blaszkowatych liści. Łodyga charakteryzuje się symetrją względem osi, zaś liście symetrją względem płaszczyzny, poprowadzonej przez ich środek i nasadę. Ta płaszczyzna symetrji przechodzi zwykle przez oś łodygi. Oprócz tego łodyga charakteryzuje się swoim długotrwałym, często nieograniczonym wzrostem, podczas gdy liść rośnie krótko i szybko przybiera swoje ostateczne rozmiary i kształt.

Pęd jest umocowany do podłoża przy pomocy nitkowatych chwytników, mających takie same skośne ścianki jak chwytniki splątka. Jeżeli pęd jest wzniesiony prostopadle do podłoża, chwytniki wyrastają tylko z jego dolnej części (ryc. 254). U pędów płożących się wyrastają one z różnych miejsc łodygi. Chwytniki służą nietylko do umocowywania się, ale nadto do pobierania pokarmów z podłoża; zastępują one zatem korzenie, których mszaki nie mają. U wielu wątrobowców pęd jest zredukowany do plechowatej blaszki, o czem jeszcze będzie mowa w odnośnym rozdziale.

Budowa anatomiczna pędów mszaków jest stosunkowo prosta, wykazuje jednak u różnych przedstawicieli duże różnice, które będą omówione w poszczególnych rozdziałach.

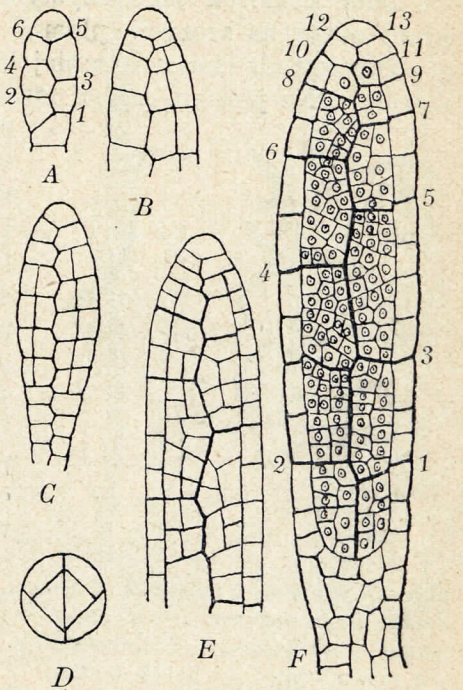
Na pędach, zazwyczaj na szczycie, tworzą się narządy rozmnażania płciowego: rodnie (archegonja)



Ryc. 255. Rozwój rodni u *Funaria hygrometrica.* — Według Campbella.

i plemnie (anteridja). Narządy te różnią się od podobnych narządów plechowców tem, że ich ściany składają się nie z samej tylko błony, lecz co najmniej z jednej warstwy komórek. Jest to cecha, charakteryzująca narządy płciowe nietylko u mszaków, ale i u paprotników. Stąd pochodzi nazwa rodniowców *(Archegoniatae)*, nadawana mszakom wspólnie z paprotnikami. Te dwa typy państwa roślinnego mają jednak tak mało wspólnego, że łączenie ich w jedną grupę sprzeciwia się podstawowym zasadom naturalnej klasyfikacji.

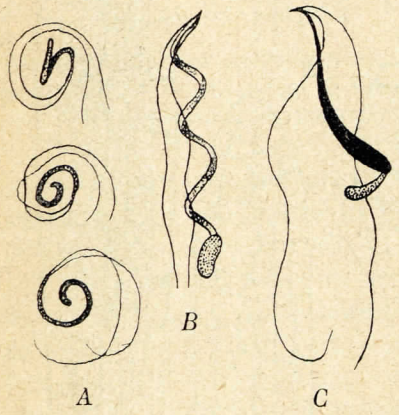
Rodnie czyli narządy żeńskie wyrastają z pojedyńczych powierzchniowych komórek przez energiczny wzrost i podział. Powstaje w ten sposób wydłużony twór, który nabrzmiewa w dolnej części (ryc. 255), przybierając charakterystyczny flaszkowaty kształt. Budowa jego w zasadzie jest bardzo prosta: jest to sznur komórek otoczony jednowarstwową powłoką. Dolna komórka tego sznura rozrasta się, powodując wzdęcie dolnej części narządu: powstaje komórka jajowa. Pozostałe komórki sznura, t. zw. komórki kanałowe, ulegają rozkładowi, zamieniając się w galaretowatą masę, i w ten sposób w górnej części rodni powstaje kanał, prowadzący od szczytu do jaja. Na górnym końcu kanał ten jest początkowo zamknięty, po dojrzeniu rodni otwiera się jednak, umożliwiając przenikanie plemników do rodni.



Ryc. 256. *Atrichum undulatum.* Rozwój plemni. Przekroje podłużne z wyjątkiem *D* przedstawiającej stadjum *C* w poprzecznym przekroju. Numery wskazują kolejność powstawania ścian. W stadjum *F* komórki macierzyste plemników są już wykształcone. — Według C. Müllera.

Plemnie powstają w podobny sposób. Jako przykład rozpatrzymy rozwój plemni u mchów (ryc. 256). Na szczycie komórki, z której ma powstać plemnia, odcina się przy pomocy dwóch skośnych błon dwuboczna początkowa komórka, która wytwarza dwa szeregi komórek (ryc. 256, *A*). Tworzą się na-

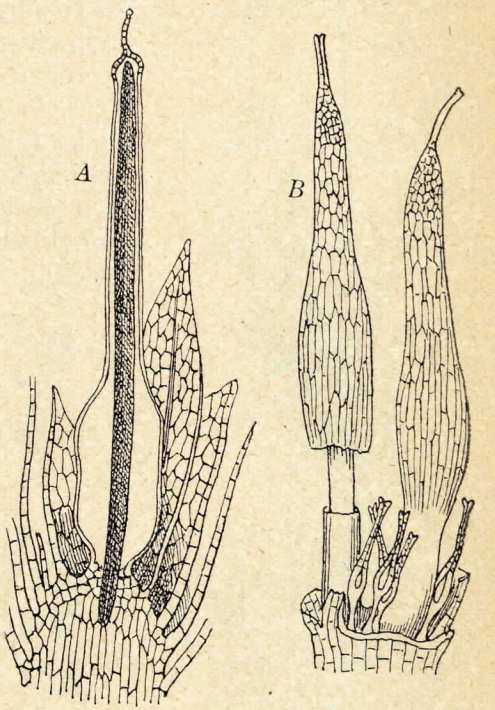
stępnie pionowe przegrody, odcinające cztery szeregi komórek na powierzchni plemni, z których to komórek powstaje ścianka plemni (ryc. 256, *D*). Z pozostałych wewnętrznych dwóch szeregów wytwarzają się liczne komórki macierzyste plemników (ryc. 256, *F*). Ostatecznie plemnia przybiera postać wydłużonego woreczka o jednowarstwowej ściance, osadzonego na krótkim trzonku. Plemniki zostają uwolnione przez rozpłynięcie się błon komórek macierzystych i wydostają się nazewnątrz przez otwór na szczycie plemni. Mają one bardzo charakterystyczny kształt laseczek mniej lub więcej wyraźnie skręconych spiralnie. Na jednym końcu laseczki są osadzone dwie wici, na drugim znajduje się zazwyczaj szczególne ciałko owalnego albo wydłużonego kształtu (ryc. 257). Laseczka jest przeobrażonem jądrem, ciałko jest pewnego rodzaju chondrjozomem; protoplazmy w plemniku niema albo przynajmniej jest ona zredukowana do nieznacznych resztek. Podobne plemniki spotkaliśmy poprzednio u ramienic, gdzie one stanowiły zjawisko wyjątkowe, gdyż u plechowców plemniki zawierają z reguły dobrze widoczną protoplazmę.



Ryc. 257. Plemniki u mszaków. *A Funaria hygrometrica.* — *B Sphagnum cymbifolium.* — *C Marchantia polymorpha.* — *A* i *B* według Campbella, *C* według Ikeno.

O ile narządy płciowe zostaną zalane wodą, plemniki wychodzą z plemni i, pływając przy pomocy wici, kierują się do rodni. Rodnia wywiera na nie wpływ przyciągający przy pomocy cukru trzcinowego, który z jej szyjki przez dyfuzję rozchodzi się we wszystkie strony. Można się łatwo przekonać o tem, wsuwając koniec rurki włoskowatej, zawierającej rozcieńczony roztwór cukru, do kropli z plemnikami mchu: plemniki natychmiast skierują się do wylotu rurki i wejdą do niej gromadnie.

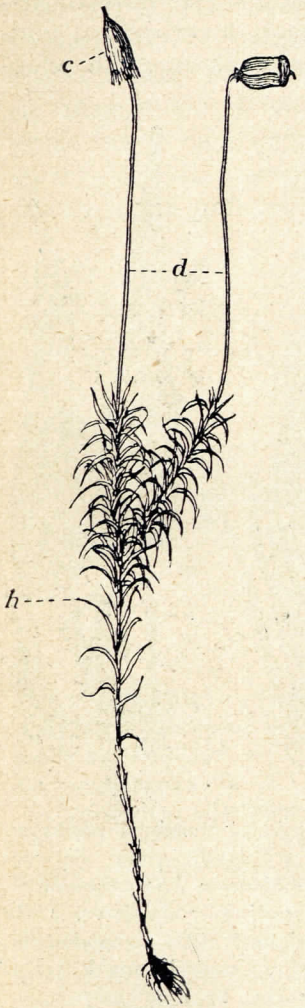
Po dokonanem zapłodnieniu zygota natychmiast zaczyna się dzielić i wytwarza wewnątrz rodni pokolenie diploidalne. To pokolenie ma bardzo prostą budowę: składa się z bezlistnej łodygi, która jednym końcem wrasta w tkanki pokolenia haploidalnego, a na drugim końcu wytwarza zarodnię z zarodnikami. W pierwszych stadjach rozwoju pokolenie diploidalne pozostaje wewnątrz rodni, której ścianki z początku rozrastają się z tą samą szybkością, z jaką rośnie zarodek pokolenia diploidalnego (ryc. 258). Prędzej czy później następuje chwila, kiedy ścianki rodni nie mogą nadążyć; wówczas pokolenie diploidalne rozrywa rodnię i wysuwa się nazewnątrz. U mchów ścianka rodni zostaje najczęściej rozerwana u podstawy i skutkiem tego resztki jej pozostają na szczycie pokolenia diploidalnego w postaci tak zwanego czepka (calyptra) (ryc. 259). U wątrobowców ścianka rodni przerywa się przeważnie na szczycie i resztki jej pozostają u podstawy pokolenia diploidalnego. Pokolenie diploidalne we wcześniejszych stadjach rozwojowych zawiera ciałka zieleni, które później tracą chlorofil. Dokonywane przezeń przyswajanie dwutlenku węgla jest zbyt słabe, by mogło dostarczyć potrzebnych mu substancyj organicznych. Skutkiem tego rozwój jego odbywa się głównie kosztem pokolenia haploidalnego.



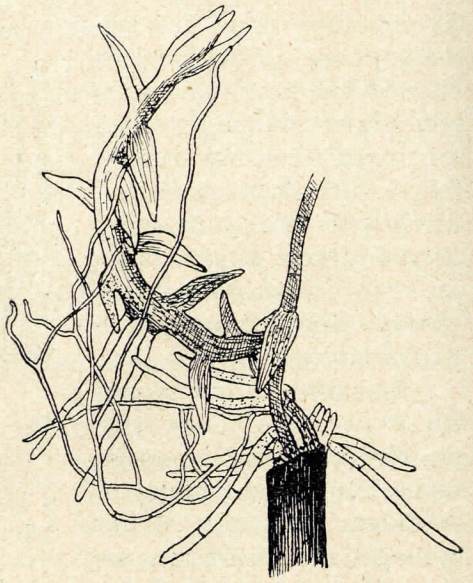
Ryc. 258. *Funaria. A* Przekrój podłużny przez rodnię z rozwijającem się wewnątrz niej pokoleniem diploidalnem. — *B* Późniejsze stadjum rozwojowe. Dwie rodnie zapłodnione i kilka niezapłodnionych; w jednej z zapłodnionych rodni ścianka już pękła, tworząc czepek. — Według Sachsa.

Zarodniki, które tworzą się w zarodni na szczycie pokolenia diploidalnego, są komórkami haploidalnemi skutkiem podziału redukcyjnego, który odbywa się przy ich powstawaniu. Dzieje się to w zwykły sposób. Z początku powstają komórki macierzyste, które jeszcze mają podwójną ilość chromozomów. Każda komórka macierzysta dzieli się dwukrotnie, dając cztery zarodniki. Z tych dwóch podziałów pierwszy jest podziałem redukcyjnym. Z zarodników wyrasta splątek z pędami pokolenia haploidalnego i cykl rozwojowy zostaje w ten sposób zamknięty.

Mszaki są przeważnie roślinami lądowemi, jednakże wymagają one wilgotnego powietrza, gdyż ciało ich bardzo łatwo traci wodę. Wprawdzie wysychanie nawet zupełne nie przynosi im szkody, hamuje jednak wzrost i inne czynności życiowe. Skutkiem tego mszaki występują obficie tylko na stanowiskach wilgotnych: w górach, w lasach, na torfowiskach. Do rozmnażania potrzebują one wody płynnej, gdyż inaczej plemniki nie mogą dostać się do rodni. Ażeby umożliwić wędrówkę plemników, wystarcza niewielka ilość wody deszczowej lub rosy; pomimo tego jednak w wielu przypadkach jest jej za mało dla dokonania zapłodnienia. Zagraża to egzystencji mszaków i utrzymaniu ich roli w przyrodzie. Temu niebezpieczeństwu zapobiega nadzwyczajna łatwość, z jaką one rozmnażają się wegetatywnie. Zdarza się przedewszystkiem często, że skutkiem obumierania i gnicia

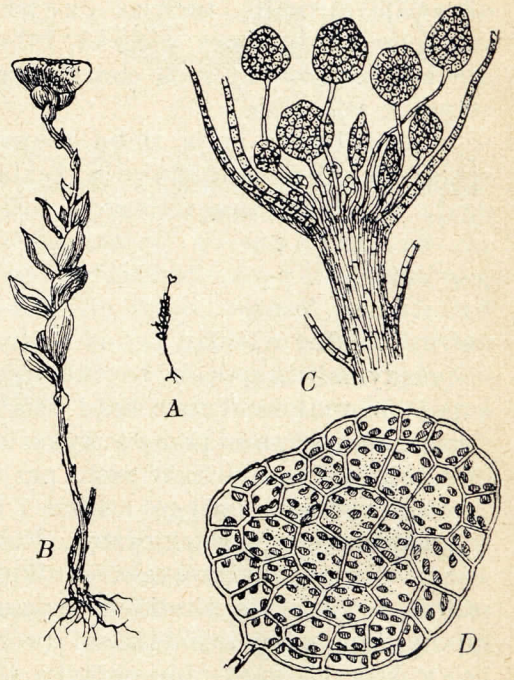


Ryc. 259. *Polytrichum commune; h* pokolenie haploidalne, *d* pokolenie diploidalne, *c* czepek. — Według Schencka.



Ryc. 260. Splątek wyrastający z kawałka łodygi pokolenia bezpłciowego diploidalnego z powstającym na nim ulistnionym pędem pokolenia płciowego, ale również diploidalnego. — Według Pringsheima.

dolnych części pędów gałęzie oddzielają się od siebie i prowadzą dalej życie samodzielne. Każdy odcięty kawałek mchu może wytworzyć splątek z nowemi pędami. Nawet bezlistne łodygi pokolenia diploidalnego zachowują się w ten sposób (ryc. 260). Ten ostatni przypadek jest szczególnie ciekawy, bo powstają przytem ulistnione pędy diploidalne. Takie diploidalne rośliny mogą rozmnażać się płciowo, wytwarzając tetraploidalne rośliny bezpłciowe. Z tych ostatnich otrzymano tetraploidalne pędy ulistnione, które jednak nie dawały potomstwa pomimo tego, że wytwarzały narządy płciowe. Poza odradzaniem się z kawałków pędów, mszaki rozmnażają się nieraz także przy pomocy r o z m n ó ż e k, drobnych ciałek, które specjalnie do tego służą. Jako przykład można przytoczyć *Georgia pellucida* (ryc. 261). U tego mchu na szczycie niektórych pędów zamiast narządów płciowych tworzą się skupienia rozmnóżek otoczone okrywą złożoną z liści szczególnej postaci. Mają one postać okrągłych tarczek osadzonych na długim nitkowatym trzonku. Warto wspomnieć nadto, że rozmnóżki tworzą się czasem także na splątkach, a ulistnione łodygi mogą wyrastać nawet z chwytników.



Ryc. 261. *Georgia pellucida. A* Roślina z rozmnóżkami w naturalnej wielkości. — *B* To samo w powiększeniu. — *C* Szczyt rośliny w podłużnym przekroju silniej powiększony. — *D* Jedna z rozmnóżek. — Według Oltmannsa.

Że rozmnażanie wegetatywne rzeczywiście stanowi środek, zastępujący rozmnażanie płciowe, dowodzi tego fakt, że przeważna część mchów, wytwarzających rozmnóżki, jest rozdzielnopłciowa. W tym właśnie przypadku dokonanie zapłodnienia jest najtrudniejsze, bo plemnie i rodnie są daleko od siebie. Dla flory Niemiec obliczono, że wśród mchów, tworzących rozmnóżki, jest 86% gatunków rozdzielnopłciowych i 14% obupłciowych.

84. Podział. Jak to już było zaznaczone w poprzednim ustępie, mszaki dzielą się na dwie gromady: m c h y *(Musci)* i w ą t r o b o w c e *(Hepaticae)*.

Mchy charakteryzują się silnym rozwojem splątka. Z niego wyrastają ulistnione pędy tak zbudowane, że przez ich oś można przeprowadzić przynajmniej dwie płaszczyzny, dzielące je na części do siebie podobne; tego rodzaju wykształcenie pędów nazywa się p r o m i e n i s t e m. Pokolenie diploidalne rozrywa ściankę rodni u podstawy, skutkiem czego resztki rodni okrywają zarodnię, tworząc c z e p e k. Zarodnia otwiera się na szczycie przy pomocy wieczka. Inne cechy mchów oraz wyjątki, nie zgadzające się z tą charakterystyką, będą podane w następnym rozdziale.

Wątrobowce mają słabo rozwinięty splątek. Pędy ich są spłaszczone i niejednakowo wykształcone z obu stron. Tego rodzaju ukształtowanie narządów rośliny nazywa się g r z b i e t o w o - b r z u s z n e m; o ile narząd przylega do podłoża, jak to jest właśnie z pędami wątrobowców, dolna strona nazywa się b r z u s z n ą, górna — g r z b i e t o w ą. Z trzech rzędów liści, które wchodzą w skład pędów wątrobowców, dwa są wykręcone u nasady w ten sposób, że układają się w płaszczyźnie równoległej do podłoża. Trzeci rząd liści jest umieszczony na dolnej (brzusznej) stronie pędu i wykształca się o wiele słabiej od obu rzędów bocznych. W wielu przypadkach pędy nie są wcale zróżnicowane na łodygę i liście i mają postać dichotomicznie rozgałęzionych płaskich wstęg. Pokolenie diploidalne rozrywa ścianę zarodni na szczycie, skutkiem czego czepka niema. Zarodnia otwiera się skutkiem pękania jej ściany na podłużne łupiny. Pomiędzy zarodnikami tworzą się elastyczne nici, e l a t e r y, których nigdy nie spotyka się u mchów. Dalsze szczegóły będą podane w odnośnym rozdziale.

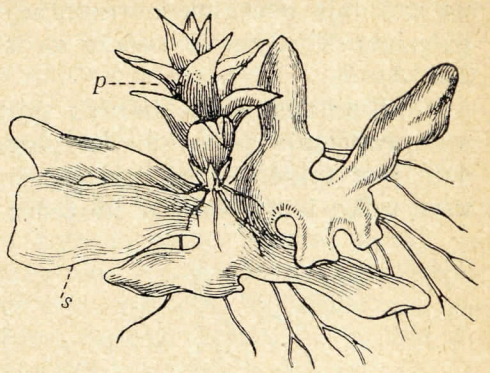
Mszaki mają tkanki zbyt delikatne, ażeby się mogły łatwo przechowywać w pokładach geologicznych. Nieliczne ich resztki są znane, począwszy od karbonu.

ROZDZIAŁ XIX

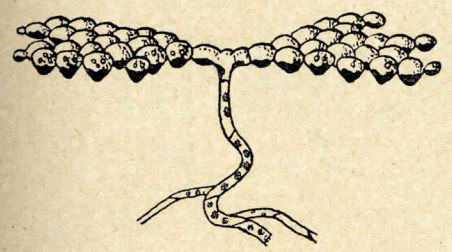
MCHY

85. Ogólna charakterystyka i podział. Splątek mszaków, taki jaki został opisany w ustępie 83, jest tworem charakterystycznym dla mchów. Są jednak pewne przypadki, w których ma on postać odmienną, mianowicie blaszkowatą. Taka postać

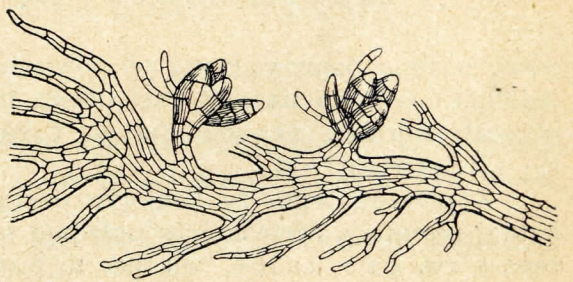
jest charakterystyczna dla torfowców *(Sphagnum)* (ryc. 262). W niektórych innych przypadkach mamy formy przejściowe między blaszkowatą a nitkowatą. Naprzykład u *Schizostega osmundacea* niektóre nici splątka rozrastają się w poziome blaszki, złożone z soczewkowatych komórek (ryc. 263). Chloroplasty mieszczą się tylko w dolnej części tych komórek. Promienie świetlne, załamując się na wypukłej górnej powierzchni komórek, skupiają się na chloroplastach, co pozwala tej roślinie wyzyskiwać słabe światło w załamaniach skał i w jaskiniach. Część tego światła zostaje odbita zpowrotem, skutkiem czego splątek świeci słabem migotliwem światłem. Drugim przykładem splątka częściowo blaszkowatego, częściowo nitkowatego może być *Andraea* (ryc. 264). Splątek ma tu postać wstęgi, której rozgałęzienia przechodzą stopniowo w nici.



Ryc. 262. *Sphagnum acutifolium*. Blaszkowaty splątek *(s)* z młodym pędem *(p)*. — Według Schimpera.

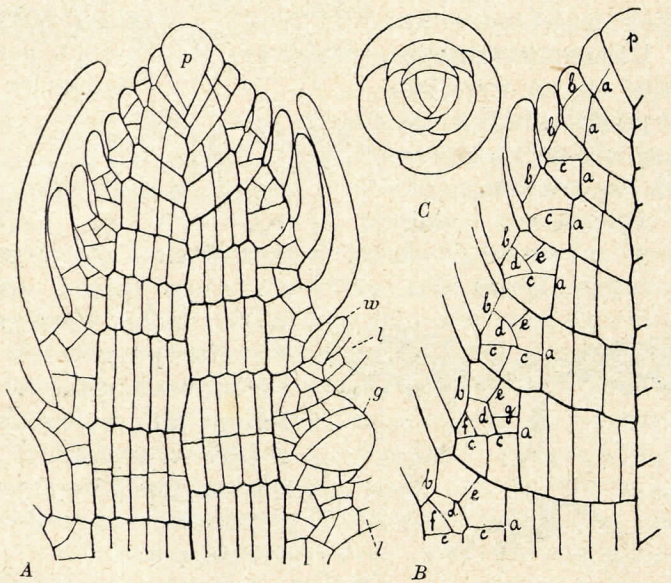

Ryc. 263. *Schizostega osmundacea*. Splątek. — Według Nolla.

Na krótkich bocznych gałązkach splątka powstają w sposób opisany w ust. 83 pączki z piramidalną trójkątną komórką początkową na szczycie. Przez podział tej komórki wyrasta ulistniony pęd. Dzieje się to w ten sposób, że ukośne ścianki oddzielają kolejno na każdym z trzech boków komórki początkowej płaski odcinek. Odcinek ten następnie dzieli się przegrodą równoległą do bocznej powierzchni pędu (*a* na


Ryc. 264. *Andraea petrophila*. Splątek z dwoma pączkami. — Według Berggrena.

ryc. 265, *B*) na dwie komórki. Wewnętrzna z tych komórek wytwarza przez dalszy podział środkową tkankę łodygi, zewnętrzna zaś daje początek zewnętrznej tkance łodygi, liściom oraz gałęziom. Te ostatnie tworzą się zawsze pod liśćmi (*g* na ryc. 265, *A*).

Liście mchów są bardzo gęsto ułożone na łodydze i prawie przylegają jeden do drugiego. Rozmieszczenie ich na pędzie jest takie, że na tym samym poziomie jest osadzony zawsze tylko jeden liść. W ułożeniu ich jest jeszcze ta prawidło-

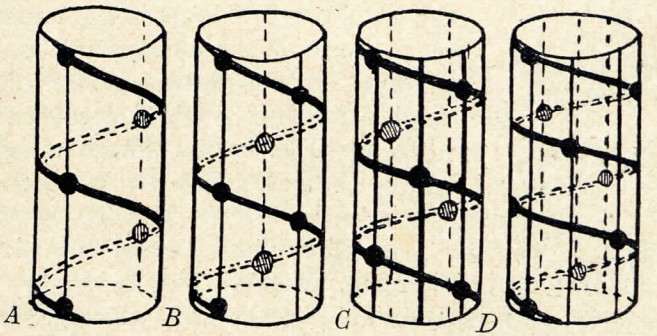


Ryc. 265. *Fontinalis antipyretica.* — *A* Przekrój podłużny wierzchołka pędu; *p* komórka początkowa, *l* zaczątki liści, *g* zaczątek gałęzi, powstającej pod jednym z liści, *w* włosek w pachwinie liścia. — *B* To samo ze wskazaniem kolejności powstawania ścian przy pomocy liter alfabetu. — *C* Szczyt pędu widziany z góry. — Według C. MÜLLERA.

wość, że linja poprowadzona po powierzchni łodygi od nasady jednego liścia do nasady następnego najbliższego będzie się okręcała spiralnie naokoło łodygi. Takie ułożenie liści nazywa się s k r ę t o l e g ł e m.

Z powodu tego, że komórka początkowa ma kształt trójkątnej piramidy, liście mchów układają się w trzy pionowe szeregi, t. zw. p r o s t n i c e, tak jak to jest pokazane na schematycznej rycinie 266, *B* (por. także ryc. 265, *C*). Spirala poprowadzona przez podstawę liści musi okrążyć łodygę, zanim

dojdzie do następnego liścia, leżącego na tej samej prostnicy. Takie ułożenie liści oznacza się ułamkiem $\frac{1}{3}$. Wogóle skrętoległe ułożenie liści charakteryzuje się ułamkiem, którego mianownik oznacza ilość prostnic, zaś licznik ilość obrotów, jakie musi wykonać spirala, zanim dojdzie od jednego z liści do najbliższego, leżącego na tej samej prostnicy. Skutkiem przesunięć w ciągu dalszego rozwoju pędu ułożenie liści u mchów może być odmienne od opisanego powyżej. Naprzykład torfowce mają z reguły ułożenie $\frac{2}{5}$, to znaczy liście są ułożone w pięć prostnic i każdy następny liść na trzeciej zkolei prostnicy, tak że trzeba okrążyć łodygę dwukrotnie, by wpaść na liść, leżący znowu na pierwszej prostnicy (ryc. 266, *C*). Na niektórych pędach torfowców liście są ułożone według ułamka $\frac{3}{8}$ (ryc. 266, *D*), a nawet według $\frac{5}{13}$ i $\frac{8}{21}$. W pewnych rzadkich przypadkach, np.



Ryc. 266. Schematy ułożenia liści w pędach: *A* według $^1/_2$, *B* — $^1/_3$, *C* — $^2/_5$, *D* — $^3/_8$.

w podzwrotnikowym rodzaju *Fissidens*, komórka początkowa jest dwuboczna i skutkiem tego liście są ułożone w dwie prostnice po obu stronach łodygi (ryc. 267). Symbol takiego układu będzie $\frac{1}{2}$ (ryc. 266, *A*). Porównując ze sobą przytoczone ułamki, łatwo spostrzec, że można je ułożyć w szereg:

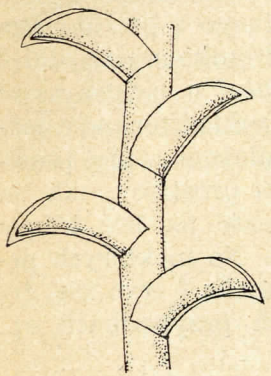
$$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21}, \ldots$$

w którym licznik każdego ułamka jest sumą liczników dwóch poprzednich ułamków i tak samo mianownik sumą dwóch poprzednich mianowników.

Liczby, figurujące jako liczniki i mianowniki ułamków, tworzą t. zw. szereg FIBONACCI

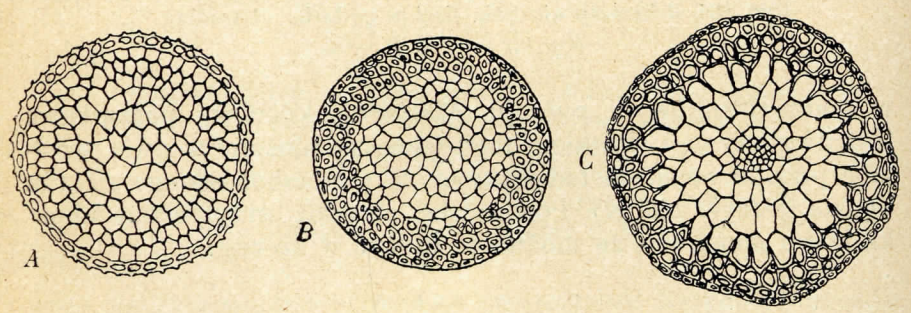
1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34,....

w którym każdy wyraz, począwszy od trzeciego, jest równy sumie dwóch poprzednich. Liczby tego szeregu odgrywają ważną rolę w zagadnieniach morfologicznych. W ułamkach, charakteryzujących ułożenie liści na łodydze, mianownik jest wyrazem szeregu Fibonacci oddalonym o dwa miejsca od wyrazu, stanowiącego licznik. Ułamki te mają bardzo proste znaczenie geometryczne; wskazują one, jaka jest wielkość kąta między płaszczyznami, poprowadzonemi przez oś łodygi i nasady dwóch następujących po sobie liści: kąt ten jest równy 360^0 pomnożonym przez dany ułamek.



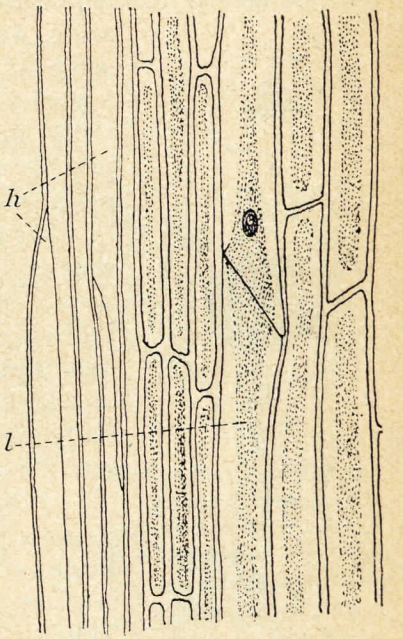
Ryc. 267. *Fissidens bifrons*. Część pędu. — Według Salmona.

Budowa anatomiczna pędów u mchów jest bardzo rozmaita i po większej części dosyć złożona. Rozpatrzmy osobno łodygę i liście. Na powierzchni łodyga jest pokryta jednowarstwową skórką, która zwykle ma błony silnie zgrubiałe. Komórki skórki są silnie wydłużone w kierunku długości pędu i są opatrzone skośnemi poprzecznemi błonami. W najprostszym przypadku, np. u *Barbula ruralis* (ryc. 268, *A*), resztę łodygi, poza skórką, stanowi cienkościenna tkanka miękiszowa, zwana inaczej miękiszem. Miękisz składa się z komórek wydłużonych z przegrodami prostopadle ustawionemi względem ich długości. Najczęściej jednak pod skórką znajduje się kilka warstw tkanki mechanicznej. Komórki tej tkanki są podobne do komórek skórki. Błony komórkowe w tkance mechanicznej są silnie zgrubiałe, dzięki czemu tkanka ta nadaje



Ryc. 268. Przekroje poprzeczne łodygi u mchów. — *A Barbula ruralis*. — *B Fontinalis antipyretica*. — *C Bryum roseum*. — *A* i *B* według C. Müllera, *C* według Sachsa.

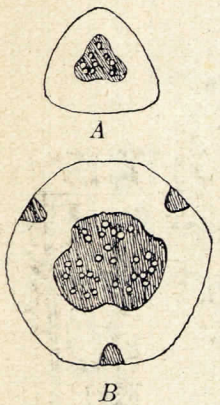
roślinie wytrzymałość na działanie sił zewnętrznych. W łodygach mchów tkanka mechaniczna, znajdująca się na powierzchni, ma postać rury i skutkiem tego doskonale chroni przed złamaniem. Pomaga jej w tem skórka, która ma również błony silnie zgrubiałe. Tkanka mechaniczna stopniowo przechodzi w miękisz (ryc. 268, *C*) albo ostro od niego się odcina (ryc. 268, *B*). Formy, u których wnętrze łodygi jest wypełnione jednolitą tkanką miękiszową, są dosyć rzadkie; oprócz podanej powyżej *Barbula ruralis* można jeszcze przytoczyć *Fontinalis antipyretica* (ryc. 268, *B*). Taką budowę mają mchy, żyjące w miejscach bardzo wilgotnych. Po większej części w środku łodygi znajduje się wiązka t. zw. hydroidów, silnie wydłużonych a dosyć wąskich komórek (ryc. 268, *C*). Komórki te mają cienkie błony, zwłaszcza poprzeczne, które są ustawione bardzo skośnie (ryc. 269). Ta ostatnia cecha zbliża hydroidy do komórek tkanki mechanicznej. Wogóle komórki silnie wydłużone a opatrzone skośnemi ściankami noszą ogólną nazwę prozenchymatycznych, w przeciwieństwie do komórek parenchymatycznych, niewydłużonych albo wydłużonych, ale mających poprzeczne ścianki prostopadłe. Hydroidy, w przeciwieństwie do innych komórek opisanych dotychczas, nie zawierają protoplazmy i są wypełnione wodą. Służą one do przeprowadzania wody i stanowią zaczątek naczyń, które wykształcają się dopiero u paprotników.



Ryc. 269. *Polytrichum*. Część podłużnego przekroju nadziemnego pędu; *h* hydroidy, *l* leptoidy. — Według Waenker v. Dankenschweila.

Najbardziej złożoną budowę ma łodyga w rodzinie *Polytrichaceae*, która także pod innemi względami ma najbardziej złożoną organizację. Na podłużnych przekrojach łodygi można u nich zauważyć wśród miękiszu rozrzucone naokoło wiązki hydroidów osobliwe komórki prozenchymatyczne, t. zw. leptoidy (ryc. 269). Od otaczających je komórek miękiszu wyróżniają się one przedewszystkiem poprzecznemi ściankami, które są skośne i bardzo delikatne; do tego trzeba dodać, że części ko-

mórek, gdzie się one znajdują, są nieco wydęte. Poza tem jest rzeczą charakterystyczną, że protoplazma mocno przystaje do tych ścianek poprzecznych i nie odstaje od nich, nawet kiedy się skurczy pod działaniem odczynników utrwalających i odejdzie od innych części błony; widoczne to jest dobrze na ryc. 269. Mocne przyleganie protoplazmy do błon poprzecznych nasuwa przypuszczenie, że w tych błonach są pory, przez które przechodzą plazmodesmy, łączące ze sobą protoplazmy sąsiednich komórek. Takie przyleganie protoplazmy do poprzecznych ścian daje się obserwować w rurkach sitowych u brunatnic, a także u paprotników i roślin nasiennych. Prawdopodobnie leptoidy służą, tak samo jak rurki sitowe, do przeprowadzania organicznych substancyj pokarmowych.



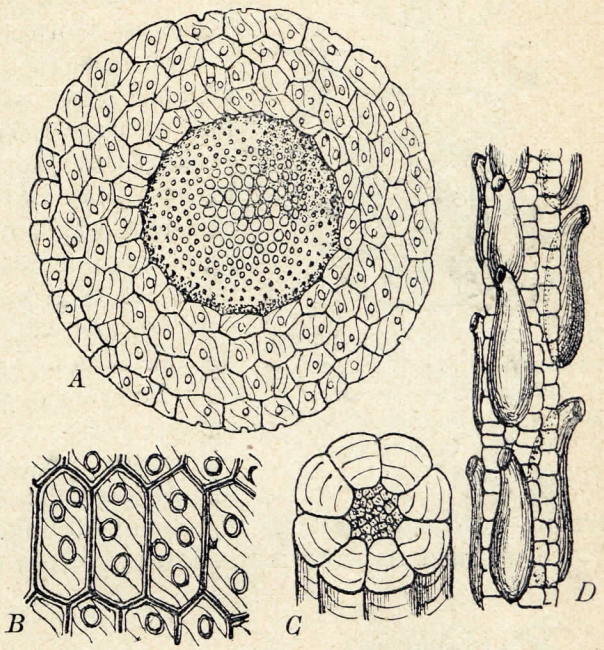
Ryc. 270. Przekrój poprzeczny kłącza u *Polytrichaceae;* zakreślona powierzchnia — tkanka mechaniczna, wolne miejsca wśród niej — grupy hydroidów. — *A Pogonatum aloides.* — *B Polytrichum juniperinum.* — Według HABERLANDTA.

Grupy hydroidów są poza środkową wiązką rozsiane w części korowej łodygi; są to ślady liściowe: cienkie wiązki, które przechodzą do liści. U *Polytrichaceae* łączą się one z wiązką środkową. Jest to osobliwość tej rodziny; u innych mchów ślady liściowe kończą się ślepo wśród miękiszu korowego.

Polytrichaceae mają osobne pędy podziemne, podobne do kłączy roślin wyższych. Budowa anatomiczna tych „kłączy“ jest odmienna od budowy pędów nadziemnych. Tkanka mechaniczna jest w całości albo w większej części skupiona w środku łodygi (ryc. 270). Tkanka mechaniczna, skupiona w środku łodygi, równie dobrze chroni ją od rozerwania, jak taka sama tkanka położona na obwodzie, ale znacznie gorzej chroni od złamania. Takie rozmieszczenie tkanki mechanicznej jest w danym przypadku pożyteczne dla rośliny, gdyż kłącza nie są narażone na złamanie, zaś skupienie tkanki mechanicznej w środku łodygi uwalnia jej obwód od grubościennych komórek i ułatwia w ten sposób pobieranie pokarmów z gleby.

Bardzo osobliwa jest budowa łodygi u torfowców *(Sphagnum).* Wiązki hydroidów tu niema. Zamiast niej znajduje się w środku łodygi miękisz o cienkich błonach, który w miarę zbliżania się do powierzchni zamienia się stopniowo w prozenchymatyczną tkankę mechaniczną o coraz grubszych błonach

(ryc. 271). Zamiast skórki łodyga jest pokryta gąbczastą korą, złożoną z kilku warstw dużych, pozbawionych protoplazmy komórek, których ściany są opatrzone otworami. Dzięki takiemu urządzeniu komórek kora chciwie pochłania wodę i pod działaniem włoskowatości podnosi ją ku górze. U torfowców z grupy *Cymbifolium* błony w korze są wzmocnione włóknistemi zgrubieniami; nadto są zgrubienia na brzegach otworów (ryc. 271, *A*). Na gałęziach torfowców kora jest zbudowana inaczej. W grupie *Cymbifolium* nie różni się ona zasadniczo od kory głównych pędów, tylko jest jednowarstwowa (ryc. 271, *B*). U wszystkich innych torfowców w korze gałęzi pod każdym liściem mieści się osobna komórka w kształcie retorty (ryc. 271, *C*). Komórka ta nie zawiera protoplazmy i ma na szczycie swojej odgiętej na bok „gardzieli“ otwór, przez który łatwo wchodzi do niej woda.

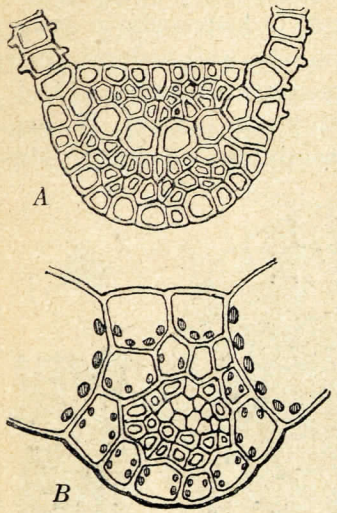


Ryc. 271. *A—C Sphagnum cymbifolium. A* Przekrój poprzeczny łodygi głównego pędu. *B* Komórki kory widziane z zewnątrz. *C* Przekrój poprzeczny gałęzi. — *D Sphagnum acutifolium.* Kawałek gałęzi z retortowemi komórkami. — Według SCHIMPERA.

Budowa liści mchów jest stosunkowo bardzo prosta. Są one złożone z jednej warstwy komórek, z wyjątkiem nerwu środkowego, który jest wielowarstwowy (ryc. 272), rzadziej cały liść jest jednowarstwowy. W środku nerwu znajdują się zwykle hydroidy, które można poznać po stosunkowo cienkich błonach i braku protoplazmy. Oprócz tego nerwy zawierają także tkankę mechaniczną, położoną przy górnej i dolnej powierzchni.

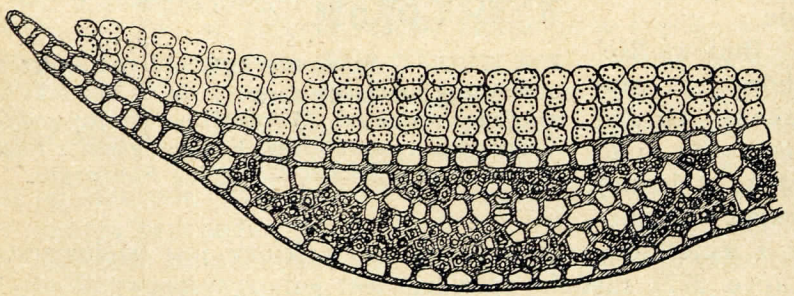
Polytrichaceae i *Sphagnum* mają liście o odmiennej budowie, tak samo jak miały odmienną budowę łodygi. U *Poly-*

trichaceae nerw jest bardzo szeroki, tak że liść tylko na brzegach jest jednowarstwowy. Na górnej powierzchni wyrastają z nerwu podłużne blaszki, które na poprzecznym przekroju mają wygląd stojących obok siebie kolumn (ryc. 273). Blaszki zawierają liczne ciałka zieleni, których reszta nerwu jest pozbawiona. U *Sphagnum* liście są jednowarstwowe, bez nerwu i składają się z dwóch rodzajów komórek: dużych, martwych komórek z otworami w ścianach oraz z drobniejszych, żywych z ciałkami zieleni. Żywe komórki są wydłużone i tworzą delikatną siatkę, której oczka są zajęte przez martwe komórki (ryc. 274). Błona martwych komórek jest wzmocniona pierścieniowatemi zgrubieniami. Dzięki otworom w błonie tych komórek liście torfowców równie chciwie pochłaniają wodę, jak tkanka korowa łodygi.



Ryc. 272. Przekrój nerwu środkowego liści mchów. — *A Aulacomnium palustre.* — *B Funaria hygrometrica.* — Według C. Müllera.

Powyższa charakterystyka dotyczyła pokolenia haploidalnego czyli płciowego, stanowiącego samodzielnie żyjącą samożywną roślinę opatrzoną ciałkami zieleni. Pokolenie diploidalne czyli płciowe, które wyrasta na szczycie pędów pokolenia haploidalnego i prowadzi życie pasorzytnicze, jest tak różnie zbudowane w różnych grupach mchów, że wygodniej będzie rozpatrzeć je dla każdej grupy osobno.



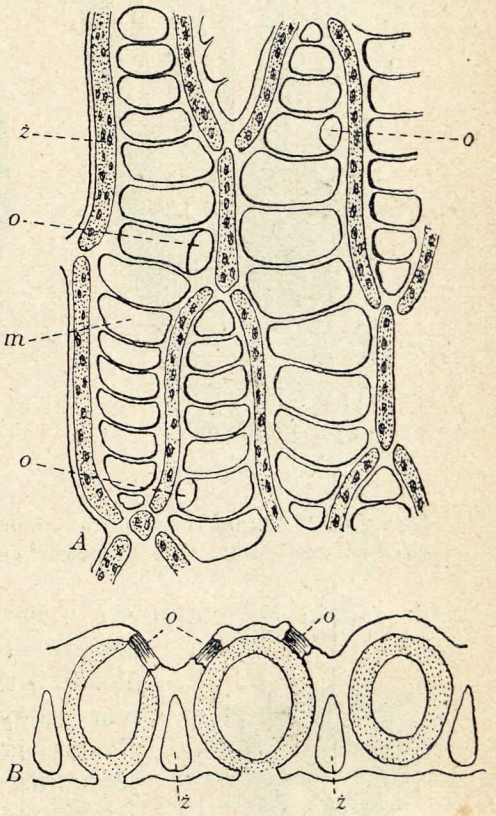
Ryc. 273. *Polytrichum.* Przekrój poprzeczny liścia. — Według Goebela.

Mchy dzielą się mianowicie na trzy rzędy: *Bryales, Sphagnales* i *Andraeales.* Charakterystyczne ich cechy można zestawić w następującą tabelę:

A) Zarodnia otwiera się przy pomocy wieczka.
  a) Pod wieczkiem tworzą się ząbki peristomjum. Warstwa zarodnikowa otacza kolumellę tylko z boków. *Bryales.*
  b) Peristomjum niema. Warstwa zarodnikowa w formie klosza, obejmującego kolumellę z boków i z góry. *Sphagnales.*
B) Zarodnia pęka po bokach czterema szparami. Warstwa zarodnikowa w formie klosza. *Andraeales.*

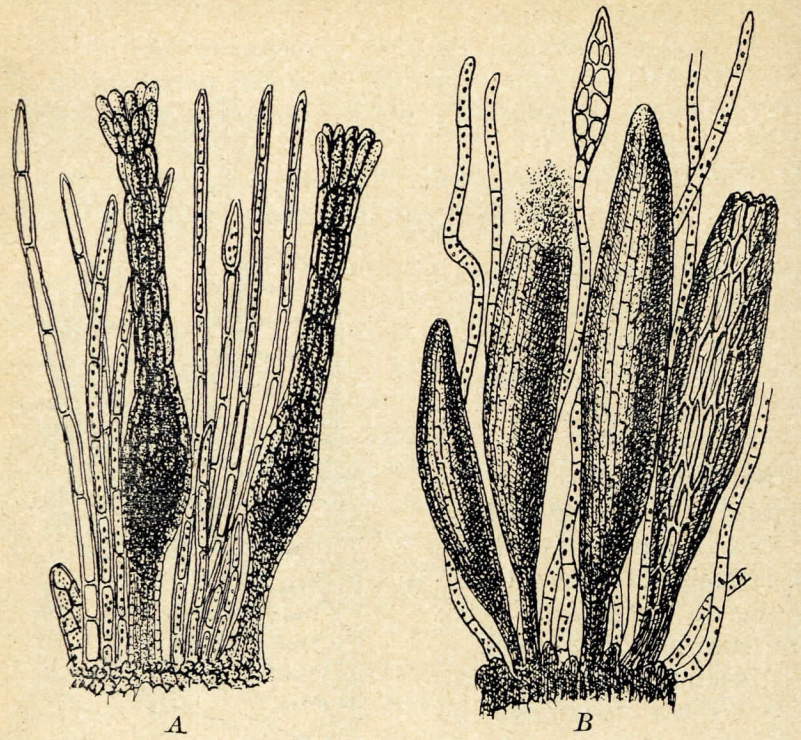
86. Bryales. Do tego rzędu należy większość mchów. Do *Andraeales* należą tylko dwa rodzaje: *Andraea* i *Neuroloma*, do *Sphagnales* tylko jeden rodzaj: *Sphagnum.*

Ukształtowanie i budowa pokolenia haploidalnego w rzędzie *Bryales* zostały wyczerpująco opisane w poprzednim ustępie. Narządy rozmnażania, które jest w tem pokoleniu płciowe, tworzą się na szczytach głównych albo bocznych pędów. Są one tam skupione w grupy, otoczone okrywą z wierzchołkowych liści. Te grupy zawierają zwykle oprócz normalnie rozwiniętych narządów pomieszane z niemi niewykształcone płonne narządy, mające formę nici; są to t. zw. wstawki (paraphysae) (ryc. 275). Narządy męskie (plemnie) i żeńskie (rodnie) w rzadkich tylko przypadkach są skupione razem na tych samych pędach. Po większej części plemnie i rodnie tworzą osobne grupy na róż-



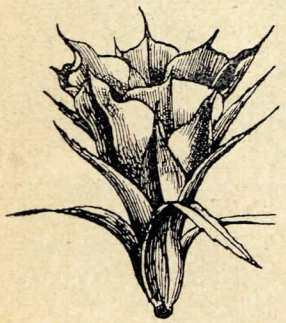
Ryc. 274. *Sphagnum cymbifolium.* — *A* Część liścia; *ż* komórki żywe, *m* komórki martwe, *o* otwory w błonie martwych komórek. — *B* Przekrój poprzeczny liścia; oznaczenia te same. — *A* według Schimpera, *B* według Russowa.

nych pędach. Skupienia plemni wyróżniają się okrywą złożoną z szerokich liści o czerwonem zabarwieniu (ryc. 276). Okrywa



Ryc. 275. *A Mnium cuspidatum.* Grupa rodni i wstawek. — *B Polytrichum commune.* Grupa plemni z wstawkami. — Według Linka.

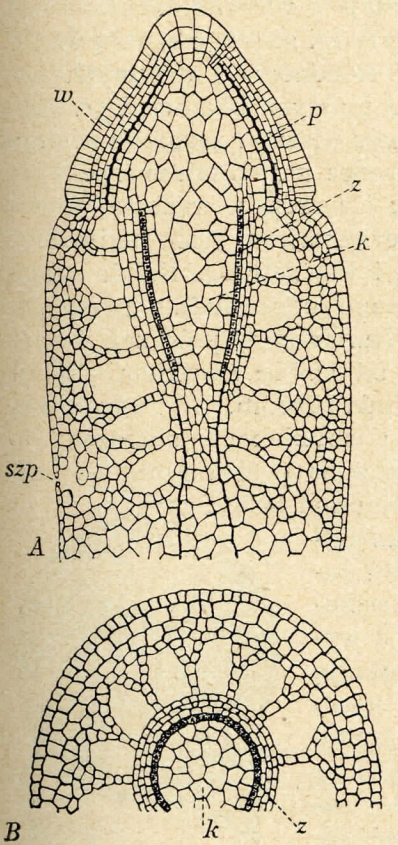
rodni składa się natomiast z liści nie różniących się prawie niczem od liści normalnych. Skupienia plemni i rodni mogą znajdować się na tym samym osobniku (gatunki obupłciowe, jednopienne) albo na różnych osobnikach (gatunki rozdzielnopłciowe, dwupienne). Budowa plemni i rodni została opisana w ust. 83.



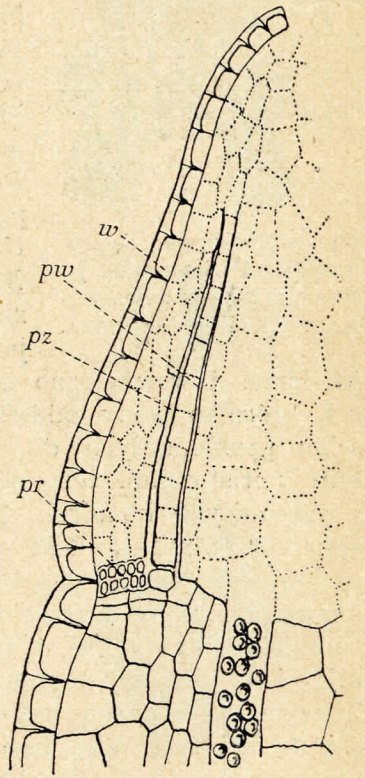
Ryc. 276. *Polytrichum alpinum.* Szczyt pędu z plemniami otoczonemi okrywą. — Według Schimpera.

Pozostaje teraz opisać rozwój pokolenia diploidalnego. Jakkolwiek w danej grupie rodni może ich być zapłodnionych kilka, rozwój pokolenia diploidalnego odbywa się tylko w jednej z nich. Pokolenie to ma początkowo postać laseczki, która jednym końcem

wrasta w szczyt łodygi pokolenia haploidalnego (ryc. 258). Na górnym końcu laseczki wykształca się zarodnia (ryc. 277). W środku przez całą jej długość przechodzi kolumella, otoczona w środkowej części przez warstwę zarodnikorodną. Warstwa ta jest z zewnątrz otoczona powłoką z dosyć drobnych komórek, która jest oddzielona od zewnętrznej



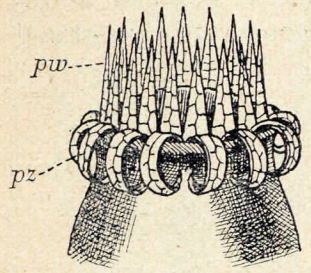
Ryc. 277. *Funaria hygrometrica.* — *A* Przekrój podłużny młodej zarodni. *B* Przekrój poprzeczny; *w* wieczko, *p* peristomjum, *z* warstwa zarodnikowa, *k* kolumella, *szp* szparka. — Według Bonniera.



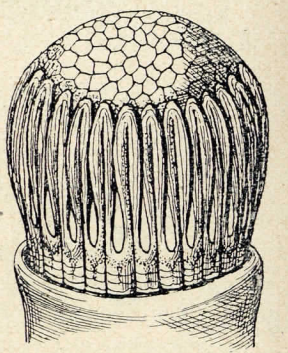
Ryc. 278. *Funaria hygrometrica.* Przekrój podłużny górnej części dojrzałej zarodni; *w* wieczko, *pz* peristomjum zewnętrzne, *pw* peristomjum wewnętrzne, *pr* pierścień; tkanki ulegające rozkładowi są zaznaczone punktowanemi konturami. — Według Bonniera.

ściany zarodni przez dosyć obszerną komorę wypełnioną powietrzem. Przez tę komorę przebiegają rozgałęzione nici, łączące zewnętrzną ścianę zarodni ze środkową jej częścią. Górna część kolumelli jest przykryta stożkowatem wieczkiem, na

granicy zaś między kolumellą a wieczkiem znajduje się warstwa komórek, z której powstaje wieniec ząbków, t. zw. peristomjum. Komórki warstwy zarodnikorodnej dzielą się wielokrotnie i tworzą komórki macierzyste zarodników. Z tych ostatnich powstają tetrady zarodników. Kiedy zarodniki dojrzeją, górna część kolumelli, stykająca się z wieczkiem, ulega degeneracji i wieczko oddziela się od ściany zarodni okrężną szparą wśród pierścienia złożonego z drobnych komórek o zgrubiałych błonach (ryc. 278). Po opadnięciu wieczka zarodnia zostaje przykryta przez peristomjum (ryc. 279). U *Funaria* i wogóle u większej części *Bryales* peristomjum jest podwójne: zewnętrzne i wewnętrzne. Każde z nich jest utworzone odpowiednio przez zewnętrzne i wewnętrzne błony wspomnianych powyżej komórek, które to błony oddzielają się od siebie skutkiem zaniku ścian prostopadłych do powierzchni zarodni. U *Polytrichaceae* peristomjum jest pojedyńcze; ząbki jego składają się z całkowitych komórek. Ilość ząbków w peristomjum jest zawsze 2^n, od 4 do 128 w szczególności u *Funaria* jest ich 16. Peristomjum odgrywa ważną rolę przy rozsiewaniu zarodników. Jego ząbki są silnie hygroskopijne i w wilgotną pogodę zamykają wylot zarodni, w suchą natomiast wyginają się do wnętrza albo nazewnątrz i uwalniają zarodniki. U *Polytrichaceae* zachodzi ta komplikacja, że ząbki peristomjum są spięte błoną, która zamyka wylot zarodni i zarodniki mają wysypywać się tylko przez wąskie szpary między ząbkami (ryc. 280).



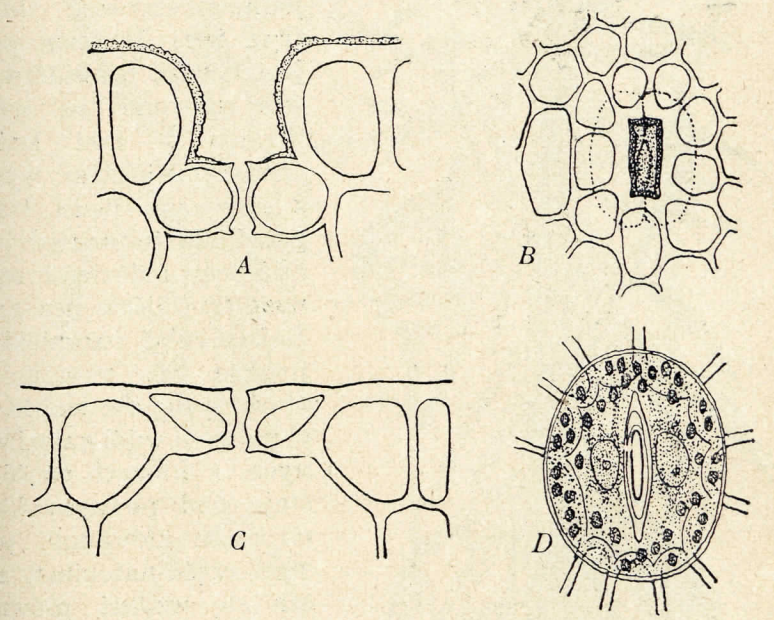
Ryc. 279. *Funaria hygrometrica*. Peristomjum, *pz* zewnętrzne, *pw* wewnętrzne. — Według Bonniera.



Ryc. 280. *Polytrichum commune*. Górna część zarodni z peristomjum. Według Schimpera.

Zarodnia jest początkowo okryta czepkiem, stanowiącym resztkę ścian rodni rozerwanej skutkiem wydłużenia się trzonka zarodni. Budowa tego trzonka, który jest łodygą pokolenia diploidalnego, jest mniej więcej taka sama jak w łodydze pokolenia diploidalnego. Ściany zarodni zawierają w swoich komórkach chloroplasty. Skutkiem tego pokolenie diploidalne wytwarza samo część potrzebnych pokarmów organicznych i jest

zatem w pewnych stadjach rozwojowych tylko półpasorzytem. W skórce zarodni spotykamy się po raz pierwszy ze szparkami oddechowemi (stomata) (ryc. 281). Są to wydłużone otwory, które powstają w sposób następujący. Jedna z komórek skórki dzieli się przegrodą na dwie części, które zaokrąglają się, przybierając półkolisty albo półeliptyczny kształt. Płaska przegroda, oddzielająca je od siebie, rozszczepia się w środkowej części i powstaje szpara, która rozszerza się przy wyginaniu się komórek szparkowych, zwęża się przy wyprostowywaniu się ich. Mechanizm tych ruchów jest mniej więcej ten

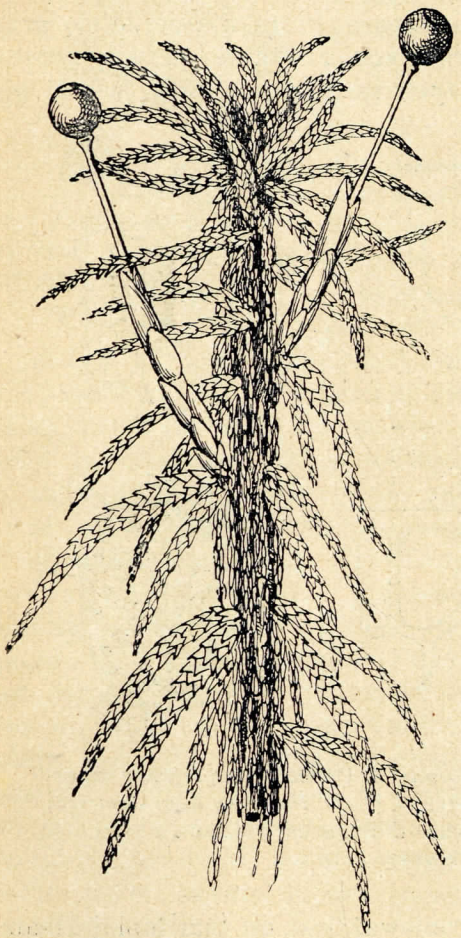


Ryc. 281. *A—B Mnium cuspidatum*. *A* Przekrój poprzeczny szparki, *B* Szparka widziana z góry. — *C—D Funaria hygrometrica*. *C* Przekrój poprzeczny szparki, *D* Szparka widziana z góry. — Według Haberlandta.

sam, co u wyższych roślin. Ponieważ jest on tam lepiej zbadany, pozostawiamy bliższe jego omówienie na później (ust. 101). Szparki znajdują się na zarodni tylko w dolnej jej części. W niektórych przypadkach można w nich zauważyć ciekawe osobliwości. Naprzykład zdarza się nieraz, że komórki szparkowe są zagłębione pod powierzchnią skórki (ryc. 281, *A*). U *Funaria hygrometrica* komórki szparkowe są położone narówni z innemi komórkami skórki, komórki zaś szparkowe swojemi końcami zlewają się ze sobą skutkiem rozpuszczenia od-

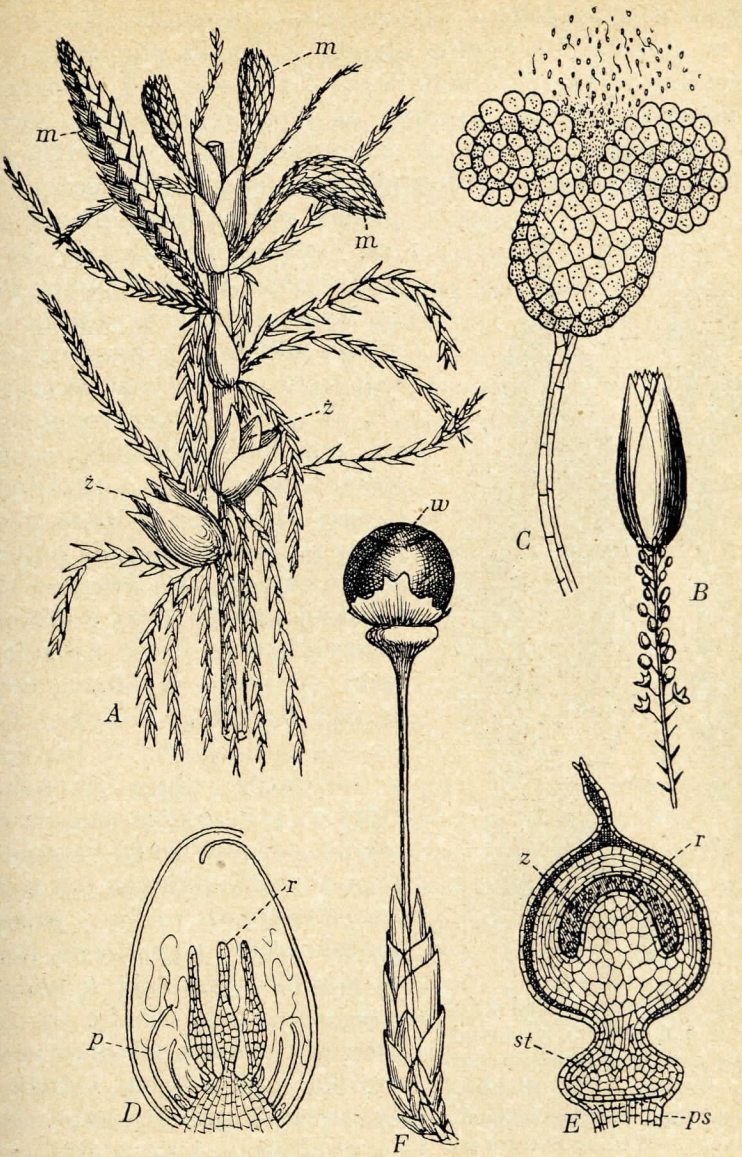
dzielających je błon i tworzą jednolitą pierścieniowatą obwódkę naokoło otworu szparkowego (ryc. 281, *D*).

87. Sphagnales. *Sphagnales* czyli torfowce zawierają jeden tylko rodzaj *Sphagnum*, który jednak liczy kilkaset gatunków i występuje często w wielkich masach. Torfowce różnią się pod wieloma względami od *Bryales*, począwszy od splątka, który nie jest nitkowaty, lecz ma postać jednowarstwowej blaszki (ryc. 262). Budowa pędów jest bardzo prawidłowa. Liście ułożone są według ułamka $\frac{2}{5}$. Pod każdym czwartym liściem wyrasta z głównego pędu boczna gałąź, tak że pomiędzy najbliższemi gałęziami są zawsze trzy liście bez gałęzi. Każda gałąź rozgałęzia się jeszcze raz, tworząc pęk zbliżonych do siebie, odchylonych wdół gałęzi wtórnych, z których część odstaje pod pewnym kątem od pędu głównego, pozostała część natomiast zwiesza się wzdłuż głównego pędu. Młode gałęzie są zebrane w pęk na końcu łodygi. Wszystko razem stwarza pokrój bardzo charakterystyczny (ryc. 282). Budowa anatomiczna została opisana już w ust. 85. Z powodu obfitości bezbarwnych komórek w liściach i łodydze ogólny ton roślin jest szarozielony. Wspomniany powyżej pęk gałęzi na szczycie pędu ma nieraz jaskrawe zabarwienie rdzawo-żółte albo czerwone („kwiaty“ torfowców).



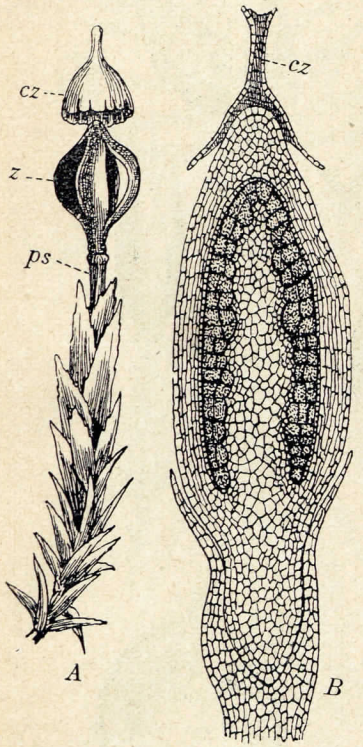
Ryc. 282. *Sphagnum cymbifolium*. Według Schimpera.

Narządy płciowe tworzą się na specjalnych gałązkach drugiego rzędu. Gałązki męskie są wrzecionowato zgrubiałe skut-



Ryc. 283. *A—E Sphagnum acutifolium*. *A* Kawałek głównego pędu; *m* gałęzie męskie z plemniami, *ż* gałęzie żeńskie z rodniami. *B* Gałąź męska z oderwanemi w dolnej części liśćmi dla pokazania plemni. *C* Pękająca plemnia silnie powiększona. *D* Przekrój podłużny gałęzi żeńskiej: *p* perichaetium, *r* rodnie. *E* Przekrój podłużny młodego pokolenia diploidalnego ukrytego jeszcze wewnątrz rodni; *r* powłoka rodni, *z* zarodniki, *st* „stopa“, *ps* pseudopodjum. — *F Sphagnum squarrosum*. Żeńska gałązka z dojrzałem pokoleniem diploidalnem; *w* wieczko zarodni. — Według Schimpera.

kiem bardzo gęstego ulistnienia i odznaczają się jaskrawem czerwonem albo żółtem zabarwieniem (ryc. 283, *A*). Liście na nich są ułożone nie według ułamka $\frac{2}{5}$ jak na płonnych pędach, lecz według wyższych ułamków: $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$ i nawet $\frac{8}{21}$. U podstawy liści tworzą się okrągłe plemnie na długich trzonkach, zajmując to miejsce, jakie normalnie zajmują gałęzie (ryc. 283, *B*, *C*). Plemnie zatem zarówno kształtem swoim, jak i położeniem na pędach różnią się od plemni *Bryales*. Gałązki żeńskie są krótkie, w kształcie pączków (ryc. 283, *A*, *ż*). Na szczycie ich, otoczone specjalną okrywą, t. zw. perichaetium, tworzą się rodnie (ryc. 283, *D*). W jednej z tych rodni rozwija się pokolenie diploidalne. Pokolenie to składa się z zarodni osadzonej na bardzo krótkim trzonku, który rozszerzoną swoją dolną częścią (t. zw. „stopą“) wrasta w szczyt żeńskiej gałązki. Przy dojrzewaniu zarodni górna część żeńskiej gałązki silnie się wydłuża, tworząc długą, bezlistną łodygę, t. zw. pseudopodjum. W ten sposób u torfowców długi trzonek, na którym jest osadzona zarodnia, należy do pokolenia haploidalnego, a nie diploidalnego jak u *Bryales*. Zarodnia, rosnąc, przerywa powłokę rodni na szczycie. Resztki tej powłoki pozostają u podstawy i skutkiem tego czepka tu niema. Zarodnia otwiera się przy pomocy wieczka, pod którem jednak niema peristomjum. Pękanie odbywa się gwałtownie i zarodniki są odrzucane na odległość, dochodzącą do 10 *cm*. Warstwa zarodnikorodna ma postać klosza, obejmującego kolumellę z boków i z góry (ryc. 283, *E*).



Ryc. 284. *Andraea*. *A* Pęd ulistniony z pokoleniem diploidalnem; *ps* pseudopodjum, *z* zarodnia, *cz* czepek. — *B* Przekrój poprzeczny młodego osobnika diploidalnego.—Według Schencka.

Torfowce odgrywają bardzo ważną rolę w przyrodzie skutkiem swojego gromadnego występowania. Większe ich skupienia dają początek bardzo charakterystycznym zbiorowiskom roślinnym, t. zw. torfowiskom wyżynnym. Skutkiem tego, że pędy torfowców rosną w górnej swojej części a obumierają w dolnej, tworzą się z ich resztek pokłady torfu, dochodzące do kilkunastu metrów grubości.

88. Andraeales. Są to drobne mchy, nie odgrywające wybitniejszej roli w przyrodzie. Do tego rzędu należą tylko dwa rodzaje: *Andraea* rozpowszechniony w całym świecie i *Neuroloma* występujący tylko na Ziemi Ognistej.

Splątek w tym rzędzie jest blaszkowaty. Z pokroju mchy te są podobne do *Bryales*. Liście są ułożone na łodygach według ułamka $\frac{3}{8}$. Łodyga nie zawiera hydroidów. W zarodni warstwa zarodnikorodna ma postać klosza, podobnie jak u *Sphagnales* (ryc. 284). Podobnie jak u *Sphagnales*, trzonek zarodni jest bardzo krótki i zarodnia zostaje uniesiona do góry na bezlistnem wydłużeniu końca pędu, na pseudopodjum. W przeciwieństwie do *Sphagnales* zarodnia jest pokryta czepkiem i pęka czterema podłużnemi szparkami na cztery łupiny, które pozostają ze sobą złączone u podstawy i na szczycie.

ROZDZIAŁ XX

WĄTROBOWCE

89. Podział. Krótka charakterystyka gromady wątrobowców *(Hepaticae)* była już podana w ust. 84. Najwybitniejszą cechą jest tu grzbietowo-brzuszne wykształcenie pędów. Poza tem charakterystyczne jest urządzenie zarodni, która pęka na kilka łupin podłużnemi szparami i zawiera zarodniki pomieszane z elaterami. Zarodnia nie zawiera kolumelli i nie ma szparek. Z powyższej charakterystyki są liczne wyjątki, które omówimy przy opisie poszczególnych rzędów. Rzędów tych jest 5: *Anthocerotales, Marchantiales, Jungermanniales anacrogynae, Jungermanniales acrogynae* i *Calobryales*. Można je scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli:

A) Pędy grzbietowo-brzuszne.
  a) Pędy plechowate.
    a) Pędy o bardzo prostej budowie anatomicznej.
      I. Zarodnia z kolumellą w środku i ze szparkami oddechowemi w skórce. *Anthocerotales.*
      II. Zarodnia nie ma kolumelli ani szparek, podobnie jak we wszystkich pozostałych rzędach. *Jungermanniales anacrogynae.*

β) Plecha o złożonej budowie anatomicznej. *Marchantiales.*

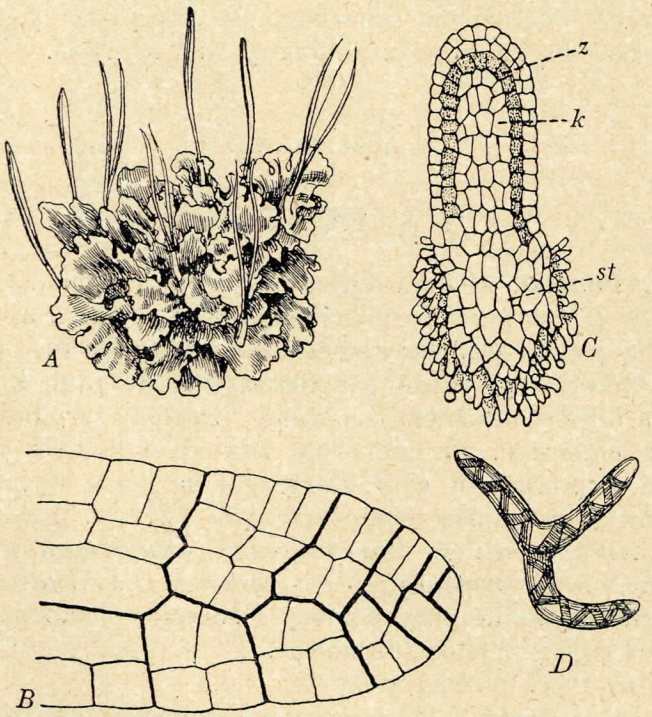
b) Pędy zróżnicowane na łodygę i liście. *Jungermanniales acrogynae.*

B) Pędy promieniste, zróżnicowane na łodygę i liście. *Calobryales.*

Ostatni z tych rzędów ma pędy wykształcone w sposób nietypowy dla wątrobowców, inne natomiast cechy jego są zbliżone do normalnych cech tej gromady.

Wątrobowce jeszcze bardziej niż mchy są wrażliwe na suchość powietrza i rosną tylko w miejscach bardzo wilgotnych, rzadko jednak w wodzie.

90. Anthocerotales. W tej grupie wątrobowców pędy są plechowate, bez śladów liści, w formie okrągłych lub rzadziej



Ryc. 285. *A—B Anthoceros laevis. A* Roślina z dojrzałemi zarodniami. — *B* Schematyczny przekrój plechy w miejscu, gdzie się mieszczą komórki początkowe. — *C Dendroceros.* Przekrój podłużny młodego osobnika diploidalnego; *k* kolumella, *z* warstwa zarodnikorodna, *st* stopa. — *D Anthoceros gracilis.* Elatery. — *A* według Wettsteina, *B* i *C* według Leitgeba, *D* według Reichardta.

wstęgowatych blaszek (ryc. 285). Blaszki te nie są anatomicznie zróżnicowane i rosną przy pomocy początkowych komórek umieszczonych grupami na brzegu plechy. Każda komórka plechy zawiera tylko jeden chloroplast, co jest zjawiskiem wyjątkowem u osiowców. W typowym rodzaju *Anthoceros* chloroplasty są opatrzone pirenoidem, czego nie spotyka się u żadnego innego osiowca. Na dolnej stronie plechy tworzą się zwykle wgłębienia, w których żyją kolonje sinic z rodzaju *Nostoc.* Zachodzi tu prawdopodobnie przypadek symbiozy. Na górnej stronie plechy w specjalnych wgłębieniach tworzą się narządy płciowe: plemnie są umieszczone swobodnie w tych wgłębieniach, rodnie zaś są z tkanką plechy zrośnięte.

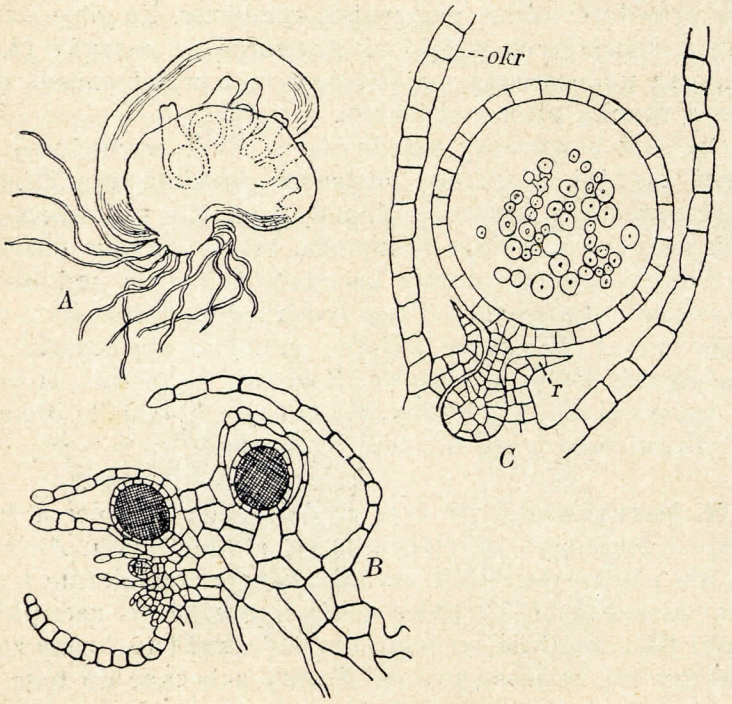
Osobnik bezpłciowy składa się z silnie wydłużonej szpilkowatej zarodni, osadzonej na bardzo krótkim trzonku, który rozszerzoną stopą wrasta w tkankę osobnika płciowego. Przez środek zarodni przebiega kolumella, którą otacza w formie klosza z boku i z góry warstwa zarodnikorodna na podobieństwo *Sphagnales* i *Andraeales.* Poza tym rzędem kolumelli u wątrobowców niema. W skórce zarodni znajdują się szparki, zjawisko u wątrobowców wyjątkowe. Zarodnia pęka dwoma podłużnemi szparami na dwie łupiny, odsłaniając kolumellę. Pomiędzy zarodnikami tworzą się w zarodni elatery.

91. Marchantiales. W tym rzędzie pędy pokolenia haploidalnego (płciowego) są plechowate, podobnie jak u *Anthocerotales*, ale plecha jest silnie zróżnicowana anatomicznie i ma na dolnej stronie blaszki, które można uważać za zaczątki albo szczątki liści, zależnie od tego, czy się uważa te formy za pierwotne, czy też za uwstecznione. Formy zaliczane do tego rzędu są bardzo rozmaite, dlatego też rozpatrzymy trzy typowe przykłady.

Pierwszym przykładem będzie *Sphaerocarpus*, o którym była mowa w ust. 10, z powodu różnic w garniturach chromozomów męskich i żeńskich osobników. Stanowisko tej rośliny w systemie wątrobowców jest bardzo niepewne, niektórzy autorzy zaliczają ją do rzędu *Jungermanniales anacrogynae.* Wśród *Marchantiales* stanowi formę, odbiegającą od typu wielką prostotą swojego pokolenia haploidalnego. Pędy jego mają postać blaszek wielowarstwowych w części środkowej, jednowarstwowych na brzegu, złożonych z jednakowych komórek. Na dolnej stronie wyrastają z nich chwytniki, na górnej stronie tworzą się plemnie i rodnie otoczone pęcherzykowatemi okrywami, które nadają charakterystyczny wygląd roślinie (ryc. 27). Pokole-

nie diploidalne jest również bardzo proste: składa się z zarodni, która rosnąc przerywa powłokę rodni i jednocześnie swoim krótkim, nabrzmiałym na końcu trzonkiem wrasta w tkankę pokolenia haploidalnego (ryc. 286). Zawartość zarodni zostaje całkowicie zużyta na wytworzenie zarodników. Powłoka jej nie pęka i niszczeje w całości.

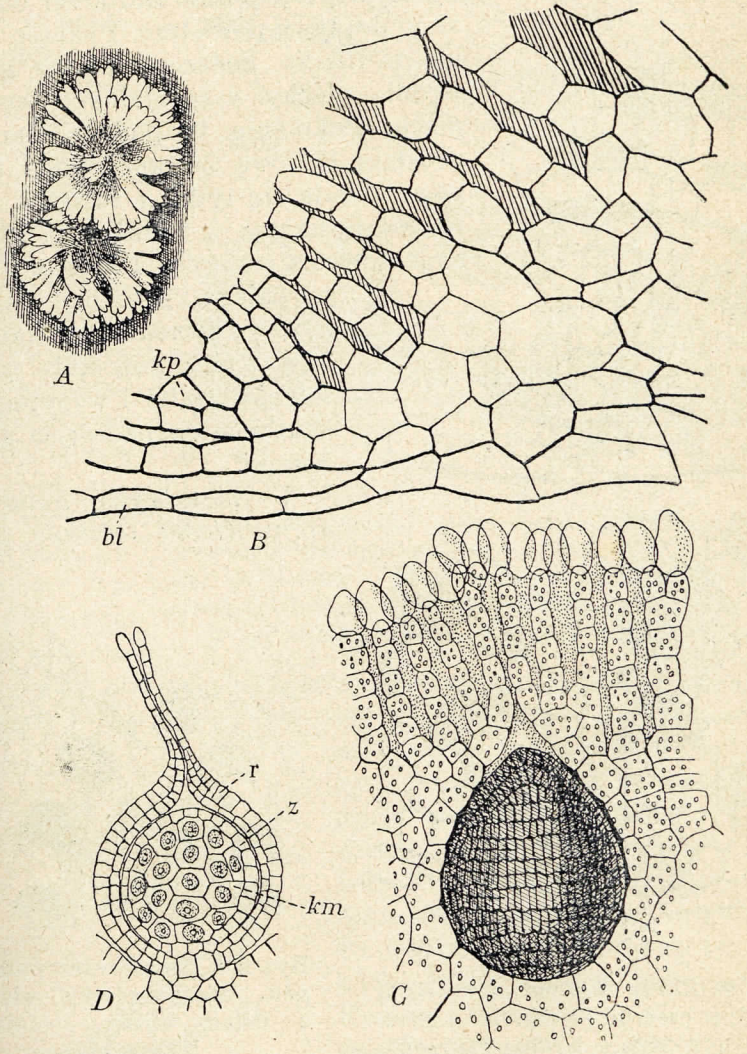
Drugim przykładem będzie *Riccia*, najprostsza ale typowa forma omawianego rzędu. Plecha ma postać prawidłowo di-



Ryc. 286. *Sphaerocarpus terrestris*. *A* Męski osobnik pokolenia haploidalnego z plemniami; każda plemnia otoczona okrywą otwartą na szczycie. — *B* To samo w przekroju. — *C* Przekrój młodego osobnika diploidalnego; *r* resztki ścianek rodni, *okr* okrywa. — Według Campbella i Goebela.

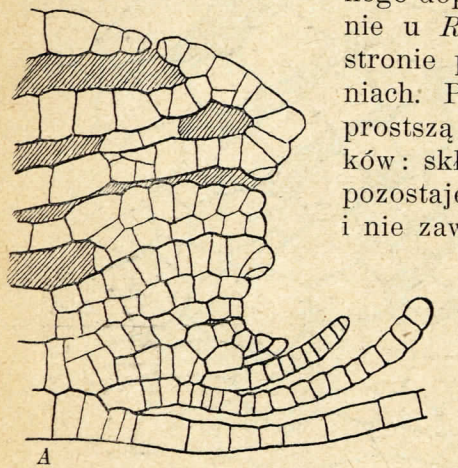
chotomicznie rozgałęzionej wstęgi o dosyć złożonej budowie (ryc. 287). Wstęga ta rośnie przy pomocy szeregu komórek początkowych, umieszczonego poziomo na szczycie w osobnem wgłębieniu. Komórki te wytwarzają po stronie dolnej jednowarstwowe blaszki i chwytniki, po stronie zaś górnej i po bokach inne tkanki plechy. Tkanki te, narazie jednolite, bardzo wcześnie dzielą się na górnej stronie na nici skutkiem rozlepiania się błon komórkowych. Nici te wpobliżu wierzchołka

wzrostu są pochylone ku komórkom początkowym, w dalszych zaś częściach plechy wyprostowują się i ustawiają się prostopadle do górnej powierzchni plechy (ryc. 287, *B* i *C*). Pomiędzy niemi pozostają wąskie przestwory międzykomórkowe. Ko-

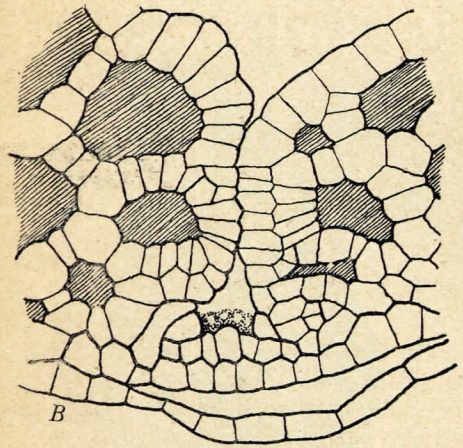


Ryc. 287. *A Riccia Michelii*. Plecha w naturalnej wielkości. — *B Riccia Warnstorfii*. Przekrój podłużny plechy poprowadzony przez jedną z komórek początkowych; *kp* komórka początkowa, *bl* blaszki. — *C Riccia glauca*. Górna część plechy w przekroju wraz z plemnią. — *D Riccia glauca*. Przekrój podłużny rodni wraz z zarodnią, która rozwinęła się wewnątrz niej z zapłodnionego jaja; *r* ściana rodni, *z* ściana zarodni, *km* komórki macierzyste zarodników. — *A* według Wettsteina, *B* według Pietscha, *C* według Kny, *D* według Hofmeistera.

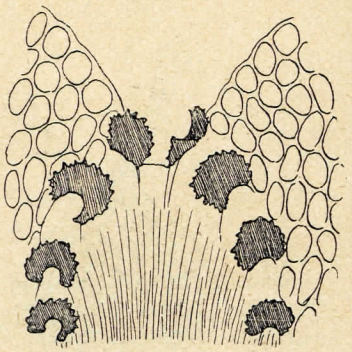
mórki tych nici zawierają wielką ilość chloroplastów, z wyjątkiem górnej komórki każdej nici, która jest bezbarwna. Inne komórki plechy zawierają znacznie mniej ciałek zieleni. W ten sposób przyswajanie dwutlenku węgla koncentruje się w niciach; tam może ono odbywać się swobodnie skutkiem ułatwionego dopływu powietrza. Plemnie i rodnie u *Riccia* mieszczą się na górnej stronie plechy w specjalnych wgłębieniach. Pokolenie bezpłciowe ma najprostszą budowę ze wszystkich mszaków: składa się tylko z zarodni, która pozostaje ukryta w rodni (ryc. 287, *D*) i nie zawiera elaterów. Powłoka zarodni ulega resorbcji jeszcze przed dojrzewaniem zarodników, które pozostają okryte ścianką rodni i wysypują się skutkiem rozpadnięcia się tej ścianki.



U niektórych gatunków, np. u *Riccia fluitans*, górna część tkanki rozszczepia się w ten sposób, że się tworzą obszerne komory, komunikujące się z atmosferą przy pomocy specjalnych wylotów, nie mających coprawda określonej formy (ryc. 288). Jest to przejście do tej budowy plechy, jaką znajdujemy u najbardziej złożonej formy tego rzędu — u *Marchantia*.

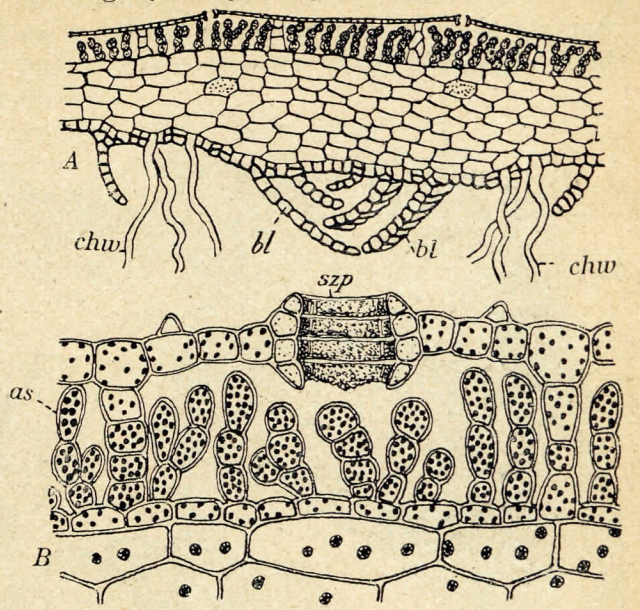


Ryc. 288. *Riccia fluitans*. *A* Przekrój podłużny szczytu plechy. — *B* Przekrój poprzeczny. — Według Pietscha.

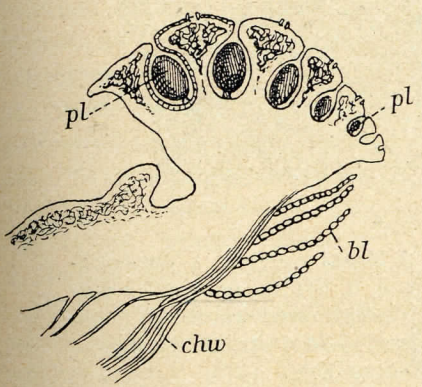


Ryc. 289. *Marchantia polymorpha*. Szczyt plechy widziany z dolnej strony. — Według Wettsteina.

Plecha w rodzaju *Marchantia* ma, tak samo jak u *Riccia*, postać dichotomicznie rozgałęzionej wstęgi, rosnącej przy pomocy komórek początkowych, które mieszczą się na szczycie w osobnem wgłębieniu. Plecha ta ma bardzo złożoną budowę. Jest ona z obu stron pokryta wyraźnie wykształconą skórką. Z dolnej skórki wyrastają włośniki i dwa szeregi jednowarstwowych blaszek (ryc. 289 i 290). Górna skórka jest podzielona na romboidalne pola, odpowiadające komorom, które pod niemi się znajdują. Komory te powstają w zwartej początkowo tkance skutkiem rozklejania się i rozsuwania się komórek. Na dnie tych komór są osadzone asymilatory, mające postać rozgałęzionych nici, których komórki zawierają wielką ilość ciałek zieleni. W asymilatorach jest skoncentrowana asymilacja dwutlenku węgla, gdyż w innych tkankach chloroplastów jest mało. Komory komunikują się z atmosferą przy pomocy szparek, urządzonych w szczególny sposób: są to okrągłe otwory opatrzone walcowatym wylotem. Wylot ten jest złożony z czterech komórek, podzielonych poziomemi przegrodami

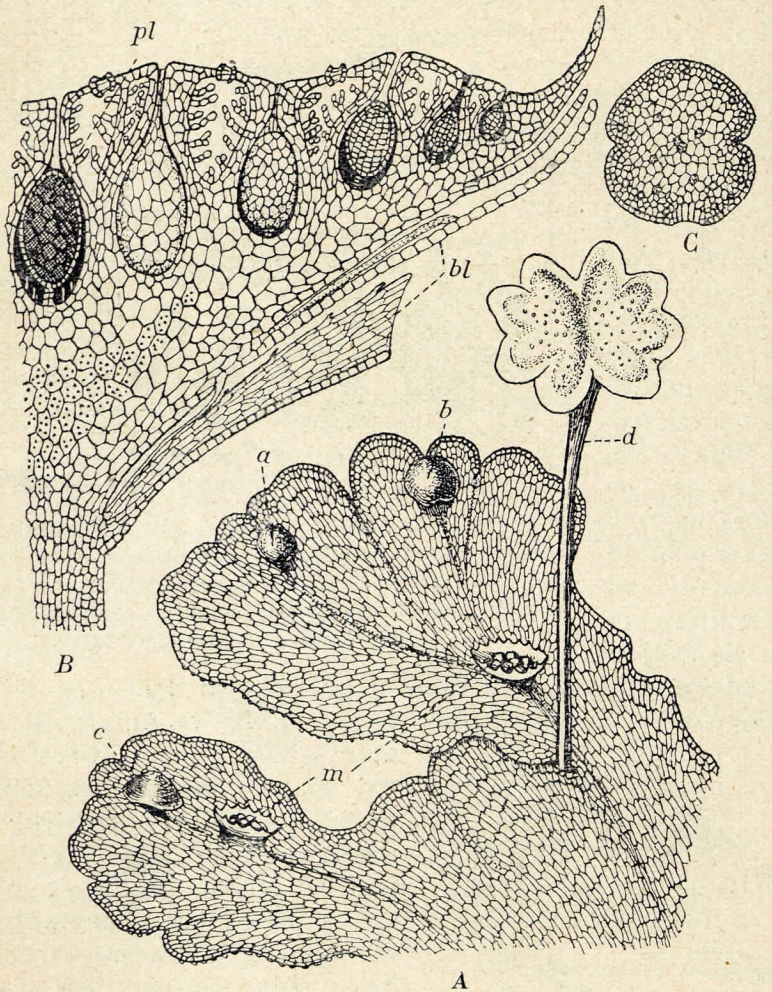


Ryc. 290. *Marchantia polymorpha*. *A* Przekrój poprzeczny przez środkową część plechy; *chw* chwytniki, *bl* blaszki. — *B* Górna część tego przekroju silniej powiększona; *as* asymilatory, *szp* szparka. — *A* według Sachsa, *B* według Voigta.



Ryc. 291. *Marchantia polymorpha*. Młode męskie owocowanie w przekroju; *pl* plemnie, *bl* blaszki, *chw* chwytniki. — Według Sachsa.

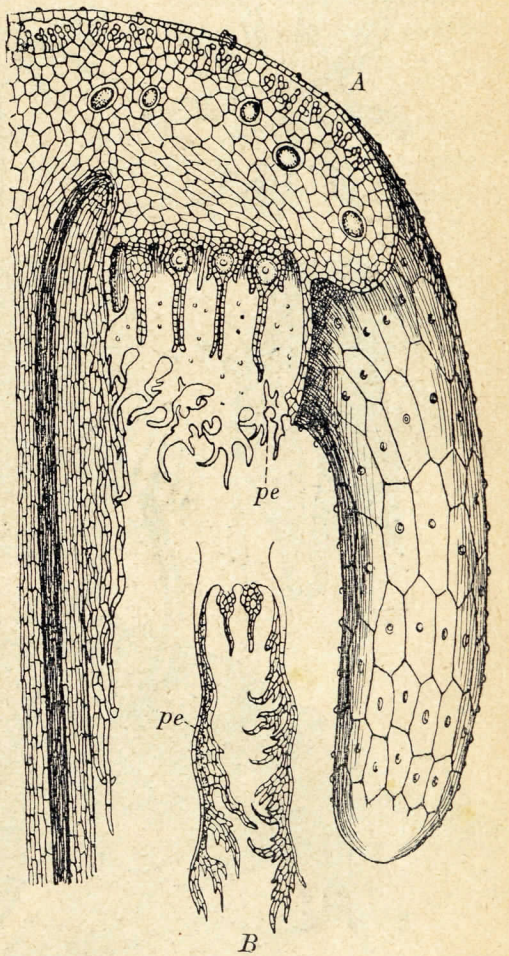
na cztery piętra. Ściany, oddzielające jedną komorę od drugiej, są jednowarstwowe. Poniżej komór aż do dolnej skórki znajduje się parenchymatyczna tkanka z nielicznemi chloroplastami.



Ryc. 292. *Marchantia polymorpha*. *A* Męski osobnik z owocowaniami w różnych stadjach rozwoju (*a*, *b*, *c*, *d*); *m* miseczki z rozmnóżkami. — *B* Przekrój podłużny dojrzałego owocowania; *pl* plemnie, *bl* blaszki na stronie odpowiadającej dolnej stronie plechy. — *C* Rozmnóżka. — Według Kny.

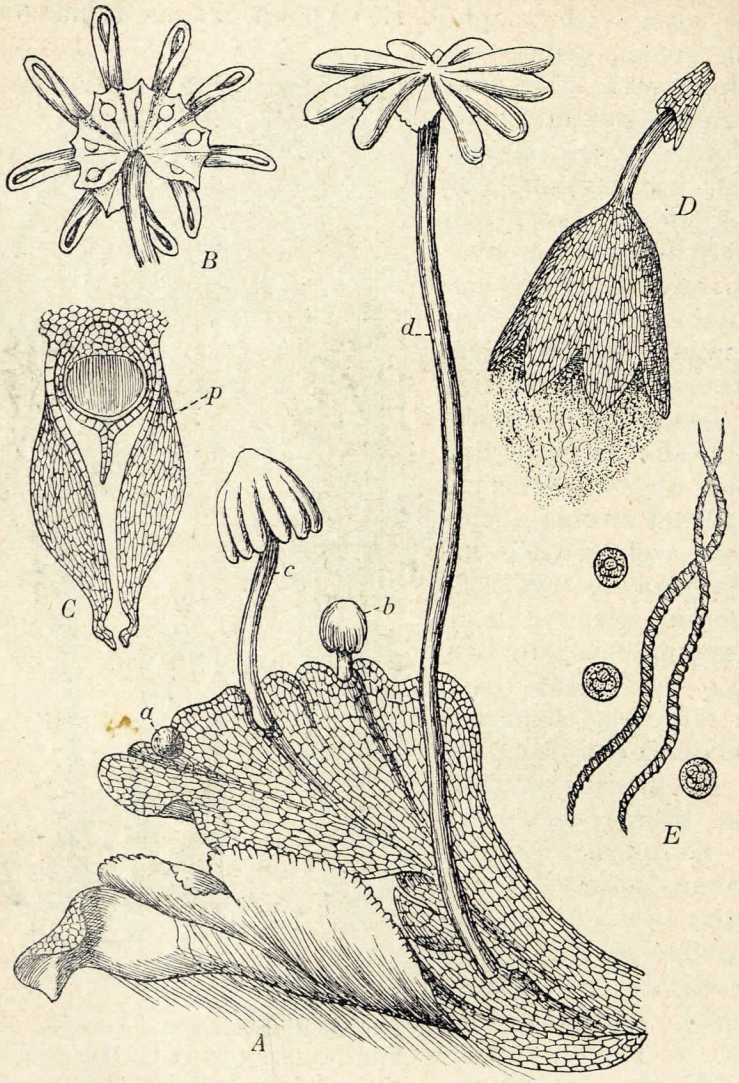
Narządy płciowe tworzą się u *Marchantia* na specjalnych odcinkach plechy, mających postać małych parasolików, osadzonych na dosyć długich, cienkich trzonkach. Że te owocowania

pomimo swojej odmiennej postaci są przeobrażonemi odcinkami płaskiej plechy, dowodzi tego historja ich rozwoju. Na młodych owocowaniach związek z plechą jest bardzo wyraźny; na górnej stronie ich znajduje się typowa tkanka asymilacyjna, zaś na dolnej stronie wyrastają blaszki i chwytniki (ryc. 291). Chwytniki można widzieć nawet na dojrzałem owocowaniu: są one ukryte w dwóch podłużnych brózdach w trzonie po stronie, odpowiadającej dolnej stronie plechy. Owocowania męskie i żeńskie tworzą się na oddzielnych osobnikach. Owocowania męskie są na brzegu niezbyt głęboko wcinane i na górnej stronie w specjalnych wgłębieniach zawierają plemnie (ryc. 292). Najmłodsze plemnie znajdują się najbliżej brzegu. Żeńskie owocowania można z łatwością rozpoznać po głębokich wcięciach i wąskich odcinkach (ryc. 293). Rodnie tworzą się początkowo na górnej stronie owocowań, później jednak w czasie wzrostu zostają przesunięte na dolną stronę. Tam są one ułożone pomiędzy odcinkami parasola w grupy złożone z dwóch albo trzech szeregów, idących promienisto od środka parasola nazewnątrz (ryc. 294). Każda grupa jest otoczona osobnem p e r i c h a e t i u m o postrzępionym brzegu. Najmłodsze rodnie znajdują się najbliżej środka. Rodnie są typowej buteleczkowatej formy z długą szyjką zwisającą wdół. Naokoło



Ryc. 293. *Marchantia polymorpha*. *A* Przekrój podłużny przez żeńskie owocowanie poprowadzony między dwoma odcinkami; *pe* perichaetium. — *B* Przekrój poprzeczny grupy rodni złożonej z dwóch szeregów. — *A* według Kny, *B* według Sachsa.

każdej rodni powstaje okrężny wałek, który rosnąc tworzy obszerną okrywę, t. zw. perianthium. Pokolenie bezpłciowe w przeciwieństwie do *Riccia* wrasta w tkankę pokolenia płcio-



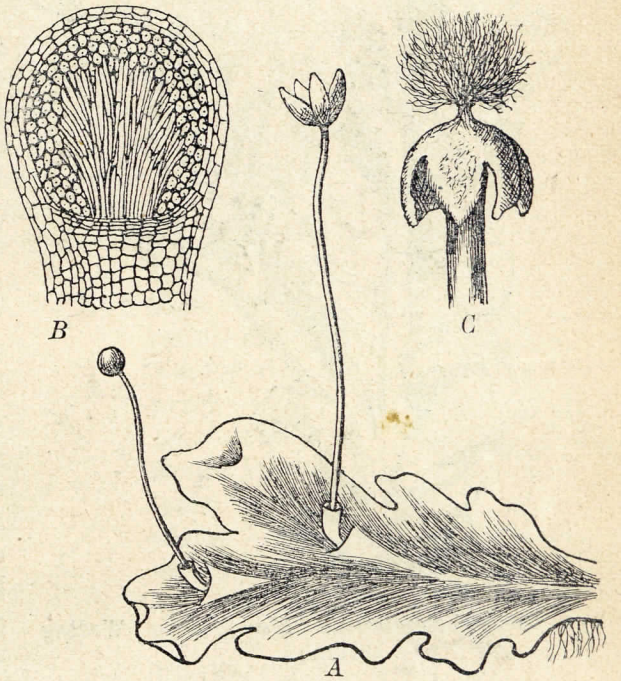
Ryc. 294. *Marchantia polymorpha*. — *A* Żeński okaz z owocowaniami w różnych stadjach rozwoju (*a, b, c, d*). — *B* Owocowanie widziane z dołu. — *C* Rozwijające się wewnątrz rodni pokolenie bezpłciowe; *p* perianthium. — *D* Dojrzała zarodnia. — *E* Zarodniki i elatery. — Według Kny.

wego podstawą trzonka, na którym tworzy się zarodnia. Trzonek przy dojrzewaniu zarodni cokolwiek się wydłuża i prze-

rywa powłokę rodni. Zarodnia pęka na szczycie kilkoma ząbkami. Wówczas wysuwają się z niej splątane elatery, pomiędzy któremi znajdują się zarodniki.

Poza rozmnażaniem płciowem pokolenie haploidalne rozmnaża się wegetatywnie przy pomocy okrągłych, płaskich rozmnóżek, które tworzą się w specjalnych kubkowatych zbiornikach (ryc. 292).

92. Jungermanniales anacrogynae. Pędy u wątrobowców tego rzędu są plechowate i mają bardzo prostą budowę anatomiczną, przeważnie bez żadnego zróżnicowania anatomicznego. Wzrost odbywa się przy pomocy szczytowej komórki początkowej trójkątnego kształtu. Postać plechy jest wstęgowata, rozgałęzienie jej jest z reguły dichotomiczne. Narządy płciowe tworzą się na górnej stronie wegetatywnych albo specjalnych płciowych pędów. Skutkiem tego komórka początkowa, która mieści się na szczycie, nie zostaje zużyta na wytworzenie narządów płciowych, skąd też pochodzi nazwa rzędu „anacrogynae".



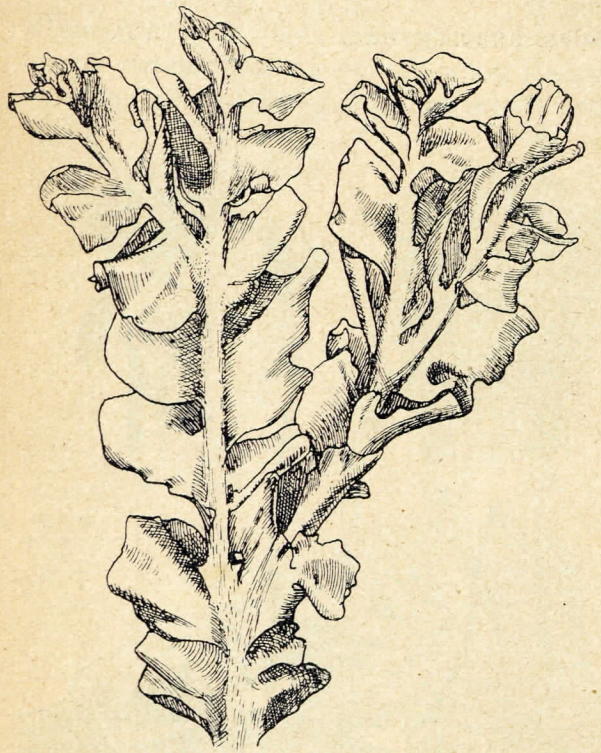
Ryc. 295. *Pellia epiphylla*. *A* Cała roślina. — *B* Młoda zarodnia w podłużnym przekroju. — *C* Zarodnia otwarta. — Według Giesenhagena i Goebela.

Pokolenie diploidalne składa się z zarodni, otwierającej się czterema klapami i osadzonej na długim trzonku. Zarodnia zawiera oprócz zarodników elatery.

Jako przykład można przytoczyć *Pellia* (ryc. 295). Plecha ma postać szerokiej wstęgi z grubym nerwem środkowym. Plemnie, rozsiane w środkowej części plechy, umieszczone są we wgłębieniach. Rodnie tworzą się grupami w osobnych kie-

szonkach otwartych ku przodowi. Z każdej grupy rozwija się tylko jedna rodnia. Powłoka rodni wydłuża się znacznie i po przerwaniu jej przez zarodnię pozostaje w postaci kołnierzyka, otaczającego podstawę trzonka zarodni. Elatery tworzą pęk nici umocowany do podstawy zarodni.

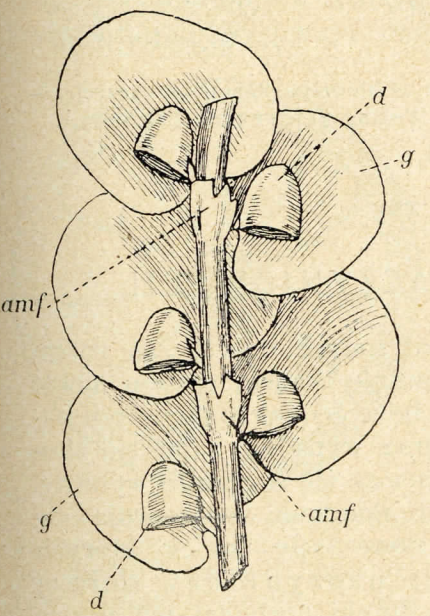
U niektórych form tego rzędu zaznacza się przeobrażenie plechowatego pędu w pęd ulistniony. Dzieje się to w ten sposób, że nerw środkowy gra rolę łodygi, cieńsze zaś brzeżne części wstęgowatej plechy dzielą się na odcinki położone po obu stronach „łodygi". Można to widzieć np. u *Fossombronia* (ryc. 296).



Ryc. 296. *Fossombronia Herzogii.* — Według Goebela.

93. Jungermaniales acrogynae. W tym rzędzie pędy pokolenia haploidalnego są zróżnicowane na łodygę i liście. Wzrost ich odbywa się przy pomocy komórki początkowej, mającej kształt trójbocznej piramidy. Liście są ustawione w trzy rzędy: dwa po bokach łodygi, trzeci po stronie dolnej, przylegającej do podłoża. Liście bocznych rzędów są ułożone w jednej płaszczyźnie z łodygą i zachodzą na siebie brzegami. Składają się one z dwóch odcinków: górnego i dolnego. Odcinki te mogą być jednakowe, jak to jest naprzykład u *Marsupella* (ryc. 297). Często się jednak zdarza, że dolny odcinek ma postać odmienną. Ciekawy przypadek tego rodzaju przedstawia *Frullania*, u której dolny odcinek liści ma postać dzwonkowatą (ryc. 298). Liście dolnego szeregu są słabo wykształcone i mają kształt odmienny; noszą one nazwę amfigastrjów (ryc. 298). W niektórych przypadkach niema ich wcale np. w przytoczonym powyżej rodzaju *Marsupella*. W przeciwieństwie do złożonej morfologji zewnętrznej budowa anatomiczna pędów jest bardzo prosta: liście składają się z jednej warstwy komórek, bez środkowego nerwu, łodyga zaś jest zbudowana z prawie jednakowych, nieco wydłużonych komórek. Rozgałęzienie odbywa się najczęściej w ten sposób, że gałąź tworzy się zamiast dolnego odcinka jednego z bocznych liści.

Plemnie tworzą się w pachwinach bocznych liści na tych samych co rodnie albo na innych pędach. Obecność ich nie przeszkadza pędom rosnąć. Rodnie natomiast powstają na szczycie pędów z komórki początkowej i zamykają skutkiem tego okres wzrostu danego pędu. Górne liście zwykle tworzą okrywę naokoło nich. Oprócz tego każda rodnia jest otoczona przez osobne perianthium. Pokolenie diploidalne jest mniej więcej tak samo zbudowane jak w poprzednim rzędzie. Zarodnia pęka na cztery łupiny i zawiera oprócz zarodników elatery (ryc. 297).



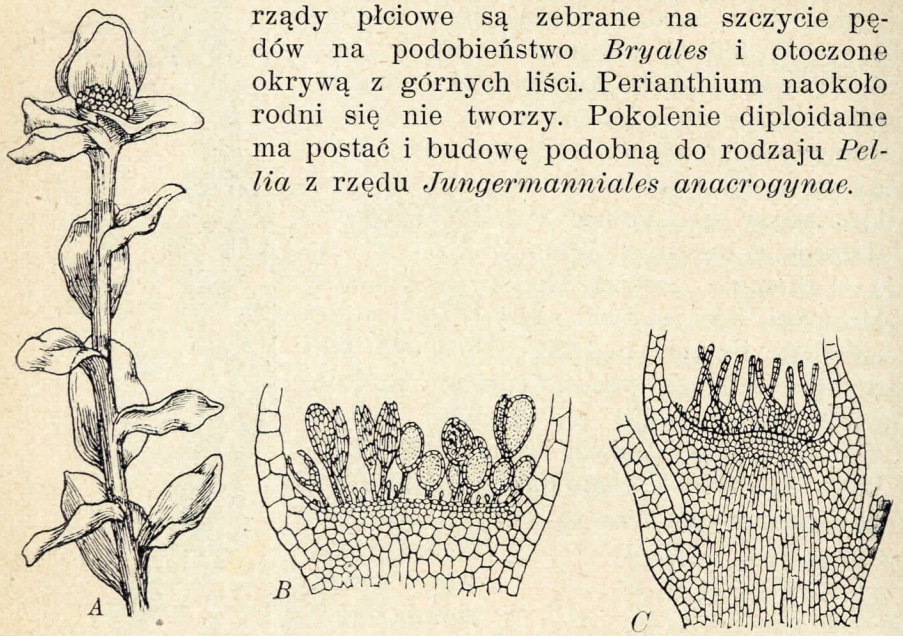
Ryc. 298. *Frullania.* Część pędu widziana z dołu; *g* górne odcinki bocznych liści, *d* dolne dzwonkowate ich odcinki, *amf* amfigastrja. — Według K. Müllera.



Ryc. 297. *Marsupella ustulata.* Roślina z dojrzałą pękniętą zarodnią. — Według Schiffnera.

94. Calobryales. Do tego rzędu należą tylko nieliczne formy: podzwrotnikowy rodzaj *Calobryum* z kilkoma gatunkami i europejski rodzaj *Haplomitrum* z jedynym gatunkiem *H. Hookeri*. Rośliny te wyróżniają się wśród wątrobow-

ców promienisto zbudowanemi pędami. Liście są ułożone w trzy jednakowe prostnice (ryc. 299). W przeciwieństwie do wątrobowców poprzedniego rzędu są one jednolite. Narządy płciowe są zebrane na szczycie pędów na podobieństwo *Bryales* i otoczone okrywą z górnych liści. Perianthium naokoło rodni się nie tworzy. Pokolenie diploidalne ma postać i budowę podobną do rodzaju *Pellia* z rzędu *Jungermanniales anacrogynae*.



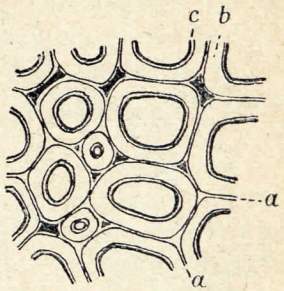
Ryc. 299. *Calobryum*. — *A* Męski osobnik ze zbiorem plemni na szczycie. — *B* Zbiór plemni. — *C* Zbiór rodni. — Według Schiffnera i Goebela.

ROZDZIAŁ XXI

TKANKI ROŚLIN NACZYNIOWYCH

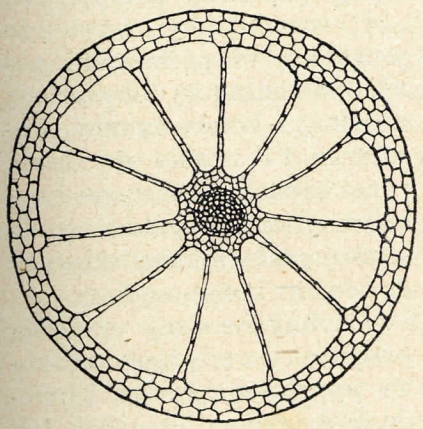
95. Uwagi wstępne. U rozpatrzonych dotychczas roślin spotykaliśmy wielokrotnie zróżnicowanie tkanek, czasem nawet dosyć znaczne, np. u brunatnic i mchów. Jednakże dopiero u paprotników i nasiennych, któremi teraz wypadnie zająć się zkolei, zróżnicowanie anatomiczne zaznacza się w sposób wybitny. Różnice pomiędzy poszczególnemi tkankami zarysowują się o wiele wyraźniej i zjawiają się nowe typy tkanek, których dotąd nie było, m. i. typ tkanki naczyniowej, służącej do przeprowadzania wody. Od tej tkanki pochodzi też nazwa roślin naczyniowych, nadawana paprotnikom i nasiennym. Wykształcenie tkanki naczyniowej stoi w ścisłym związku ze sposobem życia roślin naczyniowych. Są to rośliny, których pokolenia diploidalne, żyjąc na lądzie i mając znaczne rozmiary, są

narażone na niebezpieczeństwo uschnięcia. Takie rośliny mogą istnieć tylko wtedy, jeżeli posiadają silnie rozwinięte narządy do pobierania i przeprowadzania wody. Do pobierania wody służą korzenie, które się tu właśnie wykształcają, do przeprowadzania wody służy tkanka naczyniowa, której zaczątki (hydroidy) zjawiają się u mchów, ale która dopiero tu wykształca się w formie typowej.



Ryc. 300. Przekrój przez drewno sosny; *a* środkowa blaszka błony, *b*, *c* wewnętrzne warstwy błony; przestwory międzykomórkowe w kątach komórek zacieniowane. — Według Rotherta.

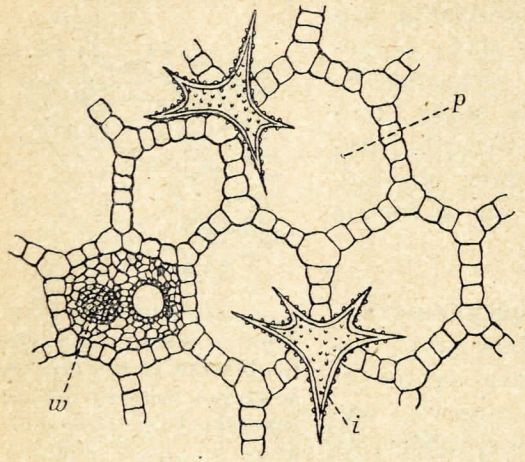
96. Przestwory międzykomórkowe. Bardzo ważną osobliwością tkanek u roślin naczyniowych są przestwory międzykomórkowe, wypełnione powietrzem. Spotykaliśmy je już w poprzednich częściach tego wykładu; np. u brunatnic (pęcherze pławne u *Laminariales* i *Fucales*) i u wątrobowców (komory u *Marchantia*). Jednakże dopiero u roślin naczyniowych występują one stale. Odgrywają one bardzo ważną rolę jako drogi, przez które utrzymuje się połączenie między atmosferą a komórkami położonemi w głębi rośliny. Jest to bardzo ważne ze względu na znaczną grubość ciała tych roślin.



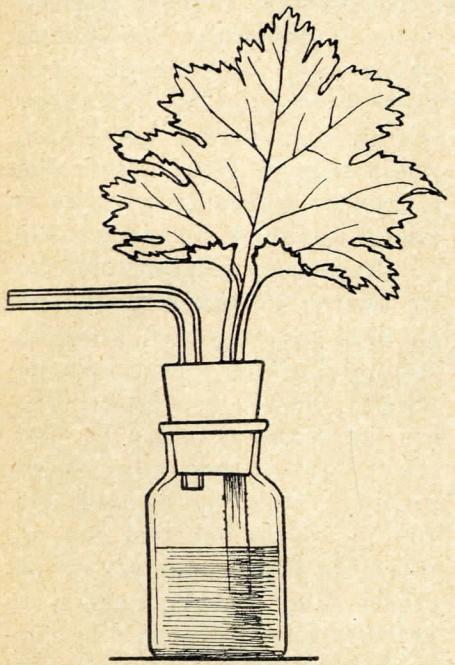
Ryc. 301. *Elatine Alsinastrum*. Przekrój poprzeczny łodygi dla pokazania bardzo obszernych przestworów międzykomórkowych. — Według Reinkego.

Przestwory międzykomórkowe tworzą się przez rozklejanie się błon komórkowych, które następuje skutkiem zniszczenia nietrwałej blaszki środkowej. Proces ten rozpoczyna się w miejscach, gdzie trzy albo więcej komórek styka się ze sobą (ryc. 300) i często na tem się zatrzymuje. Przez silniejszy wzrost części błony, przylegających do przestworów międzykomórkowych, powiększają się one w niektórych przypadkach bardzo silnie, np. u roślin wodnych i bagiennych, u których dostęp tlenu z zewnątrz jest bardziej utrudniony niż u roślin lądowych (ryc. 301 i 302).

Przestwory międzykomórkowe są ze sobą złączone w jednolity system, przeprowadzający gazy do wszystkich części rośliny. Można tego dowieść przy pomocy następującego doświadczenia. Bierze się słoik wypełniony do połowy wodą i zamknięty korkiem z dwoma otworami (ryc. 303). Przez jeden otwór przeciąga się ogonek jakiegokolwiek odciętego dużego liścia (np. z *Primula sinensis*), tak aby jego dolny koniec zanurzył się w wodzie. W drugim otworze umieszcza się krótką rurkę, łączącą wnętrze słoika z atmosferą. Jeżeli przy pomocy pompy wodnej rozrzedzimy powietrze w słoiku, to pęcherzyki powietrza zaczną wydobywać się z dolnego końca ogonka. Powietrze to weszło do liścia przez szparki oddechowe i następnie przez system przestworów międzykomórkowych doszło do końca ogonka.



Ryc. 302. *Nuphar advenum*. Część poprzecznego przekroju ogonka liściowego; *p* przestwory międzykomórkowe, *i* idjoblasty, *w* wiązka sitowo-naczyniowa. — Według Sachsa.

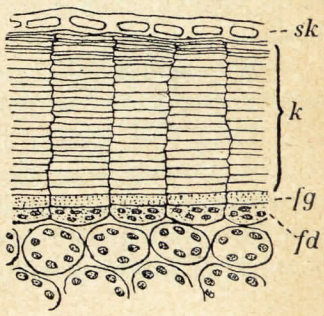


Ryc. 303. Przyrząd służący do wykazania, że przestwory międzykomórkowe komunikują się ze sobą. — Według Detmera.

Osobny rodzaj stanowią przestwory międzykomórkowe wypełnione żywicą i innemi wydzielinami komórek. Ich znaczenie w życiu rośliny jest zupełnie inne (patrz dalej ust. 108).

97. Podział tkanek. Tkanki, z których składają się rośliny wyższe, są bardzo różne, wymagają przeto rozklasyfikowania. Dzieli się je na t w ó r c z e i t r w a ł e. Tkanki twórcze znajdują się w miejscach, gdzie odbywa się wzrost, np. na górnym końcu łodygi. Charakteryzują się one ciągłym podziałem komórek. Tworzą się w ten sposób coraz to nowe komórki, które z początku są jednakowe, ale później różnicują się. Powstają z nich tkanki trwałe, których komórki z reguły nie dzielą się.

Można tkanki rozklasyfikować jeszcze na p i e r w o t n e i w t ó r n e. Ten drugi podział krzyżuje się z pierwszym i przez to otrzymuje 4 rodzaje tkanek: pierwotne twórcze, pierwotne trwałe, wtórne twórcze i wtórne trwałe. Rozwój tkanek odbywa się w następującej kolejności. Z zygoty powstaje tkanka twórcza pierwotna, która zajmuje wierzchołki wzrostu pędów i korzeni. Powoduje ona wzrost na długość łodygi i korzenia oraz wytwarza liście. Przemienia się ona stopniowo w tkanki pierwotne trwałe.



Ryc. 304. *Prunus Padus*. Przekrój zewnętrznej części jednorocznej gałęzi; *sk* skórka, *k* tkanka korkowa, *fg* fellogen (tkanka twórcza korka), *fd* felloderma (tkanka miękiszowa, wytwarzana przez tę samą tkankę twórczą co korek). — Według Haberlandta.

Z niektórych tkanek pierwotnych trwałych przez wznowienie podziału komórek albo wprost z tkanki pierwotnej twórczej powstają tkanki twórcze wtórne, powodujące wzrost na grubość korzenia i łodygi (w słabym tylko stopniu liści). Tkanki twórcze wtórne tworzą wśród tkanek trwałych pierwotnych okrężne warstwy, przebiegające równolegle do powierzchni rośliny. Z nich powstają tkanki trwałe wtórne (drewno, tkanka korkowa i inne), które u roślin drzewiastych zajmują objętość o wiele większą od tkanek pierwotnych. Tkanki wtórne łatwo jest poznać po prawidłowym układzie komórek w szeregi, jak to można widzieć np. w tkance korkowej (ryc. 304).

Tkanki trwałe dzielą się na 5 rodzajów: o k r y w a j ą c e, m i ę k i s z o w e, p r z e p r o w a d z a j ą c e, m e c h a n i c z n e i w y d z i e l n i c z e. Ten podział daje się zastosować równie dobrze do tkanek pierwotnych i wtórnych.

W przeglądzie tkanek, w dalszych ustępach tego rozdziału, będziemy mieli na uwadze głównie tkanki pierwotne. Odnośne tkanki wtórne mają naogół cechy podobne. Do nich zresztą powrócimy w dalszym ciągu tego wykładu przy omawianiu poszczególnych grup roślin naczyniowych.

Tkanki okrywające znajdują się na powierzchni rośliny. Zabezpieczają one roślinę od szkodliwych wpływów zewnętrznych i kierują pobieraniem pożywienia z otoczenia.

Tkanki miękiszowe mieszczą się w środku rośliny, zajmując tam więcej miejsca niż jakiekolwiek inne. W nich odbywa się przyswajanie dwutlenku węgla, przemiana materji oraz przechowywanie zapasów i wiele innych czynności życiowych.

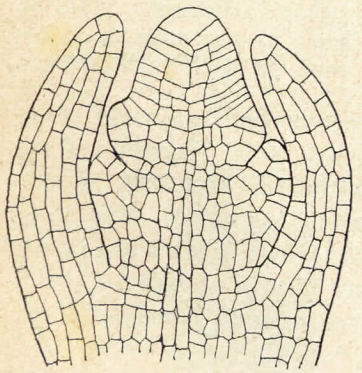
Tkanki przeprowadzające uskuteczniają przewodzenie wody i innych substancyj pożywnych z jednej części rośliny do drugich. W związku z takiemi ich czynnościami składają się one z komórek silnie wydłużonych.

Tkanki mechaniczne nadają roślinie wytrzymałość na działania mechaniczne. Odznaczają się błonami komórek silnie zgrubiałemi.

Wreszcie tkanki wydzielnicze wydzielają i przechowują takie substancje, które w roślinie nie ulegają dalszym przemianom.

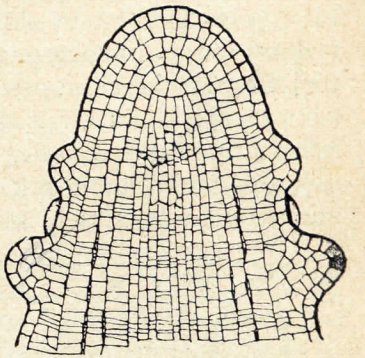
Poza tem trzeba jeszcze wspomnieć o idjoblastach, odosobnionych komórkach szczególnej postaci i budowy, rozproszonych wśród tkanki miękiszowej (ryc. 302). Idjoblasty występują tylko u niektórych roślin i odgrywają rolę tkanki mechanicznej albo wydzielniczej.

98. Tkanki twórcze. Rośliny różnią się od zwierząt między innemi tem, że rosną stale, ale tylko w niektórych swoich częściach. Dzieje się to dzięki tkankom twórczym. Charakterystyczną cechą tych tkanek jest nieustanny podział i ciągły wzrost komórek. Jak tylko nowa komórka dorasta podwójnej wielkości w porównaniu do swoich pierwotnych wymiarów, zaraz następuje nowy podział. Podział ten powtarza się wielokrotnie, ale po pewnym czasie ustaje i dana część tkanki twórczej zaczyna się zamieniać na tkankę trwałą. W ten sposób objętość tkanki twórczej zmienia się nieznacznie, bo ile jej przybywa skutkiem podziału i wzrostu, tyleż mniej więcej przemienia się na tkankę trwałą. Są jednak niektóre komórki w tkance twórczej, które dzielą się stale i nie zamieniają się na tkankę trwałą. Są to t. zw. komórki początkowe.



Ryc. 305. *Equisetum arvense.* Wierzchołek wzrostu pędu z pojedyńczą dużą komórką początkową. — Według Strasburgera.

U wielu paprotników komórki takie są pojedyńcze i wyróżniają się swojemi większemi rozmiarami (ryc. 305). U wszystkich innych roślin naczyniowych, w tej liczbie u nasiennych, komórki te występują grupami i wtedy są mniej wyraźne (ryc. 306). Komórki początkowe pochodzą bezpośrednio od pierwotnej komórki, z której powstaje roślina, to znaczy od siemienia.



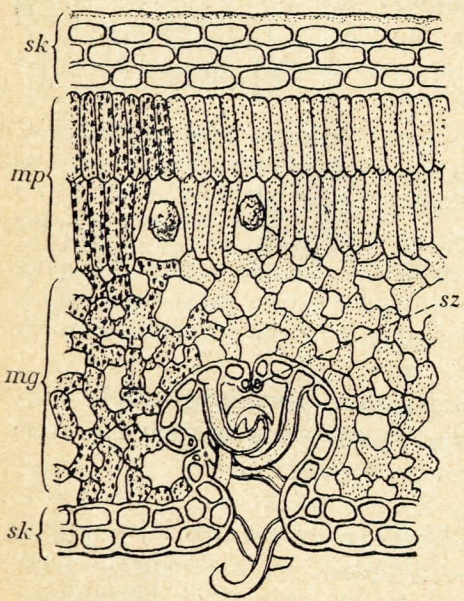
Ryc. 306. *Hippuris vulgaris.* Przekrój podłużny wzrostowego wierzchołka łodygi. Na szczycie kilka komórek początkowych nieznacznie tylko różniących się od sąsiednich komórek tkanki twórczej. — Według Strasburgera.

Komórki tkanki twórczej są zawsze drobne, z drobnemi wodniczkami o gęstej konsystencji, ze stosunkowo dużem jądrem. Błona ich jest cienka. Wreszcie cechą charakterystyczną tkanek twórczych jest brak przestworów międzykomórkowych. Podczas przemiany na tkankę trwałą komórki jej rozrastają się. Wzrost ten odbywa się głównie w błonie, protoplazma zaś rośnie wolniej i zwiększona przestrzeń wewnątrz komórki wypełnia się sokiem komórkowym (ryc. 16). Błona jednocześnie zwykle grubieje i pomiędzy komórkami zjawiają się przestwory skutkiem zniszczenia blaszki środkowej.

99. Tkanki miękiszowe. Tkanki te, zwane inaczej poprostu miękiszem (parenchyma), składają się z komórek, mających mniej więcej te same wymiary we wszystkich kierunkach. Rzadziej komórki te są wydłużone, nigdy jednak w tym stopniu, co w tkankach przeprowadzających i mechanicznych. Jeżeli są wydłużone, nie tworzą one długich sznurów i ich poprzeczne błony nie są ukośnie umieszczone względem błon bocznych. Takie komórki, jak już wiemy (ust. 85), noszą nazwę parenchymatycznych w przeciwstawieniu do silnie wydłużonych komórek prozenchymatycznych, złączonych ze sobą w długie sznury i oddzielonych od siebie ukośnemi błonami. Błony komórkowe w tkankach miękiszowych są z reguły niezgrubiałe i niezdrewniałe. Komórki zawierają oprócz protoplazmy i jądra różne formy plastydów, przeważnie chloroplasty i leukoplasty, oraz obfity sok komórkowy.

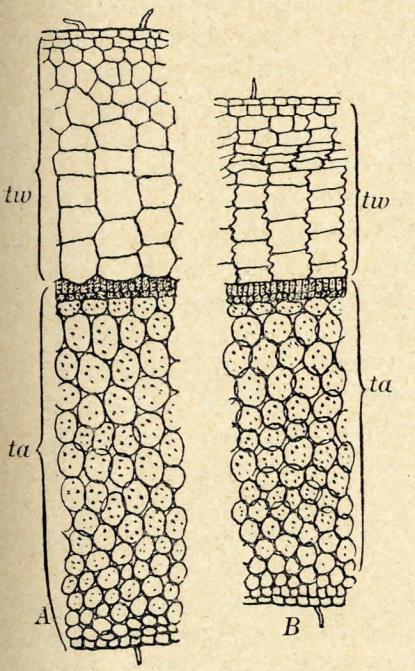
Chloroplasty mieszczą się w tkance asymilacyjnej. Jest to tkanka miękiszowa położona blisko powierzchni w czę-

ściach nadziemnych rośliny, bezpośrednio pod skórką i z powodu przezroczystości tejże wystawiona na działanie światła, dzięki czemu w niej odbywać się może przyswajanie dwutlenku węgla. Tkanka ta składa się często z komórek wydłużonych i ustawionych prostopadle do powierzchni rośliny. Najwyraźniej uwydatnia się to w liściu, w którym tkanka asymilacyjna zazwyczaj składa się z dwóch warstw: górnej, złożonej z komórek wydłużonych, zwanej miękiszem palisadowym, i dolnej, złożonej z komórek mających mniej więcej jednakowe wymiary we wszystkich kierunkach (ryc. 307). Ta dolna warstwa nosi nazwę miękiszu gąbczastego z powodu wielkich przestworów międzykomórkowych, które są także w miękiszu palisadowym, ale o wiele mniejsze. Obfitość przestworów międzykomórkowych jest wogóle charakterystyczna dla tkanek miękiszowych, tędy bowiem niezbędny dla życia tlen dochodzi do wszystkich komórek. Szczególnie obfite są przestwory międzykomórkowe w tkance asymilacyjnej, co umożliwia żywą wymianę gazów z otoczeniem, powodowaną przez przyswajanie dwutlenku węgla.



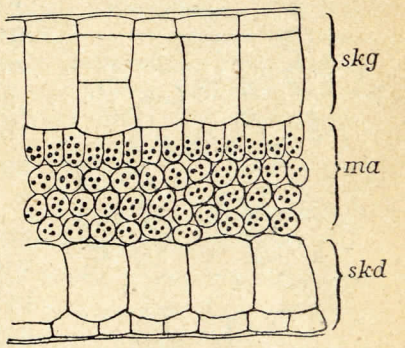
Ryc. 307. *Nerium Oleander*. Przekrój poprzeczny liścia; *sk* skórka, *mp* miękisz palisadowy, *mg* miękisz gąbczasty, *sz* szparki oddechowe we wgłębieniu na dolnej stronie liścia. — Według VAN TIEGHEMA.

Leukoplasty charakteryzują inny bardzo ważny rodzaj miękiszu, tkanki spichrzowe, w których roślina przechowuje zapasy substancyj pożywnych. Najczęściej jest to skrobia, której ziarenka powstają w leukoplastach (por. ryc. 18). Poza skrobią tkanki spichrzowe zawierają nieraz ciała białkowe w postaci ziarn aleuronu (ryc. 20—21) albo tłuszcze w postaci kropel silnie załamujących światło. Rzadziej substancje zapasowe wchodzą w skład błon komórkowych (hemicelulozy). Są wreszcie rośliny, u których specjalna tkanka miękiszowa magazynuje wodę. Przypadek ten spotyka się dosyć często u kserofitów czyli suchorośli, roślin suchych klimatów. Taka wodna tkanka odznacza się bardzo wąskiemi przestworami międzykomórkowemi, skutkiem czego mało traci wody przez parowanie, natomiast zasila wodą inne tkanki, a przedewszystkiem tkankę asymilacyjną, z którą się zawsze bezpośrednio styka. U niektórych roślin tkanka wodna mieści się w zewnętrznej części rośliny, bezpośrednio pod skórką, np. u różnych gatunków rodzaju *Peperomia* (ryc. 308). W innych przypadkach mieści się ona w środku liści lub łodyg, np. u kaktusów. Bywają wreszcie przypadki, że jest ona wytworem skórki, np. w liściach u *Begonia* (ryc. 309), *Ficus* (ryc. 5).



Ryc. 308. *Peperomia trichocarpa*. Przekrój poprzeczny liścia świeżego *(A)* i skurczonego skutkiem silnej transpiracji *(B)*; *tw* tkanka wodna, *ta* tkanka asymilacyjna. — Według HABERLANDTA.

Poza tkanką asymilacyjną i spichrzową jest wiele innych rodzajów tkanki miękiszowej, ale one nie dają się dokładniej



Ryc. 309. *Begonia manicata*. Przekrój poprzeczny liścia; *skg* i *skd* górna i dolna skórka wykształcona jako tkanka wodna, *ma* miękisz asymilacyjny. — Według PFITZERA.

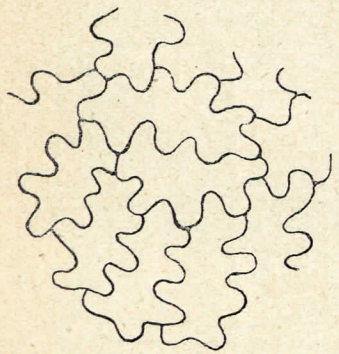
scharakteryzować. Wogóle tkanki miękiszowe, jakkolwiek najważniejsze zjawiska życiowe w nich się odbywają, morfologicznie są mało charakterystyczne.

100. Tkanki okrywające. Skórka. Tkanki okrywające mają różną postać zależnie od tego, czy są pierwotne, czy wtórne. Pierwotne mają postać skórki, wtórne — korka.

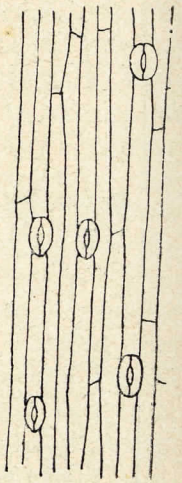
Skórka okrywa całą powierzchnię rośliny, dopóki nie zaczną się w niej tworzyć tkanki wtórne. Jest ona z reguły jedno-

warstwowa. Rzadko się zdarza, że dzieli się na kilka warstw, np. u oleandra (ryc. 307). Skórka ma inną postać na nadziemnych częściach rośliny (łodygach i liściach), inną na podziemnych częściach (korzeniach). Stoi to w związku z różnem zadaniem skórki w tych dwóch przypadkach: na nadziemnych chroni ona roślinę przed uschnięciem, na podziemnych częściach służy do pobierania wody z gleby.

Skórka nadziemnych części roślin składa się z komórek nieco spłaszczonych, szczelnie ze sobą bokami złączonych. Bardzo często komórki te mają ścianki boczne falisto powyginane, co się daje z łatwością widzieć na kawałkach skórki zdartych z liścia (ryc. 310). W innych przypadkach przeciwnie mają one ścianki boczne płaskie i są w zarysie prawie czworokątne (ryc. 311). Zewnętrzna błona jest zawsze mniej lub więcej zgrubiała (ryc. 312). Stoi to w związku z wilgotnością klimatu, albowiem im błona jest grubsza, tem lepiej zabezpiecza roślinę przed nadmiernem parowaniem. W klimacie suchym zgrubienie z reguły jest silniejsze niż w klimacie wilgotnym. Skórka na powierzchni jest pokryta warstwą kutyny, substancji prawie identycznej z tą, którą są przesiąknięte błony korka. Warstwa ta nazywa się nabłonkiem (cuticula). Kutyna nietylko pokrywa zewnętrzną błonę skórki, ale przenika także w głąb jej, tworząc warstwę skutynizowaną. Nabłonek wraz ze skutynizowaną warstwą błony odgrywa ważną rolę w zabezpieczeniu rośliny od nadmiernego parowania, gdyż kutyna słabo nasiąka wodą i skutkiem tego przepuszcza ją z trudnością. Rośliny krajów suchych są z reguły pokryte grubym nabłonkiem albo przynajmniej mają grubą warstwę skutynizowaną (ryc. 312, *C*). W niektórych przypadkach na nabłonku znajduje się jeszcze warstwa wosku (ryc. 313), który u palmy *Copernicia cerifera* jest nawet eksploatowany technicznie. Siwy nalot na



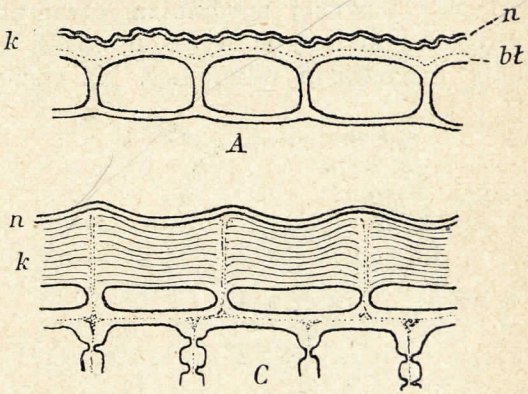
Ryc. 310. *Fagus silvatica*. Zarys komórek skórki widzianej z góry. — Według Kny.



Ryc. 311. *Hyacinthus orientalis*. Skórka liścia ze szparkami w widoku. — Według Kienitza.

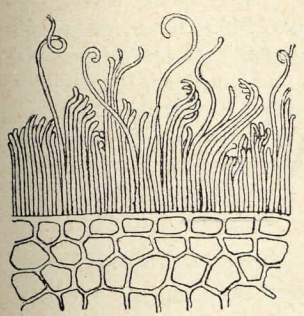
śliwkach i liściach wielu roślin krajowych składa się także z wosku.

Zawartość komórek skórki składa się, poza protoplazmą i jądrem, z wielkiej ilości soku komórkowego. Plastydy z reguły są tylko bezbarwne (ryc. 11) z wyjątkiem komórek szparkowych, stale zawierających chloroplasty (patrz następny ustęp). Tylko u roślin wodnych a także u niektórych lądowych, rosnących w głębokim cieniu, wszystkie komórki skórki są opatrzone chloroplastami.



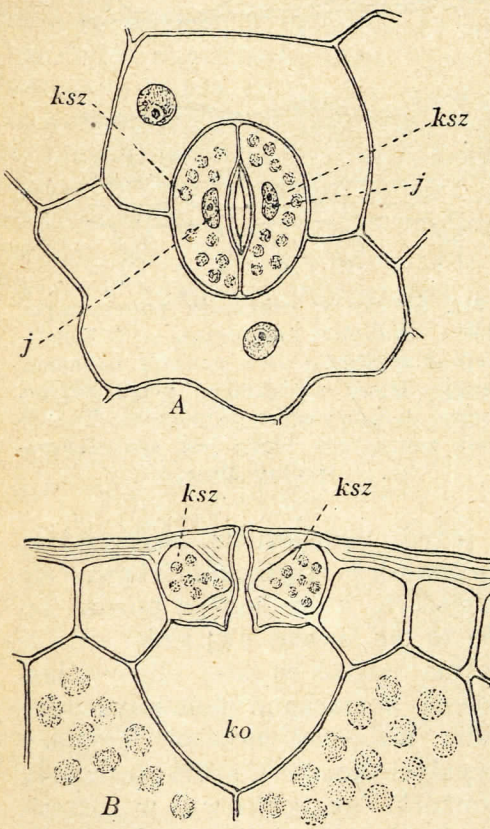
Ryc. 312. Skórka w przekroju poprzecznym. *A* Z liścia *Dianthus plumarius*. — *C* Z łodygi *Kleinia neriifolia*. — *n* oznacza nabłonek, *k* warstwę błony nasiąkniętą przez kutynę, *bł* warstwę złożoną z czystego błonnika. U *Kleinia* cała zewnętrzna błona jest skutynizowana. — Według Mohla.

101. Szparki. Komórki skórki są ściśle złączone ze sobą bocznemi ściankami. Jest to bardzo ważne dla zabezpieczenia rośliny przed nadmiernem parowaniem. Są jednak w skórce także przestwory międzykomórkowe, ale tylko w ściśle określonych miejscach, które można poznać po odmiennej formie komórek. Są to tak zwane szparki oddechowe. Każda taka szparka ma postać wąskiej elipsy i jest ograniczona z obu stron dwiema komórkami półeliptycznego kształtu, mającemi mniejsze wymiary od zwykłych komórek skórki (ryc. 314). Te komórki szparkowe w przeciwieństwie do innych komórek skórki zawierają liczne ciałka zieleni. Są one ze sobą złączone końcami, a odstają pośrodku. Na przekroju poprzecznym wykazują bardzo charakterystyczne dwa zgrubienia błony, znajdujące się po stronie szparki, podczas gdy przeciwległe części błony są cienkie. Skutkiem tego zwiększenie ciśnienia wewnątrz komórki powoduje silniejsze rozciągnięcie błony przeciwległej szparce,

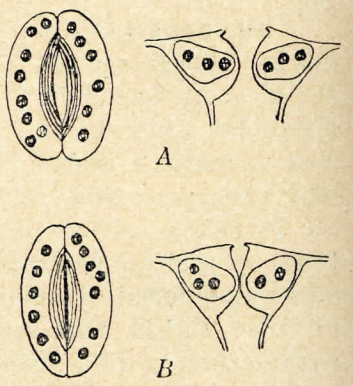


Ryc. 313. *Saccharum officinarum*. Przekrój łodygi z laseczkami wosku na skórce. — Według de Bary.

niż błony przyszparkowej. Komórki szparkowe wówczas wyginają się i szparka się rozszerza. Zmniejszenie ciśnienia wywołuje skutek przeciwny: wyprostowanie się komórek i przez to zwężenie szparki albo zupełne jej zamknięcie (ryc. 315). Opisany powyżej mechanizm otwierania się szparek nie jest jedyny, jaki się spotyka u roślin naczyniowych, np. trawy mają mechanizm odmienny. Na ruchy komórek szparkowych największy wpływ ma światło, które powoduje w nich zwiększenie ciśnienia osmotycznego przez rozpuszczenie skrobi i przez to wywołuje otwieranie się szparek. Nadmierne parowanie powoduje zamknięcie szparek nawet na świe-



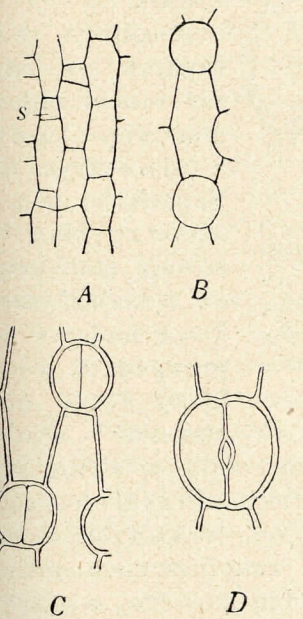
Ryc. 314. *Thymus Serpyllum*. Skórka z jedną ze szparek w widoku *(A)* i przekroju *(B)*; *ksz* komórki szparkowe, *j* jądra, *ko* komora oddechowa. — Według Kny.



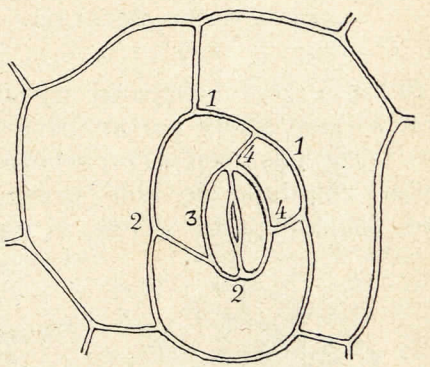
Ryc. 315. *Beta vulgaris*. Szparka oddechowa otwarta *(A)* i zamknięta *(B)*; chloroplasty komórek szparkowych zawierają drobne ziarenka skrobi. — Według Franka.

tle, bo skurczone skutkiem ubytku wody komórki szparkowe prostują się. Te zmiany komórek szparkowych mają wielkie znaczenie w życiu rośliny, regulując wymianę gazów z otoczeniem, albowiem pod każdą szparką znajduje się t. zw. komora oddechowa, która komunikuje się z przestworami międzykomórkowemi rośliny.

Szparki tworzą się w czasie, kiedy w młodej skórce komórki przestały już się dzielić. Wówczas niektóre komórki dzielą się na dwie nierówne części, z których mniejsza staje się komórką macierzystą aparatu szparkowego. Ta komórka macierzysta dzieli się na dwie równe części, które później oddzielają się częściowo od siebie skutkiem rozszczepienia wspólnej ścianki (ryc. 316). W niektórych przypadkach proces ten jest bardzo złożony, gdyż mniejsza komórka, oddzielona od pierwotnej komórki skórki, dzieli się kilkakrotnie, wytwarzając komórki towarzyszące i dopiero jedna z komórek ostatniego podziału tworzy aparat szparkowy (ryc. 317). Komórki towarzyszące wyróżniają się od innych komórek skórki mniejszemi rozmiarami.



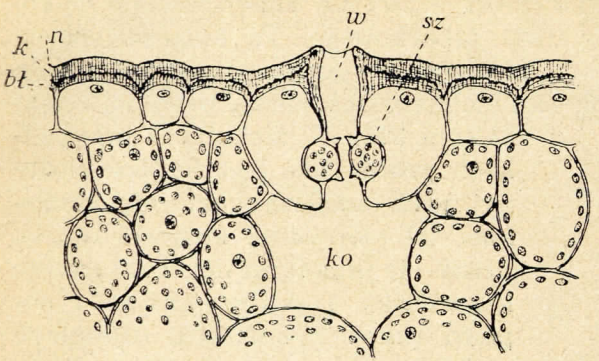
Ryc. 316. *Iris pumila*. Rozwój aparatu szparkowego. — *A* Komórki macierzyste aparatu szparkowego *(s)*, dopiero co oddzielone od komórek skórki. — *B* Te same komórki rozrośnięte i zaokrąglone. — *C* Podział ich na dwie komórki szparkowe. — *D* Tworzenie się szpary między komórkami szparkowemi. — Według Strasburgera.



Ryc. 317. *Sedum purpurascens*. Skórka z jedną szparką oddechową; naokoło komórek szparkowych trzy komórki towarzyszące o wiele drobniejsze od normalnych komórek skórki; liczby oznaczają kolejność powstawania ścianek. — Według Sachsa.

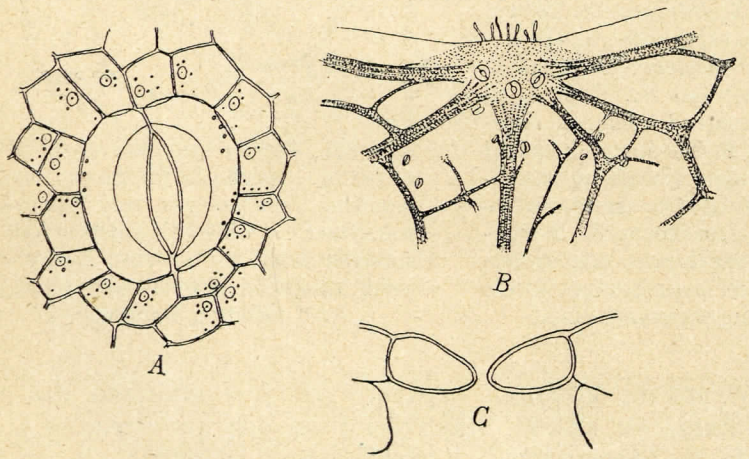
Wysokość komórek szparkowych jest mniejsza niż u innych komórek skórki. Najczęściej są one umieszczone w ten sposób, że zewnętrzna ich powierzchnia znajduje się na tym samym poziomie, co zwykłe komórki skórki. Zdarza się jednak nieraz, że komórki szparkowe są wepchnięte w głąb, naprzykład u *Aloë* (ryc. 318). Czasem szparki mieszczą się w większych

zagłębieniach skórki np. u oleandra *(Nerium Oleander)* (ryc. 307). Takie zagłębienie szparek zmniejsza szybkość parowania, które przez nie się odbywa, i dlatego często się je spotyka u roślin suchych krajów.



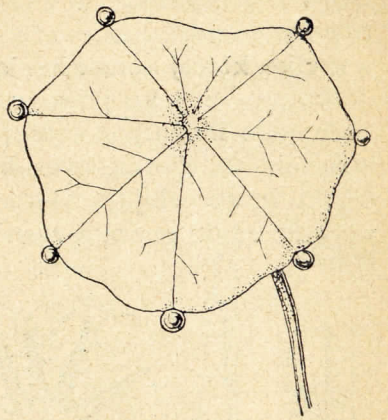
Ryc. 318. *Aloë disticha.* Przekrój poprzeczny liścia; *n* nabłonek, *k* skutynizowana warstwa zewnętrznej błony skórki, *bł* błonnikowa warstwa tejże błony, *sz* komórki szparkowe, *w* wgłębienie, które prowadzi do szparki, *ko* komora oddechowa. — Według Rotherta.

Osobny rodzaj szparek, o zupełnie innem zadaniu, stanowią szparki wodne (ryc. 319). Szparki te są większe od zwykłych i pozostają stale otwarte. Komórki szparkowe mają w tym przypadku cienkie błony i nie mogą zmieniać swojego kształtu. Przez te szparki wydziela się woda w stanie płynnym w nocy, kiedy parowanie jest osłabione. Przykładem mogą być liście nasturcji *(Tropaeolum majus)*, w których szparki wodne znajdują się koło brzegu na zakończeniach nerwów (ryc. 320). Szparki wodne są szczególną postacią wypotników (hydatodów), narządów wydzielających wodę. Są to wytwory skórki o różnej budowie, spotykane często w krajach wilgotnych, np. na Jawie.

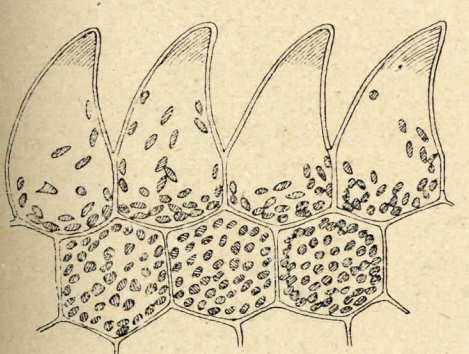


Ryc. 319. *Tropaeolum majus.* — *A* Pojedyńcza szparka wodna widziana przy silniejszem powiększeniu. — *B* Grupa szparek wodnych na brzegu liścia przy słabszem powiększeniu. — *C* Przekrój poprzeczny szparki wodnej. — Według Haberlandta.

102. Włoski. Komórki skórki wytwarzają bardzo często wyrostki różnego kształtu i budowy, które noszą nazwę włosków. W najprostszym przypadku mają one postać brodawek, np. na płatkach wielu kwiatów, którym nadają aksamitny wygląd (ryc. 321). W tym przypadku stanowią one jedną całość z komórkami skórki. Najczęściej jednak odcinają się wyraźnie, nawet jeżeli nie są oddzielone błoną od tych komórek. Włoski są jedno- lub wielokomórkowe, mogą powstawać z jednej lub też kilku komórek skórki (ryc. 322 i 323). Kształt ich jest bardzo rozmaity, a dla poszczególnych gatunków roślinnych bardzo stały i nieraz charakterystyczny. Mają one skutkiem tego wielkie znaczenie w systematyce. Włoski zazwyczaj zawierają żywą protoplazmę i jądro, ale nieraz są martwe i wypełnione powietrzem. W tym ostatnim przypadku odbijają silnie światło i nadają białe zabarwienie roślinom, jeżeli występują w wielkiej ilości, tworząc t. zw. kutner, np. u szarotki *(Leontopodium alpinum)*.



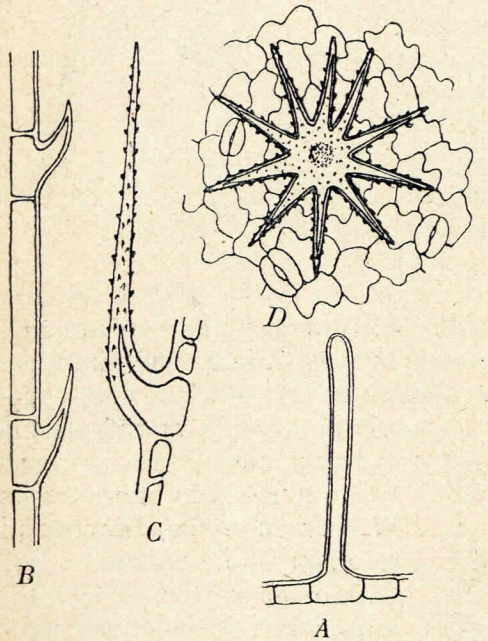
Ryc. 320. *Tropaeolum majus.* Liść z kroplami wody, wydzielonemi przez szparki wodne.



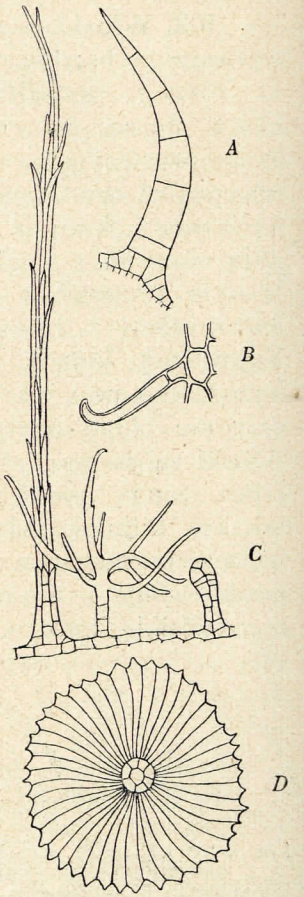
Ryc. 321. *Lupinus luteus.* Przekrój poprzeczny przez zewnętrzną część płatka z uwypuklonemi komórkami skórki. — Według Franka.

Zbliżonemi do włosków tworami są kolce, występujące np. u róż i jeżyn. W ich powstawaniu bierze udział oprócz skórki także miękisz. Są to t. zw. emergencje. Kolce należy odróżniać od cierni, które tworzą się naprzykład u tarniny *(Prunus spinosa)*, berberysu *(Berberis vulgaris)*. Ciernie bowiem są przeobrażonemi pędami lub liśćmi i zawierają tkankę naczyniową.

Szczególne urządzenie mają włoski parzące. Włosek taki składa się z dużej, rozszerzonej w dolnej części komórki, która jest osadzona w kielichowatym wyrostku liścia (ryc. 324). U góry komórka ta zwęża się stopniowo w szyjkę, której koniec łamie się łatwo przy dotknięciu z tego powodu, że skrzemieniała jego błona pod szczytem jest w pewnem miejscu cienka. Ostre kanty ułamanej szyjki łatwo wbijają się w skórę i wlewają do ranki gryzącą zawartość komórki.



Ryc. 322. Jednokomórkowe włoski. — *A* Walcowaty włosek z liści *Fuchsia*. — *B* Krótkie szczecinki na brzegu liści żyta *(Secale cereale)* wytworzone przez szczególne drobne komórki skórki. — *C* Szczecinkowaty włosek *Onosma simplicissimum* z silnie zgrubiałą błoną. — *D* Gwiazdkowaty włosek *Deutzia scabra* w widoku; pośrodku przeświecają zarysy krótkiej nóżki. — Według Kny.

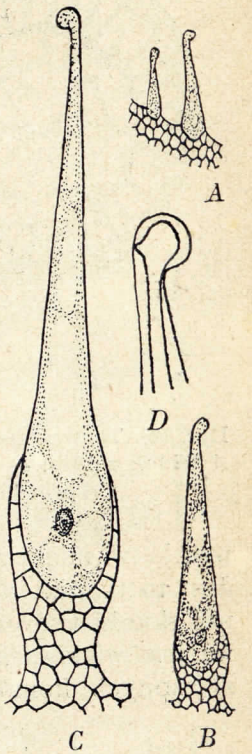


Ryc. 323. Wielokomórkowe włoski. — *A* Z łodygi *Phaseolus multiflorus*. — *B* Z łodygi *Plectranthus fruticosus*. — *C* Z liści *Hieracium piliferum*. — *D* Z liścia *Eleagnus*. — Według de Bary, Dippela i Rotherta.

Według badań Rouppertа[1]) włoski parzące w wilgotnem powietrzu wydzielają wodę płynną. Tak samo w niektórych innych przypadkach zachowują się włoski zwykłe. Wogóle włoski bardzo często wykonują czynności wydzielnicze, o czem będzie jeszcze mowa później.

[1]) Studja nad gruczołami parzącemi i perełkowemi roślin. Część I. Włoski parzące. — Rozprawy Akademji Umiejętności. Serja B. Tom LVII. Rocznik 1917 (1918). 319—347.

Szczególnym rodzajem włosków są włoski chłonące wodę, które znajdują się na liściach wielu epifitów z rodziny *Bromeliaceae*. Włoski te mają postać tarczowatą i siedzą w specjalnych wgłębieniach. Tarczka składa się z martwych, grubościennych komórek, chciwie wchłaniających wodę, która następnie za pośrednictwem trzonka, złożonego z żywych komórek, jest odprowadzana do miękiszu (ryc. 325). W suchą pogodę tarczka kurczy się i szczelnie zamyka wgłębienie, w którem tkwi delikatny trzonek, zabezpieczając go w ten sposób przed wyschnięciem. Rośliny te mają tylko korzenie chwytne albo nie mają korzeni wcale i pobierają wodę tylko przez wspomniane włoski na liściach.

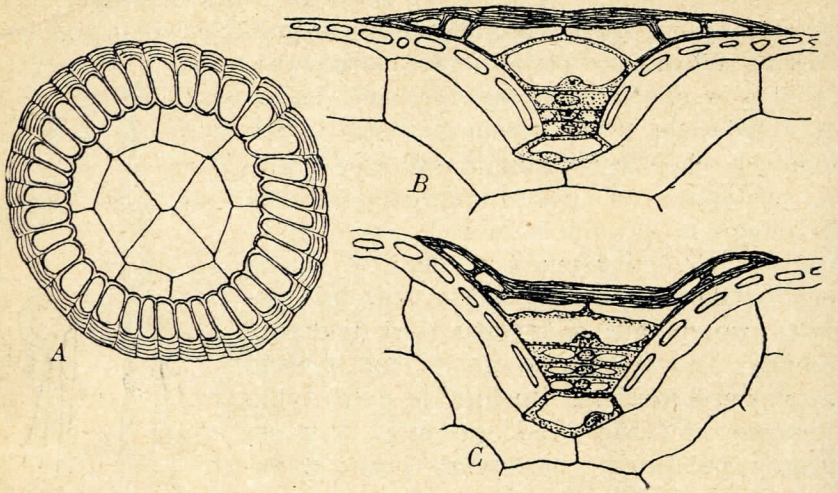


Ryc. 324. Parzące włoski pokrzywy *(Urtica dioica)*. — *A*—*C* Kolejne stadja rozwojowe. — *D* Szczyt włoska w przekroju podłużnym, pod nim cieńsze miejsce błony, w którem się włos odłamuje. — *A*—*C* według Kny, *D* według Haberlandta.

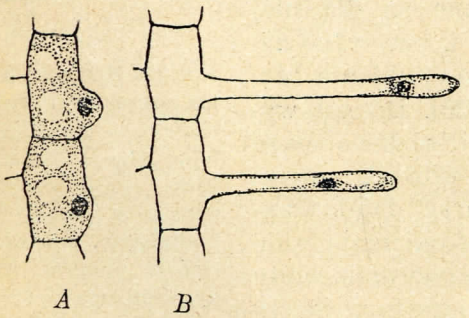
103. Skórka korzeni. Skórka korzeni jest zawsze jednowarstwowa. Różni się od pokrewnej tkanki części nadziemnych brakiem szparek oddechowych i błoną we wszystkich swoich częściach cienką, niepokrytą na powierzchni nabłonkiem. Zamiast nabłonka pokrywa ją cienka warstwa śluzu. Niezmiernie charakterystyczne są dla niej specjalnego rodzaju włoski, t. zw. włośniki. Tworzą się one przez uwypuklenie błony komórek skórki (ryc. 326). Do tej wypukłości przechodzi jądro i większa część plazmy. W miarę tego jak włośnik rośnie, jądro posuwa się w nim coraz dalej, trzymając się blisko końca. Włośniki mają wielkie znaczenie, ułatwiając pobieranie wody dzięki swojej wielkiej powierzchni. Są to twory bardzo nietrwałe, tak samo zresztą, jak i sama skórka korzeni.

104. Tkanka korkowa. Skórka nadziemnych pędów rośliny jest wprawdzie trwalsza od skórki korzeni, ale nawet na łodygach nie trwa ona długo. Skoro tylko łodyga zacznie rosnąć

na grubość, skórka pęka i opada, gdyż jako tkanka trwała straciła zdolność wzrostu i nie może rozrastać się w miarę grubienia łodygi. Jej rolę obejmuje tkanka korkowa, która powstaje w miękiszu pod skórką, rzadziej ze skórki (ryc. 304). Jest to tkanka wtórna, która wytwarza się działaniem specjalnej tkanki twórczej wtórnej, t. zw. fellogenu. Tkanka korkowa jest wielowarstwowa i składa się z płaskich, ściśle ze sobą złączonych komórek, ułożonych w prawidłowe szeregi. Błona tych komórek jest skorkowacona, przesycona suberyną, substancją bardzo zbliżoną do kutyny, tak samo jak ta ostatnia trudno przepuszczalną dla wody. Skutkiem tego tkanka korkowa zawiera żywą protoplazmę tylko w pierwszych stadjach rozwojowych. Później jej komórki zawierają tylko wodę albo powietrze. Komunikacja ze światem zewnętrznym poprzez tkankę korkową odbywa się przy pomocy przetchlinek, specjalnych tworów, które będą opisane później.



Ryc. 325. Tarczowate włoski chłonące u *Vriesea psittacina (Bromeliaceae)*. — *A* Widok z góry. — *B* Przekrój włoska wypełnionego wodą. — *C* Przekrój włoska skurczonego. — Według HABERLANDTA.

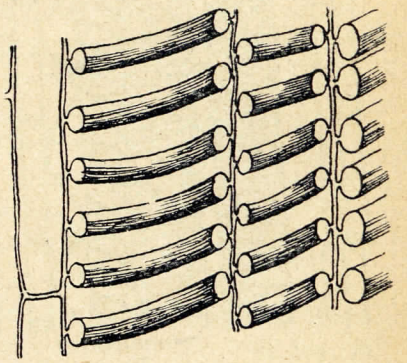


Ryc. 326. Powstawanie włośników ze skórki korzenia. — Według ROTHERTA.

Osobnym rodzajem tkanki korkowej jest korek przyranny, który zamyka rany zadane roślinie.

105. Tkanki przeprowadzające. Tkanka naczyniowa. Tkanki przeprowadzające spełniają czynności bardzo ważne w życiu rośliny. Za ich pośrednictwem woda pobrana przez korzenie jest przeprowadzana do górnych części rośliny, głównie do liści, które jej dużo tracą przez parowanie. Razem z nią są przenoszone sole mineralne pobrane z gleby. Przy ich pomocy są także przenoszone substancje organiczne z liści, gdzie się one tworzą, do wszystkich innych części rośliny, w szczególności do miejsc, gdzie są gromadzone zapasy. Przy uruchomianiu zapasów te same tkanki odprowadzają substancje pożywne z tkanek śpichrzowych.

Tkanki przeprowadzające składają się przeważnie z komórek prozenchymatycznych, złączonych ze sobą końcami. Tworzą się w ten sposób długie sznury, idące przez całe ciało rośliny. Charakterystyczną cechą tkanek przeprowadzających jest brak przestworów międzykomórkowych. Tkanki przeprowadzające mają nieraz postać wiązek, przebiegających w kierunku podłużnym w ciele rośliny wśród miękiszu. Tym wiązkom towarzyszą zwykle wiązki tkanki mechanicznej.



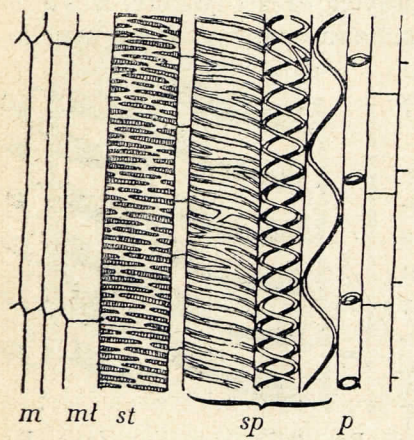
Ryc. 327. *Cucurbita Pepo*. Podłużny przekrój spiralnych naczyń. — Według ROTHERTA.

Stosownie do dwóch rodzajów substancyj, przenoszonych przez tkanki przeprowadzające, są dwa ich rodzaje: naczyniowa, przeprowadzająca wodę, i sitowa, przeprowadzająca substancje organiczne. Naczyniowa inaczej nazywa się ksylemem (xylem), sitowa — floemem (phloem).

Tkanka naczyniowa składa się z naczyń, sznurów komórek prozenchymatycznych bardzo charakterystycznej budowy. Komórki te tylko w pierwszych stadjach rozwoju mają żywą zawartość. Potem bardzo szybko ją tracą i wypełniają się wodą. Błony naczyń mają charakterystyczne zgrubienia w formie listew, rozszerzających się ku środkowi naczynia i przeto złączonych z niezgrubiałą pierwotną błoną na małej powierzchni (ryc. 327). Nie hamują one przeto zbytnio sączenia się wody do naczynia i odwrotnie. Zgrubienia te są zdrewniałe i skut-

kiem tego sztywne, podczas gdy cienkie części błony są złożone z czystego błonnika i przeto wiotkie. Dla prawidłowego funkcjonowania naczyń zdrewnienie błon ma wielkie znaczenie, gdyż z powodu braku protoplazmy niema w naczyniach ciśnienia osmotycznego, a przeto niema powodowanej przez to ciśnienie sztywności i wytrzymałości na ściskanie. Jedynie zdrewnienie zgrubień w błonach zapobiega zmiażdżeniu naczyń pod działaniem otaczających tkanek i sił zewnętrznych.

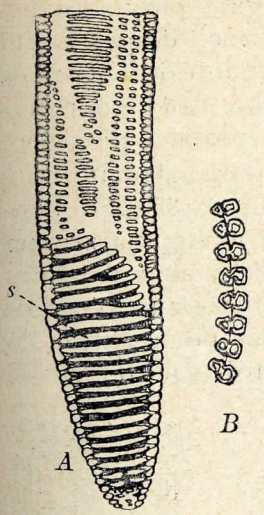
W młodych, wydłużających się częściach rośliny zgrubienia w naczyniach mają postać pierścieni lub spirali: mamy tu naczynia pierścieniowe i spiralne (ryc. 328). Taka forma zgrubień ma wielkie znaczenie, gdyż pozwala naczyniom wydłużać się bez przeszkody. Dlatego też początkowo pierścienie i zwoje spirali znajdują się blisko siebie i oddalają się stopniowo w miarę wzrostu.



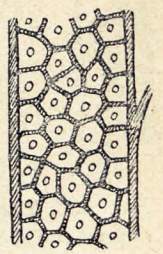
Ryc. 328. *Oenothera odorata.* Przekrój promieniowy wiązki naczyniowej; *p* naczynia pierścieniowe, *sp* spiralne, *st* siatkowate (jamki zacieniowane, zgrubienia jasne), *mł* młode niewykształcone jeszcze naczynie, *m* miazga; reszta komórek należy do tkanki miękiszowej. — Według HABERLANDTA.

W częściach rośliny, które już nie rosną na długość, zjawiają się naczynia siatkowate (ryc. 328 *st*, 329, 330). Nie mogą się one wydłużać, bo charakter zgrubień na to nie pozwala. Siatkowate naczynia mogą być wyprowadzone z naczyń spiralnych przez połączenie mostkami zwojów, skutkiem czego spirala zamienia się w siatkę o oczkach, wydłużonych w kierunku poprzecznym względem osi naczynia. Ciekawą odmianą naczyń siatkowatych są naczynia schodkowane (ryc. 329) właściwe paprotnikom, u których oczka sieci są ułożone w pionowe szeregi. Dalszą odmianą są naczynia punktowane (ryc. 330); są to siatkowate naczynia o bardzo gęstej siatce zgrubień, z oczkami mniej więcej równych wymiarów w różnych kierunkach. Oczka te stają się jamkami. Skutkiem tego, że zgrubienia błony rozszerzają się ku środkowi komórek, jamki te mają kształt lejkowaty: dno ich jest szersze od wylotu (ryc. 331, *C*, *D*). Ten kształt jamek jest charakterystyczny dla tkanki naczyniowej — w innych tkankach jamki są

proste, o równem świetle na wszystkich poziomach (ryc. 331 *A*, *B*). Oglądane przez mikroskop, lejkowate jamki dają bardzo charakterystyczny obraz dwóch współśrodkowych kółek, z których mniejsze odpowiada wylotowi jamki ku wnętrzu naczynia, zaś większe jest zarysem dna jamki. Najlepiej widzi się to w drewnie drzew szpilkowych (ryc. 332). W tym przypadku części zgrubień, położone ponad jamką, wystają ponad wewnętrzną powierzchnię błony w charakterystyczny sposób. Jamki w naczyniach powstają tylko na tych częściach, które stykają się z miękiszem albo innem naczyniem, natomiast nie tworzą się na ściankach, stykających się z martwemi włóknami tkanki mechanicznej. W dwóch sąsiadujących naczyniach jamki zawsze odpowiadają sobie dokładnie i mają wspólną błonę. W tkance miękiszowej częstokroć odpowiadają im także jamki, ale naturalnie walcowate, nie lejkowate.

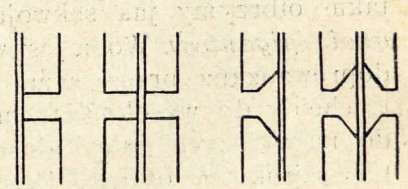


Ryc. 329. *Pteridium aquilinum.* — *A* Dolna część jednej z komórek schodkowanej tracheidy, widziana zboku; *s* poprzeczna błona. — *B* Przekrój podłużny bocznej ściany. — Według DE BARY.

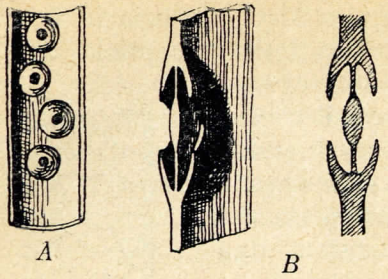


Ryc. 330. *Rhamnus Frangula.* Część punktowanego naczynia w przekroju podłużnym; tylna ścianka pokryta lejkowatemi jamkami, boczne ścianki, przylegające do włókien, bez jamek. — Według ROTHERTA.

Są dwa rodzaje naczyń: trachee czyli naczynia właściwe i tracheidy czyli cewki. Różnią się one od siebie tem, że w tracheach zanikają poprzeczne ścianki, w tracheidach zaś zostają zachowane. Zanikanie poprzecznych ścian w tracheach następuje dosyć wcześnie, a w każdym razie wtedy, kiedy jeszcze jest żywa zawartość protoplazmiczna. Początkowo w poprzecznych ścianach tworzą się szerokie lejkowate jamki. Jamki te powstają pojedyńczo, zaś w ściankach silnie



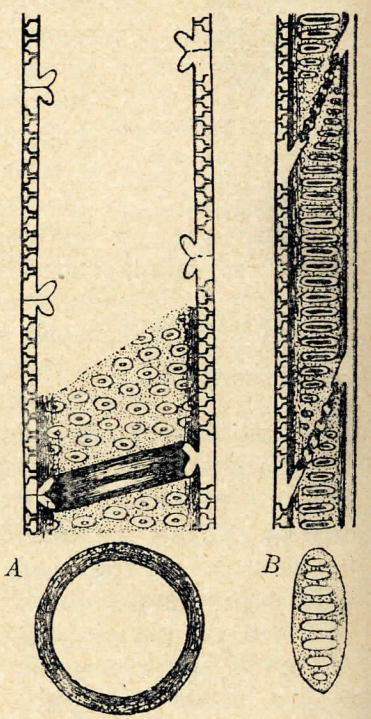
Ryc. 331. Schematyczne przedstawienie jamek. — *A* Jamka prosta walcowata. — *B* Dwie naprzeciwko siebie położone jamki proste w sąsiednich komórkach. — *C* Jamka lejkowata. — *D* Dwie naprzeciwko siebie położone jamki lejkowate w sąsiednich komórkach.



A B

Ryc. 332. Jamki lejkowate sosny *(Pinus silvestris)* w widoku *(A)* i w przekroju *(B)*. — Według Bonniera.

pochylonych po kilka. Błona, zamykająca te jamki, zostaje rozpuszczona i naczynie przybiera postać rurki znacznej długości (kilka centymetrów lub decymetrów), w której są tylko ślady poprzecznych ścian w postaci pierścieni albo schodkowato podziurawionych przegród (ryc. 333). W pewnych odstępach występują zresztą w tracheach także nieprzedziurawione ściany poprzeczne. Trachee są naogół szersze od tracheid. Po tem można oba te elementy anatomiczne odróżniać od siebie na poprzecznych przekrojach. Zdarzają się jednak trachee równie wąskie jak tracheidy; wówczas tylko należyte przekroje podłużne mogą wyjaśnić ostatecznie kwestję. Trachee występują tylko u dwuliściennych. Pod względem sprawności w przeprowadzaniu wody trachee powinny być lepsze niż tracheidy, gdyż woda w nich może swobodnie poruszać się na znacznej przestrzeni. Przeciwko temu jednak przemawia fakt, że wśród drzew szpilkowych, nie posiadających w swojem drewnie trachei, są takie olbrzymy jak sekwoja *(Sequoia gigantea)*. Woda jest w nich doprowadzana przez same tylko tracheidy do wysokości 90 metrów do najwyższych gałęzi dostatecznie szybko i obficie. Coprawda najwyższe drzewa — eukaliptusy — dochodzące do 120 metrów mają trachee.

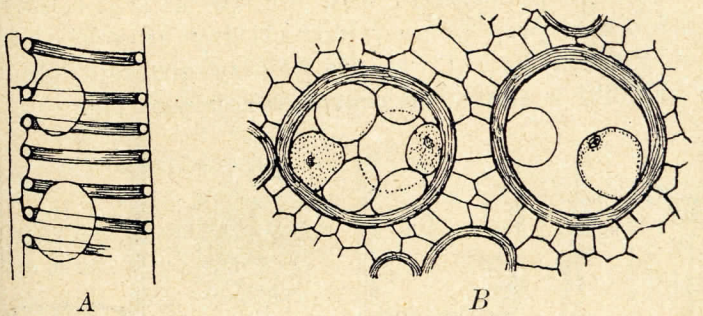


A B

Ryc. 333. Schematy trachei w podłużnym przekroju. Z lewej strony *(A)* szerokie punktowane naczynie z jednym dużym otworem w poprzecznych ściankach. Z prawej strony *(B)* węższe schodkowane naczynie z kilkoma otworami w poprzecznych ściankach.

Przeprowadzanie wody przez naczynia ustaje po pewnym czasie z powodu zatkania ich różnemi ciałami. Mogą to być poprostu wydzieliny żywiczne, wapienne lub

krzemionkowe. Zdarza się jednak często, że zamknięcie naczyń jest spowodowane przez wcistki, pęcherzykowate uwypuklenia przyległych komórek miękiszowych (ryc. 334). Błona lejkowatych jamek jest zawsze mniej lub więcej uwypuklona w stronę naczynia pod działaniem ciśnienia osmotycznego, pa-



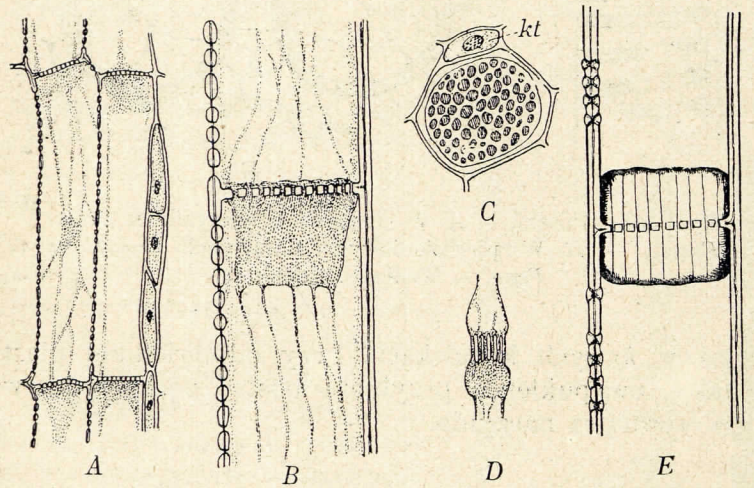
A B

Ryc. 334. Wcistki. — *A* W spiralnem naczyniu u *Musa Ensete*. — *B* W pierścieniowych naczyniach *Cucurbita Pepo*. — Według Molischa.

nującego w żywych komórkach. Przy odpowiedniej plastyczności takie uwypuklenie przybiera postać pęcherzyka, wchodzącego wewnątrz naczynia.

106. Tkanka sitowa składa się głównie z rurek sitowych, które podobnie jak naczynia powstają przez połączenie szeregów komórek prozenchymatycznych. Budowa tych komórek jest jednak zupełnie inna: zawartość jest żywa i błony są cienkie i niezdrewniałe. Najbardziej charakterystyczną częścią są sita, znajdujące się na poprzecznych ścianach. Są to okrągłe albo eliptyczne odcinki błony, przebite gęsto obok siebie ułożonemi kanalikami. U paprotników i nagozalążkowych kanaliki te są bardzo wąskie i nie różnią się niczem od plazmodesmów. U okrytozalążkowych są one szersze i u dyni *(Cucurbita Pepo)* dochodzą do 5 μ średnicy. Kanaliki ułatwiają ruch substancyj pożywnych, zwłaszcza koloidalnych ciał białkowych, których błona komórkowa nie przepuszcza. Jeżeli ściany poprzeczne są słabo pochyłe, w takim razie na każdej z nich znajduje się jedno tylko sito, zajmujące prawie całą jej powierzchnię. Tak jest np. u dyni (ryc. 335). Na silnie pochyłych ścianach poprzecznych wytwarza się szereg sit eliptycznych. Ten drugi przypadek jest charakterystyczny dla tkanki sitowej wtórnej;

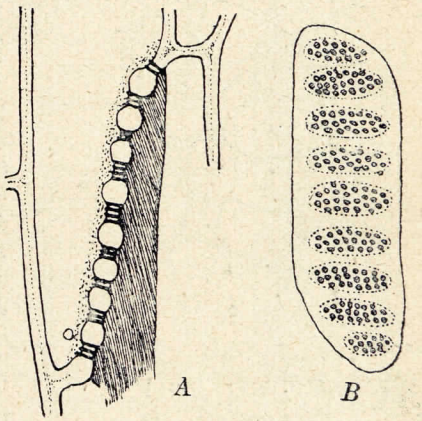
można go obserwować z łatwością u winorośli *(Vitis vinifera)* (ryc. 336). Jeżeli dwie rurki sitowe stykają się ze sobą, to na ich wspólnej błonie tworzą się charakterystyczne jamki z błoną przebitą licznemi plazmodesmami. Zarówno błony jamek, jak i sita są pokryte galaretowatą substancją nierozpuszczalną w amonjakalnym roztworze miedzi, zato rozpuszczalną w 1% roztworze ługu potasowego. Jest to t. zw. kalloza, którą łatwo jest uwidocznić przy pomocy koralliny albo błękitu anilinowego. Na jesieni warstwa kallozy grubieje silnie, zamykając kanaliki w sitach, na wiosnę rozpuszcza się.



Ryc. 335. Rurki sitowe dyni *(Cucurbita Pepo)* w schematycznem przedstawieniu. — *A* Dwie rurki sitowe i przylegający do nich szereg komórek towarzyszących. — *B* Część rurki sitowej w podłużnym przekroju silniej powiększona. — *C* Przekrój poprzeczny rurki sitowej z poprzeczną ścianą w widoku; *kt* komórka towarzysząca. — *D* Zawartość rurki sitowej wpobliżu poprzecznej przegrody po rozpuszczeniu błon komórkowych w kwasie siarczanym. — *E* Rurka sitowa z sitem zasklepionem przez kallozę. — Według Rotherta.

Zawartość rurek sitowych składa się z protoplazmy, jądra i soku komórkowego. Protoplazma jest gęsta i maskuje jądro do tego stopnia, że dawniej przypuszczano, iż rurki sitowe tej części składowej nie zawierają. Sok komórkowy w rurkach sitowych zawiera ciała białkowe, co jest rzeczą wyjątkową, gdyż w innych komórkach sok zawiera w roztworze z reguły tylko krystaloidy. Przy badaniu kawałków łodygi, które były odcięte i następnie utrwalone w alkoholu, widzi się wpobliżu sit nagromadzoną zawartość i to przy wszystkich z tej samej strony.

Jest to skutek gwałtownych prądów, które zachodzą w zawartości rurek sitowych podczas przecinania łodygi pod ciśnieniem sąsiadujących komórek miękiszowych. Sita stawiają tym prądom duży opór i zatrzymują gęstsze części składowe. Jeżeli się spowoduje stwardnienie zawartości rurek sitowych działaniem gorącej wody na nietknięty pęd rośliny, to substancje białkowe pozostają w miejscu i nie gromadzą się wpobliżu sit. Na materjale przygotowanym w zwykły sposób obserwuje się nadto silne skurczenie się zawartości rurek sitowych, przez co przybiera ona postać wstęgi węższej od rurki i rozszerzającej się przy każdem sicie. Jest to skutek niedokładnego utrwalenia.

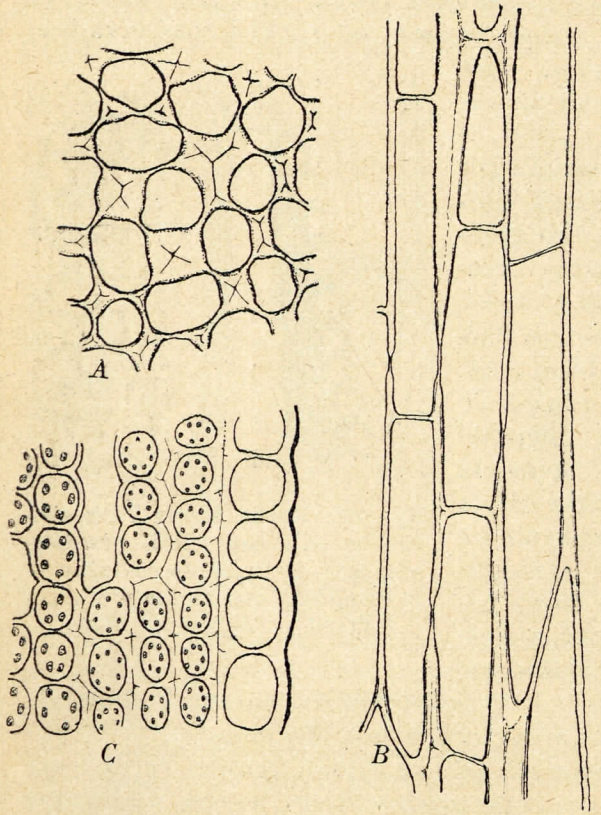


Ryc. 336. Rurka sitowa *Vitis vinifera* w schematycznem przedstawieniu. — *A* Przekrój podłużny. — *B* Przegroda poprzeczna w widoku z sitami. — Według de Bary.

U roślin okrytozalążkowych przy tworzeniu się rurek sitowych komórki macierzyste tychże dzielą się podłużną przegrodą na dwie nierówne części. Z części szerszej powstaje rurka sitowa, z części węższej t. zw. komórki towarzyszące. Te komórki nie tworzą nieprzerwanych ciągów, jak komórki rurek sitowych, i zwykle dzielą się poprzecznemi ściankami na części (ryc. 335, *A*). Wspólna im i rurkom sitowym błona posiada takie same jamki z licznemi plazmodesmami, jakie poza tem występują tylko przy zetknięciu dwóch rurek sitowych. Znaczenie komórek towarzyszących jest nieznane.

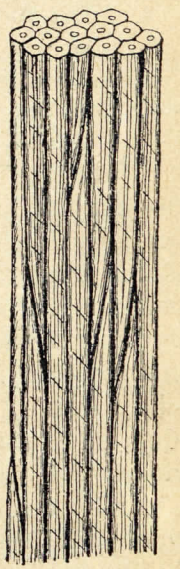
U roślin dwuliściennych tkanka sitowa oprócz rurek sitowych i ich komórek towarzyszących zawiera jeszcze wydłużone komórki miękiszowe, które prawdopodobnie przeprowadzają węglowodany, podczas gdy rurki sitowe przeprowadzają głównie ciałka białkowe. U jednoliściennych, a z pomiędzy dwuliściennych u jaskrowatych *(Ranunculaceae)*, tego miękiszu między rurkami niema; wiązki sitowe wobec tego składają się tylko z rurek sitowych i komórek towarzyszących. Wreszcie u nagozalążkowych i paprotników niema komórek towarzyszących, natomiast jest miękisz przeprowadzający przy rurkach sitowych.

107. Tkanki mechaniczne. Charakterystyczną cechą tych tkanek jest silne zgrubienie błon i mocne połączenie komórek, między któremi niema przestworów międzykomórkowych. Są trzy rodzaje tkanek mechanicznych: zwarcica czyli kolenchyma, twardzica czyli sklerenchyma i tkanka kamienna. Do tego dochodzą jeszcze rozsiane u niektórych roślin wśród miękiszu grubościenne idjoplasty, które mogą mieć pewien wpływ na umocnienie rośliny. Tylko zwarcica składa się z komórek żywych, wszystkie inne tkanki mechaniczne są martwe. Znaczenie tkanek mechanicznych w życiu rośliny zależy nietylko od ich budowy, ale także od ich położenia w ciele rośliny. Naprzykład tkanka umieszczona w zewnętrznej części łodygi daleko lepiej chroni ją od złamania, niż ta sama tkanka położona bliżej środka.



Ryc. 337. Kolenchyma. — *A—B* Ogonek liściowy *Salvia sclarea*, przekrój poprzeczny i podłużny. — *C* Ogonek liściowy *Astrantia major*, przekrój poprzeczny. — Według Haberlandta.

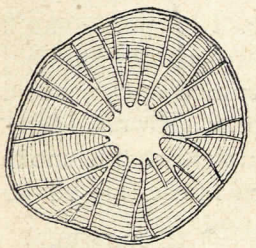
Zwarcica ma tkanki złożone z czystego błonnika, zgrubiałe tylko w niektórych częściach: albo tylko w kantach, gdzie stykają się ze sobą co najmniej trzy komórki, albo tylko w częściach równoległych do powierzchni rośliny, podczas gdy części prostopadłe nie grubieją (ryc. 337). W tych błonach występują wąskie szparkowate jamki, ułożone równolegle do długości komórek. Takie jamki są równie charakterystyczne dla tkanek mechanicznych, jak jamki lejkowate dla tkanki naczyniowej. Wąski, szparkowaty ich kształt pociąga za sobą najmniejsze możliwe osłabienie wytrzymałości błony. Materjał błon jest dosyć wytrzymały, bo rozrywa się przy obciążeniu 10—12 *kg* na mm^2. Ale granica sprężystości zostaje osiągnięta bardzo prędko. Już przy obciążeniu $1^1/_2$ *kg* na mm^2 pozostaje pewne trwałe wydłużenie. Dla porównania można przytoczyć analogiczne dane dla stali: rozerwanie jej następuje przy obciążeniu 80 *kg* na mm^2, granica sprężystości zostaje osiągnięta przy 25 *kg* na mm^2. Taka rozciągliwość błony u zwarcicy jest cechą bardzo ważną, gdyż dzięki temu może ona umacniać rosnące części rośliny. Zwarcica mieści się blisko powierzchni rośliny, zwykle bezpośrednio pod skórką, i nie stoi w żadnym związku z tkankami przeprowadzającemi. W jej komórkach tworzą się zwykle ciałka zieleni, odznaczające się mniejszemi niż zwykle rozmiarami.



Ryc. 338. Wiązka sklerenchymy w perspektywie. — Według Tschircha.

Twardzica ma postać bardzo długich włókien. Naprzykład u lnu *(Linum usitatissimum)* mają one długość 20—40 *mm*, u pokrzywy *(Urtica urens)* do 77 *mm*, a to przy poprzecznym przekroju o średnicy 0·01—0·02 *mm*. Błona ich jest niezwykle gruba, zazwyczaj tak gruba, że wnętrze komórki jest bardzo ciasne (ryc. 338). Na jej powierzchni widoczne są bardzo wyraźnie, wyraźniej niż w zwarcicy, liczne, bardzo wąskie szparkowate jamki, ułożone ukośnie względem osi włókien wzdłuż linij spiralnych, obiegających komórkę wokoło. Widoczne jest z takiego ułożenia szparek, że błona składa się z włókienek skręconych spiralnie ze sobą na podobieństwo lin okrętowych. Postać włókien jest skrajnie prozenchymatyczna dzięki bardzo silnemu pochyleniu poprzecznych ścianek względem osi, z którą one tworzą kąt bardzo mały. Ta cecha jest bardzo ważna, gdyż dzięki niej następujące za sobą włókna mogą się złączyć bardzo mocno, korzystając z dużej powierzchni zetknięcia. Materjał błony włókien jest o wiele mocniejszy od materjału zwarcicy, np. włókna lnu nowozelandzkiego *(Phormium tenax)* rozrywają się dopiero przy obciążeniu 25 *kg* na mm^2. Jeszcze większą różnicę wykazuje granica sprężystości, którą wspomniane włókna osiągają dopiero przy obciążeniu 20 *kg* na mm^2. Ponieważ, jak to było podane powyżej, stal osiąga granicę sprężystości przy 25 *kg* na mm^2, włókna roślinne okazują się pra-

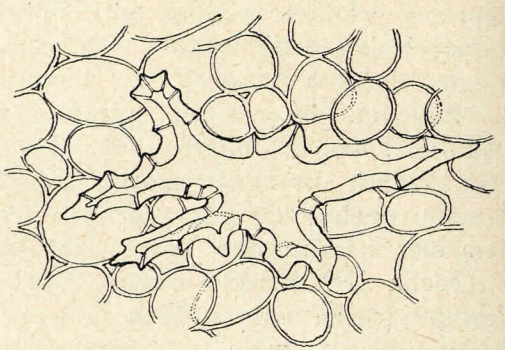
wie tak samo mocne, jak najmocniejszy z metali. Zachodzi tu jednak ta różnica, że włókna są o wiele bardziej rozciągliwe: przy zwiększeniu obciążenia o 1 *kg* na mm^2 włókno wydłuża się w stosunku 1 : 1538, podczas gdy stal tylko o 1 : 20833, a więc 13·5 razy mniej. Błona włókien składa się z błonnika czystego albo ze zdrewniałego. W tym drugim przypadku włókna mają dużą sztywność. Tylko w pierwszych stadjach rozwoju włókna sklerenchymatyczne mają żywą zawartość, która bardzo szybko ginie i ustępuje miejsce wodzie albo powietrzu. Sklerenchyma często towarzyszy wiązkom naczyniowym i sitowym.



Ryc. 339. Komórka kamienna ze skorupy orzecha włoskiego *(Juglans regia)*.

Tkanka kamienna ma zupełnie inną budowę niż zwarcica i twardzica. Nie jest to tkanka prozenchymatyczna: jest ona złożona z komórek okrągłych albo tylko nieznacznie wydłużonych. Żywej zawartości te komórki nie mają. Błona jest zawsze zdrewniała, bardzo silnie zgrubiała, z jamkami nie mającemi formy szparek, lecz formę rozgałęziających się rurek. Można to widzieć z łatwością naprzykład na przekrojach pestki śliwki albo skorupy orzecha włoskiego *(Juglans regia)* (ryc. 339). Z takiej tkanki składają się często powłoki owoców, chroniąc je dzięki swojej twardości od uszkodzenia.

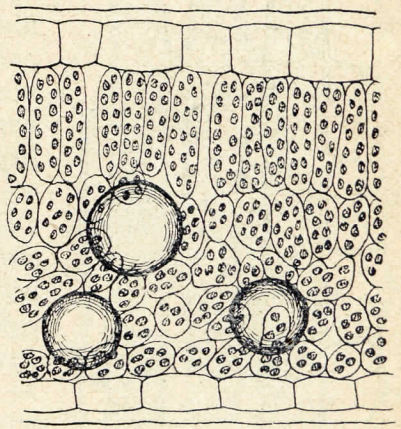
Co do idjoblastów, mających charakter tkanki mechanicznej, można przytoczyć jako przykład tego rodzaju twory w liściach kamelji *(Camellia japonica)* (ryc. 340) albo komórki kamienne w miąższu gruszki. W tym ostatnim przypadku trudno powiedzieć, czy idjoblasty grają jakąkolwiek rolę w życiu rośliny.



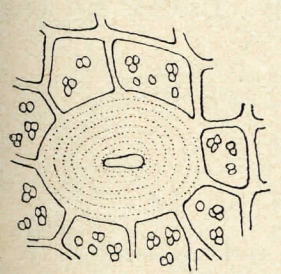
Ryc. 340. *Camellia japonica*. Idjoblast wśród tkanki miękiszowej środkowego nerwu liściowego. — Według Rotherta.

108. Tkanki wydzielnicze. Tkanki wydzielnicze charakteryzują się tem, że wytwarzają rozmaite substancje, które nie ulegają dalszym przemianom. Takie tkanki występują także

u zwierząt, tworząc specjalne narządy. Te narządy dają się podzielić na dwie grupy: na wydzielające i wydalające. Pierwsze wytwarzają substancje, odgrywające pewną rolę w odżywianiu (gruczoły ślinowe, żołądkowe i inne), drugie wydalają z organizmu substancje niepotrzebne i szkodliwe (gruczoły potowe, nerki). Ta różnica daje się stwierdzić u roślin tylko w niektórych przypadkach. Naprzykład gruczoły, wydzielające sok trawiący na liściach rosiczki *(Drosera)*, są niewątpliwie narządami wydzielniczemi w takim samym sensie, jak gruczoły żołądkowe u zwierząt. Natomiast miodniki wydzielają słodki sok, który gra pewną rolę w życiu roślin tylko pośrednio, przywabiając owady. Potem idą liczne przypadki, w których wogóle wszelki pożytek dla rośliny jest wątpliwy, naprzykład wydzielanie olejków eterycznych, żywicy i t. p. substancyj. Wreszcie wytwarzanie szczawianu wapnia jest wydalaniem substancji szkodliwej dla życia, a mianowicie kwasu szczawiowego. W przytoczonych przykładach tylko pierwszy i ostatni dają się wyraźnie scharakteryzować pod względem fizjologicznym.



Ryc. 341. *Camphora officinarum*. Przekrój poprzeczny liścia z trzema komórkami wydzielniczemi. — Według Ungera.

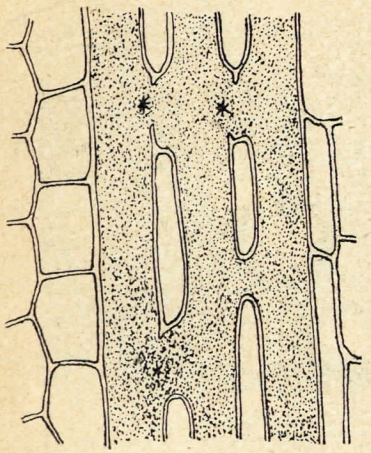


Ryc. 342. *Cinnamomum zeylanicum*. Komórka śluzowata wśród tkanki miękiszowej skrobionośnej w korze. — Według Vogla.

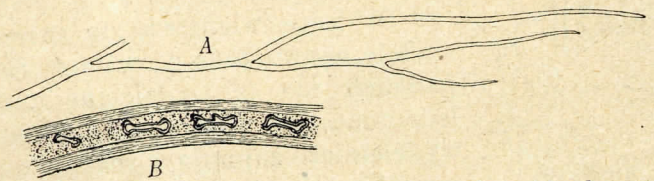
W przeciwieństwie do zwierząt substancje, wytworzone u roślin, w wielu przypadkach nie są wydzielane nazewnątrz, lecz pozostają wewnątrz komórek. Tkanki wydzielnicze zajmują w roślinie mało miejsca. Składają się one często z nielicznych komórek, a czasem są nawet zredukowane do pojedyńczych komórek, idjoblastów.

Rozpatrzmy z początku przypadki, w których wydzieliny pozostają wewnątrz komórek. Mamy tu do czynienia przeważnie z idjoblastami. O kryształach szczawianu wapnia była już mowa poprzednio (ust. 8, ryc. 23). Warto następnie wspomnieć o komórkach, zawierających oleje eteryczne (np. u *Camphora officinarum*,

ryc. 341), śluz (np. w korze *Cinnamomum zeylanicum*, ryc. 342) albo substancje garbnikowe. Do tej samej kategorji tkanek wydzielniczych należą także rurki albo naczynia mleczne, które jednak, być może, mają zupełnie inne zadanie. Są to obficie rozgałęzione rurki, przenikające wszystkie części rośliny. Zawierają one oprócz protoplazmy liczne jądra i obfity sok komórkowy. Sok komórkowy ma postać białej, rzadziej żółtej albo pomarańczowej, nieprzezroczystej cieczy. Jest to podobnie jak mleko emulsja złożona z przezroczystej cieczy, w której pływają kropelki żywicy albo kauczuku, a czasem także ziarenka skrobi. Ciecz ta zawiera w roztworze pewne ilości ciał białkowych i cukrów a nadto różne specyficzne substancje, alkaloidy, fermenty i t. d. Rozłożenie rurek mlecznych w roślinie oraz zawartość w nich pożywnych substancyj organicznych nasuwa przypuszczenie, że odgrywają one pewną rolę w przeprowadzaniu substancyj organicznych. Nie jest to jednak dowiedzione. Są dwa rodzaje rurek mlecznych: siatkowe i gałęziste. Rurki mleczne siatkowe mają postać siatki, przenikającej miękisz rośliny. Tworzą się one



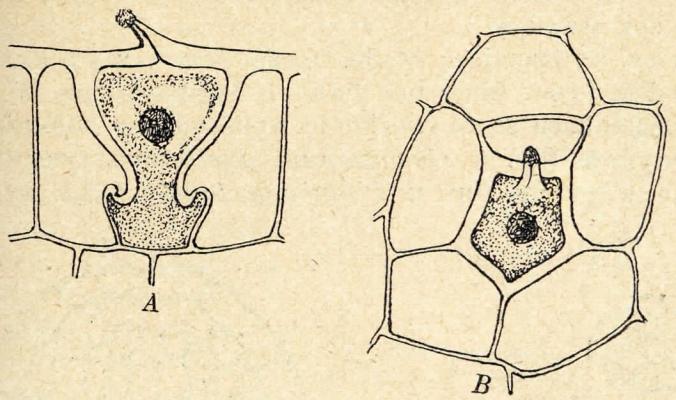
Ryc. 343. *Lactuca virosa*. Siatka rurek mlecznych widoczna na stycznym przekroju kory; gwiazdkami są oznaczone resztki przegród poprzecznych. — Według DE BARY.



Ryc. 344. *Euphorbia splendens*. — *A* Część rurki mlecznej w słabem powiększeniu. — *B* Niewielki jej kawałek silniej powiększony z ziarenkami skrobi dziwnego kształtu. — Według SACHSA.

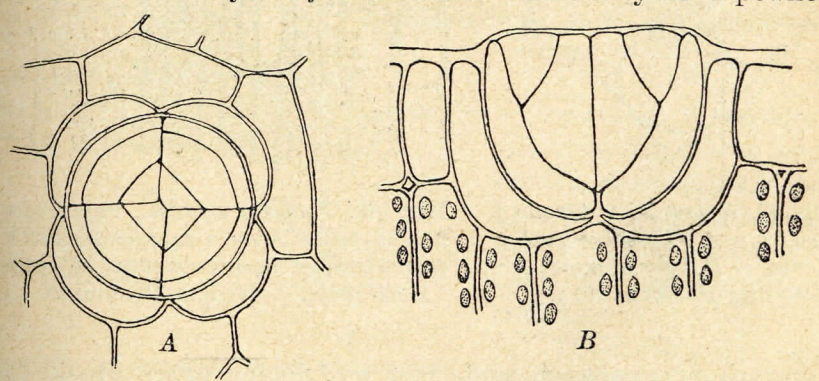
z wielkiej ilości rozgałęzionych komórek, które łączą się swojemi rozgałęzieniami, zatracając dzielące je przegrody (ryc. 343). Powstaje ostatecznie jednolity układ przewodów, z którego przy zranieniu wypływa obficie sok mleczny. Takie rurki mleczne spotykają się dosyć często, np. u makowatych *(Papaveraceae)*

oraz u złożonych *(Compositae)* w podrodzinie języczkokwietnych *(Cichorioideae)*. Rurki mleczne gałęziste w przeciwieństwie do siatkowych nie tworzą siatki i nie mają żadnych śla-



Ryc. 345. Wypotnik na liściu *Gonocaryum pyriforme* w przekroju *(A)* i w widoku *(B)*. — Według HABERLANDTA.

dów ścian poprzecznych, jakkolwiek są bardzo silnie rozgałęzione (ryc. 344). Ilość ich nie powiększa się w ciągu rozwoju rośliny. Dojrzały osobnik zawiera ich tyle, co nasienie. W miarę wzrostu rośliny rozrastają się one i rozgałęziają coraz bardziej, przenikając ją we wszystkich częściach. Są to największe komórki roślinne, jakie są znane, gdyż długość ich może wynosić wiele metrów. Nazywać je komórkami można tylko z pewnem



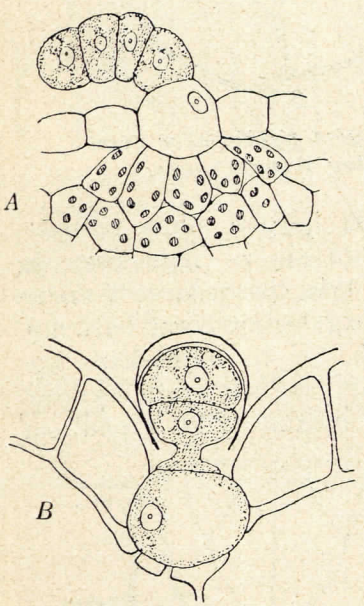
Ryc. 346. *Plumbago lapathifolia*. Wypotnik w widoku *(A)* i w przekroju *(B)*; zawartość komórek nienarysowana. — Według HABERLANDTA.

zastrzeżeniem, z powodu zawartych w nich licznych jąder; są to raczej komórczaki. Rurki mleczne gałęziste są o wiele rzadsze od siatkowych. Występują one np. u ostromleczowatych *(Euphorbiaceae)* i morwowatych *(Moraceae)*.

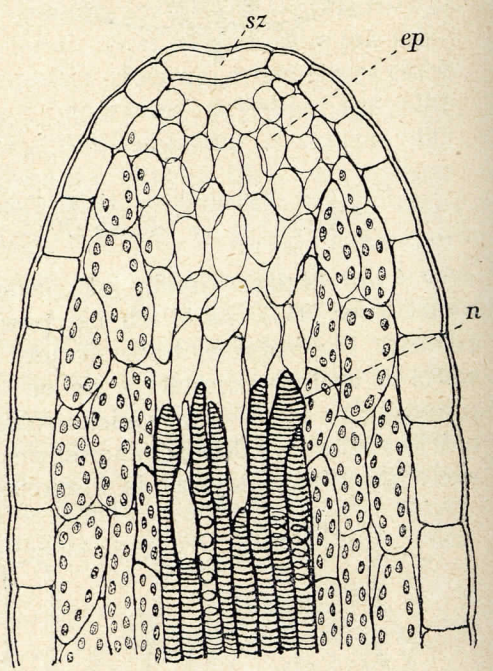
*

Przechodzimy teraz zkolei do tkanek wydzielniczych, wydalających wytworzone w nich substancje nazewnątrz: do otoczenia albo do przestworów międzykomórkowych. Będzie tu chodziło o substancje następujące: woda, nektar, oleje eteryczne oraz sok trawiący.

Twory, wydzielające wodę, noszą nazwę wypotników albo hydatodów. Mają one budowę bardzo różną. W niektórych przypadkach są to specjalnie wykształcone komórki skórki, pojedyńcze (np. u *Gonocaryum pyriforme,* ryc. 345) lub skupione w grupy (np. u *Plumbago lapathifolia,* ryc. 346).



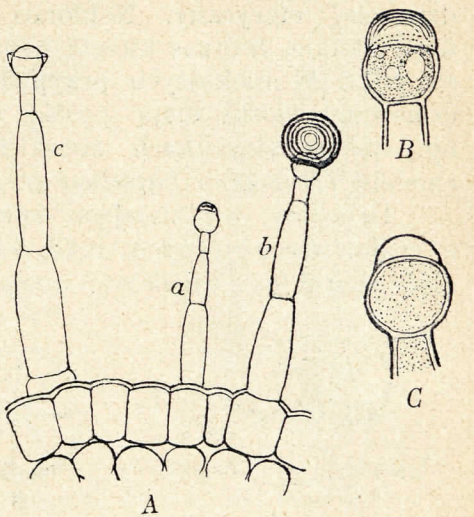
Ryc. 347. Wypotniki w formie włosków. — *A Phaseolus multiflorus.* — *B Piper nigrum.* — Według HABERLANDTA.



Ryc. 348. *Primula sinensis.* Przekrój podłużny przez jeden z ząbków liścia z wypotnikiem; *sz* szparka wodna, *ep* epitem, *n* naczynia. — Według HABERLANDTA.

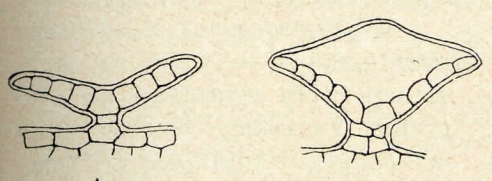
W innych przypadkach woda jest wydzielana przez włoski (np. u *Phaseolus multiflorus* i *Piper nigrum,* ryc. 347). Najczęściej jednak jest ona wydzielana przez szparki wodne, opisane w ust. 101 (ryc. 319, 320). Pod taką szparką znajduje się specjalna luźna drobnokomórkowa tkanka, t. zw. epitem (ryc. 348). U niektórych roślin (np. u morwowatych *[Moraceae]*, pokrzywowatych *[Urticaceae]*) epitem gra rolę czynną w procesie wydzielania wody: wydzielanie ustaje, skoro się go zabije działaniem roztworu sublimatu. W większości przypadków woda jest biernie przepuszczana przez epitem.

Bardzo ciekawemi tworami zbliżonemi do wypotników są gruczoły perełkowe, zbadane bliżej przez ROUPPERTA [1]). Są to okrągłe perełkowate wyrostki komórek skórki, które tworzą się na młodych pędach niektórych roślin, np. u winorośli *(Vitis vinifera),* dzikiego wina *(Ampelopsis),* u pokrzywy *(Urtica dioica).* Perełki te bardzo łatwo opadają i tworzą się na nowo. Są one silnie nasiąknięte wodą i zawierają dużo soli potasowych, natomiast nie mają wcale soli wapniowych. Ich znaczenie nie jest jeszcze wyjaśnione.



Ryc. 349. *Primula sinensis.* Gruczołowate włoski. — *A* Przekrój ogonka liściowego z trzema włoskami, z których jeden *(a)* zawiera pod nabłonkiem niewielką ilość olejku, drugi *(b)* większą ilość, zaś trzeci *(c)* już ma nabłonek pęknięty. — *B* Szczyt włoska w przekroju podłużnym silniej powiększony. — *C* To samo po rozpuszczeniu olejku w alkoholu. — Według DE BARY.

Nektar czyli słodki sok jest wydzielany przez miodniki, znajdujące się głównie w kwiatach. W wytwarzaniu nektaru bierze udział skórka, czasami także i miękisz. W tym ostatnim przypadku słodka ciecz wydobywa się nazewnątrz przez szparki.



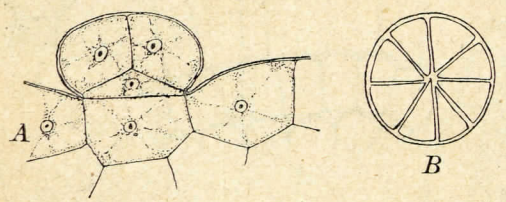
Ryc. 350. Tarczkowaty włosek wydzielniczy chmielu *(Humulus Lupulus)* w przekroju; przed wydzieleniem olejku *(A)* i po wytworzeniu olejku *(B).* — Według DE BARY.

Oleje eteryczne są wydzielane przez t. zw. gruczołowate włoski. Różnią się one od zwykłych

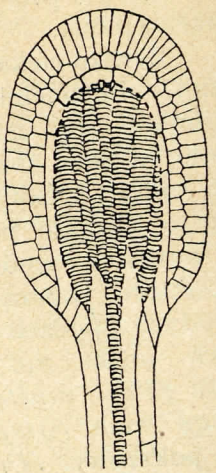
[1]) „Studja nad gruczołami parzącemi i perełkowemi. Część II. Gruczoły perełkowe". — Rozprawy Akademji Umiejętności. Serja B Tom LVIII. Rocznik 1918 (1919). 1–40.

włosków tem, że na szczycie są kulisto nabrzmiałe (ryc. 349). To nabrzmienie składa się z jednej albo kilku komórek, które między błoną a nabłonkiem gromadzą olej eteryczny. Nabłonek skutkiem tego odstaje, tworząc kulistą bańkę i wkońcu pęka. W niektórych przypadkach gruczołowate włoski mają postać tarczowatą, np. na przykwiatkach żeńskich kwiatów chmielu *(Humulus Lupulus)* (ryc. 350).

Gruczoły, wydzielające sok trawiący u roślin owadożernych, mają zwykle również charakter włosków, innego jednak

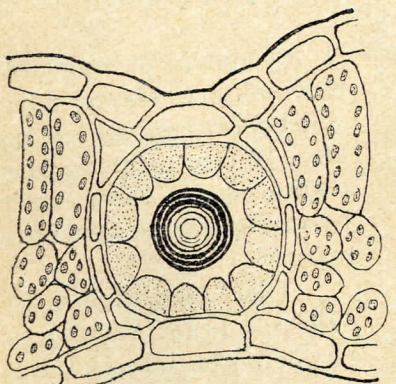


Ryc 351. *Pinguicula vulgaris.* Włoski wydzielające sok trawiący, *(A)* w przekroju, *(B)* w widoku. — Według Fennera.



Ryc. 352. *Drosera rotundifolia.* Szczyt włoska gruczołowego wydzielającego sok trawiący. — Według de Bary.

kształtu. Przykładem mogą służyć takie gruczoły u tłustosza *(Pinguicula)* (ryc. 351). Bardziej złożoną budowę mają włoski gruczołowe u rosiczki *(Drosera)* (ryc. 352). U tej rośliny włosek powstaje nie z samej tylko skórki, w środku jego przebiegają tracheidy. Właściwa tkanka wydzielnicza jest tu także pochodzenia skórkowego.

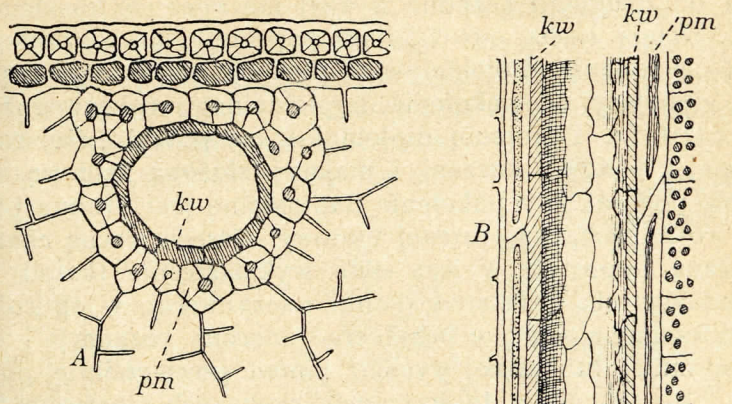


Ryc. 353. *Hypericum perforatum.* Przekrój liścia ze zbiornikiem olejku eterycznego. — Według Haberlandta.

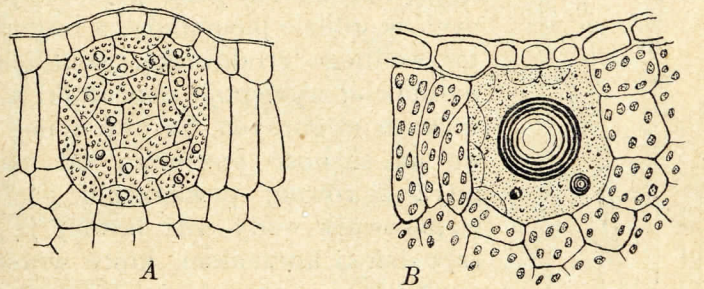
W omawianych dotychczas przypadkach wydzielone substancje były wydalane do otoczenia. Pozostaje jeszcze omówić tkanki, wydalające do przestworów międzykomórkowych.

Takie przestwory międzykomórkowe są albo kuliste albo wydłużone; w tym ostatnim przypadku noszą nazwę p r z e w o d ó w. Przestwory te powstają często przez rozklejanie się komórek wydzielniczych. Tak

jest naprzykład u dziurawca *(Hypericum)* (ryc. 353), u sosny *(Pinus)* (ryc. 354). Rzadziej się zdarza, że przestwory wypełnione wydzielinami zajmują miejsce komórek wydzielniczych,



Ryc. 354. *Pinus silvestris.* Przewód żywiczny liścia w przekroju poprzecznym *(A)* i podłużnym *(B); kw* komórki wydzielnicze, *pm* pochwa mechaniczna. — Według Haberlandta.



Ryc. 355. *Dictamnus Fraxinella.* Powstawanie zbiornika olejku eterycznego. *A* stadjum początkowe, *B* stadjum ostateczne. — Według Rautera.

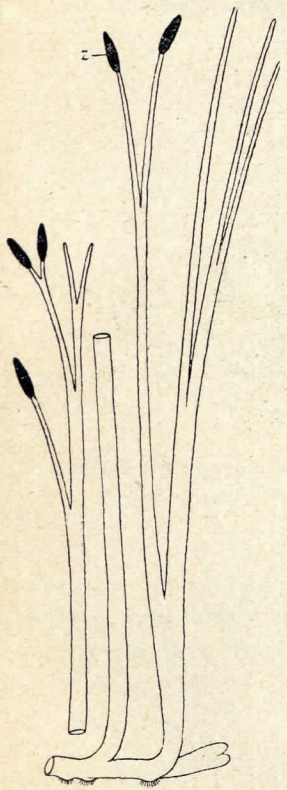
które uległy zniszczeniu. Przykładem tego może być dyptam *(Dictamnus Fraxinella)* (ryc. 355). Substancje, wydalane do przestworów międzykomórkowych, są to żywice albo oleje eteryczne.

ROZDZIAŁ XXII

OGÓLNA MORFOLOGJA PAPROTNIKÓW

109. Rodozmian paprotników. Podobnie jak u mszaków, rodozmian jest cechą bardzo charakterystyczną dla paprotników. W ust. 11 był on już opisany w ogólnych zarysach, jako

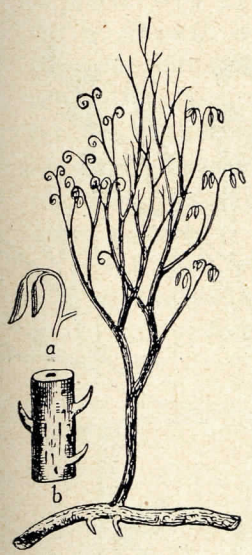
przykład rodozmianu wogóle (ryc. 31). Teraz trzeba scharakteryzować go bliżej. W porównaniu z mszakami mamy tu zasadniczą różnicę, polegającą na tem, że oba pokolenia żyją osobno jedno od drugiego i żadne z nich nie żywi się kosztem drugiego. Drugą cechą, odróżniającą paprotniki od mszaków, jest rozwój pokolenia diploidalnego (bezpłciowego) czyli sporofita silniejszy od pokolenia haploidalnego (płciowego) czyli gametofita. Pokolenie diploidalne ma postać dużej rośliny, złożonej z pędów i korzeni i mającej złożoną budowę anatomiczną, podczas gdy pokolenie haploidalne jest drobną plechowatą roślinką bardzo prostej budowy. Trzecią cechą charakterystyczną paprotników jest silne wykształcenie tkanek przeprowadzających, zwłaszcza tkanki naczyniowej, w sporofitach, dzięki czemu mogą one przybierać znaczne rozmiary i wznosić się mniej lub więcej wysoko ponad powierzchnię podłoża do wyższych, suchszych a zarazem lepiej oświetlonych warstw powietrza. Paprotniki są jednak zależne od wody, gdyż rozmnażanie płciowe, podobnie jak u mszaków, odbywa się przy pomocy pływających w wodzie plemników, a zatem wymaga wodnego środowiska. Skutkiem tego najobficiej występują paprotniki w stanowiskach wilgotnych. Są one mniej wrażliwe na suchość powietrza od mszaków, gdyż z równej powierzchni liści mniej wyparowują wody, zaś łatwiej ją pobierają dzięki korzeniom, które wrastają do podłoża o wiele głębiej niż chwytniki mszaków. Zato paprotniki nie posiadają zdolności przetrzymywania bez szkody zupełnego wyschnięcia: liście ich giną, skoro tylko utracą zbyt wiele wody.



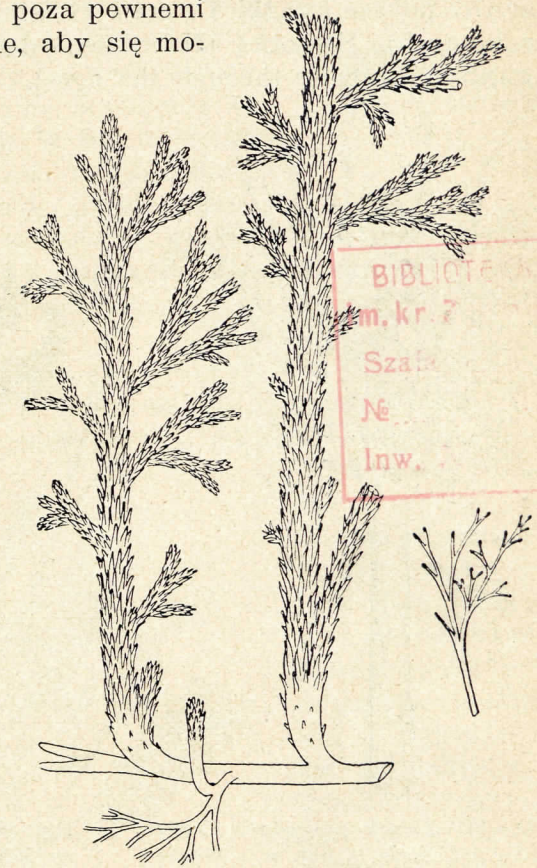
Ryc. 356. *Rhynia major; z* zarodnia. Rekonstrukcja według Kidstona i Langa.

110. Morfologja zewnętrzna pędów. Sporofity paprotników są bardzo złożone zarówno pod względem morfologji zewnętrznej, jako też i pod względem morfologji wewnętrznej. Wielką pomocą w badaniu jest tu obfitość resztek kopalnych, pochodzących z najrozmaitszych poziomów stratygraficznych, począwszy od górnego syluru. Są to w przeważnej części

resztki form wymarłych, które były przodkami obecnych paprotników albo przynajmniej do tych przodków były podobne. Dają one przeto możność lepszego zrozumienia zawiłych nieraz stosunków, obserwowanych w formach, żyjących w obecnej epoce geologicznej. Oprócz tego dzięki nim staje się rzeczą możliwą wyjaśnienie pokrewieństwa między formami obecnego świata paprotników. Rozpatrywane dotychczas rośliny, do mszaków włącznie, były poza pewnemi wyjątkami zbyt delikatne, aby się mogły przechować w pokładach geologicznych w formie, nadającej się do badania, i skutkiem tego byliśmy zmuszeni ograniczyć się do stwierdzania podobieństw, pozostawiając bez rozpatrzenia zagadnienia pokrewieństwa. Teraz te tak ciekawe zagadnienia mogą być traktowane na zasadzie należytego materjału faktycznego i mogą być, w pewnych przynajmniej przypad-



Ryc. 357. *Psilophyton princeps.* Rekonstrukcja około $^1/_2$ nat. wielk. Po lewej stronie: *a* gałązka z zarodniami, *b* kawałek pędu z kolcami, w osiowej części zaznaczony ksylem. — Według Dawsona.

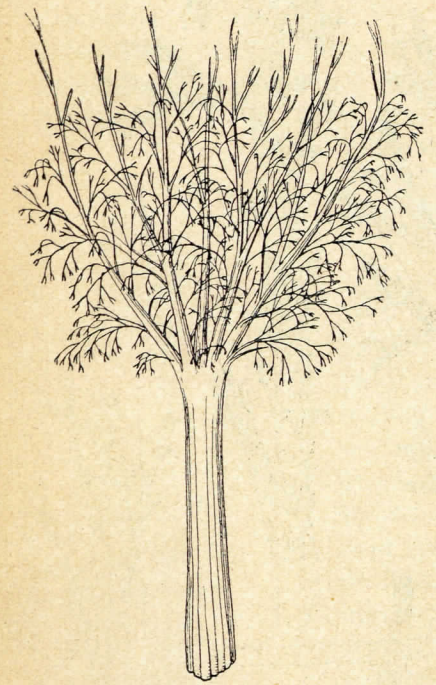


Ryc. 358. *Asteroxylon Mackiei.* Pokrój rośliny i gałązka z zarodniami. — Rekonstrukcja według Kidstona i Langa.

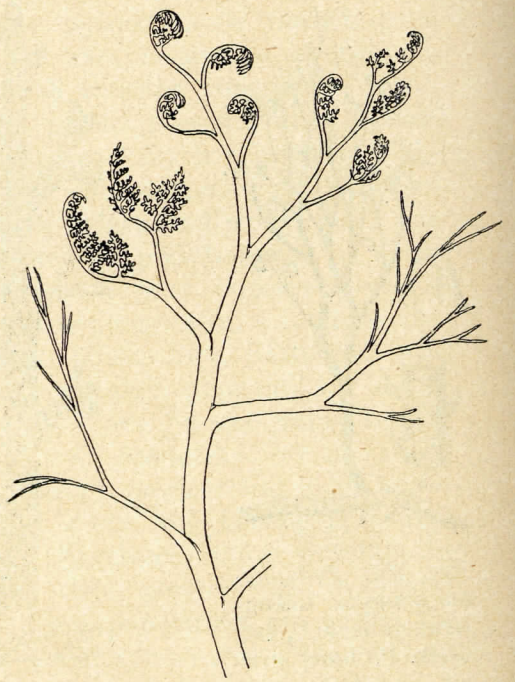
BIBLIOTEKA GIMN
m. kr. 7
Szaf.
№
Inw.

kach, rozstrzygnięte. Jest to ułatwione skutkiem zachowania w wielu przypadkach budowy anatomicznej, zwłaszcza tkanek naczyniowych przez skrzemienienie albo zwapnienie błon komórkowych. Na odpowiednio przygotowanych cienkich szlifach można nieraz badać kształty i ułożenie komórek z równą dokładnością, jak na przekrojach żywych roślin.

Dla bliższego zaznajomienia się z roślinami kopalnemi można polecić książki Lilpopa (Roślinność Polski w epokach minionych), Hirmera (Handbuch der Palaeobotanik) i Sewarda (Plant life through the ages).



Ryc. 359. *Pseudosporochnus Kreicii.* Rekonstrukcja $^1/_4$ nat. w. — Według Kräusela i Weylanda.

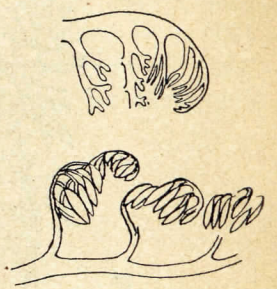


Ryc. 360. *Protopteridium hostimense.* Rekonstrukcja pędu. — Według Kräusela i Weylanda.

Najstarsze a zarazem najpierwotniejsze paprotniki — psilofity *(Psilophytinae)* — żyły od górnego syluru do środkowego dewonu. Były to rośliny pozbawione korzeni i liści, z pędami opatrzonemi co najwyżej w kolce (ryc. 356—360). Jeżeli zaliczamy je do paprotników, to tylko dlatego, że pędy ich zawierają tkankę naczyniową i sitową. Pędy te wykazują jednak zróżnicowanie: oprócz pędów powietrznych wzniesionych są podziemne płożące się (kłącza) z włośnikami. Od tych kłączy

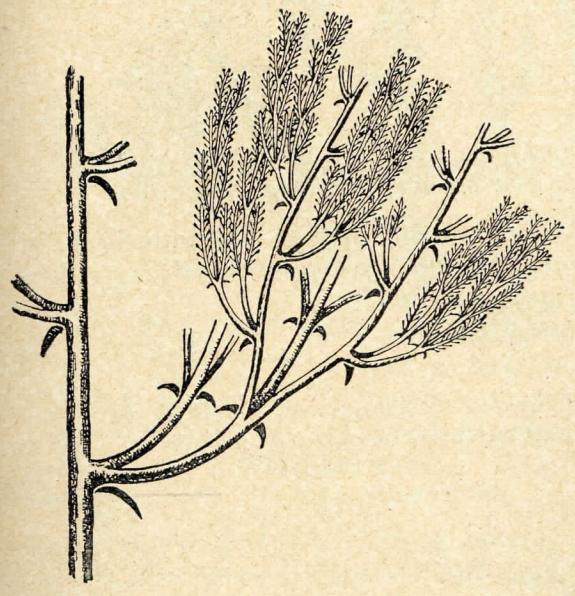
odchodziły u niektórych form odgałęzienia silnie rozgałęzione, zagłębiające się w ziemi na podobieństwo korzeni.

Rozgałęzienie pędów wykazuje wszelkie przejścia od dichotomicznego do monopodjalnego. Przy rozgałęzieniu dichotomicznem, które spotykaliśmy już bardzo często u roślin niższych, pęd dzieli się na dwie części przynajmniej w dolnej części jednakowe, które odchylają się od pierwotnego kierunku pędu w dwie strony o jednakowy kąt; wybitnie występuje to np. u *Rhynia* (ryc. 356). W rozgałęzieniu monopodjalnem pęd posiada część osiową, od której odchodzą wbok gałęzie słabiej od niej wykształcone; tak jest np. u *Asteroxylon.* Zawsze jednak u psilofitów przynajmniej najmłodsze rozgałęzienia są dichotomiczne.



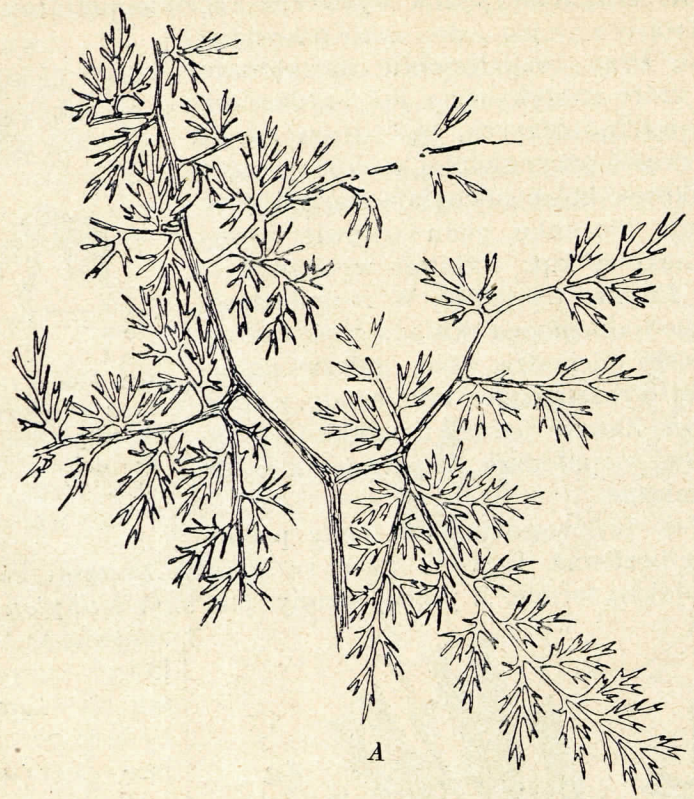
Ryc. 361. *Protopteridium hostimense.* Ostatnie odgałęzienia pędów. Na dole z zarodniami. — Według Kräusela i Weylanda.

Jak już wspomniałem, pędy psilofitów są bezlistne. U wielu form są jednak zaczątki liści i to w dwojakiej formie. Z jednej strony, jak u *Psilophyton* i *Asteroxylon*, są to kolce, które nazywa się tak nie dlatego, żeby były twarde i kolące, lecz dlatego, że nie zawierają tkanek przeprowadzających i stanowią emergencje, takie jak kolce róży. Trzeba jednak dodać, że u *Asteroxylon* do podstawy kolców dochodzą liściośląd y, odgałęzienia kompleksu tkanek przeprowadzających łodygi, a u *Arthrostigma*, formy podobnej do *Psilophyton*, liściośląd y nawet do-



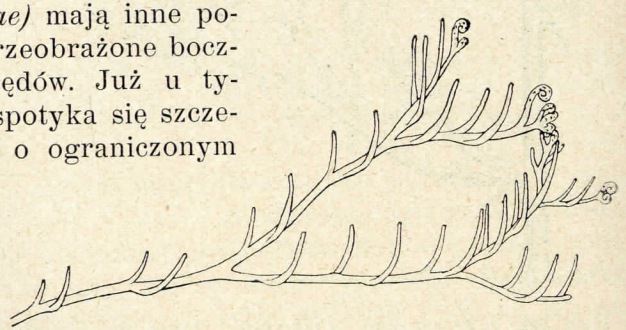
Ryc. 362. *Stauropteris oldhamia.* Górny karbon. Rekonstrukcja liścia. Na ostatnich odgałęzieniach pojedyńczo osadzone zarodnie. — Według Hirmera.

chodzą do końca kolców. W tym ostatnim przypadku mamy twory, które różnią się od liści tylko brakiem spłaszczenia.



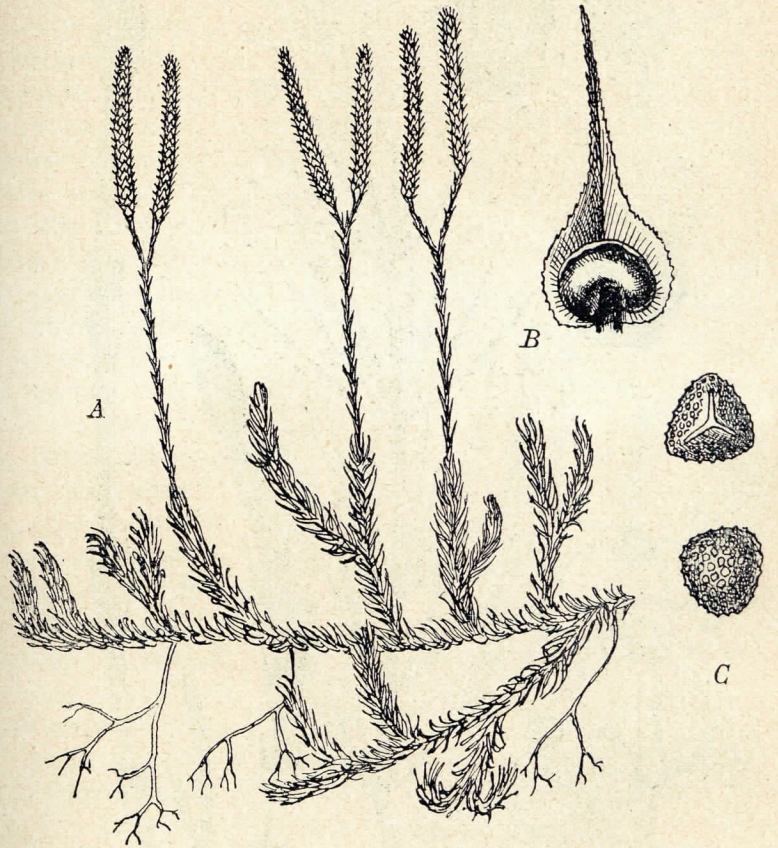
Ryc. 363. *Palmatopteris furcata.* — Według Potonié'go.

Od tych tworów wywodzą się drobne jednolite liście widłaków *(Lycopodiinae)* (ryc. 365). Wielkie rozgałęzione liście paproci *(Filicinae)* mają inne pochodzenie. Są to przeobrażone boczne odgałęzienia pędów. Już u typowych psilofitów spotyka się szczególne odgałęzienia o ograniczonym wzroście, odmienne od innych, np. u *Pseudosporochnus Kreicii* (ryc. 359). Szczególnie wyraźnie zaznacza się liściowy charakter



Ryc. 364. *Aspidium Dryopteris.* Dichotomicznie rozgałęzione kłącze z ogonkami liściowemi (korzenie nie są zaznaczone). — Według Velenowskyego.

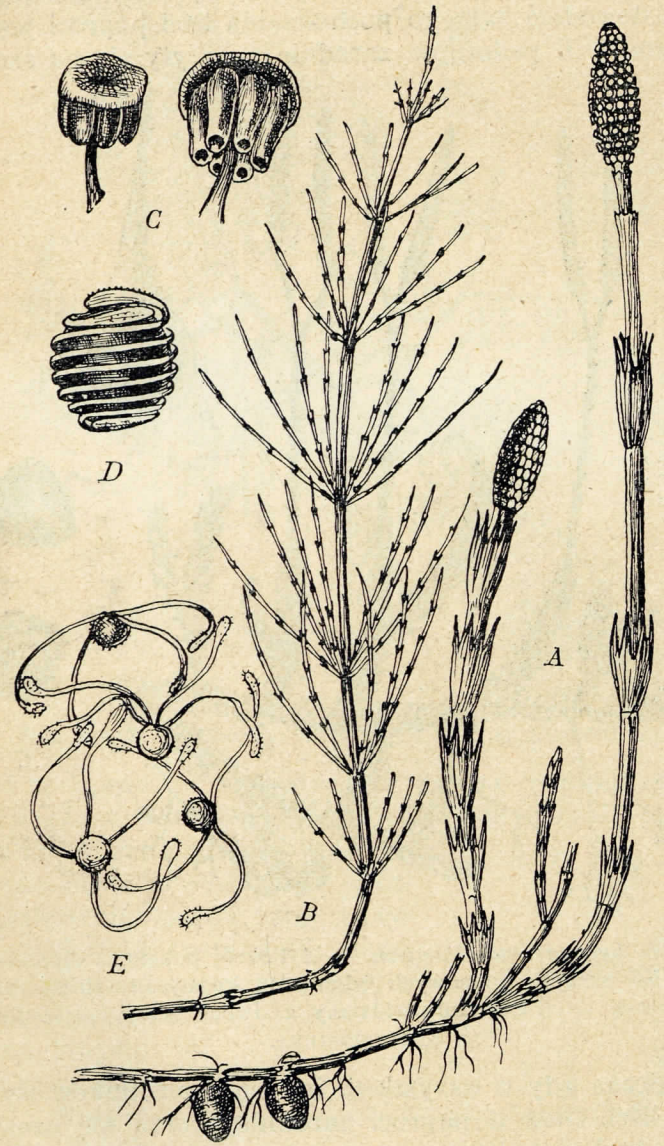
takich odgałęzień u *Protopteridium hostimense* (ryc. 360 i 361). Twory takie wprawdzie nie są spłaszczone (co najwyżej na zakończeniach) oraz nie mają wyraźnej symetrji dwubocznej, ale liście najstarszych paproci (z dewonu i karbonu) były często niespłaszczone (ryc. 362) i nieraz były niesymetryczne (ryc. 363). Dalszym dowodem takiego pochodzenia liści paproci jest położenie zarodni. U psilofitów zarodnie tworzyły się na szczytach



Ryc. 365. *Lycopodium clavatum.* — *A* Pokrój pokolenia diploidalnego. Na szczycie pionowych odgałęzień kwiaty. — *B* Sporofil z zarodnią. — *C* Zarodnik widziany z dwóch stron. — Według Strasburgera.

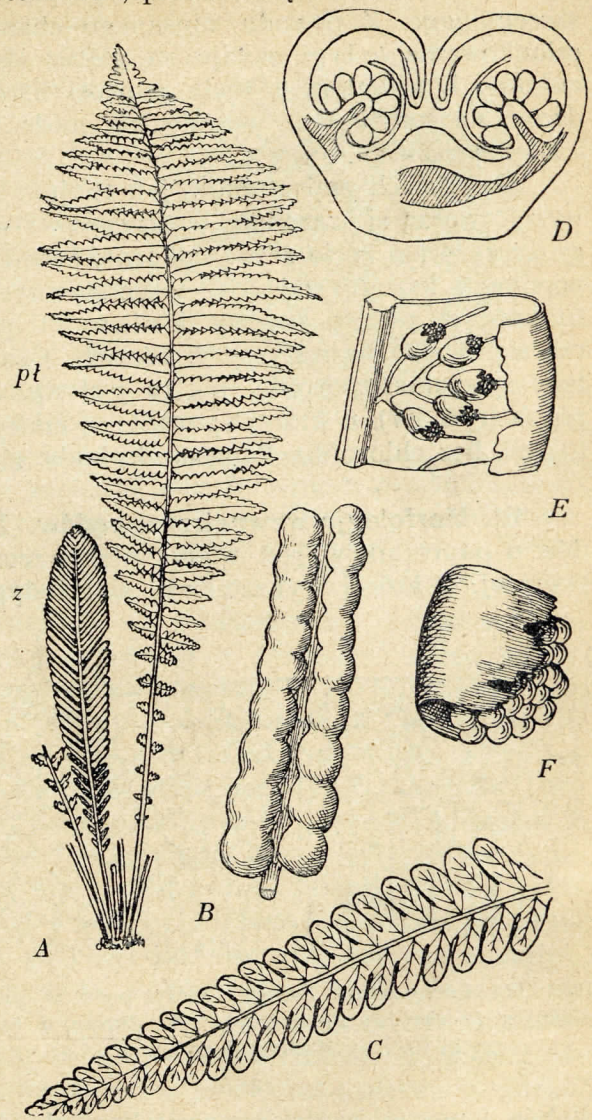
gałęzi, podczas gdy u wszystkich innych paprotników wyrastają one z liści. Otóż u paproci zarodnie tworzą się często na końcach odgałęzień liści, a u starych paproci jest to szczególnie częste (por. ryc. 362). Wreszcie ślimakowate zwinięcie młodych liści, charakterystyczne dla paproci, występuje także w młodych pędach niektórych psilofitów (ryc. 357).

Nieznane natomiast jest pochodzenie liści skrzypów. Są one wprawdzie drobne, ale u starych form dichotomicznie rozgałęzione. Nie mogą być zatem wyprowadzone od psilofitów, jak liście widłaków.



Ryc. 366. *Equisetum arvense.* — *A* Pokrój pędów plennych z kwiatami na szczytach. — *B* Pokrój pędów płonnych. — *C* Sporofil widziany ukośnie z góry i z dołu. — *D* Zarodnik w wilgotnem powietrzu. — *E* Zarodniki w suchem powietrzu. — Według STRASBURGERA.

Odnośnie do rozgałęzienia pędów trzeba jeszcze dodać, że rozgałęzienie dichotomiczne, przechodzące ewentualnie w monopodjalne, występuje poza psilofitami u paproci i widłaków (ryc. 364 i 365). U paproci zresztą pędy są często nierozgałęzione. U skrzypów natomiast występuje odmienny sposób rozgałęzienia — okółkowy. Tu gałęzie odchodzą od osi pędu nie pojedyńczo, lecz w dużej ilości z tej samej części łodygi, zwanej węzłem, i skierowują się równomiernie we wszystkie strony (ryc. 366). Jest rzeczą znamienną, że liście u tych roślin wyrastają z tych samych części łodygi, co gałęzie. Tymczasem u innych paprotników niema stałego związku między położeniem liści i gałęzi w pędzie. Przez to łodyga u skrzypów jest rozczłonkowana na węzły i międzywęźla, czego niema u innych paprotników. Ten podział łodygi u skrzypów zaznacza się także w jej budowie

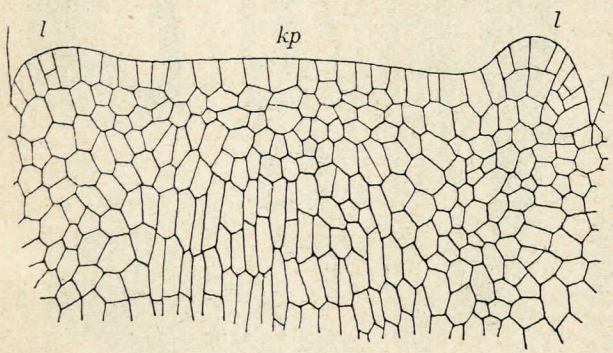


Ryc. 367. *Onoclea Struthiopteris.* — *A* Jeden liść zarodnikonośny *(z)* i jeden liść płonny *(pł)*. — *B* Odcinek liścia zarodnikonośnego. — *C* Odcinek liścia płonnego. — *D* Przekrój poprzeczny zarodnikonośnego odcinka. — *E* Część zarodnikonośnego liścia z odwiniętym brzegiem dla pokazania kupek zarodni. — *F* Kupka zarodni z zawijką, silniej powiększona. — Według LUERSSENA i DIELSA.

anatomicznej, podczas gdy u innych paprotników budowa łodygi w miejscach, skąd odchodzą gałęzie, nie przedstawia nic szczególnego. Z powodu opisanego charakterystycznego rozczłonkowania łodygi nadaje się nieraz skrzypom nazwę *Articulatae*. U widłaków i wielu paproci liście są tak gęsto osadzone na łodydze, że wogóle nie może być mowy o węzłach i międzywęźlach.

Na liściach paprotników, jak to już było wspomniane powyżej, tworzą się zarodnie. U skrzypów i widłaków służą do tego szczególnie liście zarodnionośne, zwane sporofilami, odmiennego kształtu od liści wegetatywnych. Są one skupione na końcach pędów, tworząc kwiaty. U paproci zarodnie tworzą się zwykle na wszystkich liściach. Czasem jednak służą do tego specjalne sporofile, jak to jest np. u *Onoclea Struthiopteris* (ryc. 367), u której sporofile są mniejsze, o prostszej morfologji, bez chlorofilu. Paprocie kwiatów nie tworzą.

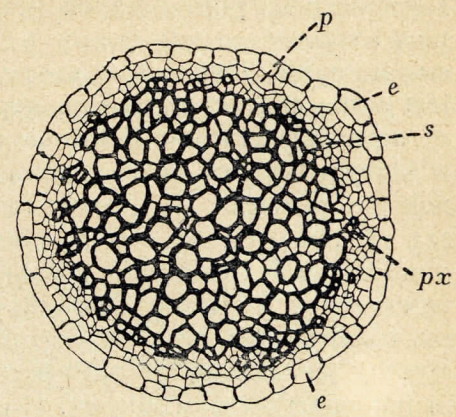
111. Morfologja wewnętrzna pędów. Źródłem rozwoju pędów u paprotników jest wierzchołek wzrostu złożony z tkanki twórczej, z której wykształcają się: łodyga, liście, a w wielu przypadkach nawet korzenie. Ta tkanka powstaje przeważnie przez podział pojedyńczej szczytowej komórki początkowej, mającej większe rozmiary od innych komórek tkanki twórczej (ryc. 305). W wielu przypadkach jednak (u psilofitów, widłaków i pewnej części paproci) komórki początkowe są liczne i pokrywają jednolitą warstwą szczyt pędu (ryc. 368).



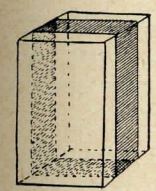
Ryc. 368. *Lycopodium Selago*. Szczyt pędu w podłużnym przekroju; *kp* komórki początkowe, *l* zaczątki liści. — Według Sadebecka.

Przez zróżnicowanie tkanki twórczej powstaje złożona budowa anatomiczna pędów, którą można scharakteryzować w sposób następujący. Na powierzchni łodygi znajduje się jednowarstwowa skórka opatrzona szparkami oddechowemi, pod którą mieści się kora pierwotna złożona z miękiszu i tkanki mechanicznej i wreszcie środek zajmuje walec osiowy, zbudowany z tkanek naczyniowych i sitowych z mniejszą lub większą domieszką miękiszu. Budowa anatomiczna liści jest w głównych zarysach taka sama, z pewnemi zmianami, o których będzie mowa później.

Najbardziej złożoną budowę posiada walec osiowy. Jest to część pędu przeważnie wyraźnie odgraniczona od kory pierwotnej śródskórnią (endodermis), warstwą komórek szczególnej budowy. Na przekroju poprzecznym walca osiowego śródskórnia rzuca się w oczy zgrubieniem środkowej części swoich promieniowych błon (ryc. 369). Pochodzi to stąd, że na promieniowych i poprzecznych błonach śródskórni znajduje się skorkowacone a czasem i pofałdowane pasmo, które przebiega w środkowej części błony i opasuje każdą komórkę (ryc. 370). Jest to pasmo Caspary'ego. Śródskórnia otacza walec osiowy cienką, ale zwartą powłoką, w której niema żadnych otworów, gdyż jej komórki ściśle przylegają do siebie. Komórki śródskórni są żywe i odgrywają ważną rolę, kontrolując dopływ wody i substancyj pożywnych do walca osiowego i odpływ z niego do kory. Do śródskórni przylega od wewnątrz warstwa komórek miękiszowych, stanowiąca t. zw. okolnicę czyli pericykl (ryc. 369, *p*). Okolnica bywa czasem kilkuwarstwowa. W środku mieści się tkanka sitowa i naczyniowa, pomieszana nieraz z miękiszem. Walec osiowy stanowi u paprotników ściśle określoną i dokładnie odgraniczoną część składową ich pokolenia diploidalnego. Z tego względu Van Tieghem a za nim inni autorzy nadali mu osobną nazwę steli (od greckiego wyrazu *στήλη*, kolumna).



Ryc. 369. Przekrój poprzeczny walca osiowego łodygi u *Trichomanes scandens*; *e* endodermis, *p* pericykl, *px* protoksylem, *s* tkanka sitowa. — Według Boodle'a.



Ryc. 370. Schematyczny obraz przestrzenny komórki śródskórni (endodermis) z pasmem Caspary'ego na ściankach prostopadłych do powierzchni rośliny.

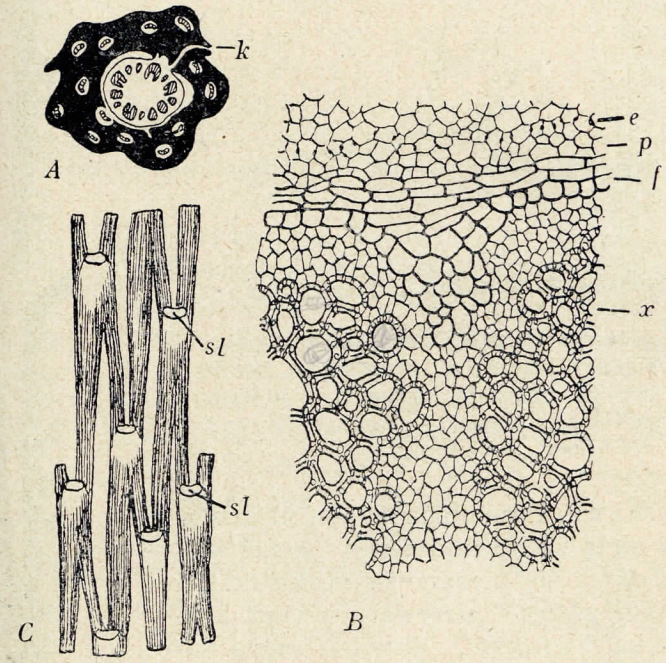
Tkanka naczyniowa w stelach paprotników składa się tylko z tracheid. U psilofitów naczynia są pierścieniowe albo spi-

ralne, rzadko siatkowate. U późniejszych paprotników taką budowę mają tylko najwcześniej wykształcone naczynia, rzucające się w oczy na poprzecznych przekrojach swoją niewielką średnicą i stanowiące tak zwany protoksylem. Późniejsze, szersze naczynia, stanowiące metaksylem, są schodkowane, co jest cechą charakterystyczną paprotników. Naczynia kropkowane są u nich rzadkie. Położenie protoksylemu określa kierunek, w którym odbywa się różnicowanie tkanki naczyniowej. Kierunek ten zaznacza się jeszcze tem, że naczynia mają tem większą średnicę, im są starsze. Jeżeli protoksylem mieści się na obwodzie walca osiowego, różnicowanie tkanki naczyniowej odbywa się w kierunku dośrodkowym. Jeżeli mieści się w środku, różnicowanie się jest odśrodkowe. Dla pędów charakterystyczny jest rozwój odśrodkowy tkanki naczyniowej, dla korzeni natomiast — dośrodkowy. U paprotników zdarza się jednak często, że pędy mają tkankę naczyniową dośrodkową (ryc. 369) albo mieszaną, w części dośrodkową, w części odśrodkową. Taka budowa anatomiczna zaciera częściowo różnicę między łodygą a korzeniem. U nasiennych, jak to później zobaczymy, ksylem dośrodkowy w pędach jest zjawiskiem rzadkiem.

Rurki sitowe paprotników nie mają większych otworów w ściankach, tylko cienkie kanaliki wypełnione plazmodesmami. Najmłodsze rurki odznaczają się, podobnie jak naczynia, wąskością, i stanowią t. zw. protofloem. Jest on trudny do zauważenia, bo rurki sitowe ulegają łatwo zmiażdżeniu. Znajduje się on po stronie zewnętrznej, skutkiem czego rozwój floemu jest zawsze dośrodkowy.

Budowa walca osiowego w łodygach paprotników jest bardzo rozmaita. Przedewszystkiem trzeba wyłączyć z ogólnej charakterystyki niektóre widłaki, u których stela łodygi ma taką samą budowę, jak w korzeniu — przypadek to wyjątkowy, bo poza tem u wszystkich innych roślin naczyniowych budowa anatomiczna łodygi jest zasadniczo różna od korzenia. Poza tym wyjątkiem, który będzie omówiony w rozdziale poświęconym widłakom, można jednak wśród wielkiej rozmaitości budowy walca osiowego w łodygach paprotników dopatrzyć się jednego wspólnego planu. Zasadniczo budowa steli jest współśrodkowa: promień poprowadzony ze środka łodygi napotyka zarówno ksylem, jak i floem.

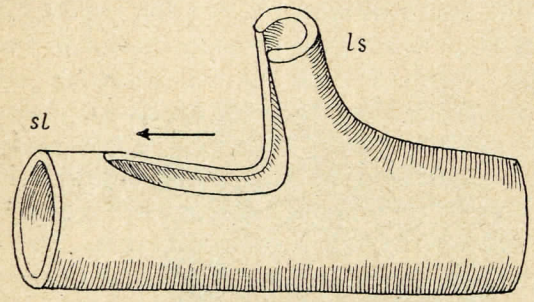
Najprostszym a zarazem najpierwotniejszym typem budowy w łodygach paprotników jest budowa protosteliczna, charakteryzująca się walcowatą stelą bez rdzenia. Przykładem może służyć psilofit *Rhynia* (ryc. 396—8), oraz współczesna paproć *Trichomanes scandens*, przedstawiona na ryc. 369. Że jest to najpierwotniejsza forma budowy, dowodzi tego częste jej występowanie wśród najstarszych paprotników, zarówno u paproci, jak u skrzypów i widłaków. U *Psilophytinae* innej budowy wogóle nie stwierdzono. U późniejszych paprotników budowa protosteliczna jest o wiele rzadsza i we florze współczesnej występuje tylko u niektórych paproci oraz u *Isoëtes*. Budowa protosteliczna mało jest zakłócona przez liście: stela liści ma taką samą budowę, przebija korę i łączy się ze stelą łodygi w ten sposób, że jej części zlewają się w jedną całość z podobnemi częściami łodygi: śródskórnia ze śródskórnią, okolnica z okolnicą, tkanka sitowa z sitową i naczyniowa z naczyniową. Część steli liściowej, przechodząca przez korę, na-



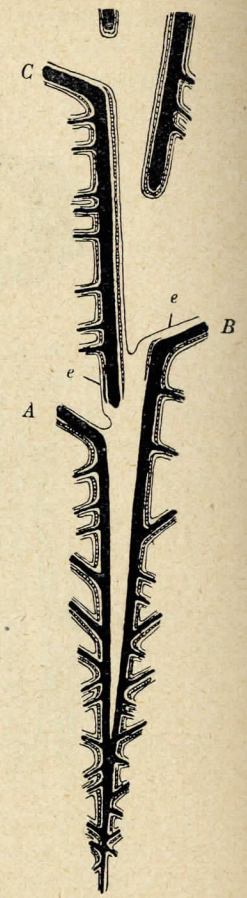
Ryc. 371. *Osmunda regalis*. — *A* Przekrój poprzeczny łodygi; tkanka naczyniowa jest kreskowana, kora — zaczerniona; w tej ostatniej widoczne są przekroje śladów liściowych oraz przechodzący przez nią jeden z korzeni *(k)*. — *B* Część walca osiowego silnie powiększona; *e* śródskórnia, *p* okolnica, *f* floem, *x* ksylem. — *C* Część sieci naczyniowej przecięta wzdłuż i wyprostowana; *sl* ślady liściowe. — *A* według DE BARY, *B* według ZERETTIEGO, *C* według LACHMANNA.

zywa się liściośladem, nazwa, z którą spotkaliśmy się już u mchów.

Budowa protosteliczna ulega pierwszej przemianie skutkiem wytworzenia w środku steli parenchymatycznego rdzenia. Tkanka naczyniowa przybiera postać rurkowatą zamiast walcowatej; stąd taka budowa nazywa się solenoksyliczną. Przemiana ta jest nieznaczna, gdyż stela zachowuje swoją postać walcowatą. Zdarza się nieraz, że rurka tkanki naczyniowej zostaje przerwana ponad każdym śladem liściowym, skutkiem czego nabiera wyglądu siatkowatego. Taka budowa, zwana diktjoksyliczną, spotyka się np. u paproci z rodziny *Osmundaceae* (ryc. 371).



Ryc. 372. *Loxsoma Cunninghami.* Schemat przestrzenny budowy kłącza; *sl* stela kłącza, *ls* liściośląd, strzałka wskazuje kierunek, w którym znajduje się szczyt kłącza. — Według Heleny Gwynne-Vaughan.



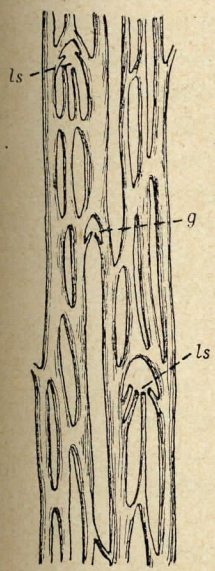
Ryc. 373. *Gleichenia pectinata.* Schematyczny przekrój podłużny steli pędu; czarną barwą jest oznaczona tkanka naczyniowa; kreskowane pasma — tkanka sitowa, *e* śródskórnia, *A, B, C* kolejne liściośląd y. — Według Thompsona.

Przemiana sięga znacznie głębiej, kiedy na wewnętrznej stronie rurki ksylemu zjawia się warstwa floemu, a zazwyczaj także okolnica i nowa wewnętrzna śródskórnia. Teraz nietylko ksylem, lecz cała stela przybiera kształt rurkowaty i dlatego taka budowa nazywa się solenosteliczną. Rurkowata stela jest zwykle wycięta ponad miejscem, w którem liść łączy się z łodygą (ryc. 372). Przez to wycięcie rdzeń łączy się z tkanką miękiszową kory pierwotnej. Ta przemiana budowy protostelicznej w solenosteliczną daje się prześledzić w ciągu rozwoju osobniczego. Naprzykład u *Gleichenia pectinata* dolna najmłodsza część pędu ma budowę protosteliczną (ryc. 373); wyżej zjawia się z początku rdzeń, potem wewnętrzny floem i wewnętrzna śródskórnia, jednocześnie w rurce stelarnej zjawiają się wycięcia ponad każdym liściośladem.

Budowa solenosteliczna przemienia się w diktjosteliczną, jeżeli wycięcia, towarzyszące liściośladom, znajdują się blisko siebie skutkiem skupiania się liści, albo jeżeli do nich dołączają się inne jeszcze wycięcia, nie stojące w żadnym związku z liśćmi. Stela przybiera teraz postać siatki, która jest zwykle pokryta śródskórnią na całej swojej powierzchni i na przekroju poprzecznym przedstawia się, jak szereg oddzielnych steli ułożonych w koło. Doskonałym przykładem takiej budowy mogą służyć kłącza naszej paproci męskiej *(Aspidium Filix mas)* (ryc. 374). Każde wycięcie jest tu odpowiednikiem jednego z liści, które wyrastają gęstym pękiem z kłącza. U *Stenochlaena tenuifolia* mamy przykład diktjostelji, u której tylko niektóre wycięcia odpowiadają liściom (ryc. 375).



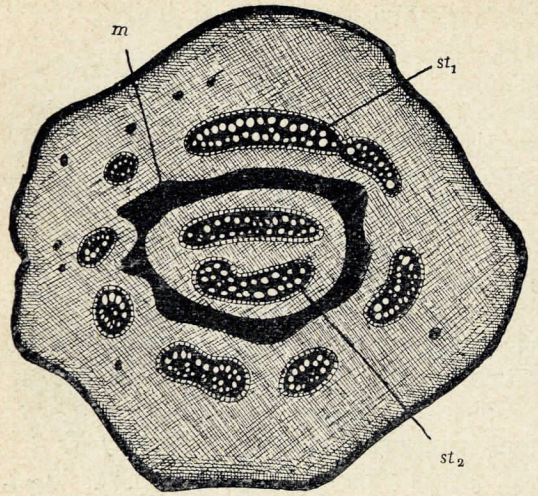
Ryc. 374. *Aspidium Filix mas.* Szkielet naczyniowy kłącza oddzielony od innych tkanek przez maceracyę. — Według Reinkego.



Ryc. 375. *Stenochlaena tenuifolia.* Stela rozcięta wzdłuż i wyprostowana; *ls* liściośląd, *g* początek bocznej gałęzi. — Według Metteniusa.

Budowa łodygi u paprotników komplikuje się w wielu przypadkach jeszcze bardziej skutkiem wytworzenia wewnątrz rurkowatej steli jeszcze jednej, również rurkowatej, oddzielonej od pierwszej tkanką miękiszową. Obie stele są siatkowato powykrawane i w pewnych miejscach łączą się ze sobą przy pomocy osobnych odgałęzień. Liściośląd y łączą się zwykle z obu stelami. Przykładem może służyć kłącze paproci orlej *(Pteridium aquilinum)* (ryc. 376). Obie stele na przekroju przedstawiają się rozerwane na części, z których każda ma wygląd osobnej spłaszczonej steli z własną śródskórnią, okolnicą, warstwą tkanki sitowej i środkową masą tkanki naczyniowej (ryc. 376 i 377). Pomiędzy obu stelami przebiega pasmo tkanki mechanicznej, nie mające z niemi żadnego określonego związku. Jest to rzecz charakterystyczna

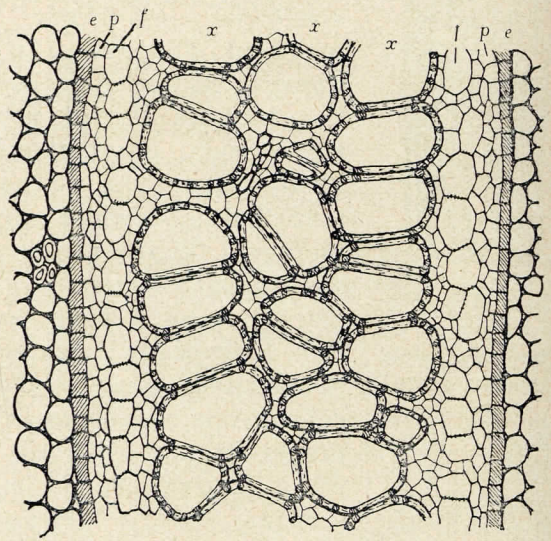
dla paprotników, w przeciwieństwie do nasiennych, u których tkanka mechaniczna pozostaje w ścisłym związku z wiązkami sitowo - naczyniowemi. U niektórych paproci tworzy się wewnątrz drugiej jeszcze trzecia i nawet więcej siatkowatych steli, a nadto występują często dodatkowe stele walcowate, przebiegające w rdzeniu albo w korze. Wszystkie te stele naturalnie w pewnych miejscach łączą się ze sobą, tworząc jeden system. Tego rodzaju budowa oczywiście musi być nazwana polistelicznąw przeciwieństwie do opisanych poprzednio typów budowy, które można ująć ogólną nazwą monostelicznych.



Ryc. 376. *Pteridium aquilinum.* Przekrój poprzeczny kłącza; st_1 stela zewnętrzna, st_2 stela wewnętrzna, *m* tkanka mechaniczna. — Według Bowera.

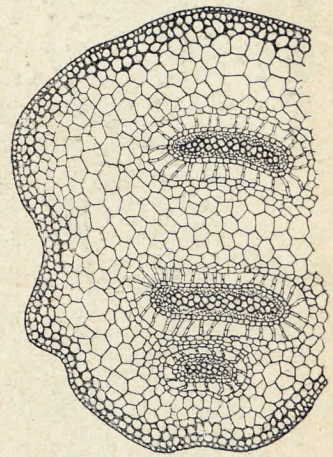
Budowa polistelicznа spotyka się tylko u paproci i widłaków; wśród widłaków występuje ona u pewnych gatunków rozpłaszczki *(Selaginella)* (ryc.378). Ten ostatni przypadek jest ciekawy przez to, że stele nie mają rdzenia i nie obejmują się wzajemnie, lecz przebiegają równolegle do siebie wzdłuż łodygi, łącząc się ze sobą tylko w miejscach jej rozgałęzień.

U większości skrzypów znajdujemy budowę schizosteliczną: solenoksyliczna stela jest podzielona na wiązki, przebiegające w międzywęzłach równolegle, oddzielone od siebie pasmami miękiszu, t. zw. pierwotnemi promieniami rdzeniowemi. Tylko w węzłach wiązki łączą się ze sobą poprzecznemi mostkami. Wiązki są w zewnętrznej części złożone z floemu, w wewnętrznej — z ksylemu. Są to t. zw. wiązki kollateralne. Podobna budowa steli jest prawidłem ogólnem u nasiennych; u paprotników spotyka się tylko u skrzypów.



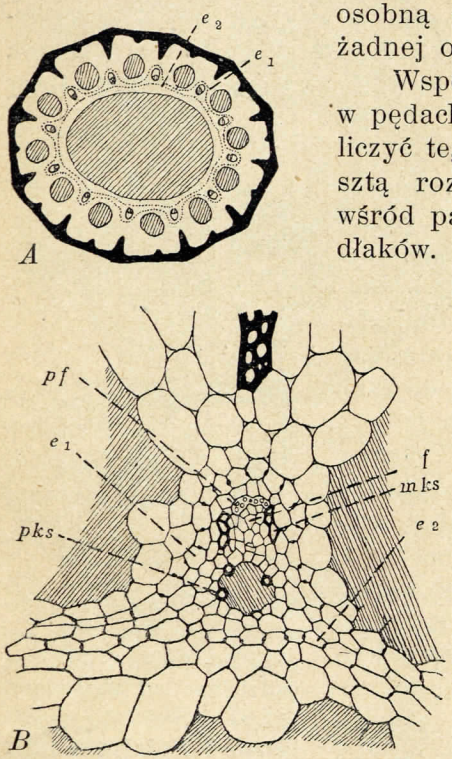
Ryc. 377. *Pteridium aquilinum.* Część steli silniej powiększona; *e* śródskórnia, *p* okolnica, *f* tkanka sitowa, *x* tkanka naczyniowa. — Według Bowera.

Rozpatrzmy bliżej te stosunki u współczesnych skrzypów. Zrozumienie budowy anatomicznej tych roślin utrudniają szerokie przestwory międzykomórkowe i słabe wykształcenie tkanek przeprowadzających; jedno i drugie stoi w związku z ich bytowaniem w miejscach podmokłych. Największy przestwór mieści się w środku łodygi, oprócz tego przebiega cały wieniec mniejszych kanałów naprzeciwko brózd na powierzchni łodygi. Pomiędzy temi kanałami a naprzeciwko żeberkowatych wypukłości mieszczą się wiązki sitowo-naczyniowe (ryc. 379). Różnicowanie się tkanek takiej wiązki w jednolitej początkowo tkance miękiszowej zaczyna się w dwóch punktach, położonych na tym samym promieniu: tkanka sitowa bliżej powierzchni, tkanka naczyniowa bliżej środka. Protoksylem ulega prędko zniszczeniu i na jego miejscu tworzy się jeszcze jeden kanał wypełniony powietrzem, w którym to kanale pozostają szczątki pierwszych naczyń. Dalsze naczynia tworzą się dalej od środka po obu stronach wiązki, tworząc razem z protoksylemem figurę podobną do podkowy. Tkanka naczyniowa jest zatem odśrodkowa. Pierwsze rurki sitowe również ulegają prędko zagładzie, następne zaś tworzą się bliżej środka pomiędzy obu gałęziami podkowy naczyniowej. Tkanka sitowa jest zatem, jak zawsze zresztą, dośrodkowa. Śródskórnia u skrzypów jest bardzo różnie wykształcona u różnych gatunków. Są trzy różne przypadki. W pierwszym przypadku, który można widzieć naprzykład u skrzypa polnego *(Equisetum arvense)*, jest tylko jedna śródskórnia, otaczająca z ze-



Ryc. 378. *Selaginella inaequalifolia.* Przekrój poprzeczny łodygi; stele są oddzielone od otaczającej tkanki miękiszowej osobną tkanką z obszernemi przestworami międzykomórkowemi. — Według Sachsa.

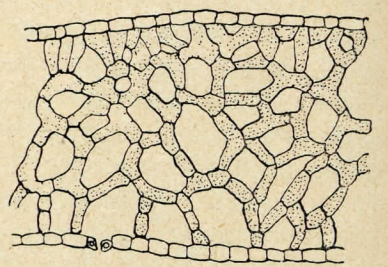
wnątrz walec osiowy. W drugim przypadku, którego przykładem może być skrzyp jesienny *(Equisetum hiemale)* (ryc. 379), oprócz śródskórni zewnętrznej wykształca się także śródskórnia wewnętrzna. Wreszcie w trzecim przypadku, np. u skrzypa bagiennego *(Equisetum limosum)*, każda wiązka jest otoczona osobną śródskórnią, natomiast niema żadnej ogólnej śródskórni.



Ryc. 379. *Equisetum hiemale.* — *A* Przekrój poprzeczny łodygi; czarną barwą oznaczona jest tkanka mechaniczna, kreskowaniem przestwory międzykomórkowe; e_1 śródskórnia zewnętrzna, e_2 śródskórnia wewnętrzna. — *B* Część tegoż przekroju silniej powiększona; te same oznaczenia, a nadto *mks* metaksylem, *pks* protoksylem, *f* floem, *pf* protofloem. — Według Potonié'go.

Współczesne paprotniki nie tworzą w pędach tkanek wtórnych, jeżeli nie liczyć tego rodzaju tworów, mało zresztą rozwiniętych u *Ophioglossaceae* wśród paproci i u *Isoëtinae* wśród widłaków. Natomiast u paleozoicznych przedstawicieli tego typu tkanki wtórne odgrywały bardzo ważną rolę, skutkiem czego wśród nich było dużo drzew wielkich rozmiarów.

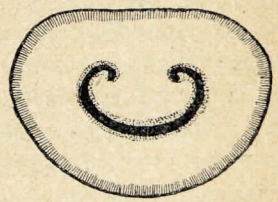
Budowa anatomiczna liści u paprotników jest o wiele prostsza niż budowa łodygi. Po obu stronach liście są pokryte warstwą skórki, której komórki zawierają często ciałka zieleni, co jest rzeczą naturalną u roślin cieniolubnych, jakiemi są zwykle paprotniki. W skórce są liczne szparki, przez które odbywa się żywa wymiana gazów. Główną masę liści stanowi miękisz asymilacyjny w jego formie gąbczastej; miękisz palisadowy występuje tylko wyjątkowo u form światłolubnych i nigdy nie jest silnie wy-



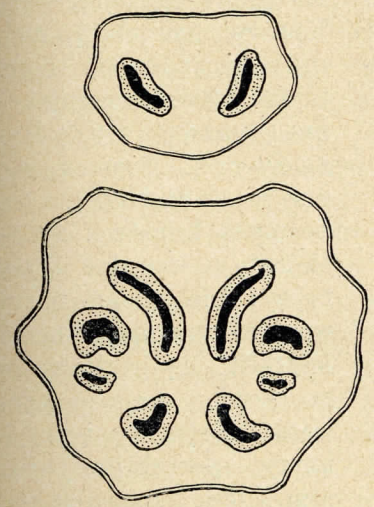
Ryc. 380. *Scolopendrium vulgare.* Przekrój liścia w części nie mającej steli.

kształcony (ryc. 380). Wśród tej tkanki asymilacyjnej przebiegają wiązki tkanek przeprowadzających, stanowiące przedłużenie liściośladów. Pasma, w których przebiegają te wiązki, są zazwyczaj zgrubiałe i noszą nazwę n e r w ó w.

U najpierwotniejszych paprotników — psilofitów — niema właściwie liści, tylko emergencje w formie kolców bez tkanek przeprowadzających. Jednakże, jak to już było podane powyżej (str. 331), można u nich prześledzić szereg przemian, które przemieniają stopniowo emergencje w liście: od steli łodygowej odchodzą u pewnych form liścioślady, które zatrzymują się u podstawy kolców, a u jednej z nich nawet wchodzą do nich. Z takich emergencyj wywodzą się prawdopodobnie drobne liście widłaków. Jest to narazie tylko hipoteza, bo form pośrednich między psilofitami a widłakami jeszcze nie znaleziono. Główną trudnością takiego nawiązania jest położenie zarodni, które u psilofitów zawsze wyrastają na końcach odgałęzień łodygi, a u widłaków — na liściach.



Ryc. 381. *Osmunda regalis.* Przekrój ogonka liściowego. Ksylem oznaczony czarną barwą, floem naokoło niego kropkowany. Śródskórnia niewyraźna.



Ryc. 382. Przekroje ogonków liściowych paproci. — U góry *Aspidium Dryopteris.* — U dołu *Pteridium aquilinum.* — Te same oznaczenia, co w poprzedniej rycinie. Gruba linja naokoło steli oznacza śródskórnię. — Oryginalne ryciny T. Szymkala.

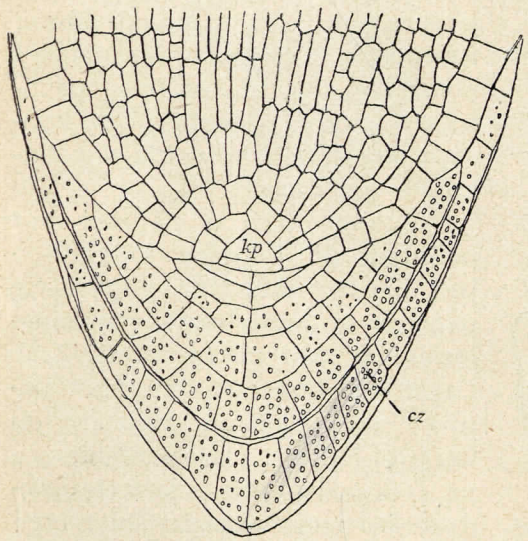
Budowa liści u paproci jest podobna do budowy łodygi, co jest bardzo naturalne, gdyż liście paproci są przeobrażonemi odgałęzieniami łodygi (por. str. 332). Część liści bliższa łodygi ma u paproci nawet kształt zbliżony do kształtu łodygi: nie jest spłaszczona, lecz walcowata — jest to o g o n e k. Do niego wchodzi jeden (ryc. 381) lub większa ilość liściośladów (ryc. 382). Jeżeli jest ich większa ilość, to są one ułożone przeważnie symetrycznie w dwie grupy po obu stronach jedynej płaszczyzny symetrji, jaką ma liść. Liściośłady mają budowę koncentryczną z ksylemem w środku,

otoczonym przez floem, a zazwyczaj nadto jeszcze przez okolnicę i śródskórnię. Są to odgałęzienia steli łodygowej, zachowujące zasadnicze cechy jej budowy. W części płaskiej liścia, bardziej oddalonej od łodygi, rozgałęziają się one obficie w rozmaity sposób stosownie do rozgałęzienia liścia, co będzie omówione szczegółowo w rozdziale, poświęconym paprociom. W ostatnich odgałęzieniach budowa ich upraszcza się stopniowo.

U skrzypów budowa liści jest prostsza: do liścia wchodzi z reguły tylko jedno cienkie odgałęzienie steli, mające jednak typową koncentryczną budowę i opatrzone śródskórnią.

Najprostszą budowę mają liście widłaków: do nich wchodzi z łodygi tylko kollateralna wiązka z ksylemem po górnej stronie i floemem po dolnej. U *Sigillaria* wiązka ta rozdwaja się.

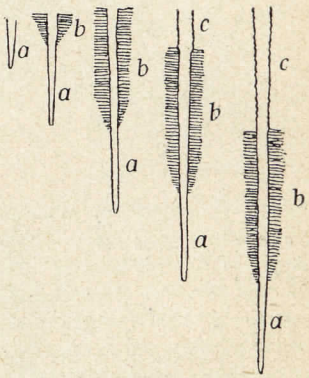
112. Korzenie. Są to narządy, które roślinę umocowują do podłoża i pobierają z niego wodę wraz z rozpuszczonemi w niej solami mineralnemi. Paprotniki nie mają korzenia głównego, stanowiącego przedłużenie głównego pędu wdół. Korzenie wyrastają u nich na boki z różnych części pędu; takie korzenie noszą nazwę przybyszowych. Tworzą się one przez rozrastanie się pewnych komórek śródskórni w łodydze i torują sobie drogę nazewnątrz, przebijając korę. Kształtu są walcowatego, koniec mają stożkowato zaostrzony i przykryty specjalnym tworem, t. zw. czapeczką. Czapeczka ochrania delikatną tkankę twórczą, znajdującą się na szczycie korzenia, przed zniszczeniem skutkiem ocierania się o glebę. Czapeczka przytem ściera się, ale odrasta wciąż od wewnątrz. Tkanka twórcza korzenia bierze swój początek przeważnie z pojedyńczej komórki początkowej, położonej na szczycie stożka wzrostowego (ryc. 383).



Ryc. 383. *Pteris cretica*. Przekrój podłużny przez szczyt korzenia; *kp* komórka początkowa, *cz* czapeczka. — Według Strasburgera.

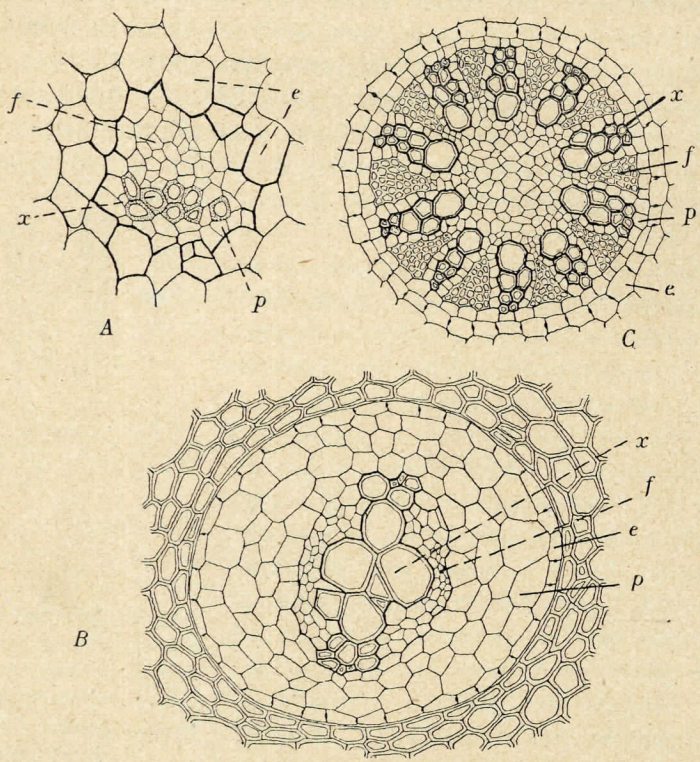
Rzadziej zdarza się, że komórek początkowych jest więcej. Wzrost na długość odbywa się tylko w części końcowej korzenia, stosunkowo bardzo krótkiej. Ponad tą częścią znajduje się starsza część, która już wzrost swój ukończyła. Wyróżnia się ona od rosnącej części korzenia włośnikami, które ją gęsto pokrywają. Jak to już było opisane w ust. 103, włośniki wyrastają z komórek skórki (ryc. 326). Są one bardzo delikatne i po pewnym czasie giną wraz ze skórką; zamiast nich wyrastają nowe w młodszych częściach korzenia, jak to jest przedstawione schematycznie na ryc. 384. Po opadnięciu włośników warstwa komórek położona pod skórką ulega skorkowaceniu i obejmuje rolę ochrony korzenia przed działaniem czynników zewnętrznych: jest to tak zwane eksodermis.

Budowa anatomiczna korzenia jest stosunkowo bardzo prosta. W środku jego mieści się walec osiowy, w zupełności zasługujący swoim kształtem na nazwę walca. Walec ten jest otoczony korą pierwotną złożoną z miękiszu; eksodermis stanowi jej zewnętrzną warstwę. Na powierzchni wreszcie jest skórka, o której już była mowa poprzednio. Walec osiowy jest odgraniczony od kory śródskórnią i okolnicą, tak samo jak w łodydze. Jego budowa w przeciwieństwie do walca osiowego łodygi jest zawsze jednakowa, a mianowicie promienista. Polega to na tem, że jeżeli poprowadzimy ze środka promienisto linje proste, to każda z tych linij napotka albo tylko tkankę sitową, albo tylko naczyniową, podczas gdy w łodydze taki promień napotkałby i jedną, i drugą. Taka budowa powstaje w ten sposób, że w jednolitej początkowo tkance zaczynają się różnicować w punktach, położonych przy okolnicy, naprzemian wiązki naczyniowe i sitowe. Proces ten postępuje ku środkowi korzenia, przyczem tkanka naczyniowa posuwa się dalej i często dosięga środka korzenia (ryc. 385). Zarówno tkanka naczyniowa, jak i sitowa są tu dośrodkowe. Ilość wiązek naczyniowych i sitowych w tym samym korzeniu jest jednakowa. Ilość ta może być bardzo rozmaita: od jednej do kilkunastu. Stosownie do tego korzenie noszą nazwy monarchicznych, diarchicznych,..., poliarchicznych. Monar-



Ryc. 384. Schemat kolejnych stadjów rozwojowych korzenia; *a* część wzrostowa, *b* część włośnikowa, *c* część skorkowacona. — Według Bonniera.

chiczne korzenie są zjawiskiem bardzo rzadkiem: na ryc. 385, *A* jest przedstawiony taki korzeń widłaka *Phylloglossum Drummondi*. U paprotników korzenie są najczęściej diarchiczne (ryc. 385, *B*). Poliarchiczne są charakterystyczne dla paproci z rodziny *Marattiaceae* (ryc. 385, *C*). Niewielka ilość wiązek w korzeniach paprotników stoi w związku ze słabym stosunkowo



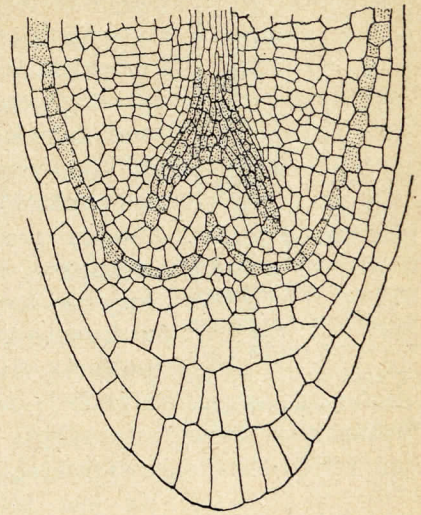
Ryc. 385. Przekroje poprzeczne steli korzeniowej paprotników. — *A Phylloglossum Drummondi*. — *B Pellaea sp.* — *C Marattia laevis*. — We wszystkich figurach: *e* śródskórnia, *p* okolnica (u *Pellaea* wielowarstwowa), *f* floem, *x* ksylem. — *A* i *B* według Bowera, *C* według van Tieghema.

rozwojem tych narządów. U roślin nasiennych diarchiczne korzenie są rzadsze.

Rozgałęzienie korzeni u paprotników może być dichotomiczne albo monopodjalne. Dichotomiczne jest charakterystyczne dla widłaków (ryc. 386). Monopodjalne jest właściwe pozostałym paprotnikom. Korzenie pochodne powstają ze śródskórni i torują sobie drogę poprzez korę. Tworzą się one naprzeciwko wiązek naczyniowych, skutkiem czego są ustawione

w pionowe rzędy (ryc. 387). Bardzo charakterystyczną cechą korzeni paprotników jest ustawienie wiązek korzeni pochodnych względem korzenia wyższego rzędu. Te korzenie pochodne są prawie zawsze diarchiczne. Otóż wyrastają one tak, że ich wiązki naczyniowe są prostopadłe do osi korzenia wyższego rzędu (ryc. 388, *A*). W przeciwieństwie do tego u roślin nasiennych wiązki naczyniowe korzeni pochodnych, o ile one są diarchiczne, ustawiają się równolegle do osi korzenia wyższego rzędu (ryc. 388, *B*).

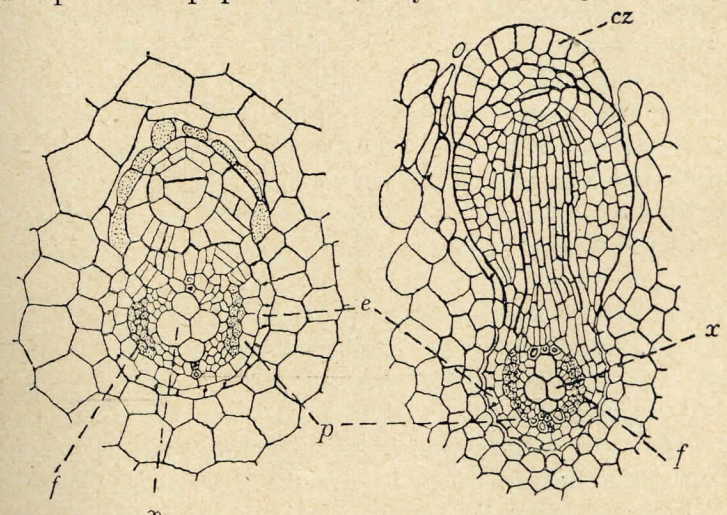
Przyrost wtórny w korzeniach występował tylko u paleozoicznych skrzypów. Psilofity i *Psilotinae* pomiędzy współczesnemi widłakami nie mają korzeni.



Ryc. 386. *Isoëtes palustre*. Rozgałęzienie korzeni (przekrój podłużny); zewnętrzna zacieniowana warstwa jest wspólną tkanką twórczą korzenia i czapeczki, wewnętrzna tkanka zacieniowana jest walcem osiowym. — Według van Tieghema.

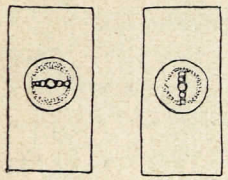
113. Zarodnie i zarodniki.

Forma diploidalna paprotników,



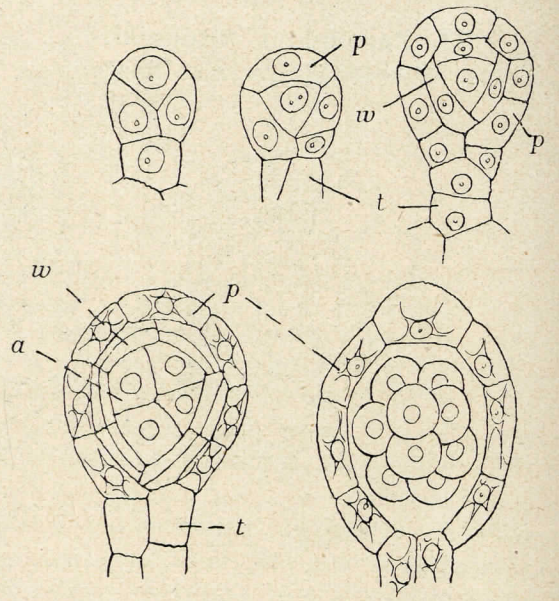
Ryc. 387. *Pteris cretica*. Rozgałęzienie korzeni (przekroje poprzeczne korzenia wyższego rzędu i zarazem podłużne korzenia pochodnego); *e* śródskórnia, *p* okolnica, *f* floem, *x* ksylem, *cz* czapeczka pochodnego korzenia. — Według van Tieghema.

którą zajmowaliśmy się dotąd, rozmnaża się bezpłciowo przy pomocy zarodników, powstających w zarodniach. Stąd nazywa się ona sporofitem. Zarodnie tworzą się, z wyjątkiem psilofitów, zawsze na liściach, u widłaków pojedyńczo, u innych paprotników grupami w większej lub mniejszej ilości. Zarodnie wykształcają się z jednej lub kilku powierzchniowych komórek liści przez uwypuklenie i przez podział. Jako przykład można przytoczyć przebieg tego procesu u paproci z rzędu *Filicales*, do których należy większość form tej gromady. Jedna z komórek powierzchniowych tworzy wypukłość, która oddziela się ścianką na poziomie powierzchni liścia. Nowa ścianka równoległa do powierzchni liścia dzieli to uwypuklenie na dwie części, z których górna jest zaczątkiem zarodni, dolna zaś zaczątkiem trzonka (ryc. 389). Najciekawsze są przemiany, którym ulega górna część: nabrzmiewa ona i przy pomocy czterech ukośnych ścianek odcina środkową tetraedryczną komórkę, stwarzając jednocześnie dla niej jednowarstwową powłokę. Ta powłoka pozostaje do końca jednowarstwową i komórki jej dzielą się tylko prostopadle do powierzchni. Natomiast komórka środkowa odcina ścianami równoległemi do powierzchni warstwę płaskich komórek, która jest zaczątkiem warstwy wyścielającej (tapetum), podczas gdy pozostała środkowa część jest zaczątkiem archesporjum. Warstwa wyścielająca w późniejszym rozwoju dzieli się jeszcze na dwie warstwy i spełnia zadanie odżywiania zarodników, powstających z archesporjum; ulega ona przytem zniszczeniu, rozpływając się w bezkształtną masę. Archesporjum składa się z 12 komórek, które powstają przez podział środkowej komórki. Są to komórki macierzyste zarodników; każda z nich przez dwukrotny podział daje cztery zarodniki. Pierwszy z tych podziałów jest redukcyjny i skutkiem tego jądra zarodników są haploidalne, podczas gdy komórki macierzyste były jeszcze diploidalne: (por. ryc. 31 A_1 i B_1). Trzonek zarodni jednocześnie z tem wydłuża się, dzieląc się wzdłuż na dwa szeregi komórek, które znowu dzielą się wpoprzek. Gotowe zarodniki otoczone są podwójną powłoką i zawierają jedno jądro. U innych paprotników rozwój odbywa się w szczegółach inaczej, zawsze jednak wytwarza się ścianka zarodni złożona przynajmniej z jednej warstwy komórek i pod nią warstwa wyścielająca. Tylko u *Psilotales* warstwy wyścielającej niema, zastępują ją komórki rozsiane wśród zarodników.



A *B*

Ryc. 388. *A* Położenie diarchicznego korzenia pochodnego względem korzenia wyższego rzędu u paprotników. — *B* To samo u nasiennych. — Według VAN TIEGHEMA.

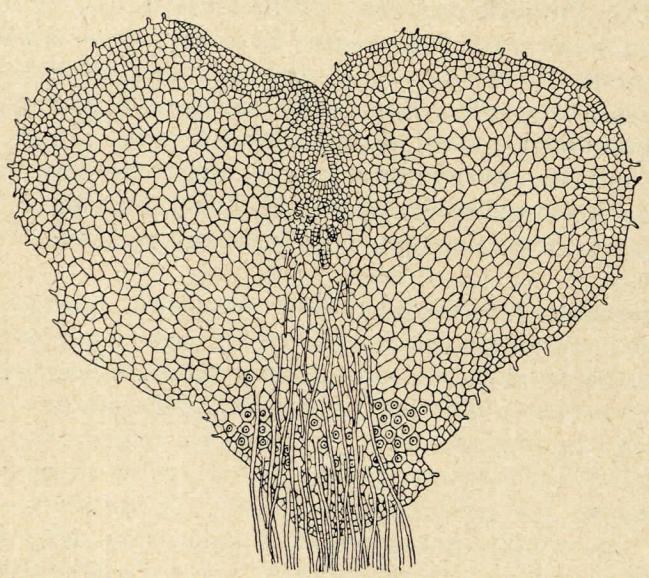


Ryc. 389. *Aspidium Filix mas.* Kolejne stadja rozwojowe zarodni; *t* trzonek, *p* powłoka zarodni, *w* warstwa wyścielająca, *a* archesporjum. — Według KNY.

U pewnej części paprotników występuje bardzo ciekawa osobliwość: dwupostaciowość zarodni i zawartych w nich zarodników. Są tu zarodnie stosunkowo duże z większemi zarodnikami i mniejsze z mniejszemi zarodnikami; makrosporangja z makrosporami i mikrosporangja z mikrosporami. Jedne i drugie tworzą się na tych samych roślinach, ale niezawsze na tych samych liściach. To zróżnicowanie zarodników ma wielkie znaczenie, bo z niem w związku stoi dwupostaciowość pokoleń haploidalnych, jak to będzie bliżej wyjaśnione w ust. 114 i 124. Dwupostaciowość zarodników wytworzyła się niezależnie we wszystkich trzech głównych gromadach paprotników: u paproci tak samo, jak u skrzypów i widłaków. Rozróżniamy wobec tego w każdej z tych gromad dwie grupy: jednakozarodnikową i różnozarodnikową.

114. Przedrośle. Plemnie i rodnie. Pokolenie haploidalne paprotników nazywa się przedroślem (prothallium). Ponieważ to pokolenie rozmnaża się tylko płciowo przy pomocy gamet, nazywa się ono także gametofitem. Jest to zawsze drobna plechowata roślinka kilku milimetrów, wyjątkowo kilku centymetrów długości. Kształt jej jest rozmaity. Klasyczną formą jest blaszkowata w formie serca, właściwa większej części paproci (ryc. 390). Taka blaszka składa się z jednej warstwy komórek i tylko w środkowej części jest wielowarstwowa. Wierzchołek wzrostu mieści się w wycięciu na przednim szerszym

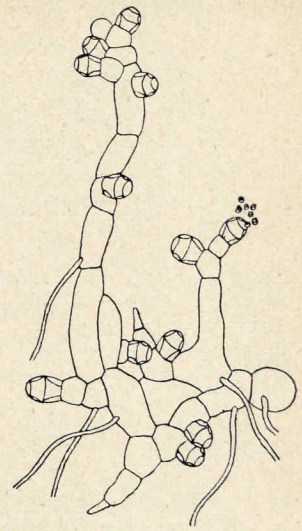
końcu blaszki. Przedrośle takie żyć może tylko w wilgotnych zacienionych miejscach, gdzie przylega ono do ziemi, umocowując się do podłoża przy pomocy chwytników. Organy rozmnażania wyrastają na dolnej stronie przedrośla: rodnie w przedniej części niedaleko wycięcia, plemnie w części tylnej. Jeżeli przedrośla wyrastają skupione w wielkiej ilości na niewielkiej przestrzeni, wykształcają się one inaczej: przybierają postać nitkowatą i wytwarzają tylko plemnie (ryc. 391). Niektóre paprocie, np. liczne *Hymenophyllaceae* i *Schizaeaceae,* mają



Ryc. 390. *Aspidium Filix mas.* Przedrośle widziane od spodu z rodniami w górnej i plemniami w dolnej części. Ze środkowej części wyrastają liczne chwytniki. — Według Kny.

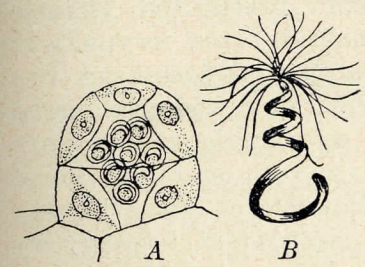
przedrośla zawsze nitkowate, ale obupłciowe. Wogóle przedrośla paprotników jednakozarodnikowych są z reguły obupłciowe, z wyjątkiem jedynie skrzypów. Blaszkowate i nitkowate przedrośla zawierają chlorofil i odżywiają się jak rośliny samożywne. Krańcowo przeciwnym typem są bryłowate podziemne przedrośla pozbawione chlorofilu i prowadzące żywot roztoczy w symbiozie z grzybami. Pewna część tkanki jest wypełniona u takich przedrośli kłębkami strzępek, podobnie jak w mykorhizach roślin nasiennych. Ten typ przedrośli jest charakterystyczny między innemi dla widłaków. Budowa anatomiczna przedrośli jest bardzo prosta i nie wykazuje tkanek naczyniowych i sitowych.

Plemnie i rodnie mają w przedroślach paprotników zasadniczo tę samą budowę, co u mszaków. Ścianki ich składają się co najmniej z jednej warstwy komórek. Plemnie mają postać woreczków, rodnie kształt buteleczek opatrzonych szyjką. Daje się jednak zaznaczyć pewne uproszczenie budowy i zmniejszenie wymiarów w porównaniu z podobnemi narządami mszaków. Rodnie są nadto dolną, szerszą częścią zagłębione w tkance przedrośla i ponad powierzchnią jego wysuwa się tylko szyjka.



Ryc. 391. *Aspidium Filix mas.* Nitkowate przedrośle z plemniami. — Według Kny.

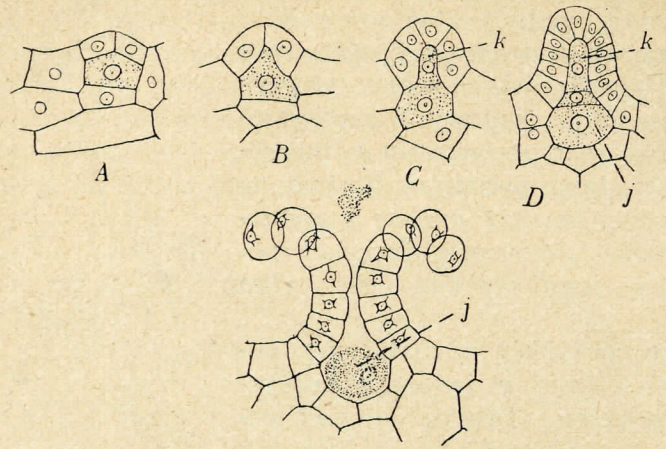
Jako przykład rozpatrzymy powstawanie plemni u jednej z paproci *(Gymnogramme).* Tworzą się one z pojedyńczych powierzchniowych komórek przez uwypuklenie. Takie uwypuklenie oddziela się od komórki macierzystej i dzieli się dalej. Ostateczna budowa plemni jest taka, że jej ścianka składa się z dwóch pierścieniowatych komórek, leżących jedna na drugiej, i ze szczytowej komórki, zamykającej plemnię od góry (ryc. 392, *A* [1]). Pozostała po odcięciu ścianek środkowa komórka dzieli się na pewną ilość komórek macierzystych plemników, z których każda wytwarza jeden plemnik. Plemniki mają charakterystyczny kształt laseczki spiralnie skręconej z pękiem rzęsek na jednym końcu (ryc. 392, *B*). Wydostają się one nazewnątrz, przerywając szczytową komórkę. Ciało plemników składa się głównie z substancji jądrowej. Kształt i budowa ich są naogół takie same, jak u mszaków, główną różnicą jest wielka ilość rzęsek, których u mszaków jest tylko dwie. Najbardziej zbliżone do mszaków są plemniki widłaków, u których przeważnie są tylko dwie



Ryc. 392. *Gymnogramme sulfurea.* — *A* Plemnia. — *B* Plemnik. — Według Sadebecka.

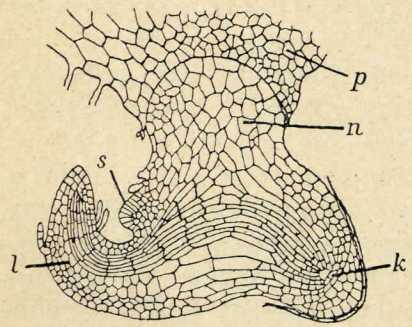
[1]) Na ryc. 392, *A* przez pomyłkę w pierścieniowatych komórkach są wyrysowane po dwa jądra.

rzęski. Plemniki mogą dostać się do rodni i dokonać zapłodnienia tylko pływając w wodzie; skutkiem tego paprotniki mogą rozmnażać się tylko w miejscach wilgotnych.



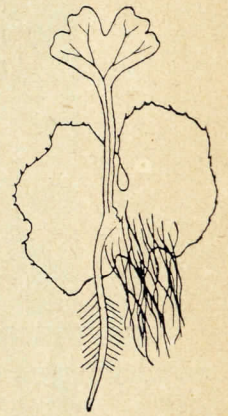
Ryc. 393. *Osmunda regalis.* Rozwój rodni; *k* komórki kanałowe, *j* komórka jajowa. — Według SADEBECKA.

Powstawanie rodni rozpatrzymy także na przykładzie paproci, mianowicie u *Osmunda regalis.* Jedna z powierzchniowych komórek dzieli się przy pomocy ścianki równoległej do powierzchni na dwie komórki (ryc. 393). Zewnętrzna komórka zostaje podzielona na cztery części dwiema skrzyżowanemi przegrodami prostopadłemi do powierzchni przedrośla. Te cztery komórki przez uwypuklenie i przez podział ściankami równoległemi do powierzchni przedrośla wytwarzają szyjkę złożoną z czterech szeregów komórek. Wewnętrzna komórka uwypukla się również i tworzy wyrostek, który wciska się pomiędzy cztery szeregi szyjki. Z tego uwypuklenia odcinają się dwie komórki kanałowe, które przy dojrzewaniu rodni rozpływają się w śluzowatą masę. Pozostała po odcięciu komórek kanałowych dolna część komórki wewnętrznej zamienia się w komórkę jajową. Ta komórka zaraz po zapłodnieniu



Ryc. 394. *Pteridium aquilinum.* Zarodek młodej roślinki diploidalnej, tkwiący jeszcze nogą w przedroślu; *p* przedrośle, *n* noga, *l* liść, *k* korzeń, *s* stożek wzrostowy pędu. — Według HOFMEISTERA.

wytwarza przez podział młody sporofit. Początkowo zarodek pozostaje wewnątrz rodni, ale wkrótce staje się ona zbyt ciasną i młoda roślinka wysuwa się nazewnątrz, pozostając narazie przytwierdzona do przedrośla przy pomocy specjalnego wyrostka, t. zw. nogi (ryc. 394, *n*). Przy pomocy nogi młoda roślinka wysysa z przedrośla substancje pożywne, zanim zacznie się odżywiać samodzielnie. Z poszczególnych narządów najpierw wytwarza się liść a na przeciwległym końcu korzeń (ryc. 395), nieco później wykształca się stożek wzrostowy pędu (ryc. 394, *s*). U innych paprotników rozwój pokolenia diploidalnego odbywa się często inaczej, różnice te jednak nie mają zasadniczego znaczenia.



Ryc. 395. *Aspidium Filix mas.* Młoda roślinka z przedroślem. — Według STRASBURGERA.

Osobno trzeba omówić rozwój przedrośli u paprotników różnozarodnikowych. Są one zawsze dwupostaciowe i daleko słabiej rozwinięte, niż u paprotników jednakozarodnikowych. Z mikrospory wyrasta przedrośle męskie złożone z niewielu komórek i ukryte zwykle całkowicie wewnątrz powłoki zarodnika. Z makrospory wyrasta przedrośle żeńskie, znacznie większe, jednak częściowo ukryte w powłoce zarodnika. Dokładniej te stosunki będą objaśnione na przykładzie salwinji *(Salvinia natans)* w rozdziale poświęconym paprociom (ust. 124).

115. Podział paprotników. Paprotniki dzielą się na 4 gromady: psilofity *(Psilophytinae)*, paprocie *(Filicinae)*, skrzypy *(Equisetinae)* i widłaki *(Lycopodiinae)*. Charakterystyczne cechy sporofitów u tych gromad mogą być zestawione w następującą tabelę:

A) Pędy dichotomicznie rozgałęzione, bezlistne, co najwyżej z kolcami bez tkanek przeprowadzających. Korzeni niema. Zarodnie na końcach odgałęzień łodygi. Psilofity.

B) Pędy ulistnione. Korzenie są. Zarodnie na liściach.

a) Liście duże w stosunku do łodygi. Zarodnie w większej ilości na liściach zwykłych albo na specjalnych sporofilach. W tym ostatnim przypadku sporofile osadzone na łodydze razem z liśćmi wegetatywnemi. Paprocie.

*

b) Liście drobne. Sporofile ułożone w kwiaty.
a) Łodyga rozczłonkowana na węzły i międzywęźla. Z węzłów wyrastają okółkowo ustawione liście i gałęzie. Zarodnie na sporofilach liczne. Skrzypy.
β) Łodyga jednolita, dichotomicznie rozgałęziona. Liście na niej gęsto osadzone. Zarodnie na sporofilach pojedyńcze. Widłaki.

ROZDZIAŁ XXIII

PSILOFITY

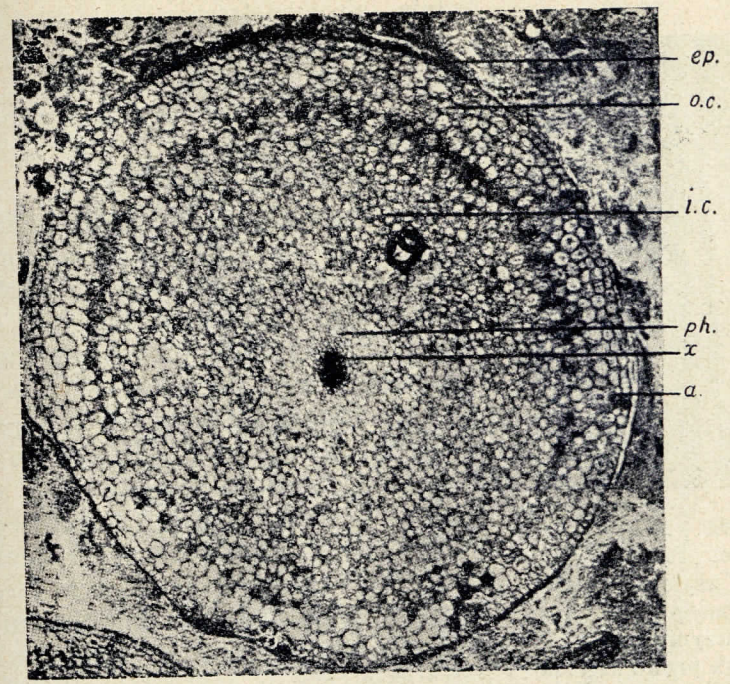
116. Psilofity są, jak to już było podane powyżej, najpierwotniejszemi paprotnikami. Stanowią one główny składnik flory dolno i środkowo-dewońskiej. Występowały one także w górnym sylurze. W dewońskich pokładach zachowały się resztki ich w wielu przypadkach tak dobrze, że można było zbadać dokładnie budowę anatomiczną.



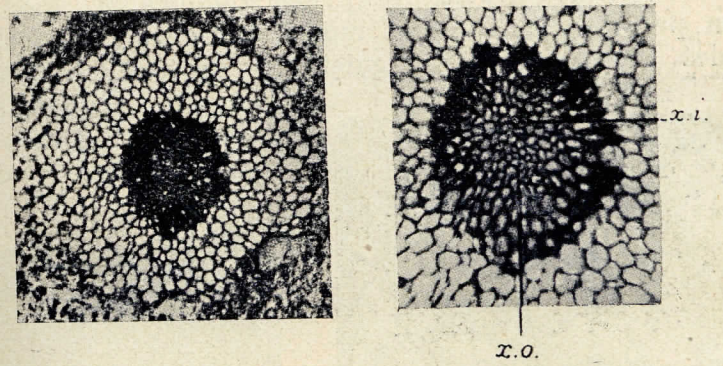
Ryc. 396. *Rhynia Gwynne-Vaughani.* Przekrój podłużny pędu powietrznego. *St* — walec osiowy (stela). 30×. — Według Zimmermanna.

Morfologja zewnętrzna psilofitów była już opisana w ust. 110. Zajmiemy się wobec tego tylko anatomją. Bezlistne pędy tych roślin mają wierzchołek wzrostu opatrzony licznemi komórkami początkowemi. Budowa ich jest protosteliczna, co jest widoczne np. u *Rhynia* (ryc. 396—398). Ksylem jest odśrodkowy, floem złożony z jednakowych prozenchymatycznych komórek bez sit. Śródskórni niema. Naczynia są pierścieniowate albo spiralne (u innych przedstawicieli tej gromady także

siatkowate). Widoczne to jest szczególnie wyraźnie u innej formy psilofitów, u *Asteroxylon* (ryc. 399). Gruba kora pierwotna

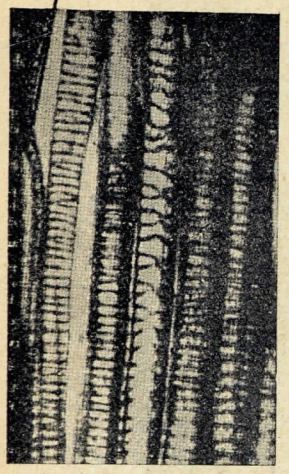


Ryc. 397. *Rhynia major.* Przekrój poprzeczny pędu powietrznego. *x* tkanka naczyniowa (ksylem), *ph* tkanka sitowa (floem), *i. c.* kora wewnętrzna, *o. c.* kora zewnętrzna, *ep* skórka, *a* komora oddechowa pod szparką (?). 18×. — Według Kidstona i Langa.



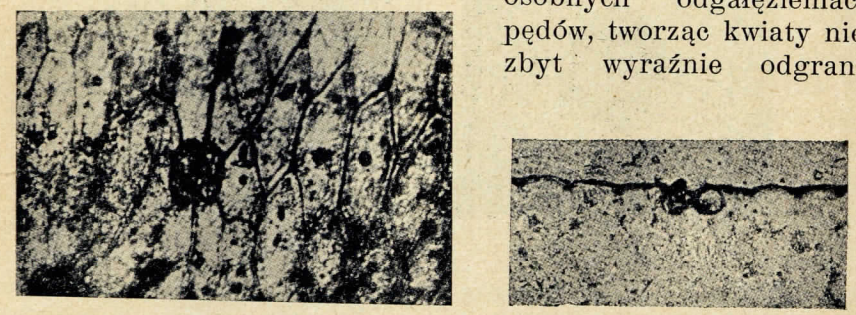
Ryc. 398. *Rhynia major.* Szczegóły przekroju ryc. 397. — Na lewo walec osiowy z ksylemem i floemem. 30×. — Na prawo ksylem: *xi* położony w środku protoksylem, *x. o.* położony na obwodzie metaksylem. 54×. — Według Kidstona i Langa.

jest pokryta skórką ze szparkami (ryc. 400). W innych rodzajach występują pewne odchylenia bez większego znaczenia, np. u *Asteroxylon*, jak na to wskazuje nazwa, ksylem ma w przekroju formę gwiazdy. Z kłączy wyrastają włośniki. Zarodnie mają grubą wielowarstwową ściankę.



Ryc. 399. *Asteroxylon Mackiei.* Przekrój podłużny ksylemu z pędu nadziemnego, *px* wąskie naczynie protoksylemu, na prawo szersze naczynia metaksylemu. 189×. — Według Kidstona i Langa.

117. Inne dewońskie paprotniki. Jako dodatek do psilofitów omówimy tu dziwne paprotniki z górnych pokładów środkowego dewonu, w których psilofity już wygasają. Rośliny te nie dadzą się zaliczyć do żadnej z wymienionych poprzednio gromad paprotników. Są to rodzaje: *Cladoxylon* (ryc. 401—403), *Hyenia* (ryc. 404) i *Calamophyton* (ryc. 405). Charakteryzują się one „wiechciowatem“ rozgałęzieniem pędów, co pochodzi z dichotomji, powtarzającej się kilkakrotnie na krótkim odcinku pędu. Podobne rozgałęzienie ma u psilofitów *Pseudosporochnus* (ryc. 359), pochodzący z tych samych pokładów, co omawiane rośliny. Dalej cechą charakterystyczną są dichotomicznie rozgałęzione liście bez nerwów; brak nerwów jest pewny przynajmniej dla *Cladoxylon*. Nie są to zatem prawdziwe liście, lecz raczej emergencje. Sporofile są również dichotomicznie rozgałęzione. Są one skupione na osobnych odgałęzieniach pędów, tworząc kwiaty niezbyt wyraźnie odgrani-



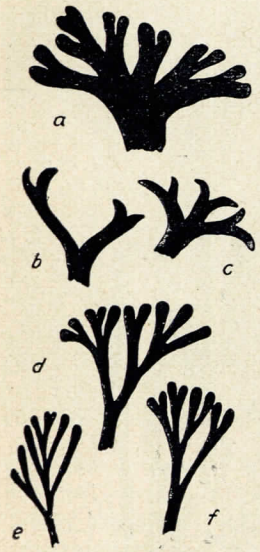
Ryc. 400. *Rhynia Gwynne-Vaughani.* Skórka widziana z powierzchni i szparka w przekroju. 114×. — Według Kidstona i Langa.

czone od innych części pędów. Zarodnie są osadzone na szczytach odgałęzień sporofilów.

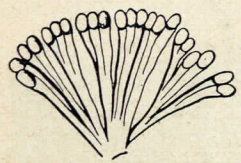


Ryc. 401. *Cladoxylon scoparium.* Rekonstrukcja $^2/_3$ naturalnej wielkości. — Według Kräusela i Weylanda.

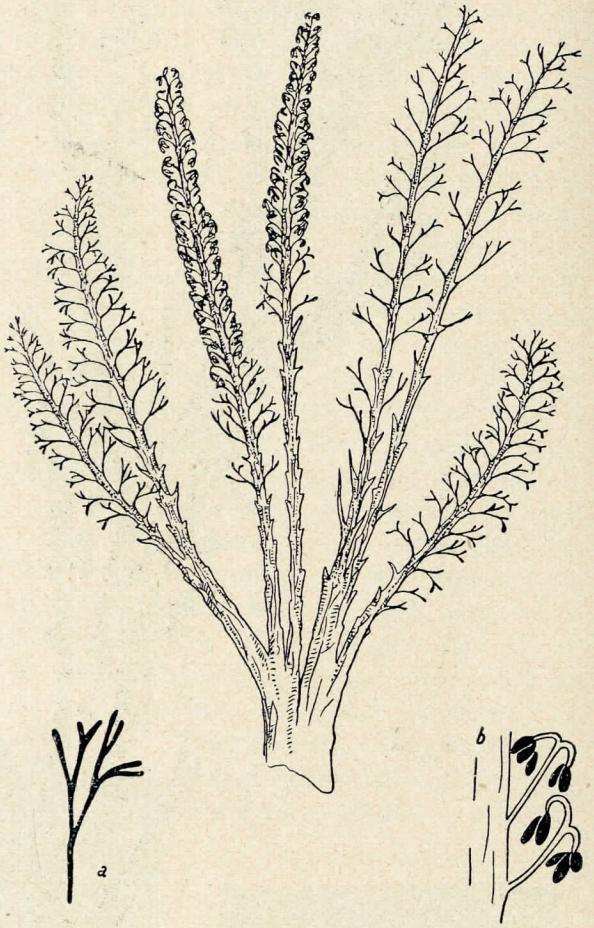
U *Cladoxylon* sporofile (ryc. 403) są kształtu wachlarzowatego, co można traktować jako skupioną wielokrotną dichotomję. U *Hyenia* (ryc. 404) i *Calamophyton* (ryc. 405) sporofile są jednokrotnie dichotomiczne, z zarodniami zwróconemi ku łodydze. Ta cecha zbliża je do skrzypów. Najbardziej zbliża się do nich *Calamophyton*, u któ-



Ryc. 402. *Cladoxylon scoparium*. Liście: *a—c* z dolnej części, *d—f* z górnej części pędów. $2^1/_2\times$. — Według KRÄUSELA i WEYLANDA.

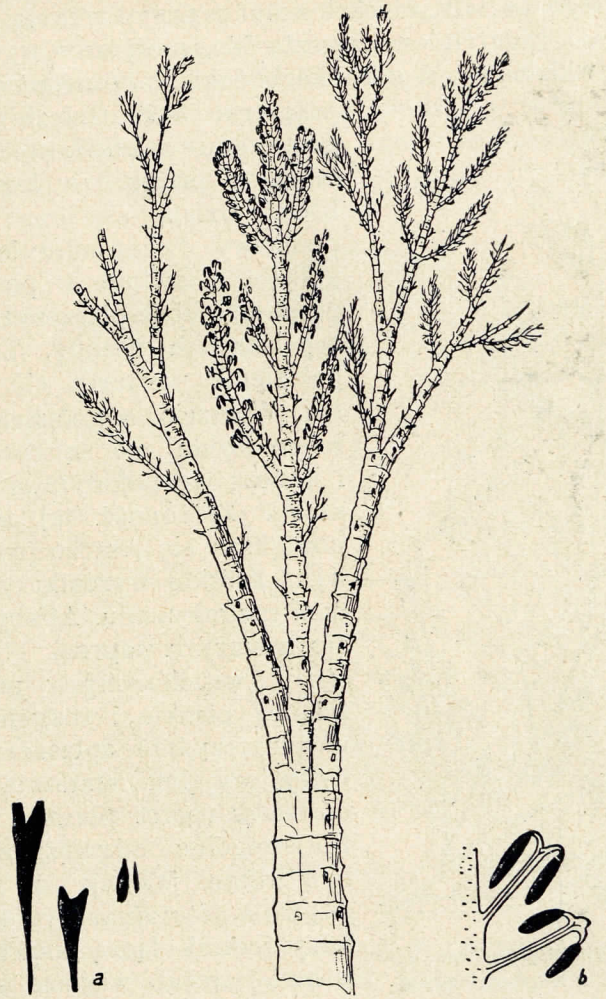


Ryc. 403. *Cladoxylon scoparium*. Sporofil. $2\times$. — Według KRÄUSELA i WEYLANDA.



Ryc. 404. *Hyenia elegans*. Rekonstrukcja $^1/_2$ naturalnej wielkości *a* liść osobno. *b* sporofile z zarodniami. — Według KRÄUSELA i WEYLANDA.

rego zaznacza się rozczłonkowanie łodygi na węzły i międzywęźla. Te dwa rodzaje mogą być uważane za najpierwotniejsze skrzypy. Natomiast podobny do nich pod wieloma względami *Cladoxylon* nie da się nawiązać do żadnych innych paprotników.



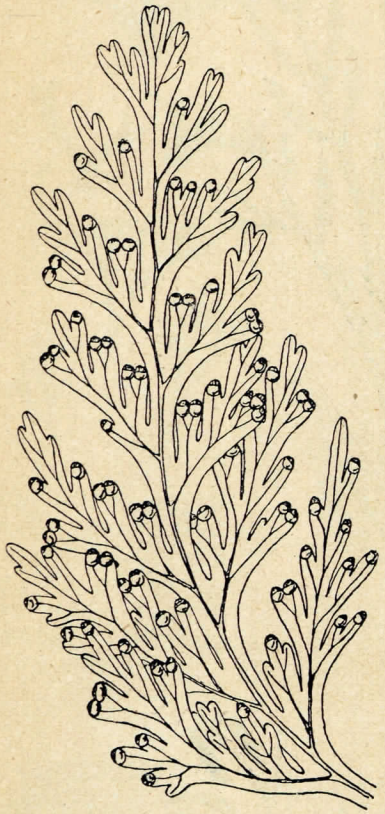
Ryc. 405. *Calamophyton primaevum*. Rekonstrukcja $^1/_2$ nat. wielk. *a* liście osobno, *b* sporofile z zarodniami. — Według KRÄUSELA i WEYLANDA.

ROZDZIAŁ XXIV

PAPROCIE

117. Ogólna morfologja. Jak to już było podane powyżej, paprocie charakteryzują się dużemi w porównaniu do łodygi liśćmi. W młodości na końcu ślimakowato zwinięte, są one sil-

nie rozgałęzione. Zazwyczaj są one płaskie i rozgałęzione w płaszczyźnie spłaszczenia. U form starych jest nieraz inaczej: gałęzie są walcowate i nie leżą w jednej płaszczyźnie. Liście mają skutkiem tego kształt „wiechciowaty“ i przypominają odgałęzienia łodygi, z których one zresztą filogenetycznie wywodzą się. Można to widzieć np. u górnokarbońskiego *Stauropteris oldhamia* (ryc. 362). Gałęzie pierwszego rzędu odchodzą tu naprzemian w prawo i w lewo od osi liścia. Dzielą się one u samej podstawy dichotomicznie na dwie gałęzie, ustawione w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny, w której leżą ich nasady. Takie rozgałęzienie powtarza się trzykrotnie. Wreszcie odgałęzienia ostatniego rzędu nie są rozgałęzione i kończą się pojedyńczemi zarodniami. Złożoność tej morfologji powiększa się jeszcze przez aflebja, krótkie wyrostki przy każdem rozgałęzieniu. Aflebja są często u starych paproci.

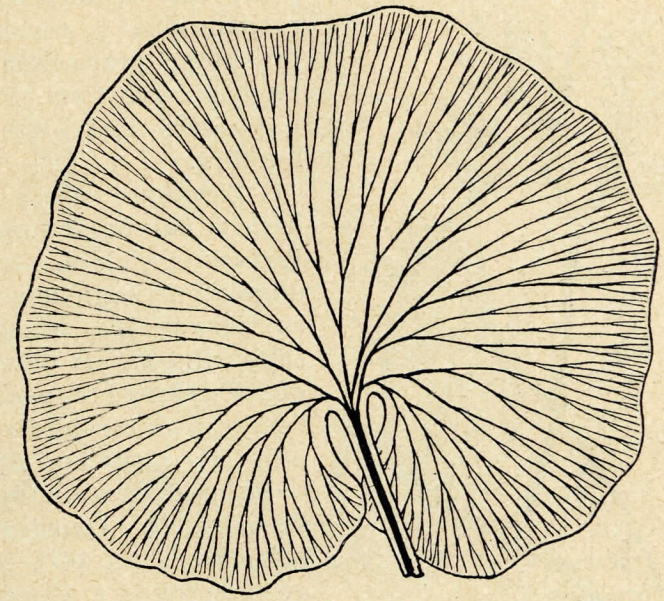


Ryc. 406. *Hymenophyllum dilatatum*. Liść z kupkami zarodni na końcach nerwów. — Według Sadebecka.

U współczesnych paproci liście są płaskie i rozgałęziają się w płaszczyźnie spłaszczenia. Jedyny wyjątek stanowią *Ophioglossales* (patrz poniżej ust. 122). Poszczególne odgałęzienia mogą być wolne, jak np. u *Hymenophyllum dilatatum* (ryc. 406). Częściej jednak łączą się brzegami w mniejsze lub większe kompleksy, w pewnych przypadkach nawet wszystkie w jednolitą pozornie blaszkę, jak np. u *Trichomanes reniforme* (ryc. 407). Charakter rozgałęzienia można jednak zawsze ustalić według przebiegu nerwów, bo każde odgałęzienie zaznacza się pasmem tkanek przeprowadzających.

W rzadkich przypadkach rozgałęzienie jest całkowicie dichotomiczne, np. w liściach wegetatywnych *Rhipidopteris peltata* (ryc. 408) albo u *Trichomanes reniforme* (ryc. 407). Zazwyczaj jest ono monopodjalne czyli, jak się to inaczej mówi,

pierzaste. Jednak dichotomja zaznacza się zawsze w ten czy inny sposób. U opisanego powyżej *Stauropteris oldhamia* widzieliśmy rozgałęzienie dichotomiczne, następujące naprzemian z pierzastem. U starych paproci dichotomja występuje wogóle wybitniej: jest to cecha morfologiczna bardziej pierwotna od monopodjalności. U paproci współczesnych dichotomja jest mniej wyraźna i zwykle występuje głównie w ostatnich rozgałęzieniach nerwów, które są prawie zawsze dichotomiczne. Można to widzieć naprzykład u naszej języczycy (ryc. 408 *a*).



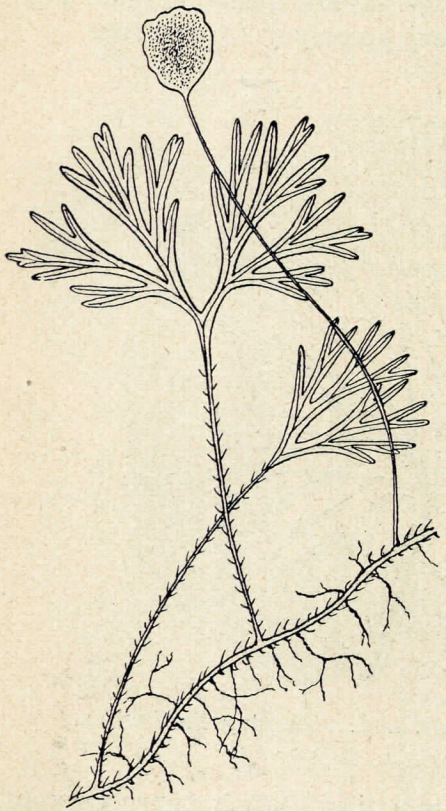
Ryc. 407. *Trichomanes reniforme*. Liść. — Według Thompsona.

Pierwotny charakter dichotomji w liściach paproci wypływa także z ich rozwoju: pierwsze liście są zawsze dichotomiczne. W następnych dichotomja stopniowo ustępuje miejsce monopodjalności. Widoczne to jest dobrze np. u *Osmunda regalis* (por. ryc. 409 i 420). Jest to przejaw prawa biogenetycznego, według którego w rozwoju osobnika powtarza się w skróceniu rozwój rodowy.

Z powyższego przedstawienia rzeczy wynika, że liście paproci stosunkowo słabo różnicują się od łodygi. O tem samem świadczy także występowanie w tej gromadzie liści o nieograniczonym wzroście, np. u *Lygodium* (ryc. 410), gdzie liść dorasta 30 metrów długości i pnie się po drzewach. Podobieństwo liści

paproci do łodygi ujawnia się także w ich budowie anatomicznej, jak to już było podane powyżej (str. 345).

Zarodnie tworzą się na liściach zwykłych (wegetatywnych) albo na specjalnych sporofilach, mających odmienną morfologję. Widzieliśmy to już u *Onoclea Struthiopteris* (ryc. 367) i *Rhipidopteris peltata* (ryc. 408). Ciekawy przypadek tego rodzaju zachodzi u *Platycerium* (ryc. 411). Są to podzwrotnikowe epifity, u których liście płonne są nerkowate i przylegają do kory drzew, sporofile zaś są dichotomicznie rozgałęzione i wznoszą się do góry, przewieszając się swojemi szczytami. Sporofile u paproci nigdy nie tworzą kwiatów.

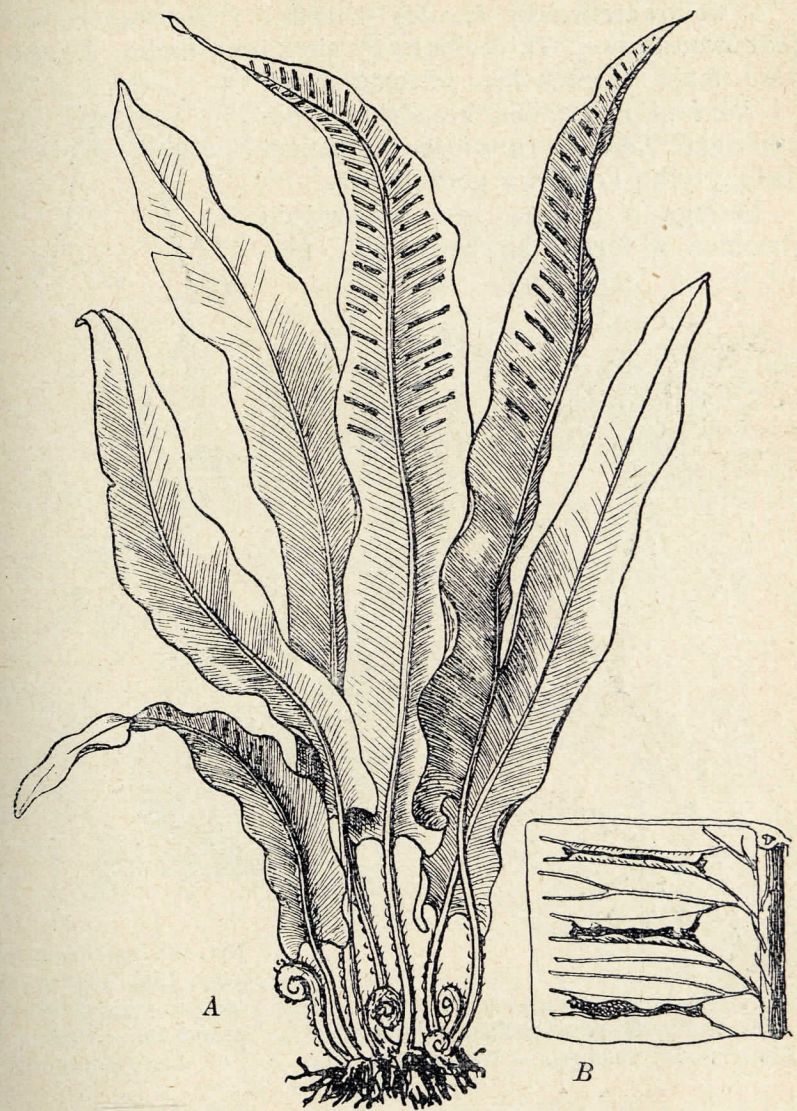


Ryc. 408. *Rhipidopteris peltata.* Roślina z dwoma płonnemi dichotomicznie rozgałęzionemi liśćmi i jednym zarodnikonośnym nierozgałęzionym. — Według Dielsa.

Zarodnie tworzą się na liściach paproci w dużej ilości. Wyrastają one na szczytach odgałęzień (względnie na końcu nerwów na brzegu blaszki) albo na ich dolnej stronie. Pierwszy przypadek mieliśmy u *Stauropteris oldhamia* (ryc. 362) i u *Hymenophyllum dilatatum* (ryc. 406), drugi — u *Onoclea Struthiopteris* (ryc. 367), języczycy (ryc. 408 *a*) i *Platycerium* (ryc. 411). Pierwszy przypadek jest bardziej pierwotny: w nim położenie zarodni odpowiada ich położeniu u psilofitów.

Zarodnie paproci w rzadkich tylko przypadkach wyrastają pojedyńczo, tak jak u *Stauropteris oldhamia* (ryc. 362). Najczęściej są zebrane w grupy zwane kupkami (sori). Kupki powstają na poduszkowatem zgrubieniu blaszki na jednym z nerwów (ryc. 412). Bywają one często osłonięte zawiniętym brzegiem liścia albo specjalnym blaszkowatym wyrostkiem jego, t. zw. zawijką (indusium).

Zarodnie paproci tworzą się albo z pojedyńczych komórek skórki, jak to już było opisane powyżej (str. 350), albo

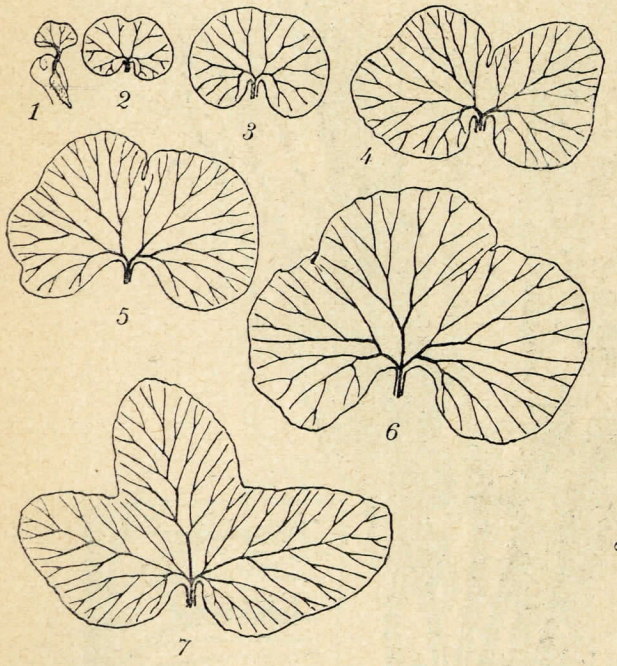


Ryc. 408 *a*. Języczyca *(Scolopendrium vulgare).* — *A* pokrój rośliny pomniejszony. — *B* Część liścia nieco powiększona dla pokazania unerwienia. Pomiędzy nerwami drugiego rzędu wydłużone skupienia zarodni. — *A* według Dielsa, *B* według Luerssena.

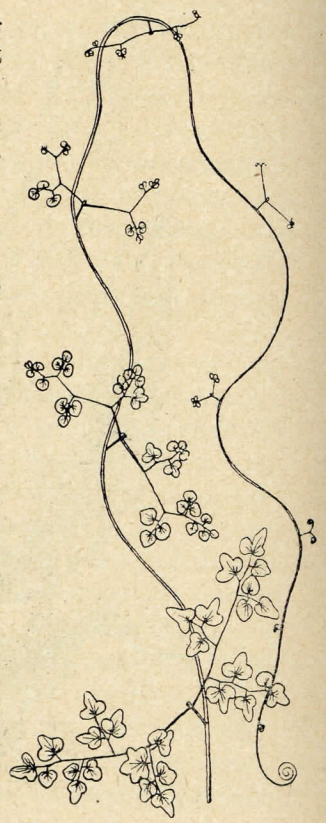
z kompleksu komórek, złożonego z kilku komórek skórki i położonego pod nią miękiszu. W tym drugim przypadku, który

jest bardziej pierwotny, ścianki zarodni są wielowarstwowe. W pierwszym natomiast ścianki te są jednowarstwowe. Na tem opiera się stosowany nieraz podział paproci na *Eusporangiatae* o wielowarstwowej ściance zarodni i *Leptosporangiatae* o jednowarstwowej. Ta cecha łączy się z inną cechą: *Eusporangiatae* mają wierzchołek wzrostu łodygi i korzeni z licznemi komórkami początkowemi, *Leptosporangiatae* natomiast z jedną tylko komórką początkową.

Łodyga u paproci jest przeważnie podziemna w formie kłącza, zwykle płożącego się. Jest ona nierozgałęziona lub rozgałęziona dichotomicznie (ryc. 364). Łodygi nadziemne są rzadsze i wtedy tylko wyjątkowo bywają rozgałęzione (ryc. 414). W krajach gorących i wilgotnych takie łodygi dorastają znacznej wysokości (do 10 metrów) i osiągają znaczną grubość (ryc. 413). U podstawy są one cienkie, wyżej średnica zwiększa się do

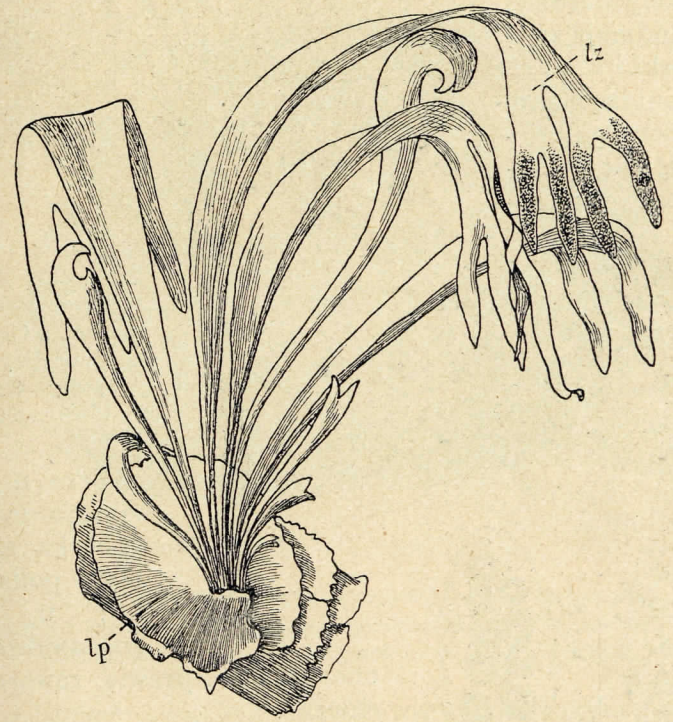


Ryc. 409. *Osmunda regalis*. Następujące po sobie liście młodej roślinki. — Według Bowera.



Ryc. 410. *Lygodium scandens*. Liść z nieograniczonym wierzchołkowym wzrostem. — Według Velenowskyego.

pewnej wysokości, poczem nie zmienia się aż do szczytu (ryc. 373). Jest to skutek stopniowego zwiększenia szerokości wierzchołka wzrostowego i braku przyrostu wtórnego. Budowa pnia u paproci drzewiastych jest bardzo ciekawa. Ma on grubą korę złożoną ze splecionych i zrośniętych korzeni, które wyrastają obficie z łodygi w miarę jej wzrostu (ryc. 414). Liście są na łodydze osadzone skrętolegle albo okółkowo. Wyrastają one w pewnych przypadkach gęsto jeden obok drugiego, jak to



Ryc. 411. *Platycerium alcicorne*. Pokrój rośliny (dziesięciokrotnie pomniejszony); *lz* liście zarodnikonośne (sporofile), *lp* liście płonne. — Według Dielsa.

jest u drzewiastych paproci, gdzie tworzą pęk na szczycie pnia przez to, że dolne w miarę wzrostu jego opadają. W innych przypadkach wyrastają w pewnych odstępach (ryc. 364). W tych przypadkach można mówić o węzłach i międzywęźlach, które jednak nie są wyraźnie odgraniczone, jak u skrzypów.

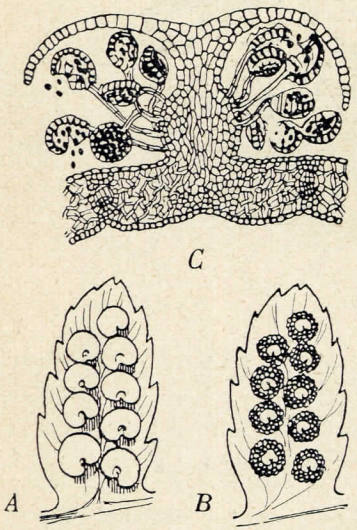
Budowa anatomiczna łodygi wykazuje wszelkie możliwe przejścia od pierwotnej protostelliczności do najbardziej zawiłej

polistel iczności. Przyrostu wtórnego w łodygach i korzeniach niema, poza słabemi jego przejawami w łodygach u *Ophioglossales*. Charakterystyczną cechą paproci są łuskowate wyrostki skórki (r a m e n t a), które u wielu form zastępują włoski. Występują one naogół u form pochodnych, podczas gdy formy bardziej pierwotne mają zwykłe włoski.

Korzenie są monopodjalnie rozgałęzione (wyjątki u *Ophioglossales*). Są one silniejsze u *Eusporangiatae*, gdzie spotyka się formy poliarchiczne; u *Leptosporangiatae* są one słabsze, prawie zawsze diarchiczne.



Ryc. 413. *Alsophila crinita*. Drzewiasta paproć z Cejlonu silnie pomniejszona. — Według STRASBURGERA.



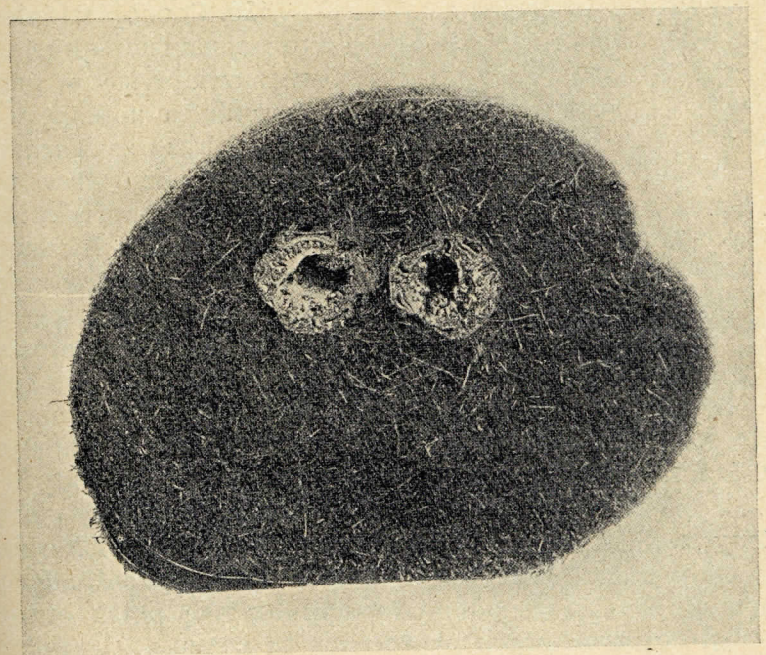
Ryc. 412. *Aspidium Filix mas*. *A* Odcinek liściowy drugiego rzędu z dwoma szeregami młodych kupek przykrytych zawijką. — *B* Taki sam odcinek starszy ze skurczoną zawijką. — *C* Przekrój liścia i kupki z zawijką. — Według STRASBURGERA.

Najstarsze paprocie pochodzą z pokładów górnego dewonu.

Dla bliższego zapoznania się z paprociami może służyć 3-tomowe dzieło BOWERA: The Ferns (Cambridge 1923—28).

119. Podział paproci. Jak już było podane powyżej, paprocie mogą być podzielone na *Eusporangiatae* o bardziej masywnej budowie zarodni i wierzchołków wzrostu i *Leptosporangiatae* o budowie słabszej. Pierwsze

stanowią formy bardziej pierwotne: do nich należą najstarsze formy, m. i. dewońskie. Są one bardziej zbliżone do swoich przodków aniżeli *Leptosporangiatae:* u psilofitów także stożek wzrostowy pędu jest opatrzony wieloma komórkami początkowemi, a ścianka zarodni jest wielowarstwowa. Na pierwotność *Eusporangiatae* wskazuje także to, że są wśród nich



Ryc. 414. *Cyathea medullaris*. Przekrój rozwidlonego pnia, wykazujący małe wymiary właściwego pnia a grubość powłoki, złożonej ze splecionych korzeni. — Według BOWERA.

formy o liściach „wiechciowatych“, niespłaszczonych, takie jak *Stauropteris oldhamia*.

Eusporangiatae dzielą się na 3 rzędy, które można scharakteryzować w sposób następujący:

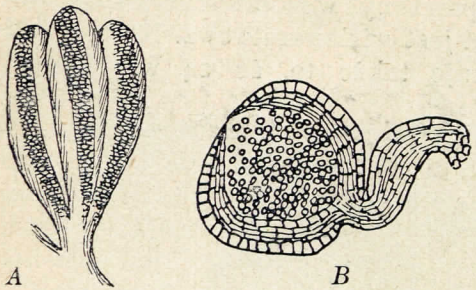
A) Łodyga protosteliczna. Blaszka liściowa słabo rozwinięta. *Coenopteridales*.

B) Łodyga z rdzeniem. Blaszka liściowa wyraźna.

a) Łodyga polisteliczna. Liście płaskie. Zarodnie ułożone na dolnej stronie blaszek liściowych w okółki. *Marattiales*.

b) Łodyga monosteliczna. Liście o dwóch blaszkach, nie leżących w jednej płaszczyźnie. Zarodnie pojedyńcze na brzegach jednej z blaszek. *Ophioglossales*.

Leptosporangiatae zjawiają się w historji ziemi później od *Eusporangiatae*. Dzielą się na dwa rzędy: na jednakozarodnikowe *Filicales* i różnozarodnikowe *Hydropteridales*. Ten ostatni rząd jest najpóźniejszy ze wszystkich paproci.



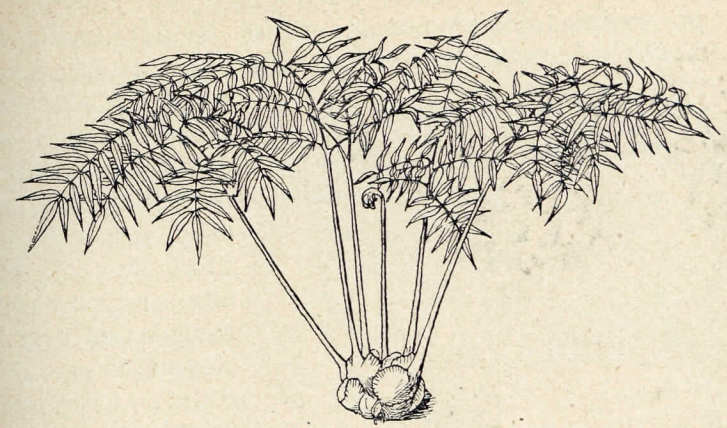
Ryc. 415. *A Zygopteris pinnata*. Grupa zarodni. — *B Stauropteris oldhamia*. Podłużny przekrój przez zarodnię i przez szczytową część odcinka liściowego; cienka błona na szczycie zarodni wskazuje miejsce pękania zarodni. — *A* według Zeillera, *B* według Scotta.

120. Coenopteridales. Są to najstarsze paprocie, które zjawiają się w górnym dewonie, a znikają w permie. Wraz z *Marattiales* stanowią one *gros* paleozoicznych paproci. Morfologja ich jest bardzo różna, jednak można wskazać na pewne względnie stałe cechy: łodyga protostelicznа, liścioślady pojedyńcze, blaszka słabo rozwinięta (por. ryc. 362), zarodnie grubościenne, osadzone pojedyńczo (ryc. 415, *B*) lub grupami (ryc. 415, *A*) na końcach odgałęzień liści. U niektórych form w ściance wykształcał się pierścień złożony z kilku szeregów komórek (ryc. 415, *A*); takie zarodnie pękały poprzeczną rysą. U innych form (ryc. 415, *B*) pierścienia nie było i zarodniki wysypywały się przez otwór na szczycie. Przedrośla tych paproci nie są znane.

121. Marattiales. Do tego rzędu należy tylko jedna rodzina *Marattiaceae*, która odgrywała ważną rolę we florze paleozoicznej, później po większej części wymarła i zachowała się do naszych czasów w niewielkiej ilości podzwrotnikowych form zgrupowanych w 5 rodzajach. Zjawiają się te paprocie w górnym karbonie, a więc znacznie później od poprzedniego rzędu. Najobficiej występują w permie, poczem w mezozoikum ilość ich zmniejsza się. Były to drzewiaste formy z pniami okorowanemi przez korzenie, dochodzące do 10 metrów wysokości. Liście też miały wielkie rozmiary, tak samo zresztą jak i u form współczesnych, które mają przeważnie krótki bulwiasty pień, nieznacznie wysuwający się z ziemi (ryc. 416).

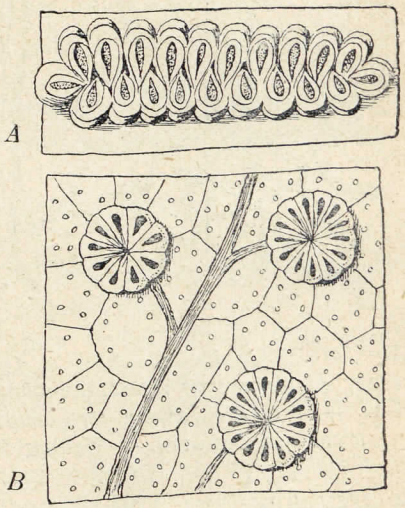
Budowa łodygi jest polisteliczna, często nadzwyczajnie złożona. Godną uwagi rzeczą jest brak śródskórni. Ogonki liściowe u form paleozoicznych były monosteliczne, u form współczesnych — polisteliczne. Korzenie są poliarchiczne.

Charakterystyczną cechą *Marattiaceae* są zarodnie, które tworzą na dolnej stronie liści kupki, złożone z zarodni ustawionych w zamknięty szereg. Szereg taki jest kolisty (ryc. 417, *B*) albo wydłużony po obu stronach jednego z nerwów (ryc. 417, *A*). Zarodnie mają grubą ściankę i często zrastają się bokami ze sobą, tworząc synangja. Pierścienia niema; otwierają się zarodnie przy pomocy szpary albo otworu na szczycie.



Ryc. 416. *Angiopteris evecta*. Okaz bardzo silnie pomniejszony. — Według Wettsteina.

Przedrośla w omawianym rzędzie mają typową dla paproci postać zielonych blaszek, są jednak grube i żyją długo. Plemnie tworzą się na obu stronach, rodnie tylko na dolnej.

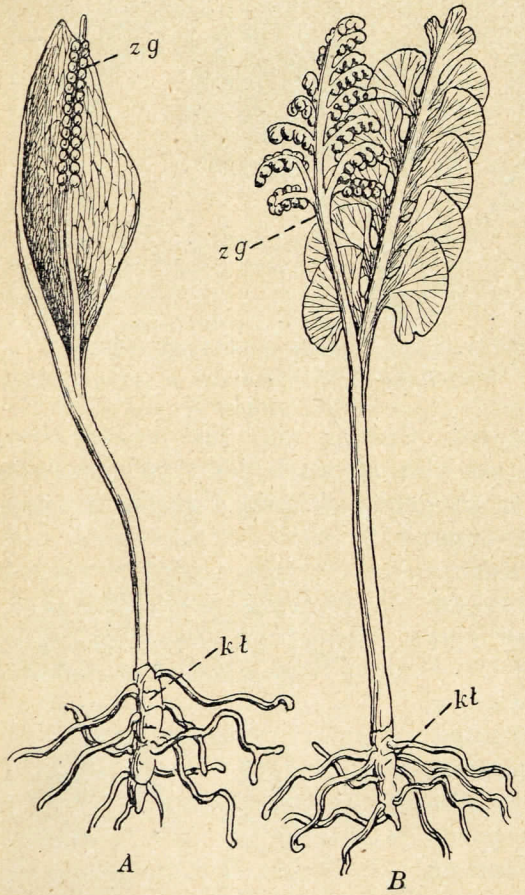


Ryc. 417. Zarodnie u *Marattiaceae*: *A* Zarodnie *Angiopteris crassipes* skupione, ale niezrośnięte. — *B* Zarodnie *Kaulfussia aesculifolia* zrośnięte w synangjum. — Według Bittera.

122. Ophioglossales. Do tego rzędu należy tylko jedna niewielka rodzina *Ophioglossaceae*. Morfologja tych paproci jest bardzo dziwna. Z krótkiego pionowego kłącza wyrasta przeważnie jeden tylko liść w każdym sezonie wegetacyjnym. Liść taki robi wrażenie

*

pędu (ryc. 418). Na długim pionowym ogonku są osadzone dwie blaszki odchylone od siebie pod ostrym kątem. Mniejsza z nich stanowi boczne odgałęzienie, odchodzące od głównej części liścia po stronie morfologicznie górnej. Takie ukształtowanie liścia można ujmować jako rozgałęzienie w dwóch płaszczyznach: w płaszczyźnie spłaszczenia i w płaszczyźnie do niej prostopadłej. Mniejsza blaszka gra rolę sporofilu. Na jej brzegu albo na brzegu jej rozgałęzień tworzą się stosunkowo duże zarodnie z grubemi ściankami, otwierające się szparą. Pierścienia niema.



Ryc. 418. Rozgałęzienie liści u *Ophioglossaceae; kł* kłącze, *zg* zarodnikonośna gałąź liścia. — *A Ophioglossum vulgatum.* — *B Botrychium Lunaria.* — Według Sachsa.

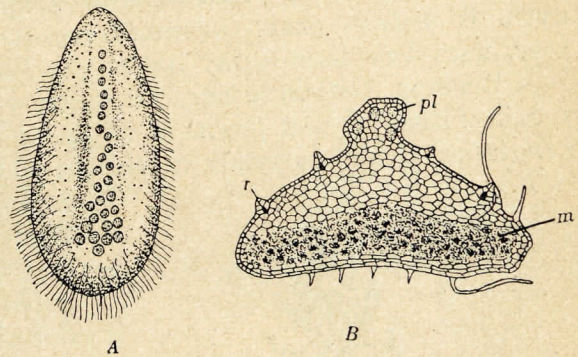
Budowa łodygi jest solenosteliczna albo diktiosteliczna, ale bez wewnętrznego floemu. Śródskórnia słabo wykształcona. Korzenie mają różną budowę od monarchicznych do poliarchicznych. Monarchiczne korzenie są rozgałęzione dichotomicznie, co stanowi wyjątkowy przypadek u paproci.

Przedrośle jest podziemne, bulwowate albo walcowate, bez chlorofilu, długowieczne, żyjące w symbiozie z grzybami (ryc. 419). Plemnie i rodnie są zagłębione w tkance przedrośla, w przeciwieństwie do innych paproci jednakozarodnikowych, u których tylko rodnie są zagłębione.

Do tej rodziny należą tylko trzy rodzaje, z których dwa są reprezentowane we florze polskiej: nasięźrzał *(Ophioglossum)* i podejźrzon *(Botrychium).* Pierwszy charakteryzuje się

sporofilem jednolitym, wąskim (ryc. 418, *A*), drugi — sporofilem pierzastym (ryc. 418, *B*). Formy kopalne nie są znane.

123. Filicales. Do tego rzędu należą wszystkie jednakozarodnikowe *Leptosporangiatae.* Przedrośle ich jest blaszkowate, cienkie, z narządami rozrodczemi na dolnej stronie, typu opisanego w ust. 114. Charakterystyczną cechą większości *Filicales* jest wykształcenie w ściance zarodni pierścienia, z którym spotkaliśmy się już u *Coenopteridales.* Ma tu on prostszą budowę: składa się tylko z jednego szeregu komórek. Ukształtowanie i budowa sporofitów są bardzo różne, skutkiem czego wypadnie rozpatrzyć osobno 8 rodzin, z których składa się omawiany rząd paproci.



Ryc. 419. *Botrychium virginianum.* — *A* Młode przedrośle powiększone 16-krotnie. — *B* Przekrój poprzeczny przedrośla; *pl* plemnie, *r* rodnie, *m* tkanka zawierająca strzępki grzyba. — Według Jeffreya.

A) Zarodnie bez pierścienia, z grupą grubościennych komórek pod szczytem, nie zebrane w kupki. *Osmundaceae.*

B) Zarodnie z pierścieniem.

a) Zarodnie pojedyńcze. *Schizaeaceae.*

b) Zarodnie zebrane w kupki.

α) W kupce zarodnie są ułożone w zamknięty szereg i rozwijają się jednocześnie.

I. Liście monopodjalnie rozgałęzione, często pozornie dichotomiczne. *Gleicheniaceae.*

II. Liście wachlarzowate albo palczaste. *Matoniaceae.*

β) Zarodnie w kupce rozrzucone i rozwijają się niejednocześnie.

I. Blaszka liściowa jednowarstwowa. Łodyga protosteliczna. *Hymenophyllaceae.*

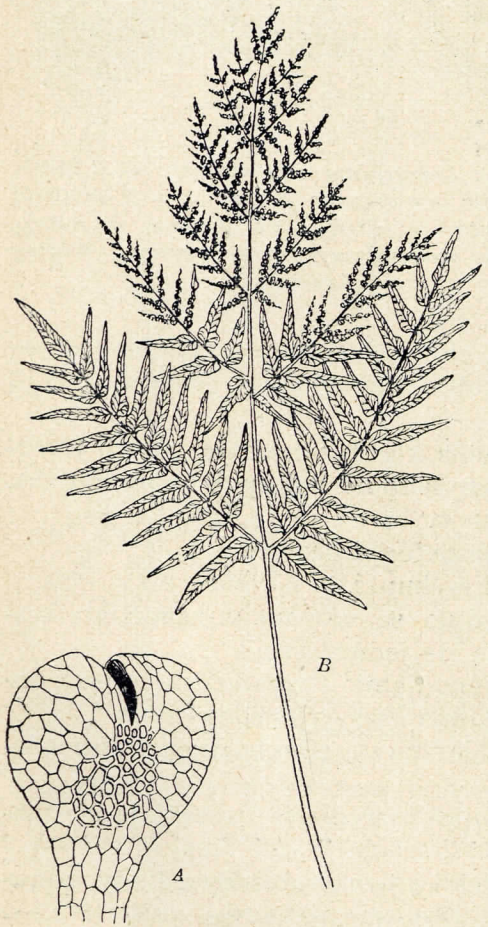
II. Blaszka gruba. Łodyga z rdzeniem.

1. Liście dichotomiczne albo palczaste. *Dipteridaceae.*

2. Liście pierzaste.
   * Drzewa. Pierścień skośny, zupełny. *Cyatheaceae.*
   ** Zioła. Pierścień podłużny, przerwany. *Polypodiaceae.*

Filicales rosną przeważnie w krajach gorących i wilgotnych. W Polsce, poza *Osmunda regalis* z rodziny *Osmundaceae,* wszystkie inne formy należą do *Polypodiaceae.*

Rodzina *Osmundaceae,* od której rozpoczniemy przegląd rodzin *Filicales,* pod pewnemi względami zbliża się do *Eusporangiatae.* U niej zarodnia czasem tworzy się nie z jednej, lecz z kilku komórek liścia. Wierzchołki wzrostu zawierają wprawdzie z reguły pojedyńczą komórkę początkową, ale w korzeniach jest nieraz takich komórek dwie do czterech. Rośliny te wogóle mają bardziej masywną budowę niż typowe *Leptosporangiatae* i zbliżają się pod tym względem do *Eusporangiatae.* Można to widzieć na naszej *Osmunda regalis* z jej mocnemi skórkowatemi liśćmi.

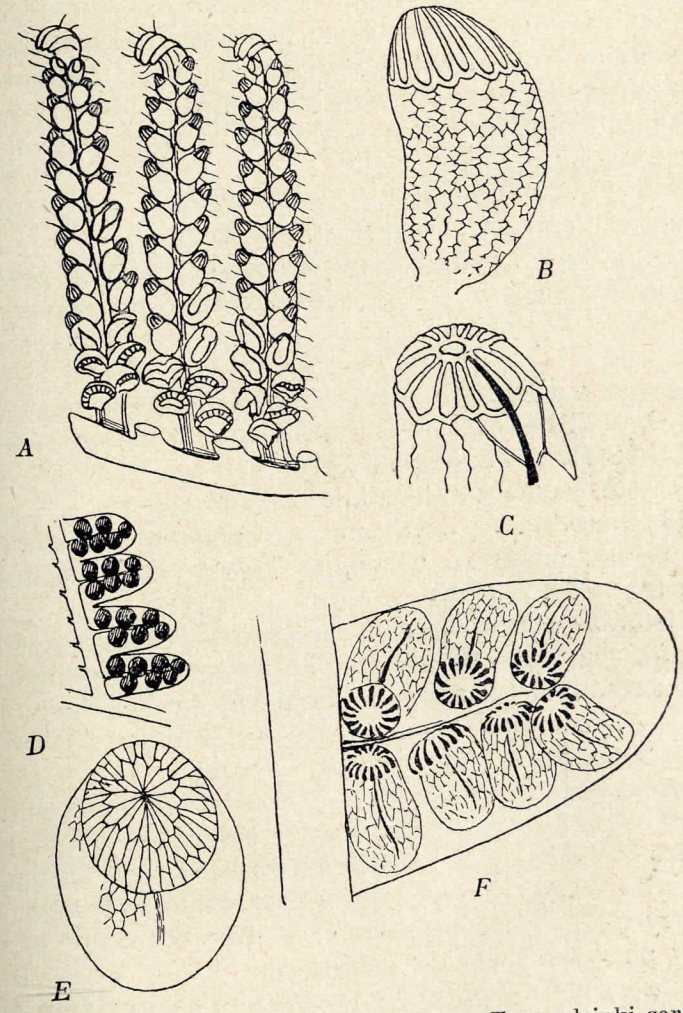


Ryc. 420. *Osmunda regalis.* — *A* Zarodnia. — *B* Liść. — *A* według Luerssena, *B* według Dielsa.

Osmundaceae różnią się wybitnie od innych *Filicales* budową zarodni, która zamiast pierścienia ma pod szczytem grupę grubościennych komórek (ryc. 420, *A*). Pękają te zarodnie podłużną szparą. Tworzą się one na brzegu albo na dolnej stronie blaszek liściowych i nie są zgrupowane w kupki. Osobnych sporofilów niema: zarodnie tworzą się na zwykłych liściach albo na górnych przeobrażonych odcinkach tychże, zwężonych i pozbawionych

tkanki asymilacyjnej (ryc. 420, *B*). Rozgałęzienie wyrośniętych liści jest pierzaste (por. ryc. 409).

Osmundaceae są obecnie nieliczne. W dawniejszych epokach geologicznych były one o wiele bardziej liczne i bardziej rozmaite. Ciekawe jest w tej rodzinie stopniowe przeobrażenie steli łodygowej od protosteli do diktjosteli. Najstarsze perm-



Ryc. 421. *Schizaeaceae: A Schizaea dichotoma.* Trzy odcinki zarodnikonośnego liścia z zarodniami na brzegu. — *B* i *C Schizaea pennula.* Zarodnia widziana zboku i ukośnie z góry. — *D* i *E Senftenbergia pennaeformis* z górnowęglowych czeskich pokładów: ułamek liścia i jedna z zarodni silniej powiększona. — *F Klukia exilis* z liasowych glinek krakowskich: odcinek liścia z zarodniami. — *A* według Hookera, *B* i *C* według Prantla, *D* i *E* według Zeillera, *F* według Raciborskiego.

skie formy są protosteliczne. Począwszy od jury stela zawiera rdzeń. Rurkowaty ksylem jest ponad liściośladami wycięty, tak jak u współczesnych form (ryc. 371). W jednym przypadku jednak, u jurajskiej *Osmundites Dunlopi*, wycięć tych niema. Wreszcie w kredzie zjawiają się formy diktjosteliczne z floemem, który nie otacza nazewnątrz tylko stelę jednolitą warstwą, lecz pokrywa siatkowaty ksylem na całej powierzchni zewnętrznej, bocznej i wewnętrznej. Diktjostelja zaznacza się także u niektórych form współczesnych, ale słabo. Ciekawą rzeczą jest stałość w budowie ogonka, który zawsze zawiera charakterystyczną pojedyńczą stelę w formie rynienkowato wygiętego pasma (ryc. 381).

Druga zkolei rodzina — *Schizaeaceae* — charakteryzuje się pojedyńczemi zarodniami, które zakładają się na brzegu liści, ale zostają zwykle przy dalszym wzroście przesunięte na dolną stronę (ryc. 421). Nadzwyczajnie charakterystyczny jest u nich pierścień, osadzony na szczycie. Pękają one podłużnie.

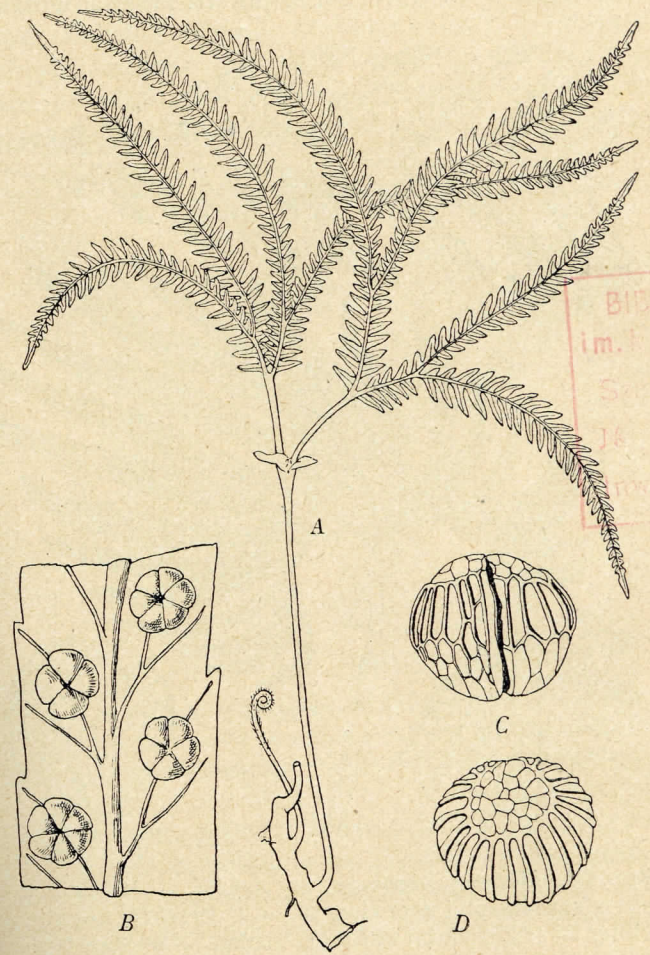
Łodyga ma budowę różną, od protostelicznej do diktjostelicznej. Ogonki liściowe natomiast zawierają zawsze pojedyńczą stelę. Liście form kopalnych były pierzaste, u form współczesnych często zaznacza się silnie dichotomja, np. u *Lygodium* (ryc. 410). Zarodnie są osadzone na osobnych odcinkach, które zwykle na podobieństwo *Osmunda regalis* mają zredukowaną blaszkę (ryc. 421, *A*).

Najstarsze *Schizaeaceae* pochodzą z górnego węgla (*Senftenbergia*, ryc. 421 *D* i *E*). Godna uwagi jest wykryta przez Raciborskiego w liasowych glinkach krakowskich *Klukia* (ryc. 421, *F*), nazwana tak na cześć Ks. Kluka, autora „Dykcyonarza roślinnego“.

Trzecia rodzina *Filicales* — *Gleicheniaceae* — ma zarodnie zebrane w kupki. Każda kupka składa się z niewielkiej ilości zarodni ułożonych w okółek i rozwijających się jednocześnie. Jest to cecha właściwa poza tem tylko rodzinom *Marattiaceae* (ryc. 417) i *Matoniaceae* (ryc. 423). Zarodnie mają poprzeczny pierścień i pękają podłużnie.

Liście są pierzaste, ale zazwyczaj robią wrażenie dichotomicznych, a to z następującego powodu. Oś liścia zatrzymuje się w rozwoju, tworząc pączek, podczas gdy dwa boczne odgałęzienia rosną bez przerwy (ryc. 422, *A*). Wspomniany pączek zazwyczaj po pewnym czasie zaczyna rosnąć, wytwarzając przedłużenie osi liścia ponad pierwszą parą odgałęzień. Następuje znowu wstrzymanie wzrostu osi z wytworzeniem pary odgałęzień i t. d. To samo dzieje się w wielu przypadkach z odgałęzieniami.

Budowa łodygi jest przeważnie protosteliczna, rzadko solenosteliczna (np. u *Gleichenia pectinata*, ryc. 373). Ogonki liściowe zawsze z pojedyńczą taśmowatą, rynienkowatą stelą.

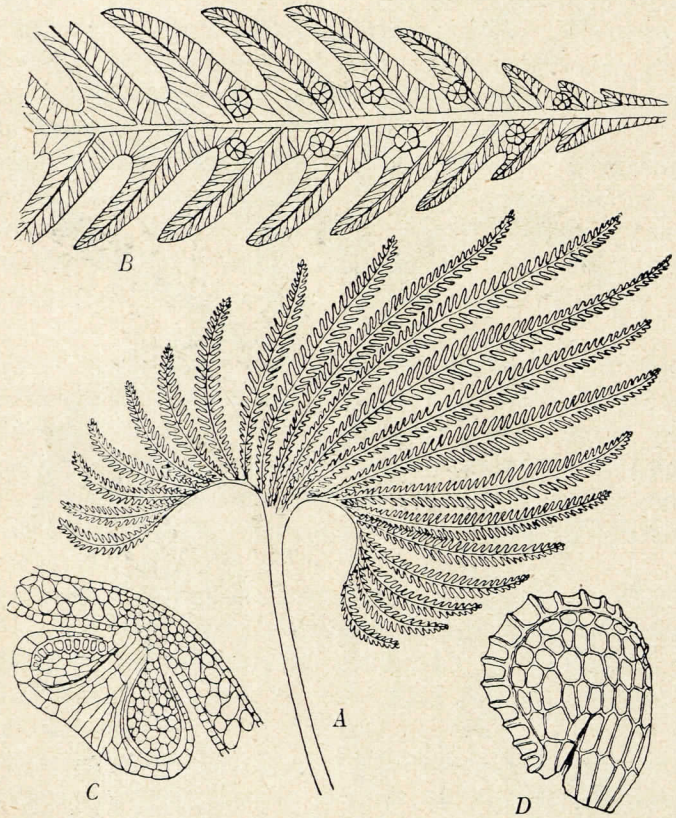


Ryc. 422. *A Gleichenia pedalis.* Pokrój. — *B Gleichenia flagellata.* Odcinek liścia z kupkami zarodni. — *C* i *D Gleichenia dicarpa.* Zarodnia widziana zboku i ukośnie z góry. — Według Dielsa.

Najstarszą formą, która może być zaliczona do *Gleicheniaceae*, jest *Oligocarpia* z górnego karbonu. Jest to paproć o pierzastych liściach zwykłego wyglądu. Formy podobne do

Gleichenia z „widełkowatemi“ liśćmi są znane od górnego triasu.

Czwarta rodzina — *Matoniaceae* — posiada kupki tak samo urządzone, jak *Gleicheniaceae,* i różni się od nich budową liści. Są one wachlarzowato albo palczasto rozgałęzione (ryc. 423 i 424 *[Laccopteris]*). Właściwy charakter rozgałęzienia jest nieraz trudny do określenia, jak to można widzieć u *Matonia pectinata* (ryc. 423, *A*). Zarodnie mają podłużny, skośny nieco, pierścień. Kupki są przeważnie okryte zawijką.

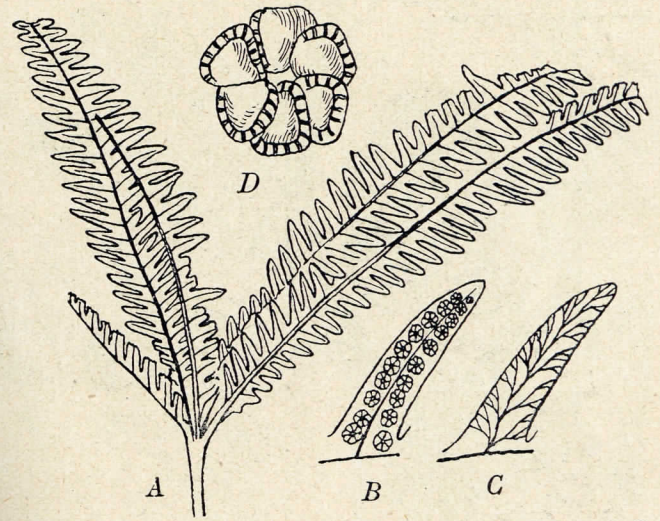


Ryc. 423. *Matonia pectinata.* — *A* Liść. — *B* Odcinek liścia z zarodniami i unerwieniem. — *C* Przekrój kupki z zawijką. — *D* Zarodnia widziana zboku. — Według Dielsa.

Budowa łodygi jest polisteliczna. Ogonki liściowe są monosteliczne. Korzenie są triarchiczne.

Kopalne *Matoniaceae* są znane od górnego triasu. Były one w jurze dosyć liczne i szeroko rozsiedlone. Obecnie żyje tylko jeden rodzaj *Matonia,* ograniczony do krajów malajskich.

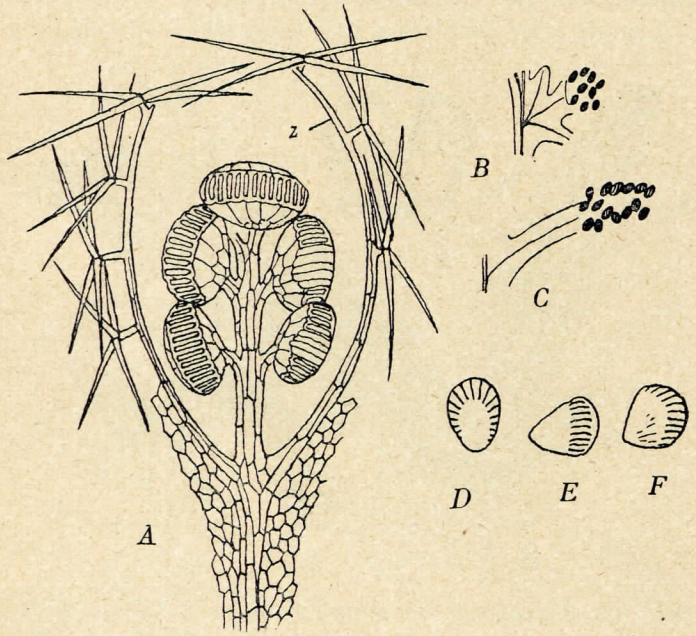
Wszystkie dalsze rodziny *Filicales* mają zarodnie w kupkach, nieułożone w okółek, o niejednoczesnym rozwoju. Tu trzeba przedewszystkiem rozpatrzeć piątą zkolei rodzinę *Hymenophyllaceae.* Odznaczają się one wielką delikatnością: blaszki liściowe są jednowarstwowe, tylko w nerwach grubsze. Skutkiem tego drobne te rośliny są bardzo wrażliwe na suszę i żyją w wilgotnych okolicach krajów ciepłych; najwięcej jest ich w Nowej Zelandji. Tylko nieliczne gatunki występują w krajach chłodnych, zawsze jednak w okolicach bardzo wilgotnych, np. *Hymenophyllum tunbridgense* dosięga wysp Faroerskich (62° *N*). Kształt liści jest rozmaity (ryc. 406 i 407). Budowa anatomiczna jest bardzo prosta: łodyga jest z reguły protosteliczna, ogonki liściowe monosteliczne. Kupki są osadzone na końcach odcinków liściowych, względnie na końcach nerwów. Są one osłonięte kielichowatą zawijką (ryc. 425). Zarodnie z pierścieniem poprzecznym albo ukośnym.



Ryc. 424. *Laccopteris Göpperti* z liasu. — *A* Liść. — *B* Odcinek ostatniego rzędu zarodnikonośny. — *C* Taki sam odcinek płonny z unerwieniem. — *D* Kupka. — Według Schenka.

Do omawianej rodziny należą dwa rodzaje: *Hymenophyllum* i *Trichomanes.* Formą zbliżoną jest nowozelandzka paproć *Loxsoma Cunninghami,* o której była mowa w ust. 111 (ryc. 372). Z powodu swojej delikatności *Hymenophyllaceae* z trudnością tylko mogą zachowywać się w pokładach geologicznych. Najstarsze formy, które być może należą do tej rodziny, pochodzą z karbonu (*Hymenophyllites,* ryc. 425, *B—F*).

Szósta zrzędu rodzina — *Dipteridaceae* — jest zbliżona do *Matoniaceae* morfologją swoich liści, które są dichotomiczne albo palczaste. We florze współczesnej zachował się tylko rodzaj *Dipteris* i to tylko w krajach malajskich, tak jak *Matonia*. Dawniej były one o wiele liczniejsze. Najdawniejsze są znane z retu. Dichotomja u *Dipteris* jest bardzo prawidłowa (ryc. 426). U form kopalnych, np. u *Dictyophyllum* (ryc. 427), rozgałęzienie liści jest bardzo złożone i tylko pierwsze rozgałęzienie jest prawidłowo dichotomiczne. Były także liczne

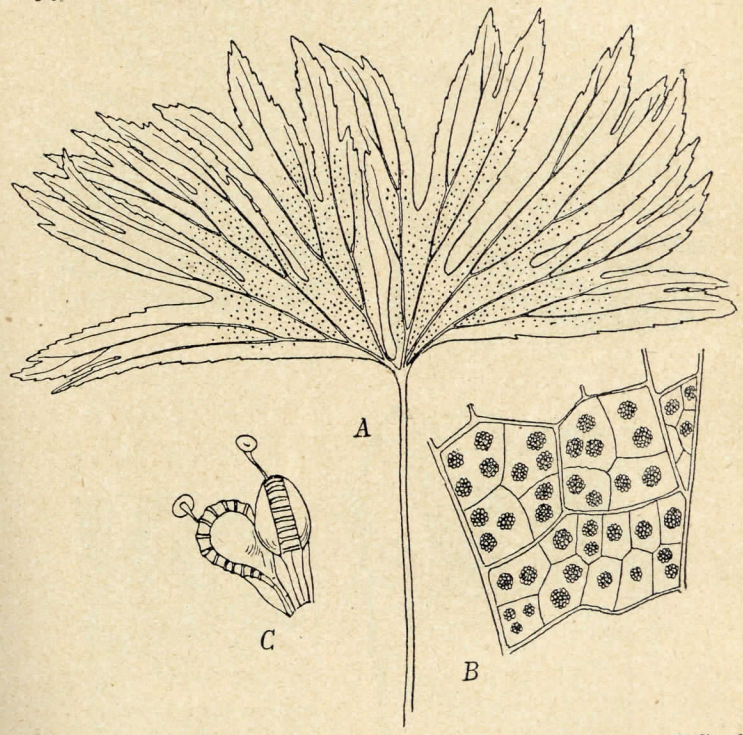


Ryc. 425. *A Hymenophyllum fusugasugense.* Przekrój podłużny przez kupkę; *z* zawijka. — *B—F Hymenophyllites quadridactylites* z pokładów węglowych północnej Francji: *B* i *C* odcinki liści z kupkami, *D—F* zarodnie. — *A* według KARSTENA, *B—F* według ZEILLERA.

formy o liściach palczastych, podobnych do *Laccopteris* (ryc. 424). Zawijki niema. Pierścień w zarodni podłużny, przerwany u podstawy, jak u *Polypodiaceae*. Łodyga u *Dipteris* jest solenosteliczna, ogonki liściowe monosteliczne.

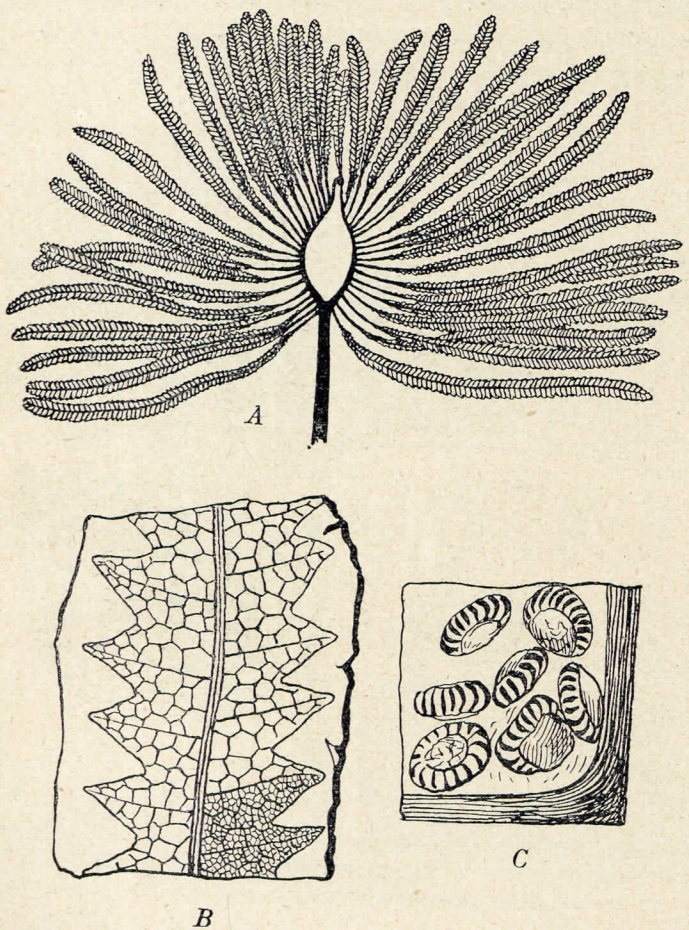
Rodzina *Cyatheaceae* składa się przeważnie z drzewiastych paproci (ryc. 413). Zarodnie z kompletnym, poprzecznym, przebiegającym nieco ukośnie pierścieniem są zebrane w kupki opatrzone charakterystyczną dwuklapową lub kulistą zawijką. Kupki zawierają liczne zarodnie, rozmieszczone bez wyraźnego porządku, i są umieszczone na brzegach albo na dolnej stronie wielkich pierzasto rozgałęzionych liści. Budowa nierozgałęzionej, grubej, wyniosłej łodygi jest diktjosteliczna z dodatkowemi stelami w rdzeniu i korze. Ogonki liściowe są polisteliczne. Kopalne szczątki tej rodziny znajdują się, począwszy od liasu. Są to rośliny strefy gorącej.

Ostatnia rodzina z rzędu *Filicales*, *Polypodiaceae*, jest we florze współczesnej silnie rozwinięta: do niej należy większa część żyjących paproci. Zjawia się ona w liasie. Charakterystyczną jej cechą jest monopodjalne (pierzaste) rozgałęzienie liści i niekompletny podłużny pierścień na zarodniach opatrzonych długim trzonkiem. Kupki tworzą się przeważnie na dolnej stronie liści, rzadziej na brzegu. Składają się one z licznych zarodni, ułożonych bez wyraźnego porządku, i są zazwyczaj okryte zawijką albo przynajmniej osłonięte zawiniętym brzegiem liścia (patrz ryc. 412). Budowa anatomiczna łodygi i ogonka jest przeważnie złożona, jak to już widzieliśmy na



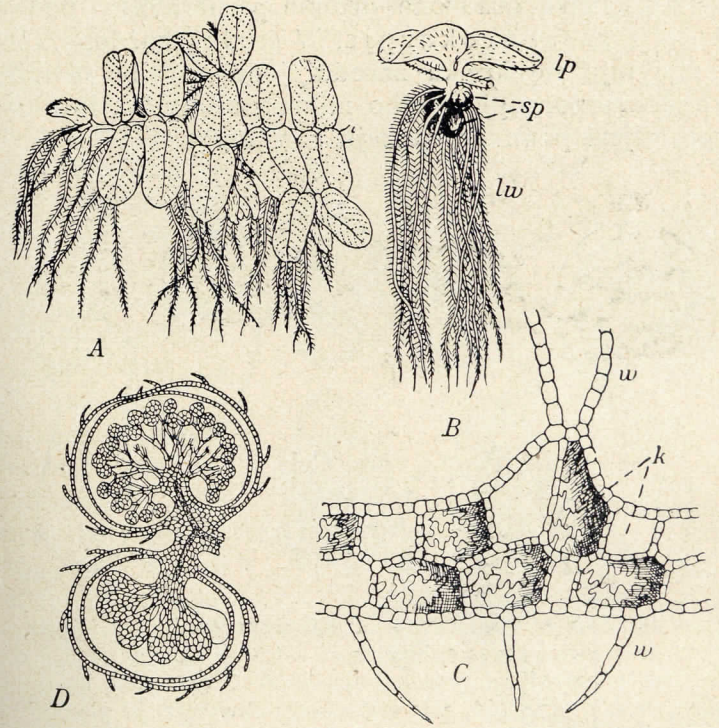
Ryc. 426. *Dipteris conjugata.* — *A* Liść pomniejszony. — *B* Część jego powiększona z kupkami zarodni i siatką nerwów. — *C* Zarodnie z płonnemi wstawkami. — Według KUNZEGO.

przykładzie *Aspidium Filix mas* (ryc. 374), *Stenochlaena tenuifolia* (ryc. 375) i *Pteridium aquilinum* (ryc. 376). Do tej rodziny z paproci krajowych należy oprócz wymienionych gatunków *Aspidium* (ryc. 31) i *Pteridium* także *Scolopendrium vulgare* (ryc. 408 *a*) i *Onoclea Struthiopteris* (ryc. 367). Z paproci podzwrotnikowych należą do niej między innemi *Rhipidopteris peltata* (ryc. 408) i *Platycerium alcicorne* (ryc. 411), o których była już mowa w ust. 110 z powodu dwupostaciowości i dichotomji liści. Te dwie ostatnie paprocie i niektóre jeszcze inne, odznaczające się również dichotomją liści, nie mają bliższego związku z normalnemi formami *Polypodiaceae;* właściwie powinny one być z niej wyłączone, tak jak została wyłączona *Dipteris,* zaliczana początkowo nietylko do rodziny *Polypodiaceae,* ale nawet poprostu do rodzaju *Polypodium.*



Ryc. 427. *Dictyophyllum exile* z retyckich pokładów. — *A* Liść zrekonstruowany. — *B* Część odcinka liściowego z unerwieniem. — *C* Kupka. — Według NATHORSTA.

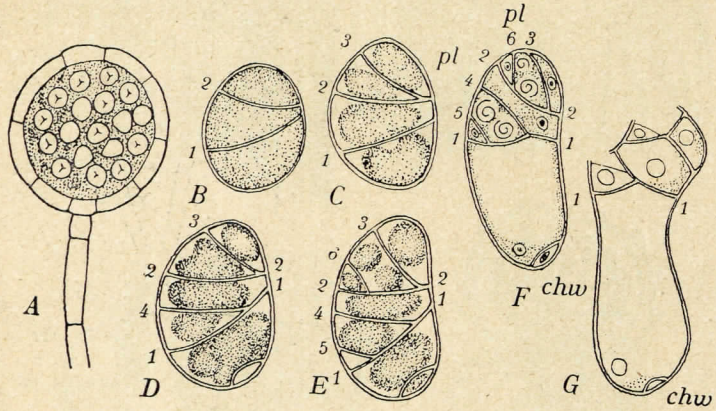
124. Hydropteridales. Paprocie różnozarodnikowe noszą nazwę paproci wodnych *(Hydropteridales)* z tego powodu, że żyją w wodzie, pływając na jej powierzchni, albo rosną w miejscach podmokłych. Są to drobne rośliny pokrojowo bardzo różne od paproci jednakozarodnikowych. Są one znane od kredy. Ani we florze współczesnej, ani we florach kopalnych nie odgrywają one poważniejszej roli. Jako przykład rozpatrzymy szczegółowo salwinję *(Salvinia natans).*



Ryc. 428. *Salvinia natans.* — *A* Roślina w naturalnej wielkości widziana z góry. — *B* Odcinek pędu z jednym okółkiem liści; *lp* liście powietrzne, *lw* liść wodny, *sp* sporokarpja. — *C* Przekrój powietrznego liścia; *k* komory powietrzne, *w* włoski. — *D* Przekrój dwóch sporokarpjów, jednego z mikrosporangjami, drugiego z makrosporangjami. — *A* i *B* według BISCHOFFA, *C* według SACHSA, *D* według LUERSSENA.

Salwinja jest rośliną, pływającą na powierzchni stojących wód. Jej łodyga jest monopodjalnie rozgałęziona i ma budowę

protosteliczną. Liście są ułożone po trzy w naprzemianległe okółki. Dwa liście każdego okółka mają kształt owalny i pływają na powierzchni wody (ryc. 428). Te liście powietrzne mają budowę bardzo ciekawą: zawierają one liczne komory powietrzne, co umożliwia roślinie utrzymywanie się na powierzchni wody. Trzeci liść każdego okółka jest całkowicie zanurzony w wodzie i pocięty na wąskie, nitkowate odcinki, skutkiem czego upodobnia się do korzeni, których roślina nie posiada. U podstawy wodnego liścia są osadzone drobne pęcherzyki o podwójnych ściankach, t. zw. sporokarpja. W środku każdego sporokarpjum znajduje się kupka zarodni jednego albo drugiego rodzaju: makrosporangjów albo mikrosporangjów. Powłoka sporokarpjum jest pewnego rodzaju zawijką.

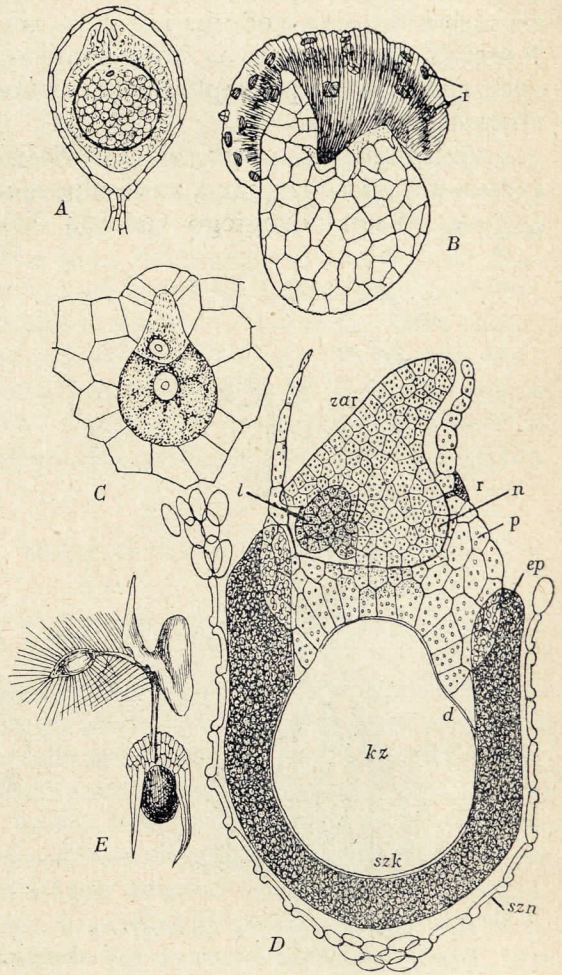


Ryc. 429. *Salvinia natans*. — *A* Mikrosporangjum z mikrosporami otoczonemi przez episporjum. — *B*—*G* Kolejne stadja rozwojowe przedrośla męskiego; liczby *1*—*6* oznaczają kolejność powstawania przegród, *chw* szczątkowy chwytnik, *pl* plemnie. — *A* według Sadebecka, *B*—*G* według Bielajewa.

Mikrosporangja zawierają po 16 komórek macierzystych, z których przez podział na tetrady powstają 64 mikrospory. Są one otoczone stwardniałemi piankowatemi resztkami warstwy wyścielającej, t. zw. episporjum (ryc 429, *A*). Kiełkowanie odbywa się wewnątrz mikrosporangjum i dopiero wyrośnięte przedrośla wychodzą nazewnątrz, przerywając ścianę zarodni. Przedrośle męskie składa się z niewielu komórek. Zawartość mikrospory dzieli się z początku na trzy części (ryc. 429, *B*), z których dolna odcina później bardzo drobny, soczewkowaty zaczątek chwytnika (ryc. 429, *D*—*F chw*) i poza tem nie dzieli się więcej. Obie górne komórki natomiast dzielą się znowu

każda na trzy części (ścianki 3—6 na ryc. 429), z których środkowe grają rolę plemni i wytwarzają po dwie komórki macierzyste plemników. Plemniki mają zwykłą postać spiralnie skręconą z pękiem rzęsek na jednym końcu.

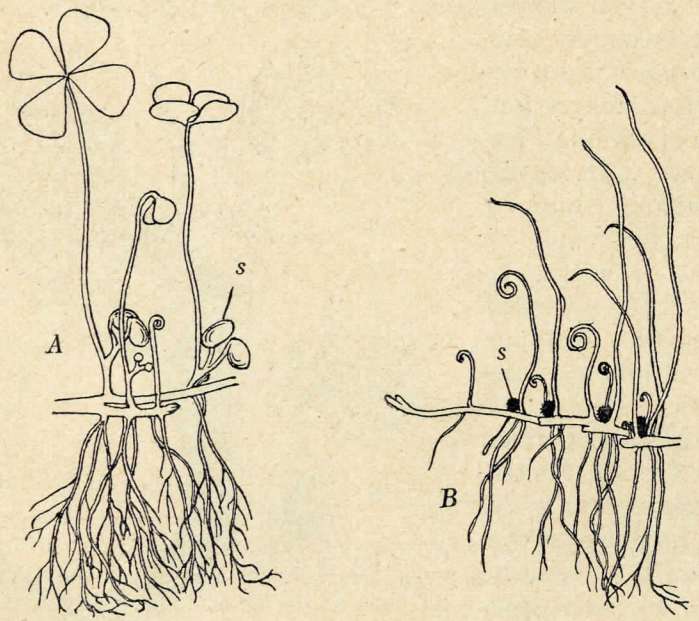
W makrosporangjum powstaje tak samo jak w mikrosporangjum 16 komórek macierzystych, które wytwarzają w zwykły sposób tyleż tetrad, jednak z tych wszystkich makrospor ostatecznie rozwija się tylko jedna. Makrospora jest wypełniona materjałami zapasowemi (kropelkami tłuszczu, ziarenkami skrobi) i na szczycie zawiera jądro otoczone gęstszem skupieniem protoplazmy. Naokoło niej znajduje się gruba warstwa episporjum (ryc. 430, *A*). Makrospora pozostaje w zarodni; po pewnym czasie wraz z tą ostatnią odrywa się od rośliny i pływa na powierzchni wody. Przy kiełkowaniu zawartość makrospory dzieli się na dwie nierówne części, drobną górną i dolną znacznie większą. Z górnej tworzy się przedrośle, dolna zaś nie dzieli się więcej, pomimo tego że jądro jej wytwarza liczne



Ryc. 430. *Salvinia natans*. — *A* Makrosporangjum w przekroju. — *B* Makrosporangjum z wysuwającem się z niego przedroślem żeńskiem; *r* rodnie. — *C* Rodnia. — *D* Przedrośle z zarodkiem w przekroju; *szn* ścianka zarodni, *ep* episporjum, *szk* błona zarodnika, *kz* komórka z materjałami zapasowemi, *p* przedrośle, *r* resztka rodni, *zar* zarodek, *n* noga *l* pierwsze liście. — *E* Młoda roślinka, złączona jeszcze z przedroślem. — *A* według Strasburgera, *B*—*D* według Pringsheima.

jądra pochodne (patrz ryc. 430, *D*, *kz*, w której te jądra nie są uwidocznione). Przedrośle posiada ciałka zieleni, ale może także rozwijać się w ciemności dzięki zapasom pożywienia zawartym w dolnej komórce zarodnika. Rosnące przedrośle rozrywa wkońcu powłokę zarodnika i wysuwa się nazewnątrz (ryc. 430, *B*). Powstaje na niem pewna ilość rodni o zwykłej budowie, z których tylko jedna po zapłodnieniu wytwarza zarodek nowej rośliny diploidalnej.

Salwinja jest typem rodziny *Salviniaceae*, która charakteryzuje się sporokarpjami, zawierającemi po jednej kupce zarodni jednego albo drugiego rodzaju. Do tej rodziny należy je-



Ryc. 431. *A Marsilia quadrifolia.* — *B Pilularia globulifera.* W obu rysunkach *s* oznacza sporokarpja. — Według Bischofa.

szcze podzwrotnikowy rodzaj *Azolla* o odmiennym od salwinji pokroju. Są to również rośliny, pływające na powierzchni wody, ale opatrzone bardzo drobnemi liśćmi, ułożonemi na łodydze naprzemianlegle w dwa szeregi, skutkiem czego stwarza się pokrój podobny do mchu. Liści wodnych *Azolla* nie ma, zato posiada korzenie, które są krótkie i zwieszają się wdół, nie dosięgając nigdy dna. Niektóre gatunki tej paproci zostały zawleczone do zachodniej Europy i tam zaaklimatyzowały się pomimo chłodniejszego klimatu.

Drugą rodziną wodnych paproci jest rodzina *Marsiliaceae*, w której sporokarpja są odcinkami liści i zawierają liczne kupki złożone z obu rodzajów zarodni. Budowa sporokarpjów jest bardzo złożona. Są to rośliny miejsc podmokłych, których łodyga ściele się po podłożu, wpuszczając do niego korzenie i wznosząc do góry liście. W rodzaju *Marsilia* liście mają bardzo charakterystyczny wygląd, przypominający czterolistną koniczynę (ryc. 431, *A*). U podstawy liści mieszczą się sporokarpja. Rośliny te są właściwe cieplejszym częściom świata; niektóre gatunki rosną także w Europie. W Polsce spotyka się gatunek *Marsilia quadrifolia* koło Rybnika na Śląsku; dawniej rósł on także koło Zaleszczyk. Podobny do *Marsilia* jest południowo-amerykański rodzaj *Regnellidium*, mający liście o dwóch listkach zamiast czterech. Wreszcie trzeci rodzaj *Pilularia* ma liście szczeciniaste (ryc. 431, *B*). Są to tak samo jak *Marsilia* rośliny cieplejszych krajów. W Europie rośnie *Pilularia globulifera*, która być może występuje także w Polsce, gdyż jest znana z niemieckiego Pomorza i Dolnego Śląska.

ROZDZIAŁ XXV

SKRZYPY

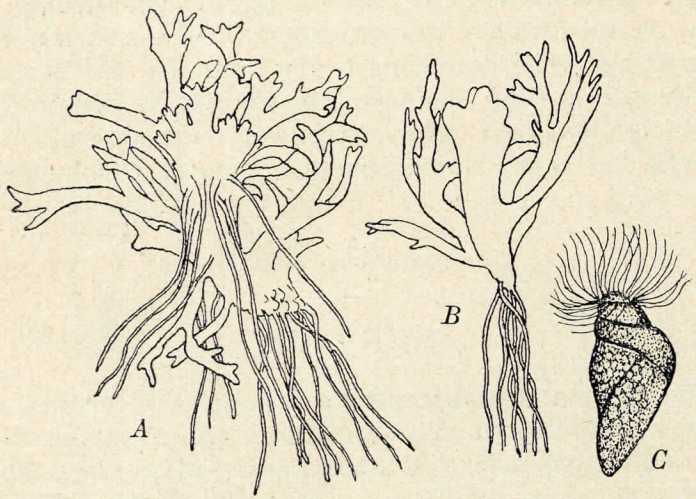
125. Ogólna charakterystyka i podział. Gromada skrzypów w szerszem tego słowa znaczeniu *(Equisetinae)* charakteryzuje się wyraźnem rozczłonkowaniem łodygi na węzły i międzywęźla, a nadto okółkowem ułożeniem liści i gałęzi na węzłach. Liście u pewnej części form paleozoicznych są dichotomicznie rozgałęzione, jednak nie tak silnie rozwinięte, jak u paproci. U reszty form kopalnych oraz u wszystkich form współczesnych są one drobne, nierozgałęzione, z jednym nerwem, przebiegającym przez środek. Liście zarodnikonośne mają przeważnie kształt odmienny i są skupione na skróconych pędach, tworząc bardzo charakterystyczne kwiaty. Korzenie rozgałęziają się monopodjalnie. Wszystkie te cechy stwarzają pokrój niezmiernie charakterystyczny, przedstawiony na ryc. 366. Przedrośla form żyjących obecnie są zielone, nieprawidłowo rozgałęzione i pomimo jednakowego wykształcenia zarodników dwupostaciowe, rozdzielnopłciowe. Przedrośla żeńskie są większe od męskich (ryc. 432), poza tem do nich podobne. Płeć przedrośli nie jest określona w zarodniku i zależy od warunków zewnętrznych: dobrze odżywione przedrośla są żeńskie, gorzej odży-

*

wione — męskie. Przez pogorszenie odżywiania można wywołać na przedroślach żeńskich tworzenie się plemni. Plemniki są u skrzypów wielorzęskowe.

Skrzypy zjawiają się w górnym dewonie. W dewonie środkowym występują formy zbliżone do nich, od których one być może pochodzą: są to *Hyenia* i *Calamophyton*, o których była już mowa na str. 360—361.

Skrzypy dzielą na trzy rzędy: *Equisetales* (skrzypy w ściślejszem tego słowa znaczeniu), *Calamariales* i *Sphenophyllales*. Pierwszy z tych rzędów jest jednakozarodnikowy, oba pozostałe zawierają formy różnozarodnikowe obok jednakozarod-



Ryc. 432. *A Equisetum pratense.* Przedrośle żeńskie, powiększone 17 razy. — *B Equisetum pratense.* Przedrośle męskie powiększone 12 razy. — *C* Plemnik silnie powiększony. — *A* i *B* według Goebela, *C* według Sharpa.

nikowych, zresztą bardzo do nich podobnych. We florze obecnej jest reprezentowany tylko rząd *Equisetales*, reszta należy do flory paleozoicznej. Cechy tych rzędów mogą być zestawione w następującą tabelę:

A) Tkanka naczyniowa łodygi podzielona na wiązki, przebiegające równolegle do siebie naokoło obszernego przewodu powietrznego.

a) Zioła bez przyrostu wtórnego. Zarodnie bezpośrednio osadzone na tarczkowatych zarodnikonośnych liściach. *Equisetales.*

b) Drzewa z obfitym przyrostem wtórnym. Zarodnie osadzone na tarczkowatych sporangjoforach, wyrastających z zarodnikonośnych płaskich liści. *Calamariales.*

B) Tkanka naczyniowa łodygi jednolita, zajmująca cały jej środek, złożona z tkanki pierwotnej i przyrostu wtórnego. Zarodnie tworzą się na sporangjoforach albo wprost na zarodnikonośnych liściach. *Sphenophyllales.*

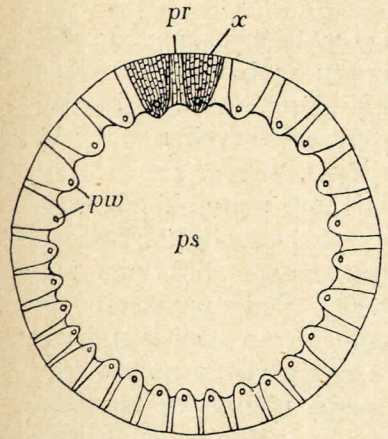
126. Equisetales. Są to skrzypy w ściślejszem tego słowa znaczeniu. Wszystkie formy tego rzędu są bardzo do siebie podobne i stanowią jeden rodzaj *Equisetum*. Resztki bardzo podobne do współczesnych skrzypów, ale większych rozmiarów spotykają się już w karbonie (rodzaj *Equisetites*).

Współczesne skrzypy rosną w miejscach podmokłych, wpuszczając bardzo głęboko w ziemię swoje płożące się kłącza, opatrzone na węzłach bardzo charakterystycznemi bulwami. Korzenie wyrastają również z węzłów kłączy. Pędy nadziemne są dwojakiego rodzaju: plenne z kwiatami na szczycie i płonne bez kwiatów. Różnica między niemi u pewnych gatunków (np. u *Equisetum arvense*) jest wybitna: pędy plenne są bezzieleniowe i nierozgałęzione, płonne zielone i silnie rozgałęzione (ryc. 366 *A* i *B*). U innych gatunków różnice są mniejsze. Liście są ułożone w naprzemianległe okółki. W każdym okółku są one ze sobą w dolnej części zrośnięte, tworząc naokoło węzła charakterystyczny ząbkowany kołnierzyk. Budowa anatomiczna była już opisana w ust. 111 (ryc. 379). Charakteryzuje się ona brakiem przyrostu wtórnego, obecnością szerokiego przewodu powietrznego zamiast rdzenia i rozbiciem tkanek przeprowadzających na kollateralne wiązki sitowo-naczyniowe, ułożone na poprzecznym przekroju w jednym okółku W zewnętrznej części łodygi znajduje się pierścień tkanki mechanicznej, której błony, tak samo jak błony skórki, są silnie skrzemieniałe. Warto jest jeszcze zaznaczyć, że szparki są u skrzypów zagłębione na podobieństwo kserofitów pomimo wilgotności stanowisk, na których te rośliny występują.

Liście zarodnikonośne są tarczkowate, sześciokątne. Zarodnie tworzą się na wewnętrznej stronie tarczek po kilka (ryc. 366, *C*). Zarodniki mają bardzo ciekawą budowę błony. Zewnętrzna jej warstwa jest rozcięta na cztery paski, które w wilgotnem powietrzu owijają się naokoło zarodnika, w suchem zaś

powietrzu rozprostowują się (ryc. 366, *D* i *E*). Takie urządzenie ułatwia rozsiewanie zarodników przez wiatr.

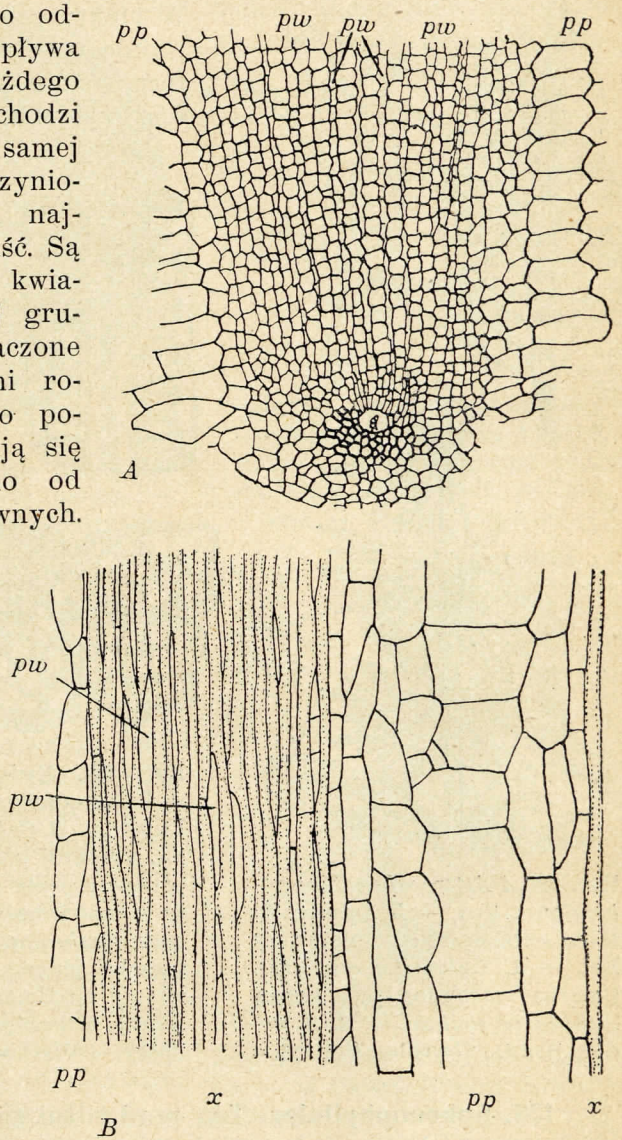
127. Calamariales. Są to wielkie, dochodzące do 30 metrów wysokości drzewa paleozoiczne, pokrojowo podobne do współczesnych skrzypów. Podobna jest także pierwotna budowa anatomiczna łodyg z wielkim przewodem powietrznym w środku i tkanką przeprowadzającą, podzieloną na wiązki (ryc. 433). Są jednak także poważne różnice między *Calamariales* i *Equisetales*. Przedewszystkiem *Calamariales* wykazują silny przyrost na grubość, z którego naturalnie zachowuje się w skamielinach przedewszystkiem drewno (ryc. 433). Naczynia są w niem przeważnie schodkowane, chociaż zdarzają się okrągłe lejkowate jamki, ustawione w kilku rzędach. Drewno jest podzielone na klinowate odcinki pierwotnemi promieniami rdzeniowemi, blaszkowatemi skupieniami tkanki miękiszowej, przebiegającemi promienisto. Wśród drewna pomiędzy szeregami naczyń przebiegają promienie rdzeniowe wtórne, różniące się od pierwotnych tem, że nie dochodzą do rdzenia. Przyrost wtórny mają także korzenie, co stanowi jedyny w swoim rodzaju wypadek u paprotników. Pod względem ukształtowania liści można rozróżnić dwa typy: *Asterocalamites* z dichotomicznie rozgałęzionemi liśćmi, ustawionemi w naprzeciwległe okółki (ryc. 435, *A*) i *Calamites* z liśćmi nierozgałęzionemi w naprzemianległych okółkach (ryc. 435, *B*). Pierwszy z tych dwóch typów liści jest bardziej pierwotny, gdyż *Asterocalamites* występuje jedynie w dolnym karbonie (w kulmie), podczas gdy *Calamites* spotyka się wprawdzie również w dolnym karbonie, ale rozwija się obficie dopiero w produktywnym. Liście *Calamariales* są ze sobą zrośnięte u podstawy tylko na nieznacznej długości.



Ryc. 433. *Calamites*. Przekrój poprzeczny łodygi; *ps* przewód powietrzny środkowy, *pw* przewody wiązkowe, *x* drewno, *pr* promienie rdzeniowe pierwotne. — Według Williamsona.

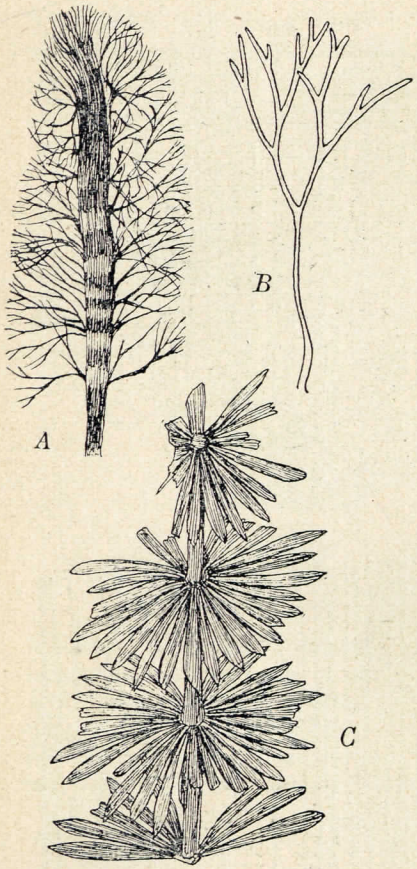
Budowa kwiatów u *Calamariales* jest odmienna od *Equisetales*. Zarodnie są osadzone na osobnych odgałęzieniach liści

zarodnikonośnych, t. zw. sporangjoforach, które mają kształt tarczkowaty i na stronie wewnętrznej swoich blaszek są opatrzone czterema zarodniami (ryc. 436). Sporangjofory są osadzone pomiędzy liśćmi albo w ich pachwinie. Przynależność sporangjoforów do odnośnych liści wypływa z tego, że do każdego sporangjofora dochodzi odgałęzienie tej samej wiązki sitowo-naczyniowej, która zasila najbliższy od dołu liść. Są dwa główne typy kwiatów w omawianej grupie roślin, oznaczone osobnemi nazwami rodzajowemi z tego powodu, że spotykają się przeważnie osobno od części wegetatywnych. Pierwszy typ to *Palaeostachya*, gdzie sporangjofory znajdują się w pachwinie liści (ryc. 436, *A*); związek ich z liśćmi jest zupełnie wyraźny. W drugim typie, który nosi nazwę *Calamostachys*, sporangjofory są osadzone pomiędzy liśćmi i związek ich z temi ostatniemi jest widoczny tylko w przebiegu wiązek. Okółki liściowe w kwiecie są naprzemianległe, skutkiem te-

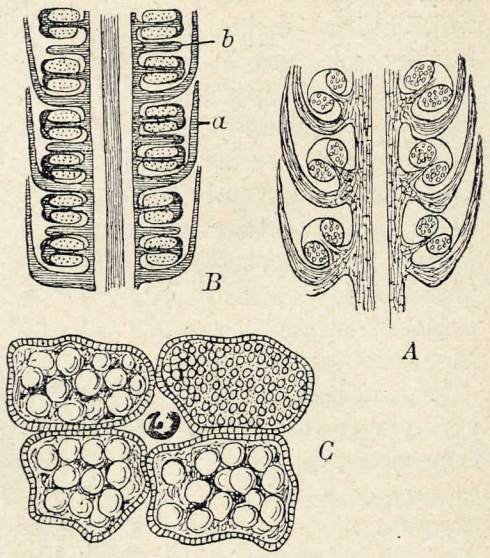


Ryc. 434. *Calamites*. — *A* Część przekroju poprzecznego łodygi w powiększeniu. — *B* Część przekroju stycznego. W obu figurach *x* drewno, *pp* promienie rdzeniowe pierwotne, *pw* promienie rdzeniowe wtórne. — Według Sewarda.

go na przekroju podłużnym, przedstawionym na ryc. 436, *B*, liście następujących po sobie okółków są naprzemian przecięte przez środek i przez boczną część. Wśród *Calamariales* jest dużo form różnozarodnikowych. W niektórych przypadkach zarodnie tego samego sporangjoforu różnią się swoją zawartością (ryc. 436, *C*).

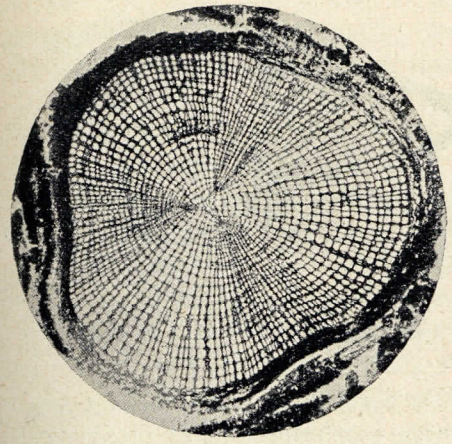


Ryc. 435. *A Asterocalamites scrobiculatus*. Pęd. — *B Asterocalamites scrobiculatus*. Pojedyńczy liść. — *C Calamites cruciatus*. Gałązka opisywana pod nazwą *Annularia stellata*. — *A* i *B* według Stura, *C* według Schenka.

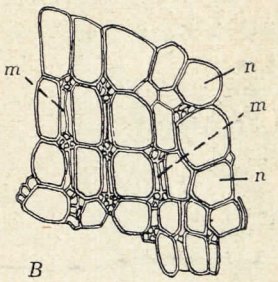


Ryc. 436. Kwiaty *Calamariales*. — *A Palaeostachya*. Przekrój podłużny kwiatu. — *B Calamostachys Binneyana*. Przekrój podłużny kwiatu; *a* liść przecięty przez środek, *b* liść przecięty w części bocznej. — *C Calamostachys Casheana*. Przekrój poprzeczny trzonka jednego ze sporangjoforów wraz z zarodniami, z których trzy zawierają makrospory, czwarta zaś mikrospory. — Według Scotta i Hicklinga.

128. Sphenophyllales. Ten rząd różni się znacznie od obu poprzednich. Budowa łodygi jest tu protosteliczna z trójkątnym walcem tkanki naczyniowej pierwotnej (ryc. 437) i przyrostem wtórnym. W drewnie brak promieni rdzeniowych; zamiast nich przebiegają pomiędzy naczyniami sznury komórek parenchymatycznych, połączone ze sobą poprzecznemi mostkami, idącemi w kierunku promieniowym (ryc. 438). Liście są dichotomicznie rozgałęzione. U form starszych rozgałęzienia liści są wolne, u późniejszych natomiast łączą się ze sobą, tworząc szersze blaszki, w których tylko unerwienie wskazuje na charakter rozgałęzienia

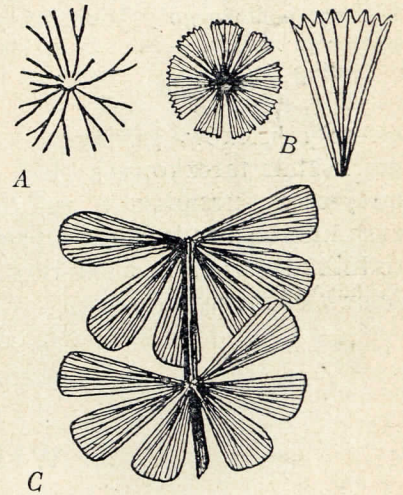


Ryc. 437. *Sphenophyllum plurifoliatum*. (Karbon). Przekrój łodygi. — Według Williamsona i Scotta.



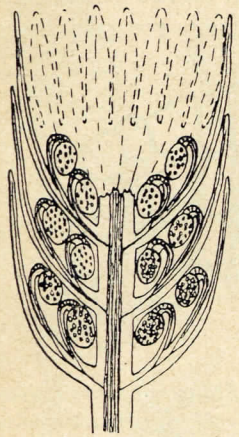
Ryc. 438. *Sphenophyllum quadrifidum*. Część drewna. Promieniowy kierunek idzie od góry do dołu, *n* naczynia, *m* miękisz. — Według Renaulta.

(ryc. 439). Okółki liściowe są naprzeciwległe. Rozgałęzienie pędów jest często nie okółkowe, lecz monopodjalne. Kwiaty mają różną budowę. Przeważnie zarodnie są osadzone na sporangjoforach, wyrastających z górnej strony zarodnikonośnych liści. Można to widzieć np. u *Sphenophyllum Dawsoni* (ryc. 440). Z każdego liścia wyrastają obok siebie dwa sporangjofory, z których jeden jest dłuższy od drugiego. Każdy sporangjofor jest kształtu nitkowatego z wiązką przechodzącą przez środek i wytwarza na końcu jedną tylko zarodnię. Inna jest budowa kwiatów u *Sphenophyllum fertile* (ryc. 441, *A* i *B*). W tym przypadku każdy za-

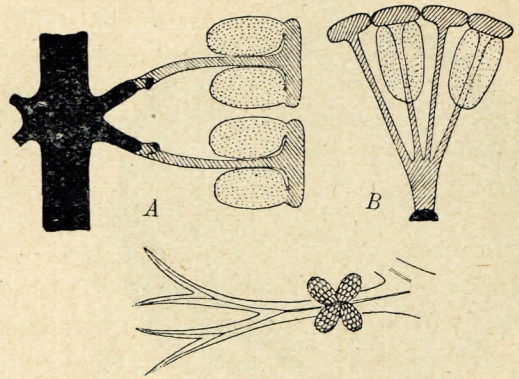


Ryc. 439. Liście u *Sphenophyllales*. — *A* Okółek liściowy *Sphenophyllum tenerrimum* (dolny karbon). — *B* Okółek liściowy *Sphenophyllum cuneifolium* (górny karbon) i jeden z liści nieco powiększony. — *C* Kawałek pędu *Sphenophyllum verticillatum* (górny karbon). — Według Potoniégo.

rodnikonośny liść rozgałęzia się dichotomicznie w płaszczyźnie, przechodzącej przez jego środek i oś kwiatu. Każda z tych gałęzi dzieli się dłoniasto na cztery odcinki. Razem tworzy się



Ryc. 440. *Sphenophyllum Dawsoni.* Schemat podłużnego przekroju kwiatu. — Według Scotta.



Ryc. 441. *A—B Sphenophyllum fertile.* — *A* Schemat podłużnego przekroju kwiatu; przedstawiony jest tylko jeden węzeł i jeden sporofil; części przecięte są oznaczone czarną barwą, nieprzecięte są kreskowane, zarodnie — kropkowane. — *B* Schematyczne przedstawienie sporofilu widzianego w poprzecznym przekroju kwiatu. — C *Sphenophyllum majus.* Sporofil z zarodniami. — *A* i *B* według Scotta, *C* według Kidstona.

osiem odcinków, grających rolę sporangjoforów. Każdy z nich ma kształt tarczkowaty i jest opatrzony dwiema zarodniami. Inne jeszcze urządzenie ma *Sphenophyllum majus,* u którego zarodnie są osadzone grupami po cztery bezpośrednio na zarodnikonośnych liściach (ryc. 441, *C*). *Sphenophyllales* są częściowo różnozarodnikowe.

ROZDZIAŁ XXVI

WIDŁAKI

129. Ogólna charakterystyka i podział. Gromada widłaków *(Lycopodiinae)* da się łatwo scharakteryzować przez swoje dichotomicznie rozgałęzione pędy, gęsto pokryte drobnemi liśćmi o jednym nerwie, i przez swoje kwiaty, w których liście zarodnikonośne mają po jednej zarodni osadzonej u podstawy na górnej stronie. Każdy gatunek współczesnych widłaków *(Lycopodium)* może służyć ilustracją tej charakterystyki (patrz ryc. 365). Charakterystyczną cechą jest nadto dichotomiczne

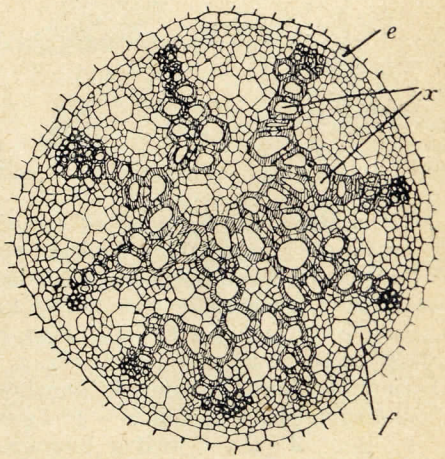
rozgałęzienie korzeni (ryc. 386), które u paproci i skrzypów rozgałęziają się monopodjalnie. Przedrośla są zwykle podziemne, bezzieleniowe, u form różnozarodnikowych silnie zredukowane. Plemniki są często dwurzęskowe w przeciwieństwie do paproci i skrzypów, u których są one zawsze wielorzęskowe. Budowa anatomiczna łodygi jest bardzo różna.

Współczesne widłaki są drobnemi zielnemi roślinami. We florze paleozoicznej i zwłaszcza karbońskiej było dużo wielkich form drzewiastych.

Gromada *Lycopodiinae* dzieli się na pięć rzędów, które można scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli:

A) Zarodnie i zarodniki jednakowe. Liście bez języczka. Budowa anatomiczna łodygi promienista. Zioła.
- *a)* Liście zarodnikonośne jednolite, z jedną zarodnią na każdym z nich, zebrane w kwiaty. *Lycopodiales.*
- *b)* Liście zarodnikonośne dwudzielne, z 2—3 zrośniętemi ze sobą zarodniami na każdym z nich, nie tworzące kwiatów. *Psilotales.*

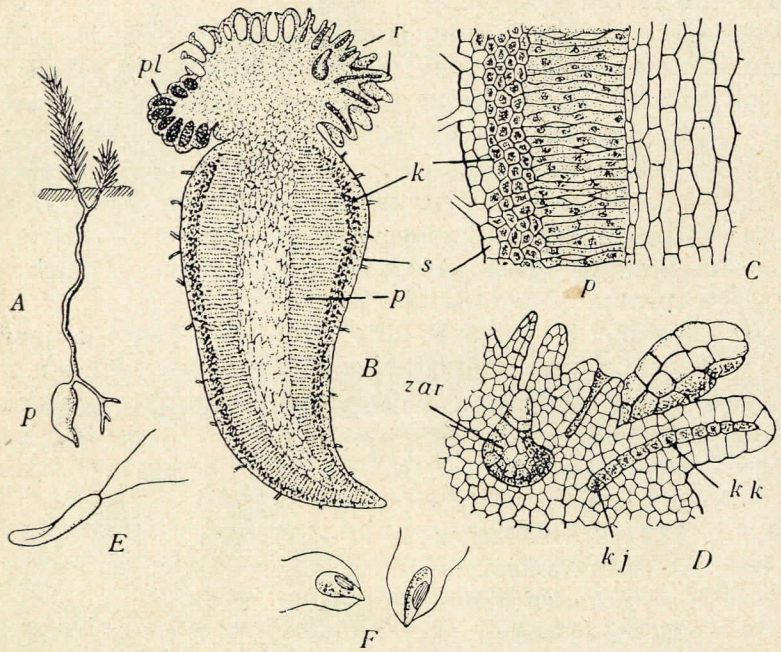
B) Zarodnie i zarodniki dwupostaciowe. Liście z języczkiem. Budowa anatomiczna łodygi współśrodkowa.
- *a)* Pędy wydłużone z drobnemi liśćmi. Liście zarodnikonośne zebrane w kwiaty.
  - *α)* Drzewa z obfitym wtórnym przyrostem. *Lepidodendrales.*
  - *β)* Zioła bez przyrostu wtórnego. *Selaginellales.*
- *b)* Pędy krótkie z bulwiastą łodygą i długiemi walcowatemi liśćmi. Kwiatów niema. Zioła. *Isoëtales.*



Ryc. 442. *Lycopodium Hippuris.* Walec osiowy łodygi w przekroju; *f* rurki sitowe, *x* naczynia, *e* śródskórnia. — Według Fittinga.

130. Lycopodiales. Są to widłaki w ściślejszem tego słowa znaczeniu; mają one postać niewielkich ziół, rosnących w wilgotnych miejscach (w lasach i torfowiskach) na ziemi albo na drzewach jako epifity. Walec osiowy po-

siada promienistą budowę anatomiczną, która we wzniesionych pędach jest zupełnie podobna do budowy korzeni (ryc. 442). W płożących się pędach tkanka naczyniowa wprawdzie traci swój prawidłowy układ promienisty, w każdym jednak razie zachowuje dośrodkowy kierunek wykształcania się zupełnie tak samo, jak w korzeniu. Liście zarodnikonośne niewiele się różnią od liści wegetatywnych (ryc. 365, *B*). Zarodnie są duże, z grubą wielowarstwową ścianą i zachowaną warstwą wyścielającą, otwierają się na szczycie przy pomocy szpary. Zarodniki są wszystkie jednakowe; pozostają one przez długi czas połączone w tetrady, dlatego są z jednej strony okrągłe, z drugiej zaś strony mają formę trójkątnej piramidy (ryc. 365, *C*).

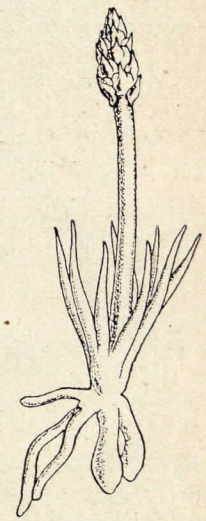


Ryc. 443. *A—D Lycopodium complanatum.* — *A* Podziemne przedrośle *(p)* i wyrastający z niego ponad powierzchnię ziemi sporofit z pierwszym korzeniem. Wielkość naturalna. — *B* Przekrój podłużny przedrośla; *s* skórka, *k* kora, *p* tkanka palisadowa, *r* rodnie, *pl* plemnie. — *C* Część tego przekroju z dolnej jego części. — *D* Część przekroju przedrośla z górnej części z rodniami; *kj* komórka jajowa, *kk* komórki kanałowe, *zar* zarodek. — *E Lycopodium phlegmaria.* Plemnik. — *F Lycopodium clavatum.* Plemniki. — *A—D* i *F* według Bruchmanna, *E* według Treuba.

Przedrośla widłaków odznaczają się bardzo powolnym rozwojem, który może trwać do lat 20, zanim wytworzy się nowy

sporofit. Są to przeważnie bezzieleniowe rośliny, żyjące w symbiozie z grzybami i pogrążone w glebie. Kształt ich jest różny, bryłowaty, często nieprawidłowy. Budowa anatomiczna tych przedrośli jest o wiele bardziej złożona, niż u jakichkolwiek innych paprotników. U niektórych gatunków górna część przedrośla wysuwa się z ziemi i wytwarza chlorofil.

Jako przykład przedrośli widłaków weźmiemy *Lycopodium complanatum* (ryc. 443). Podziemne przedrośle tego gatunku ma kształt podobny do korzenia buraka i jest zakończone w górze nieprawidłowem nabrzmieniem, w którem tworzą się rodnie i plemnie. Pod skórką, z której wyrastają włośniki, znajduje się kora z kłębkami strzępek grzyba w komórkach (ryc. 443, *C*, *k*). Dalej ku wnętrzu idzie kilka warstw komórek palisadowych, wydłużonych prostopadle do powierzchni i wreszcie w środku mieści się tkanka złożona z komórek wydłużonych w kierunku osi przedrośla; tkanka ta służy widocznie do przeprowadzania pokarmów. Rodnie są bardzo ciekawe ze względu na długi szereg komórek kanałowych (ryc. 443, *D*). Plemniki są dwurzęskowe.



Ryc. 444. *Phylloglossum Drummondii.* — Według Hookera.

Do tego rzędu należą tylko dwa rodzaje: *Lycopodium* i *Phylloglossum.* Rodzaj *Lycopodium* z licznemi gatunkami jest rozpowszechniony po całym świecie, głównie w krajach gorących i wilgotnych. Jednogatunkowy rodzaj *Phylloglossum* występuje tylko w Australji, Tasmanji i Nowej Zelandji. Zasadniczo ta roślina nie różni się niczem od widłaków, ale pokrój ma zupełnie inny (ryc. 444). Wydłużone liście są zebrane u podstawy bezlistnej łodygi zakończonej kwiatem. Podziemna część rośliny składa się z dwóch wydłużonych bulw i kilku nierozgałęzionych korzeni. Korzenie *Phylloglossum* mają budowę monarchiczną (ryc. 385, *A*).

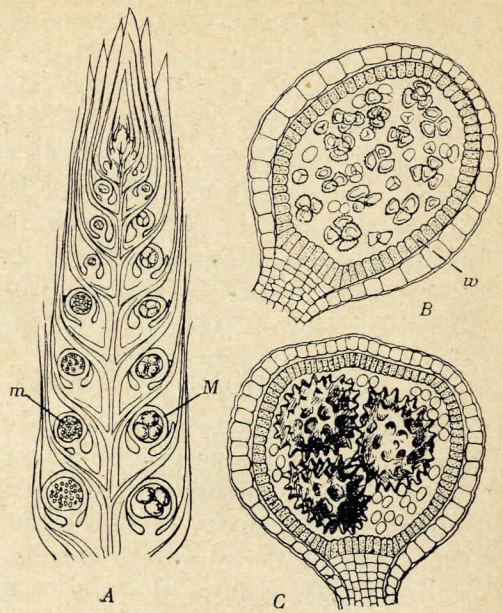
Rodzaj *Lycopodium* jest znany od karbonu.

131. Selaginellales. Rząd ten zawiera tylko jeden rodzaj, rozpłaszczkę *(Selaginella),* który można scharakteryzować jako różnozarodnikowe *Lycopodium.* Są to przeważnie rośliny wilgotnych lasów podzwrotnikowych; w Europie jest tylko kilka gatunków, które rosną w górskich okolicach. W Karpatach do-

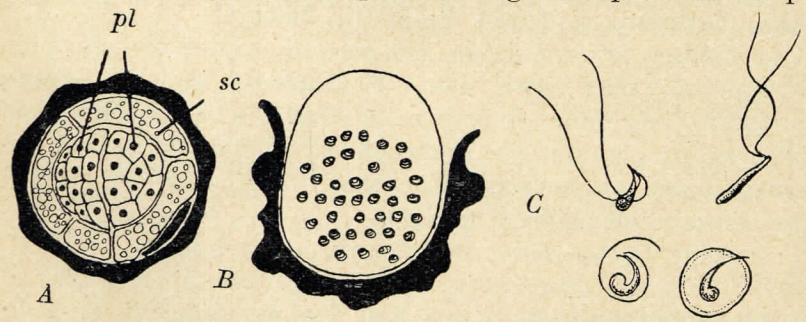
syć pospolita jest *Selaginella selaginoides* (ryc. 445). Budowa anatomiczna łodygi jest u *Selaginella* inna niż u *Lycopodium*: stele mają budowę koncentryczną, z parenchymatycznym rdzeniem albo bez niego. Łodygi zawierają przeważnie jedną stelę, nierzadkie jednak są przypadki polistelji (ryc. 378). Rozgałęzienie pędów jest dichotomiczne, obok tego są przejścia do rozgałęzienia monopodjalnego. Liście są ułożone naprzemianlegle i opatrzone u podstawy na górnej stronie specjalną blaszką, t. zw. języczkiem, którego nie posiadają widłaki właściwe. Ciekawą osobliwością morfologiczną rodzaju *Selaginella* jest powstawanie korzeni. Wyrastają one nie bezpośrednio z pędów, lecz ze szczególnych bezlistnych odgałęzień tychże. Te odgałęzienia podobne są z postaci swojej do korzeni, ale mają budowę współśrodkową.



Ryc. 445. *Selaginella selaginoides*. Pokrój rośliny w naturalnej wielkości. — Według Wettsteina.

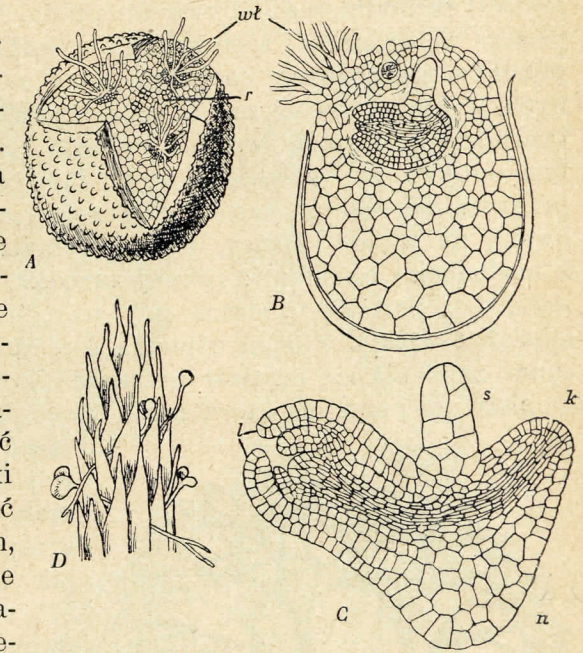


Ryc. 446. *Selaginella inaequalifolia*. — *A* Przekrój podłużny kwiatu; *M* makrosporangja, *m* mikrosporangja. — *B* Przekrój podłużny mikrosporangjum. — *C* Przekrój podłużny makrosporangjum. W tej i poprzedniej figurze *w* warstwa wyścielająca. — Według Sachsa.



Ryc. 447. *A Selaginella Apus*. Przekrój męskiego przedrośla pozostającego jeszcze wewnątrz zarodnika; *pl* plemnie, *sc* komórki ścienne. — *B* Przekrój dojrzałego męskiego przedrośla; komórki ścienne rozpłynęły się i plemniki są otoczone tylko wewnętrzną błoną zarodnika. — *C Selaginella cuspidata*. Plemniki. — *A* i *B* według Lyona, *C* według Bielajewa.

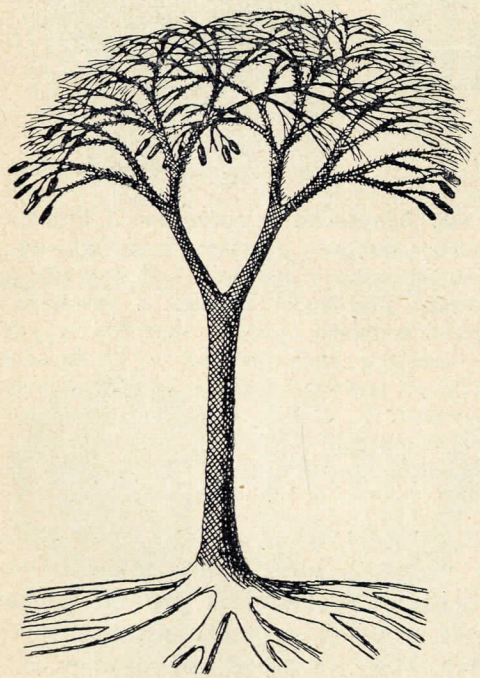
Kwiaty u *Selaginella* zawierają makrosporangja obok mikrosporangjów (ryc. 446). Makrosporangja zawierają cztery makrospory, pochodzące z jednej komórki macierzystej; wszystkie inne komórki macierzyste ulegają zanikowi. Mikrosporangja zawierają wielką ilość mikrospor. Zarodniki zaczynają kiełkować już w zarodniach, wytwarzając drobne przedrośla, które prawie całkowicie mieszczą się w ich wnętrzu. Przedrośle męskie składa się z dwóch plemni, dokładniej mówiąc z dwóch grup komórek macierzystych plemników otoczonych ścianą złożoną z jednej warstwy komórek (ryc. 447). Te komórki ścienne po pewnym czasie rozpływają się i plemniki pozostają otoczone tylko wewnętrzną warstwą błony zarodnika. Plemniki są opatrzone dwiema rzęskami. Przedrośla żeńskie górną swoją częścią wysuwają się cokolwiek z makrospory, której błona pęka na trzy klapy (ryc. 448). Na tej górnej części przedrośla powstają trzy wyniosłości, z których wyrasta tyleż grup włośników. Pomiędzy wyniosłościami tworzą się rodnie. Zaro-



Ryc. 448. *Selaginella selaginoides*. *A* Przedrośle żeńskie otoczone pękniętą błoną makrospory; *wł* włośniki, *r* rodnie. — *B Selaginella Martensii*. Przedrośle żeńskie w przekroju; w dwóch rodniach zarodki sporofita w różnych stadjach rozwojowych. — *C* Zarodek sporofita; *l* pierwsze liście, *k* korzeń, *n* noga, *s* suspensor. — *D Selaginella rupestris*. Górna część kwiatu z młodemi sporofitami. — *A*—*C* według Bruchmanna, *D* według Lyona.

dek oprócz zwykłych dla paprotników części ma jeszcze t. zw. suspensor, wyrostek skierowany ku wylotowi rodni. Ten organ poza rodzajem *Selaginella* spotyka się jeszcze u *Lycopodium* i *Ophioglossales* wśród paproci.

Bardzo ciekawe są niektóre osobliwości w cyklu rozwojowym *Selaginella*. U niektórych gatunków (np. u *S. Apus* i *S. rupestris*) zapłodnienie odbywa się wtedy, kiedy makrospora jest jeszcze w zarodni. U tych gatunków mikrospora dostaje się na pękniętą makrosporę, co przypomina zapylenie roślin nasiennych, w szczególności zaś nagozalążkowych. U *S. rupestris* makrospora nie wypada wcale z zarodni i rozwój młodego sporofita odbywa się w kwiecie (ryc. 448, *D*), co jeszcze bardziej przypomina rośliny nasienne. Trzeba jednak odrazu zwrócić uwagę na wielką różnicę, która zachodzi między *Selaginella* a nasiennemi roślinami: rozwój zarodka odbywa się u *Selaginella* bez przerwy, podczas gdy u roślin nasiennych zarodek sporofita wpada w stan uśpienia a jednocześnie makrosporangjum zamienia się na twór przetrwalnikowy, zwany nasieniem. Dopiero po przerwie, która może trwać długie lata, zarodek nasiennych wznawia swój rozwój i zamienia się w dojrzałą roślinę. Poza tem makrosporangja u nasiennych, jak to zobaczymy w ust. 135, są otoczone jedną lub dwiema powłokami, t. zw. osłonkami; takich powłok *Selaginella* nie ma.



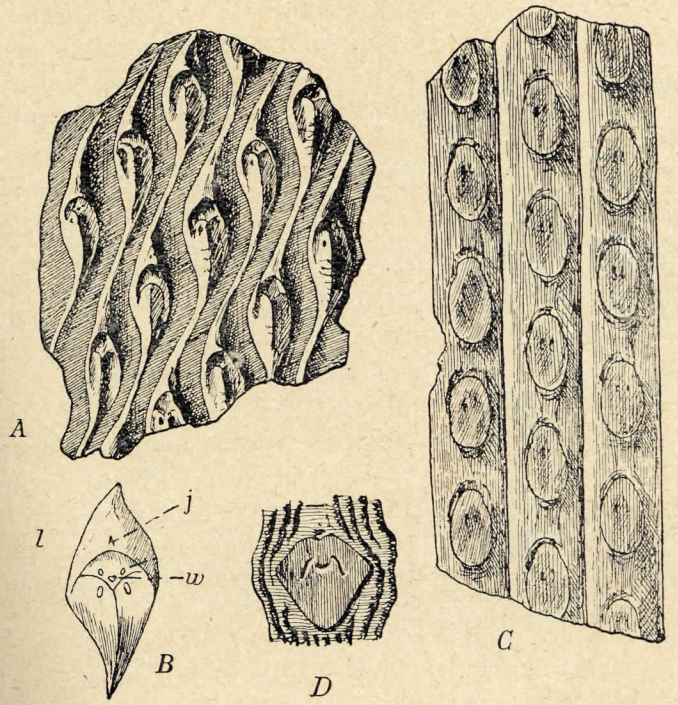
Ryc. 449. *Lepidodendron*. Rekonstrukcja silnie pomniejszona. — Według Gothana.

Rodzaj *Selaginella* jest równie stary, jak *Lycopodium*.

132. Lepidodendrales. Są to wielkie paleozoiczne drzewa, które zjawiają się w dewonie, dosięgają punktu kulminacyjnego swojego rozwoju w produktywnym karbonie, zaczynają wymierać już w górnym węglu i nikną w dolnym permie. Dichotomicznie rozgałęziony pień z gęsto osa-

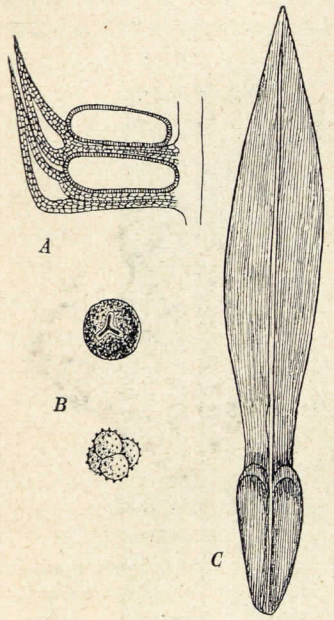
dzonemi prostemi liśćmi nadaje tym roślinom charakterystyczny „widłakowaty“ wygląd, jak to można widzieć na rekonstrukcji jednego z gatunków rodzaju *Lepidodendron*, przedstawionej na ryc. 449.

Najczęściej spotykanemi szczątkami tych roślin są resztki albo odciski kory o bardzo charakterystycznej ornamentacji, przypominającej łuskę ryb. Ornamentacja ta przedstawia sobą ślady ulistnienia, które w rzadkich tylko przypadkach zachowuje się w związku z pniem. Są dwa typy ulistnienia, odpowiadające dwu rodzinom: *Lepidodendraceae* i *Sigillariaceae*. W pierwszym typie blizny liści są osadzone na specjalnych poduszeczkach wydłużonego rombowego kształtu, ułożonych w ukośnie przebiegające szeregi (ryc. 450, *A* i *B*). Same blizny liściowe mają również kształt wydłużonego romba, ale ten romb jest



Ryc. 450. *A Lepidodendron Veltheimi*. Powierzchnia kory. — *B Lepidodendron obovatum*. Jedna z poduszeczek kory; *j* blizna języczka, *w* blizna wiązki. — *C Sigillaria elongata*. Powierzchnia kory. — *D Sigillaria Brardi*. Jedna z blizn liściowych z blizną wiązki i bliznami obu parichnos, ponad nią blizna języczka. — *A*—*C* według Potoniégo, *D* według Weissa.

ustawiony pod kątem prostym do romba poduszeczki. Na bliznach liściowych widoczne są trzy małe wgłębienia: środkowe jest blizną wiązki sitowo-naczyniowej, oba boczne znaczą *parichnos*, ciągi luźnej tkanki miękiszowej, łączące się z warstwą podobnej luźnej tkanki wewnątrz kory. Parichnos gubią się wśród tkanki liścia. Ponad blizną liściową znajduje się blizna języczka, który widzieliśmy już u *Selaginella*. Część poduszeczki położona poniżej blizny liściowej jest podzielona pionowem żeberkiem na dwa pola. W górnej części tych pól, tuż pod blizną liściową znajdują się dwa otwory transpiracyjne, wypełnione luźną tkanką, która łączy się ze wspomnianemi powyżej parichnos. Doprowadzały one powietrze w głąb pnia, tak jak przetchlinki w korze obecnych drzew. U *Sigillariaceae* poduszeczek niema i blizny liściowe znajdują się bezpośrednio na korze. Są one ustawione w prawidłowe prostnice (ryc. 450, *C* i *D*). Każda blizna liściowa ma również trzy blizny wiązki i obu parichnos. Nad nią widzi się bliznę języczka. Otworów transpiracyjnych niema.



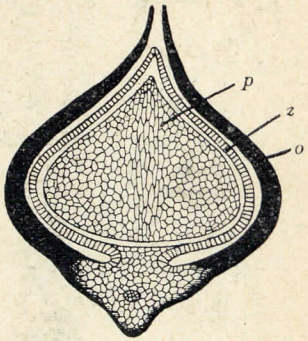
Ryc. 451. *A Lepidostrobus* (kwiat *Lepidodendraceae*). Szlif podłużny przez dwa liście zarodnikonośne. — *B* Makrospora ($^{40}/_{1}$) i tetrada mikrospor* ($^{120}/_{1}$). — *C Lepidophyllum*. (Pojedyńczy liść zarodnikonośny). — *A* i *C* według Hookera, *B* według Schimpera.

Liście *Lepidodendrales* miały typowy dla widłaków wygląd i budowę. U niektórych jednak *Sigillariaceae* wiązka w liściu była dichotomicznie rozdwojona.

Pień *Lepidodendrales* był w dole rozdzielony na liczne gałęzie, rozchodzące się promienisto we wszystkie strony i prawidłowo dichotomicznie rozgałęzione (patrz ryc. 449). Było to coś w rodzaju kłączy, od których odchodziły liczne korzenie. Takie rozgałęzione podstawy pni spotykają się w wielkich ilościach w pokładach węglowych i noszą nazwę *Stigmaria*.

Budowa anatomiczna pnia charakteryzuje się dośrodkowym rozwojem pierwotnej tkanki naczyniowej i silnym przyrostem wtórnym. W rodzinie *Lepidodendraceae* tkanka naczyniowa pierwotna ma postać walcowatą bez rdzenia albo rurkowatą z rdzeniem, w obu jednak przypadkach jest ona jednolita bez promieni rdzeniowych, które zjawiają się dopiero w przyroście wtórnym. Natomiast w rodzinie *Sigillariaceae* u późniejszych form tkanka naczyniowa pierwotna jest rozbita promieniami rdzeniowemi na wiązki ułożone naokoło rdzenia. Te same promienie rdzeniowe idą dalej przez przyrost wtórny, dzieląc drewno na klinowate kawałki na podobieństwo *Calamariales*. Pnie u *Lepidodendrales* były na powierzchni pokryte silnie rozwiniętą korą, o wiele grubszą od steli, złożoną z wtórnych tkanek, które powstawały z osobnej korowej tkanki twórczej, z fellogenu.

Kwiaty tworzyły się u *Lepidodendraceae* na końcach gałęzi, natomiast u *Sigillariaceae* wyrastały wprost z pnia. Liście zarodnikonośne miały ten sam wydłużony kształt, co liście płonne, i na górnej stronie u podstawy wytwarzały po jednem makro- albo mikrosporangjum (ryc. 451). W dolnej części kwiatu znajdowały się makrosporangja, w górnej mikrosporangja.



Ryc. 452. *Lepidocarpon Lomaxi*. Schematyczny przekrój makrosporangjum; *p* przedrośle, *z* ścianka zarodni, *o* osłonka. — Według Scotta.

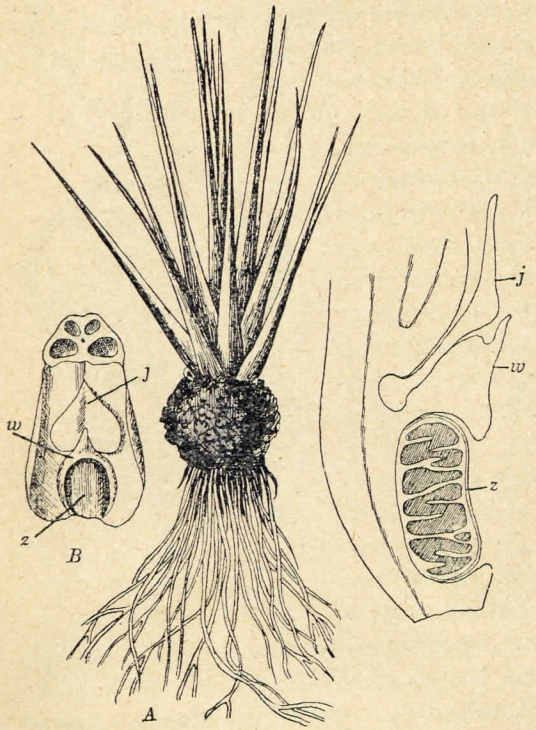
Na szczególną uwagę zasługują niektóre makrosporangja *Lepidodendrales* z tego względu, że przypominają swoją budową zalążki roślin nasiennych. Naprzykład u *Lepidocarpon Lomaxi* (ryc. 452) makrosporangjum jest otoczone specjalną powłoką, otwartą na szczycie i przypominającą osłonkę zalążka. To makrosporangjum zawierało tylko jedną makrosporę, która kiełkowała, nie wychodząc nazewnątrz.

Obie rodziny, na które dzieli się rząd *Lepidodendrales*, zostały już dostatecznie scharakteryzowane. Pozostaje tylko dodać, że *Sigillariaceae* odznaczały się słabem rozgałęzieniem swoich pni, co im nadawało swoisty pokrój, różny od *Lepidodendraceae*.

133. Isoëtales. Ta grupa różnozarodnikowych widłaków różni się od typowych form omawianej gromady swoim bardzo osobliwym pokrojem, brakiem kwiatów i wielorzęskowemi plemnikami, skutkiem czego niektórzy autorzy uważają ją za osobną gromadę paprotników.

*

Do rzędu *Isoëtales* należy tylko jeden rodzaj *Isoëtes*, po polsku poryblin. Są to wodne rośliny, żyjące na dnie jezior, w większości przypadków zupełnie pogrążone w wodzie. Tylko nieliczne gatunki prowadzą życie ziemnowodne albo nawet rosną w suchych miejscach. Porybliny mają pokrój, przypominający niekwitnący szczypiórek (ryc. 453). Łodyga jest bulwiasta o budowie protostelicznej z dosyć wydatnym przyrostem wtórnym. W kierunku podłużnym przebiegają na łodydze dwie albo trzy brózdy, z których wyrastają liczne dichotomicznie rozgałęzione korzenie. Powierzchnia łodygi jest pokryta warstwą martwych tkanek, które stanowią rodzaj kory. Na szczycie wyrasta pęk walcowatych, zwężających się ku górze liści, które są co roku odnawiane. Są one pozornie jednakowe; jednakże tak w istocie nie jest, bo są wśród nich liście zarodnikonośne i płonne. Na wiosnę wyrastają z początku liście z makrosporangjami, potem z mikrosporangjami i wreszcie liście płonne; te ostatnie w samym środku. Liście zarodnikonośne nie są tu zatem skupione na osobnych skróconych pędach, jak u innych widłaków: kwiatów *Isoëtes* nie ma. Zarodnie mieszczą się pojedyńczo w specjalnych wgłębieniach u podstawy liści na ich morfologicznie górnej (wewnętrznej) stronie (ryc. 453, *B* i *C*). Ponad zarodnią mieści się niewielki wyrostek, t. zw. warga, a nieco wyżej języczek, charakterystyczny organ różnozarodnikowych widłaków. Przedrośla są silnie zredukowane, tak



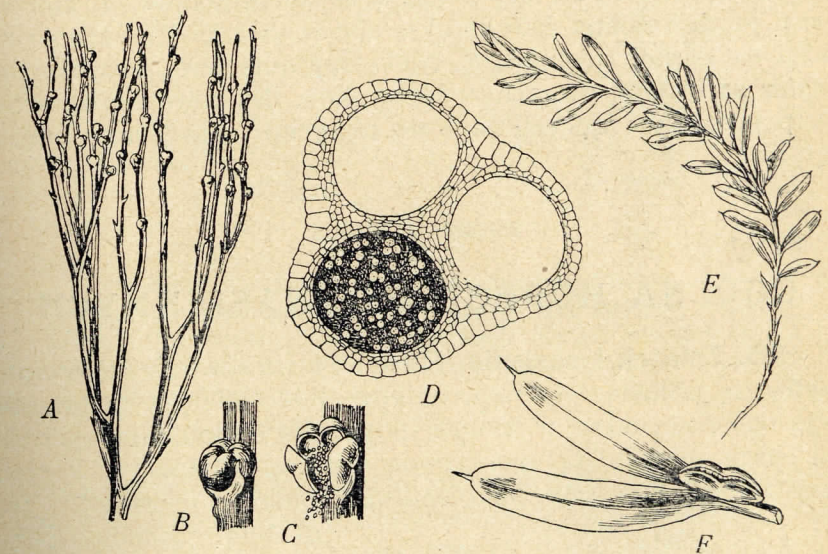
Ryc. 453. *Isoëtes lacustris* — *A* Pokrój rośliny w naturalnej wielkości. — *B* Dolna część liścia z mikrosporangjum widziana od strony wewnętrznej; *j* języczek, *w* warga, *z* zarodnia. — *C* To samo w przekroju podłużnym; w zarodni widoczne są niekompletne przegrody. — Według Wettsteina.

jak to jest właściwe wszystkim różnozarodnikowym paprotnikom. Plemniki są wielorzęskowe.

Pomimo bardzo swoistych cech *Isoëtales* zbliżają się do różnozarodnikowych widłaków przez swoje liście, mające tylko jedną nierozgałęzioną wiązkę i opatrzone języczkiem, przez pojedyńcze zarodnie osadzone na górnej stronie liści i dichotomicznie rozgałęzione korzenie.

Rośliny te są rozproszone na całym świecie, nie odgrywając w żadnej florze poważniejszej roli. Dwa gatunki rosną w jeziorach północnej Polski, np. *Isoëtes lacustris* w Świtezi. Kopalne formy są znane od kredy.

134. Psilotales. Ten ostatni rząd widłaków, podobnie jak poprzedni, posiada niektóre cechy bardzo swoiste, a mianowicie dwudzielne liście zarodnikonośne, nie tworzące kwiatów, dwu- albo trójkomorowe zarodnie i wreszcie wielorzęskowe plemniki.



Ryc. 454. *A—D Psilotum triquetrum.* Górna część rośliny z zarodniami. — *B* Zarodnia. — *C* Zarodnia pęknięta. — *D* Przekrój niedojrzałej zarodni. — *E—F Tmesipteris tannensis.* — *E* Pęd. — *F* Liść zarodnikonośny z zarodnią, powiększony. — Według Wettsteina.

Do tego rzędu należą dwa rodzaje: *Psilotum*, rozpowszechniony wszędzie w lasach strefy gorącej, i *Tmesipteris*, spotykany tylko w Australji, na przyległych do niej wyspach i na Filipinach (ryc. 454). Są to rośliny pozbawione korzeni, sadowiące się albo na bogatej w próchnicę glebie, albo jako epifity na ko-

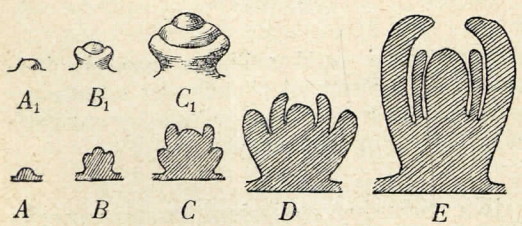
rze drzew. Czynności korzeni są u nich spełniane przez podziemne kłącza, żyjące w symbiozie z grzybami. Łodyga jest dichotomicznie rozgałęziona o budowie promienistej, podobnie jak u *Lycopodium*. Liście u *Psilotum* są łuskowate, bez wiązek, u *Tmesipteris* podłużne, z jedną wiązką. Liście zarodnikonośne są odmienne od plennych: dwudzielne z zarodnią na górnej stronie. Zarodnie są trójkomorowe u *Psilotum*, dwukomorowe u *Tmesipteris*. Są to właściwie połączenia trzech, względnie dwóch zarodni (synangja). Osobliwości tych zarodni nie kończą się na tem: zawierają one wiązki, które do nich wchodzą z łodygi, co nie spotyka się u żadnych innych paprotników, i wreszcie nie mają one warstwy wyścielającej, którą zastępują w czynności odżywiania zarodników osobne komórki, znajdujące się pomiędzy komórkami macierzystemi. Zarodniki są jednopostaciowe. Przedrośle jest walcowate, bezzieleniowe, podziemne, obupłciowe. Plemniki są wielorzęskowe.

Pokrojowo te rośliny zbliżają się do widłaków, z któremi łączy je dichotomja łodyg, ukształtowanie liści i położenie zarodni na górnej stronie liści. Niektórzy autorowie uważają *Psilotales* za osobną gromadę paprotników. Niektóre kopalne formy paprotników są zaliczane do tej grupy, ale jest to bardzo wątpliwe.

ROZDZIAŁ XXVII

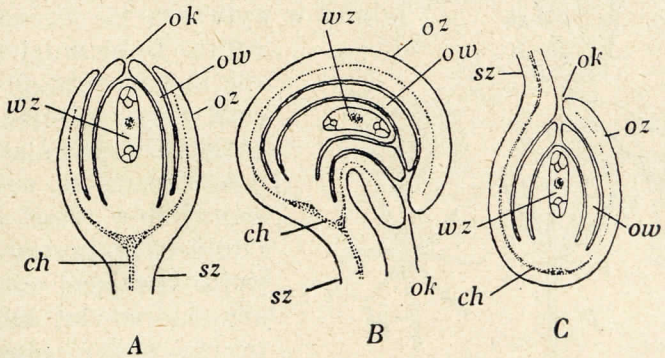
OGÓLNA MORFOLOGJA NASIENNYCH

135. Zalążek i nasienie. Rośliny nasienne *(Spermatophyta)* są zbliżone do paprotników. Podobnie jak te ostatnie, mają one rodozmian, w którym pokolenie diploidalne (sporofit) jest silnie rozwiniętą samożywną rośliną, złożoną z korzeni i pędów, podczas gdy pokolenie haploidalne (gametofit) jest drobną plechowatą roślinką. Obok tych i innych cech wspólnych obu typom są także liczne różnice, z których najważniejszą jest tworzenie zalążków i nasion przez rośliny nasienne w przeciwieństwie do paprotników, które takich narządów nie posiadają.



Ryc. 455. Schemat rozwoju zalążka. *A*—*E* kolejne stadja rozwojowe w przekroju. $A_1 - C_1$ Odnośne stadja w widoku. — Według Bonniera i Leclerc du Sablona.

Zalążek jest to makrosporangjum, osłonięte specjalną pojedyńczą lub podwójną powłoką, która wyrasta u podstawy i otacza makrosporangjum z boków, pozostawiając na szczycie wolny do niego dostęp (ryc. 455). Ta powłoka nosi nazwę osłonki (integumentum), otwór na szczycie jej nazywa się okienkiem (micropyle). Samo makrosporangjum nazywa się ośrodkiem (nucellus); jest ono odmiennej budowy niż u paprotników, bo nie posiada odrębnej ścianki i całe składa się z komórek mniej więcej jednakowych. W środku jego tworzy się z reguły jedna tetrada makrospor, z których tylko jedna rozwija się normalnie, podczas gdy trzy pozostałe giną. Ta makrospora nosi nazwę woreczka zalążkowego. Ma ona postać nieco wydłużonej komórki wielkich rozmiarów



Ryc. 456. Różne formy zalążków w przekroju (schemat). — *A* prosty czyli ortotropowy, *B* zgięty czyli kampylotropowy i *C* odwrócony czyli anatropowy. We wszystkich tych figurach: *sz* sznureczek, *oz* osłonka zewnętrzna, *ow* osłonka wewnętrzna, *ch* chalaza, *ok* okienko, *wz* woreczek zalążkowy. — Według Bonniera.

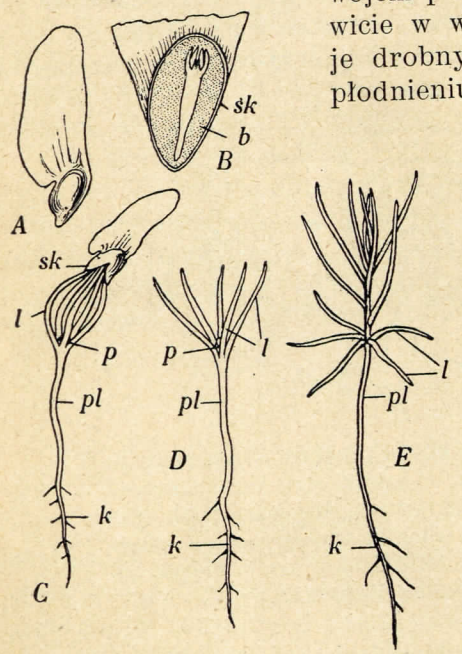
w stosunku do otaczających ją komórek ośrodka. Woreczek zalążkowy pozostaje stale ściśle złączony z tkanką ośrodka, której kosztem się żywi. Tkanka ta gra zatem rolę warstwy wyścielającej.

Twory zbliżone do zalążków występują w wyjątkowych przypadkach także u paprotników. Widzieliśmy to mianowicie u paleozoicznych widłaków, takich jak *Lepidocarpon Lomaxi*, u których makrosporangjum jest otoczone przez powłokę z otworem na szczycie, podobną do osłonki (ryc. 452).

Zalążki są umocowane na osobnych liściach (sporofilach), t. zw. owocolistkach (carpellae), przy pomocy trzonka zwanego sznureczkiem (funiculus). Podstawa zalążka, do której dochodzi sznureczek i z której wyrastają osłonki, nazy-

wa się osadką (chalaza). Kształt zalążka może być rozmaity. W najprostszym przypadku ośrodek stanowi przedłużenie sznureczka, zalążek jest wtedy prosty albo ortotropowy (ryc. 456, *A*). Zdarza się jednak, że ośrodek jest zgięty; taki zalążek nazywa się zgiętym albo kampylotropowym (ryc. 456, *B*). Najczęściej jednak zalążek jest odwrócony czyli anatropowy; jest to zalążek prosty, odwrócony o 180° i przyrośnięty bokiem do sznureczka (ryc. 456, *C*).

Opisane powyżej szczególne wykształcenie makrosporangjum, czyniące z niego zalążek, stoi w ścisłym związku z rozwojem pokolenia diploidalnego. Mianowicie w woreczku zalążkowym powstaje drobny gametofit, a w nim po zapłodnieniu wytwarza się zarodek sporofita. Dokładniej ten proces będzie opisany poniżej (ust. 144). Narazie chodzi o to, że wspomniany zarodek zapada u roślin nasiennych w stan uśpienia i dopiero po przerwie w rozwoju, trwającej czas dłuższy, nieraz lat kilka, wytwarza się z niego dojrzała roślina w procesie, który nazywa się kiełkowaniem. To stadjum uśpienia przebywa zarodek w specjalnym tworze przetrwalnikowym, który powstaje z zalążka i nazywa się nasieniem. W wykształceniu nasienia osłonki odgrywają rolę bardzo ważną, gdyż tworzą mocną i zwartą łupinę, zabezpieczającą uśpiony zarodek przed szkodliwemi wpływami zewnętrznemi.

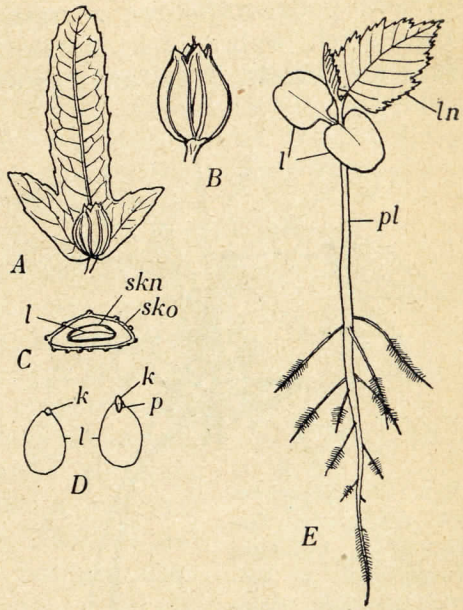


Ryc. 457. *Pinus silvestris.* — *A* Nasienie ze skrzydełkiem. — *B* Nasienie w przekroju podłużnym. — *C* Kiełkowanie. — *D* Młoda roślinka dopiero co uwolniona z łupiny. — *E* Nieco starsza roślinka. — We wszystkich figurach: *sk* łupina, *b* bielmo, *p* pączek (stożek wzrostu), *l* liścienie, *pl* podliścieniowa część łodygi, *k* korzeń. — Według Bonniera.

Nasienie oprócz zarodka zawiera zwykle bielmo (albumen), tkankę miękiszową, zawierającą obfite zapasy pożywienia dla zarodka, najczęściej tłuszcze, rzadziej skrobie, czasem hemicelulozy (por. str. 14). Można to widzieć np. w nasionach

sosny *(Pinus silvestris)* (ryc. 457, *B*). W zarodku zazwyczaj są widoczne wszystkie główne części składowe sporofita: łodyga, liście i korzeń. Z łodygi wyraźnie rozwinięta jest tylko część dolna, t. zw. część podliścieniowa; jest ona zakończona na dolnym końcu korzeniem, zaś na górnym jej końcu są osadzone liście zarodka, t. zw. liścienie (cotyledones), których jest w danym przypadku pięć.

Ponad liścienie łodyga wysuwa się bardzo nieznacznie swoim stożkiem wzrostowym, na którym znajdują się nieraz zaczątki dalszych liści, stanowiące pączek. Są jednak nasiona bezbielmowe, w których zapasy pożywienia znajdują się w liścieniach. Przykładem ich może służyć nasienie graba *(Carpinus Betulus)* (ryc. 458). Liścieni w tym przypadku jest dwa. Ta liczba jest najczęstsza; poza tem jest wiele nasiennych, mających tylko jeden liścień, natomiast wieloliścieniowych roślin jest niewiele. Liścienie w nasionach bezbielmowych, takich jak u graba, są grube z powodu silnie rozwiniętej tkanki śpichrzowej, zawierającej zapasy, które w innych przypadkach mieszczą się w bielmie.

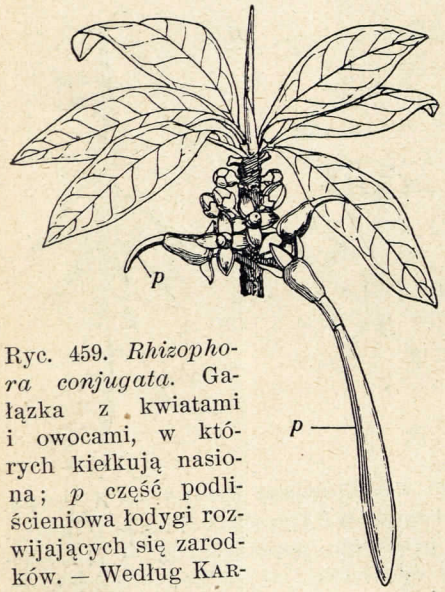


Ryc. 458. *Carpinus Betulus.* — *A* Orzech z okrywą. — *B* Orzech osobno. — *C* Orzech w przekroju poprzecznym. — *D* Liście nie oddzielone od siebie; w górnej ich części są widoczne korzeń i pączek zarodka. — *E* Młoda roślinka. — We wszystkich figurach: *sko* skorupa owocu, *skn* łupina nasienia, *l* liścienie, *ln* normalny liść, *p* pączek, *k* korzeń, *pl* podliścieniowa część łodygi. — Według Willkomma i Nolla.

W pewnych przypadkach stwierdzono w nasionach brak zarodka. We florze współczesnej zjawisko to jest rzadkie. Najciekawszym przykładem są storczyki *(Orchidaceae)*, u których nasiona są bardzo drobne i składają się z jednolitej miękiszowej tkanki: dopiero podczas kiełkowania wykształca się w nich zarodek, który bez przerwy rozwija się dalej i wytwarza dojrzałą roślinę. W nasionach paleozoicznych nie stwierdzono dotychczas w żadnym przypadku obecności

zarodka. Ponieważ resztki roślin zachowują się nieraz tak dokładnie, że można dojrzeć pojedyńcze komórki nawet w delikatnych tkankach, przeto można przypuścić z dużem prawdopodobieństwem, że paleozoiczne rośliny nasienne musiały wytwarzać zarodek dopiero przy kiełkowaniu, jak storczyki.

Stadjum spoczynkowe nasienia u niektórych roślin jest bardzo krótkie. Klasycznym tego przykładem mogą służyć drzewa podzwrotnikowe z rodziny *Rhizophoraceae,* które na bagnistych wybrzeżach morskich tworzą bardzo charakterystyczne zarośla, t. zw. mangrowe. Nasiona ich kiełkują wewnątrz owoców, kiedy te są jeszcze na drzewach. Dolna podliścieniowa część łodygi zarodka rośnie przytem silnie i, przebijając powłokę owocu, wysuwa się nazewnątrz (ryc. 459). Ta część łodygi po wydostaniu się z owocu grubieje i przybiera postać buławowatą, skutkiem czego zwiesza się pod własnym ciężarem pionowo wdół. Skoro młoda roślinka zerwie się z drzewa, część podliścieniowa jej łodygi wbija się w miękkie podłoże i umocowuje się w niem, szybko wypuszczając liczne korzenie. Taki sposób kiełkowania ułatwia sadowienie się młodych roślinek w bagnistem podłożu.

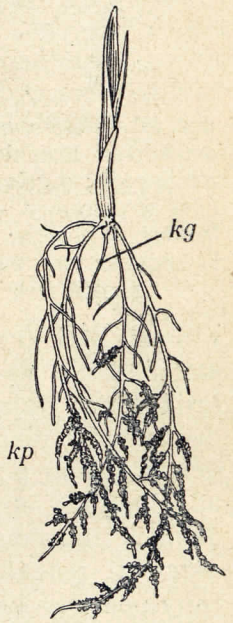


Ryc. 459. *Rhizophora conjugata.* Gałązka z kwiatami i owocami, w których kiełkują nasiona; *p* część podliścieniowa łodygi rozwijających się zarodków. — Według Karstena.

Nasienie kiełkuje tylko wtedy, jeżeli jest dojrzałe i jeżeli znajdzie się w odpowiednich potemu warunkach. Czas dojrzewania jest różny i u niektórych roślin trwa rok a nawet dłużej, np. u sosny *(Pinus silvestris)* nasiona dojrzewają dopiero na trzeci rok. Po osiągnięciu stanu dojrzałości nasienie, a właściwie zawarty w niem zarodek, zachowuje swoją żywotność przez pewien ograniczony czas. U pewnych roślin okres ten jest bardzo krótki, np. nasiona kawy przywiezione z Brazylji do Europy już nie kiełkują. Naogół okres ten trwa kilka lat a nieraz nawet kilkanaście. Podawane są przypadki kiełkowania nasion, wyjętych ze starych zielników z przed lat kilkudziesięciu, ale są to rzeczy wyjątkowe albo zgoła wątpliwe. Twierdzono nawet, że ziarna pszenicy z grobowców faraonów posiadały zdolność kiełkowania, ale wiadomość ta okazala się nieprawdziwą: kiełkowały istotnie ziarna z grobowców, ale podłożone tam w oszukańczy sposób przez fellachów do użytku turystów.

Aby nasienie zaczęło kiełkować, potrzeba dostatecznej wilgoci, odpowiedniej temperatury i dostępu tlenu. Pewne nasiona nadto wymagają jeszcze światła, podczas gdy niektóre inne kiełkują tylko w ciemności.

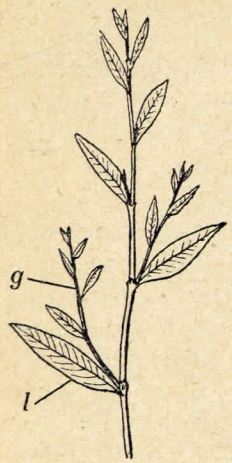
136. Morfologja zewnętrzna narządów wegetatywnych pokolenia diploidalnego. Na młodej roślince, która wychodzi z nasienia, już można widzieć wszystkie główne części rośliny nasiennej. Widoczny jest przedewszystkiem korzeń główny, rosnący pionowo wdół w przedłużeniu łodygi, która rośnie ku górze (por. ryc. 457 i 458). Jest to cecha bardzo charakterystyczna dla roślin nasiennych, bo paprotniki takiego narządu nie mają: ich korzenie wyrastają z różnych miejsc łodygi albo nawet liści i żaden z nich nie stanowi przedłużenia łodygi. Trzeba jednak zaznaczyć, że stare kopalne rośliny nasienne nie mają korzenia głównego i zachowują się pod tym względem, jak paprotniki. Na kiełkujących nasionach współczesnych roślin nasiennych korzeń główny występuje z reguły wyraźnie. Zwykle rozrasta się on i rozgałęzia się, wytwarzając obficie korzenie pochodne. Zdarza się jednak często, że korzeń główny zamiera i zamiast niego wyrastają z dolnej części łodygi korzenie przybyszowe. Jest to naprzykład zjawiskiem powszechnem u jednoliściennych *(Monocotyledones):* traw, palm i t. d. (ryc. 460). Rozgałęzienie korzeni u nasiennych jest monopodjalne.



Ryc. 460. System korzeniowy młodej roślinki pszenicy, *kg* zmarniały korzeń główny, *kp* korzenie przybyszowe. — Według Bonniera.

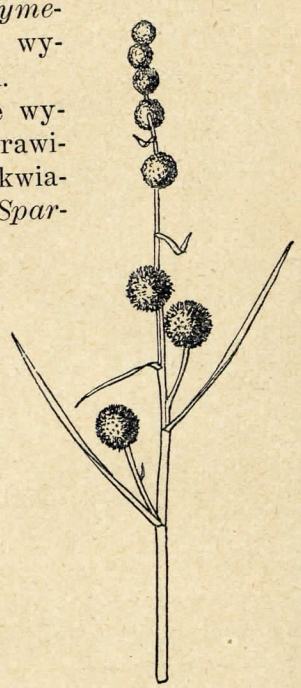
Ukształtowanie pędów jest u nasiennych bardzo różne, co stoi w związku z wielką rozmaitością warunków, w których one żyją. Nie wszystkie bowiem nasienne wymagają tak dużo wilgoci, jak paprotniki. Poszczególne formy pędów będą rozpatrzone szczegółowo później. Narazie wystarczy podać ich wspólne cechy charakterystyczne. Charaktery-

stycznem jest tu rozgałęzienie łodygi, które nigdy nie bywa dichotomiczne: gałęzie zawsze różnią się od głównej łodygi, gałęzie drugiego rzędu od gałęzi pierwszego rzędu i t. d. Charakterystyczne jest następnie położenie gałęzi względem liści, osadzonych na głównej łodydze albo na gałęzi poprzedniego rzędu: gałąź wychodzi zawsze z pachwiny jednego z tych liści, to znaczy bezpośrednio ponad jego nasadą (ryc. 461). Taki liść nazywa się wspierającym. W przeciwieństwie do tego u paprotników położenie gałęzi względem liści jest, jak widzieliśmy, nieokreślone i tylko wyjątkowo (np. u *Hymenophyllaceae*) gałęzie wyrastają z pachwin liści.



Ryc. 461. *Polygonum aviculare*. Rozgałęzienie pędu; *g* gałąź, *l* liść wspierający. — Według Bonniera i Leclerc du Sablona.

Są pewne pozorne wyjątki z powyższego prawidła. Między innemi w kwiatostanach jeżogłówki *(Sparganium)* można widzieć gałęzie, wyrastające poza pachwinami liści (ryc. 462). Jednakże bliższe badanie wykazuje odrazu, że gałęzie te są dolną częścią przyrośnięte do łodygi i dlatego odchodzą od niej dosyć daleko ponad wspierającemi liśćmi. Podobne stosunki są częste w rodzinach buraczkowatych *(Borraginaceae)* i psiankowatych *(Solanaceae)*. Inny pozorny wyjątek spotykamy w pędach o budowie sympodjalnej, o czem będzie mowa poniżej.

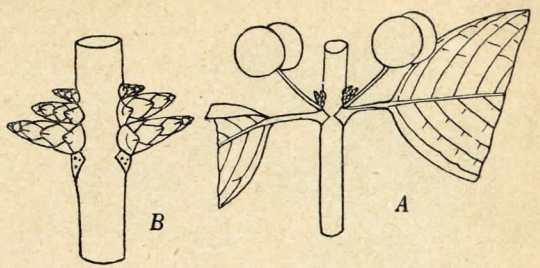


Ryc 462. *Sparganium simplex*. Kwiatostan. Gałęzie jego w miarę posuwania się ku górze coraz silniej przyrastają do osi. — Według Velenowskyego.

Z pachwiny liścia wspierającego w pewnych przypadkach wyrasta nie jedna, lecz kilka gałęzi, ustawionych w poziomy albo pionowy szereg. Można to widzieć np. u wiciokrzewu *(Lonicera Xylosteum)* (ryc. 463). Są to t. zw. gałęzie szeregowe.

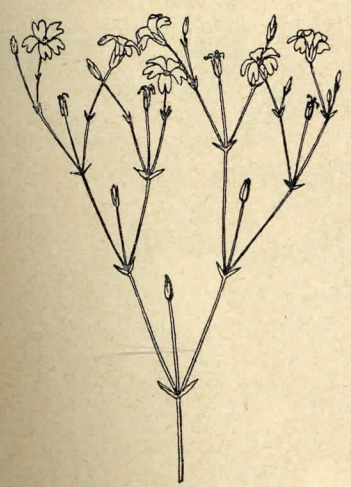
Rozgałęzienie łodygi u roślin nasiennych jest najczęściej monopodjalne, rzadziej okółkowe, czemu odpowiada ułożenie

liści w pierwszym przypadku skrętoległe, w drugim zaś okółkowe. Rozgałęzienie monopodjalne, tak samo jak okółkowe, może być groniaste albo wierzchotkowe. Groniastem rozgałęzienie jest wtedy, gdy gałęzie są krótsze i słabiej rozwinięte niż oś pędu. Takiem jest naprzykład rozgałęzienie przedstawione na ryc. 461 i 462. Jeżeli zaś dalszy rozwój pędu skutkiem wytworzenia kwiatu albo z innej przyczyny ustanie, natomiast rozwijają się silnie gałęzie, rozgałęzienie staje się wierzchotkowem. Jako przykład można przytoczyć rogownicę *(Cerastium)* (ryc. 464).



Ryc. 463. *Lonicera Xylosteum*. — *A* Kawałek pędu w jesieni, w pachwinach każdego liścia trzy gałęzie: jedna gałąź z owocami i dwie nierozwinięte w postaci pączków. — *B* Kawałek pędu w zimie; po trzy pączki w pachwinie liści, które już opadły, pozostawiając blizny na osi pędu. — Według Velenowskyego.

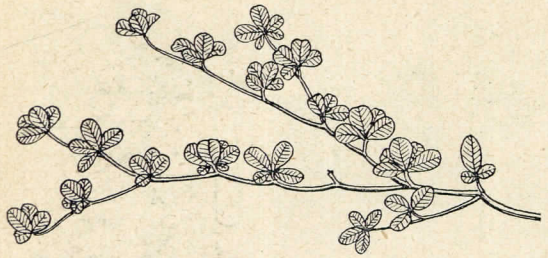
Bardzo ciekawą odmianą rozgałęzienia wierzchotkowego jest rozgałęzienie sympodjalne. Powstaje ono z monopodjalnego wtedy, gdy gałąź upodobnia się do osi pędu i staje w jej przedłużeniu, odchylając wbok oś właściwą (ryc. 465). Oś pędu w tym przypadku nie jest morfologicznie jednolitą częścią rośliny, lecz składa się z odcinków, należących do gałęzi kolejno pierwszego, drugiego i t. d. rzędów. Pozornie taka oś może wydawać się jednolitą i wtedy tylko niezwykłe położenie liści względem gałęzi zdradza sympodjalną budowę pędu: gałęzie zamiast tego, żeby się znajdować pomiędzy osią a liściem wspierającym, są ustawione po przeciwnej stronie osi od liści. Można to widzieć np. na kwiatostanach bodziszków *(Geranium)* (ryc. 466).



Ryc. 464. *Cerastium collinum*. Wierzchotkowe rozgałęzienie pędu. — Według Duchartre'a.

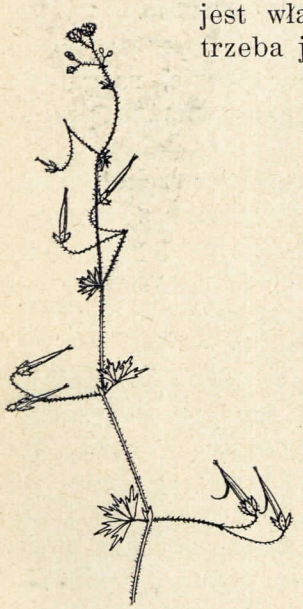
Liście nasiennych wykazują bardzo różne ukształtowanie. Zwykle są one rozgałęzione, a to najczę-

ściej w płaszczyźnie spłaszczenia, chociaż zdarzają się przypadki rozgałęzienia w płaszczyźnie prostopadłej do poprzednio wspomnianej płaszczyzny. Odgałęzienia liści są przeważnie ze sobą złączone i rozgałęzienie ujawnia się wówczas tylko w przebiegu nerwów, podobnie jak to widzieliśmy u paproci.

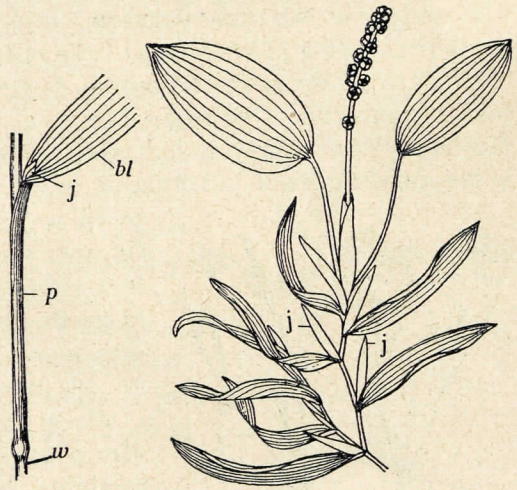


Ryc. 465. *Terminalia Catappa.* Boczna gałąź drzewa o sympodjalnej budowie.

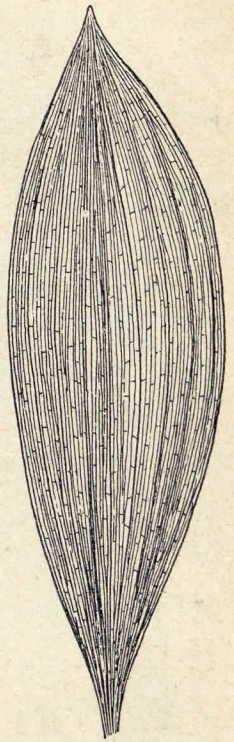
Liście nierozgałęzione nie są rzadkie; mają one kształt wstęgowaty, z wiązkami, które wchodzą do liścia z łodygi i przebiegają równolegle, łącząc się ze sobą ewentualnie przy pomocy poprzecznych mostków. Ten typ liści jest właściwy naprzykład trawom. Co do traw trzeba jednak zrobić to zastrzeżenie, że występuje u nich na górnej stronie specjalny twór, t. zw. języczek (ligula), który można uważać za odgałęzienie, oddzielające się od niego w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny spłaszczenia. Liść traw składa się mianowicie z pochwy, otaczającej łodygę na znacznej przestrzeni, i z wstęgowatej blaszki, odchylającej się od pochwy prawie pod kątem prostym (ryc. 467, *A*). Otóż w miejscu, w którem zaczyna się blaszka, odchodzi od pochwy języczek, przylegając do łodygi i tworząc jakgdyby przedłużenie pochwy. Jeszcze wyraźniej jest wykształcony języczek u rdestnicy *(Potamogeton)*, u której niema pochwy i języczek odchodzi od podstawy blaszki (ryc. 467, *B*). Do opisanego powyżej typu nierozgałęzionych liści można włączyć także lancetowate i jajowate liście liljowatych i pokrewnych im innych roślin jednoliściennych, u których nerwy przebiegają w środkowej części prawie równolegle do siebie, zaś w miarę oddalania się od środka są coraz bardziej wygięte, aż wreszcie najbardziej zewnętrzne idą równolegle do brzegu liścia (ryc. 468).



Ryc. 466. *Geranium rotundifolium.* Sympodjalnie zbudowany kwiatostan. — Według Reichego.



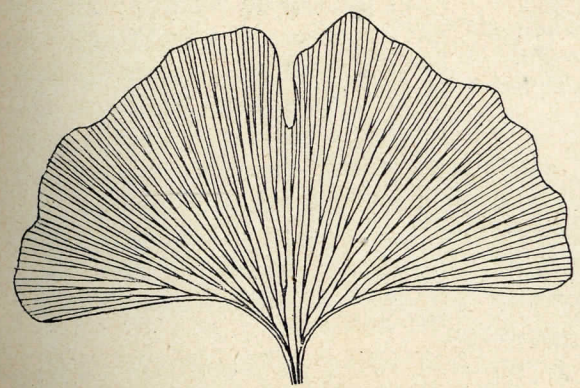
Ryc. 467. *A* Część pędu trawy z liściem; *w* węzeł, *p* pochwa liściowa, *bl* blaszka, *j* języczek. — *B Potamogeton gramineus.* Pęd, *j* języczek. — *A* według Schencka, *B* według Reichenbacha.



Ryc. 468. *Convallaria majalis.* Unerwienie liścia.

Rozgałęzienie liści u nasiennych tylko w nielicznych przypadkach jest dichotomiczne. Najbardziej jaskrawym tego przykładem jest *Ginkgo biloba,* której klinowaty liść ma bardzo prawidłowe unerwienie dichotomiczne (ryc. 469). Temu unerwieniu odpowiadają wcięcia na brzegu liścia, z których przynajmniej jedno — środkowe — sięga dosyć głęboko.

Najczęściej spotykaną formą rozgałęzienia liści u roślin nasiennych jest monopodjalna czyli pierzasta. W takich liściach odgałęzienia wychodzą z różnych miejsc osi, zwykle parami po jednej i drugiej stronie osi (ryc. 470, *A*—*C*). Rzadziej rozgałęzienie bywa palczaste, wówczas odgałęzienia odchodzą wachlarzowato od końca części



Ryc. 469. *Ginkgo biloba.* Unerwienie liścia.

osiowej (ryc. 471, *A—C*). W niektórych przypadkach odgałęzienia są zupełnie wolne i każde z nich stanowi oddzielną blaszkę, która odpada od osi (zwanej inaczej osadką) oddzielnie od innych; liście takie nazywamy złożonemi (ryc. 470, *A* i 471, *A*). W innych przypadkach odcinki liścia są mniej lub więcej ze sobą złączone; mówimy wówczas, że liść jest pojedyńczy, ale pierzasto- (względnie dłoniasto-) sieczny, dzielny lub klapowany zależnie od tego, w jakim stopniu odcinki są ze sobą złączone (ryc. 470 i 471, *B* i *C*). Dokładne określenie tych terminów jest bardzo ważne dla szczegółowej systematyki, która także musi uwzględniać drobniejsze wcięcia w blaszkach, rozróżniając liście ząbkowane, piłkowane, karbowane i t. d. Wszystkie te szczegóły nie mają zasadniczego znaczenia i dlatego zajmować się niemi nie będziemy.



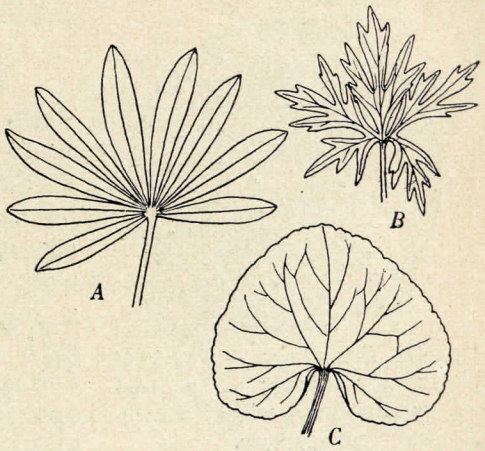
Ryc. 470. Liście rozgałęzione pierzasto. — *A Robinia Pseudoacacia.* — *B Senecio erucifolius.* — *C Beta vulgaris.*

Wierzchołek wzrostowy łodygi zwykle jest okryty młodemi listkami, skutkiem czego tworzą się pączki, charakterystyczne twory, złożone z krótkiej stożkowatej łodyżki, na której są gęsto osadzone drobne, ściśle do siebie przylegające listki (ryc. 463). Listki te są w rozmaity sposób pofałdowane albo pozwijane wzdłuż; zwinięcie poprzeczne, charakterystyczne dla paproci, jest u nasiennych zjawiskiem rzadkiem. Zewnętrzne listki pączków są zwykle przekształcone w skórkowate łuski, chroniące pączek od wyschnięcia. Przy rozwijaniu się pączka łuski te odpadają.

U podstawy liści wyrastają często przylistki (stipulae), osobne twory podobne do blaszek liściowych (ryc. 472). Przy każdym liściu wyrasta ich dwa: u wielu roślin zrastają się one ze sobą lub z ogonkiem.

Pędy nasiennych przeważnie rosną na powietrzu. Zdarza się jednak nieraz, że rozwijają się one w wodzie albo w ziemi

Ukształtowanie ich i budowa różni się wówczas znacznie od pędów nadziemnych. Takie pędy nie spotykają się u nagozalążkowych, natomiast są częste u okrytozalążkowych i dlatego zajmiemy się niemi dopiero przy omawianiu tej grupy roślin nasiennych. Z drugiej strony korzenie, które są z reguły częściami podziemnemi, rosną u okrytozalążkowych nieraz na powietrzu. O nich również będzie mowa w odnośnym rozdziale.



Ryc. 471. Liście rozgałęzione palczasto. — *A Lupinus luteus.* — *B Ranunculus acer.* — *C Caltha palustris.*

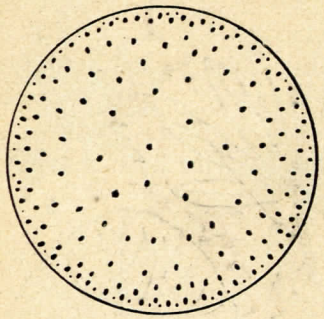
137. Ogólne uwagi o morfologji wewnętrznej narządów wegetatywnych pokolenia diploidalnego. Tkanki, z których składają się rośliny nasienne, są naogół podobne do tkanek paprotników. Odrazu można jednak zauważyć dwie ważne różnice. Po pierwsze tkanka twórcza zarówno na pędach, jak i na korzeniach, powstaje nie z jednej komórki początkowej, jak to często bywa u paprotników, lecz z większej ilości takich komórek, położonych na powierzchni stożka wzrostowego (ryc. 306). Powtóre spotykamy u roślin nasiennych typowe rurki sitowe i prawdziwe naczynia (trachee).



Ryc. 472. *Trifolium.* Liść z przylistkami *(p)*, przyrośniętemi do ogonka.

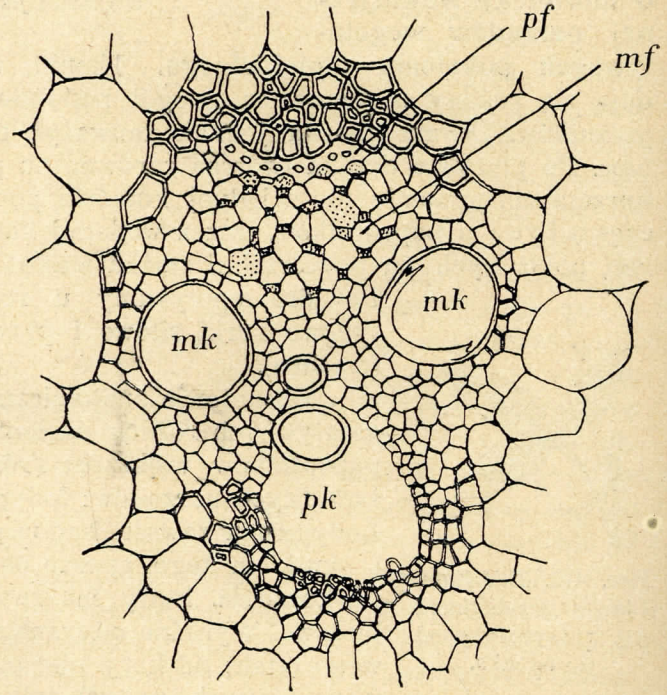
W budowie anatomicznej narządów wegetatywnych rośliny nasienne różnią się od paprotników większem zróżnicowaniem zasadniczych narządów: łodygi, liści i korzeni. Łodyga ma zawsze budowę współśrodkową i skutkiem tego zawsze ostro odróżnia się od korzenia, który ma zwykłą promienistą budowę. Wyraźne odgraniczenie walca osiowego (steli) od kory pierwotnej ma miejsce u nasiennych naogół tylko w korzeniach. Liście wreszcie mają u nasiennych również budowę odmienną od łodygi i nie zawierają całych steli, tylko pojedyńcze wiązki sitowo-naczyniowe. Dośrodkowy ksylem, charakterystyczny dla

korzeni, nie występuje tu w łodydze i w liściach wcale albo jest słabo wykształcony. Najwyraźniej wykształca się on u form paleozoicznych.



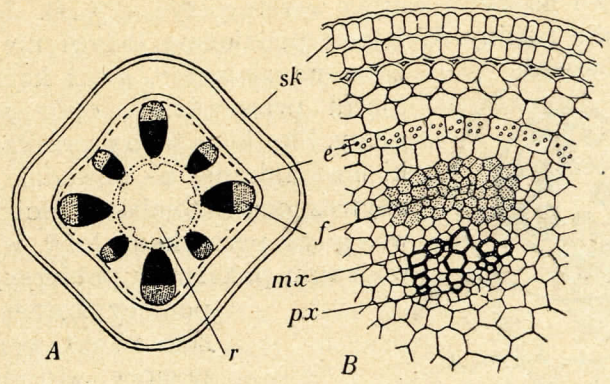
Ryc. 473. *Zea Mays.* — Przekrój poprzeczny łodygi; czarną barwą są oznaczone wiązki sitowo-naczyniowe.

138. Budowa anatomiczna łodygi. Przechodząc do szczegółowego opisu budowy anatomicznej roślin nasiennych, rozpoczniemy od łodygi. Jak to już było zaznaczone, granica między korą pierwotną a walcem osiowym jest tu z reguły niewyraźna. U niektórych roślin nawet wogóle niepodobna rozróżnić tych części składowych łodygi. Tak jest naprzykład u wielu jednoliściennych, u których wiązki sitowo-naczyniowe są rozrzucone po całym przekroju wśród tkanki miękiszowej od środka łodygi prawie do samej skórki (ryc. 473). Nierzadkie są jednak przypadki, w których granica między walcem osiowym a korą pierwotną jest zaznaczona warstwą czworokątnych komórek, ułożonych prawidłowo i wypełnionych obficie skrobią. Taka pochwa skrobionośna może być uważana za odpowiednik śródskórni.



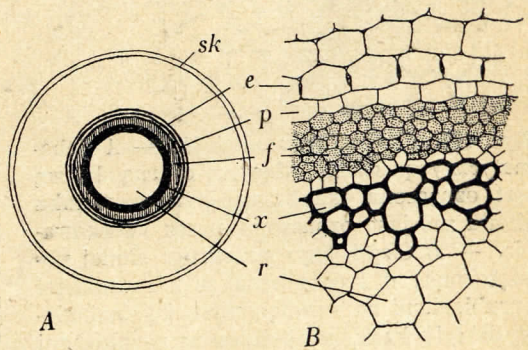
Ryc. 474. *Zea Mays.* Wiązka sitowo-naczyniowa, *pk* protoksylem, częściowo zniszczony z komorą powietrzną, *mk* metaksylem, *pf* całkowicie zniszczony protofloem, *mf* metafloem. — Według Strasburgera.

Można ją widzieć np. u szczyra *(Mercurialis annua)* (ryc. 475). Typowa śródskórnia w łodygach roślin nasiennych jest zjawiskiem dosyć rzadkiem i występuje tylko u roślin wodnych lub błotnych oraz w pędach podziemnych. Przykładem może służyć przetacznik bobownik *(Veronica Beccabunga)* (ryc. 476). Na kłączach śródskórnia ma często ścianki wewnętrzne i promieniowe zgrubiałe i zdrewniałe, np. u konwalji *(Convallaria majalis)* (ryc. 477).



Ryc. 475. *Mercurialis annua.* — *A* Schematyczny przekrój poprzeczny łodygi; czarna barwa oznacza ksylem. — *B* Część przekroju silniej powiększona; *sk* skórka, *e* pochwa skrobiowa, *f* wiązka sitowa, *px* protoksylem, *mx* metaksylem, *r* rdzeń. — Według Bonniera i Leclerc du Sablona.

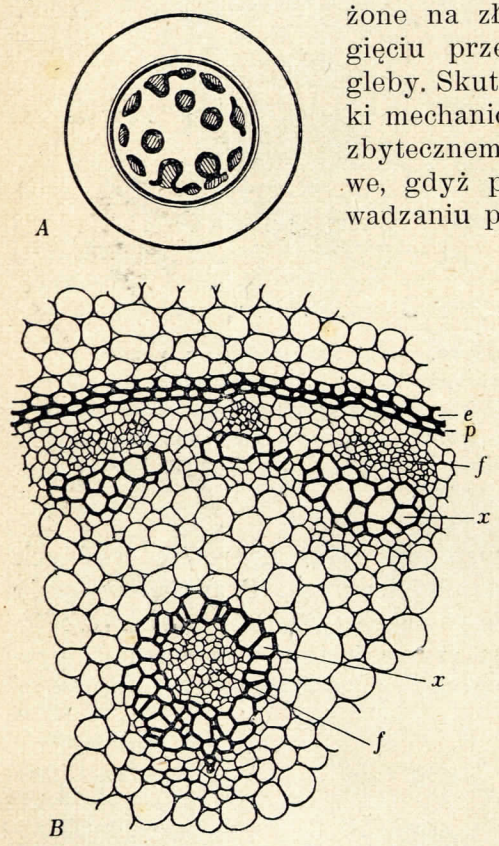
Na powierzchni łodyga jest pokryta skórką zwykłej budowy z nabłonkiem i szparkami. Bezpośrednio pod skórką albo nieco głębiej w korze znajduje się grubsza lub cieńsza warstwa tkanki mechanicznej, kolenchymy albo sklerenchymy, nadająca łodydze niezbędną dla niej wytrzymałość na zginanie. Taka warstwa



Ryc. 476. *Veronica Beccabunga.* — *A* Schematyczny przekrój poprzeczny łodygi. — *B* Część tego przekroju w silniejszem powiększeniu. — W obu figurach: *sk* skórka, *e* śródskórnia, *p* okolnica, *f* tkanka sitowa, *x* tkanka naczyniowa, *r* rdzeń. — Według Bonniera i Leclerc du Sablona.

*

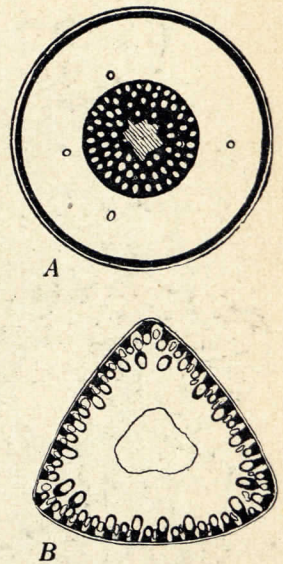
tkanki mechanicznej jest np. dobrze widoczna u traw i turzyc (ryc. 478, *B*). W pędach podziemnych tkanka mechaniczna jest słabo rozwinięta albo zgromadzona w środku, pozostawiając na obwodzie co najwyżej cienką warstwę (ryc. 478, *A*). Jest to pożyteczne dla rośliny. W istocie podziemne łodygi nie są narażone na złamanie, gdyż każdemu wygięciu przeciwdziała opór otaczającej gleby. Skutkiem tego gromadzenie tkanki mechanicznej na obwodzie staje się zbytecznem, natomiast byłoby szkodliwe, gdyż przeszkadzałoby w przeprowadzaniu pokarmów pobieranych przy pomocy korzeni, a czasem nawet wprost przy pomocy włośników, wyrastających bezpośrednio z łodygi.



Ryc. 477. *Convallaria majalis.* — *A* Schematyczny przekrój kłącza; czarną barwą jest oznaczona tkanka naczyniowa, tkanka sitowa zaś jest oznaczona przez kreskowanie. — *B* Część tego przekroju silniej powiększona; *e* śródskórnia ze zdrewniałemi zgrubieniami na wewnętrznych i promieniowych ściankach, *p* okolnica ze zgrubiałemi i zdrewniałemi zarazem ściankami, *x* ksylem, *f* floem.

Koncentryczna budowa łodygi przejawia się w niektórych przypadkach nadzwyczajnie wyraźnie, wykazując na przekroju poprzecznym pierścień tkanki sitowej i przylegający do niego od wewnątrz pierścień tkanki naczyniowej. Taka solenoksyliczna budowa, bardzo rzadka u nasiennych, jest dobrze widoczna naprzykład u dopiero co podanego przetacznika bobownika (ryc. 476). Najczęściej jednak tkanki przeprowadzające są rozbite na kollateralne wiązki sitowo - naczyniowe. W takich wiązkach część sitowa jest położona nazewnątrz od części naczyniowej. Można to widzieć naprzykład u szczyra (ryc. 475). Tkanka naczyniowa różnicuje się w kierunku odśrodkowym, sitowa zaś w kierunku odwrotnym. W miejsce protoksylemu często znajduje się przestwór międzykomórkowy, wytworzony przez zniszczenie jego. Przypadki występowania dośrodkowego ksylemu w łodygach będą omówione później. Wiązki często są opatrzone od strony zewnętrznej i wewnętrznej, a czasem i naokoło pochwą tkanki mechanicznej (por. ryc. 474, 478, *A*). Ten bliski związek tkanki mechanicznej z przeprowadzającą jest charakterystyczny dla roślin nasiennych; u paprotników rozłożenie tkanki mechanicznej jest niezależne od tkanek przeprowadzających.

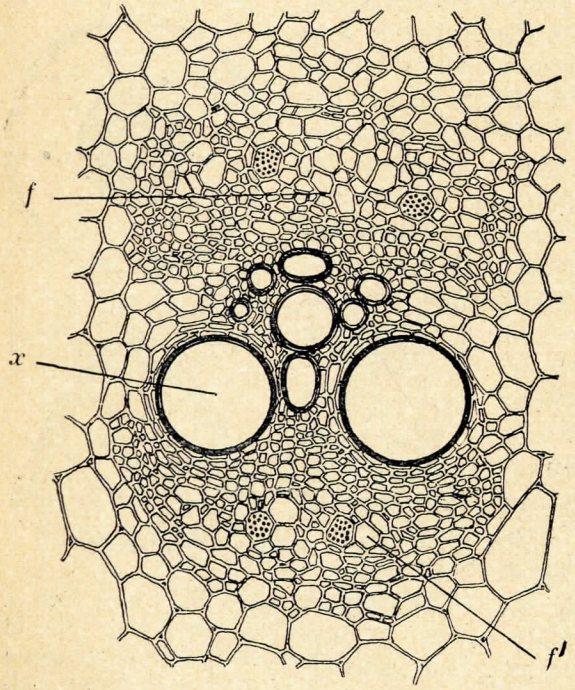
Oprócz typowych kollateralnych wiązek spotykają się czasem wiązki odmiennej budowy: pseudo-koncentryczne i bikollateralne. Wiązki pseudo-koncentryczne występują u wielu roślin jednoliściennych i stanowią nieznaczną odmianę wiązek kollateralnych. Mianowicie u roślin jednoliściennych kollateralne wiązki są zwykle tak zbudowane, że metaksylem obejmuje z obu stron sitową część wiązki (ryc. 474). Jeżeli sobie wyobrazimy, że oba ramiona metaksylemu złączą się z zewnętrznej strony wiązki, otrzymamy wiązkę pseudo-koncentryczną, w której wprawdzie floem jest otoczony ze wszystkich stron przez ksylem, ale warstwa ksylemu jest najgrubsza po stronie wewnętrznej i staje się coraz cieńsza nazewnątrz. U wielu roślin, np. w kłączach konwalji, można widzieć przejścia od wiązek kollateralnych do pseudo-koncentrycznych (ryc. 477). Pseudo-koncentrycznej budowy wiązek nie można porównywać z budową istotnie koncentryczną steli u paproci i innych paprotników. W wiązkach bikollateralnych oprócz normalnego floemu położonego po stronie zewnętrznej jest jeszcze drugi po stronie wewnętrznej. Można to widzieć naprzykład u dyni *(Cucurbita Pepo)* (ryc. 479).



Ryc. 478. *Carex glauca.* Rozmieszczenie tkanki mechanicznej w kłączu *(A)* i w łodydze nadziemnej *(B)*. Tkanka ta jest oznaczona czarną barwą. (HABERLANDT).

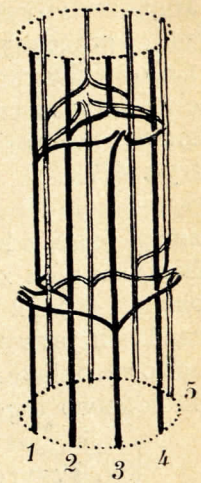
W przebiegu wiązek w łodydze można rozróżnić dwa typy, z których pierwszy jest właściwy nagozalążkowym i z pośród okrytozalążkowych dwuliściennym, drugi zaś jest charakterystyczny dla roślin jednoliściennych. Pierwszy typ budowy łodygi charakteryzuje się tem, że wszystkie wiązki przebiegają na jednakowej odległości od środka łodygi. Idą one równolegle

przez międzywęźla i tylko w węzłach ten prawidłowy ich przebieg zostaje zakłócony przez rozgałęzienie, łączenie się ze sobą oraz przejście niektórych z nich do liści. U różnych roślin przebieg wiązek jest bardzo różny i dlatego rozpatrzymy tylko jeden przykład dokładniej, mianowicie budowę łodygi u szczyru. Otóż ponad każdym węzłem łodyga tej rośliny zawiera osiem wiązek, jak to już było przedstawione na poprzecznym przekroju na ryc. 475, a mianowicie cztery grubsze i cztery cieńsze, ułożone naprzemian. Oznaczymy je liczbami 1—8 w ten sposób, żeby wiązki grubsze odpowiadały liczbom nieparzystym, zaś cieńsze — parzystym (ryc. 480). Liście szczyra są ułożone okółkowo, po dwa na każdym węźle, każda para ustawiona pod kątem prostym względem sąsiednich. Do każdego liścia wchodzą trzy wiązki, a mianowicie jedna z grubszych wiązek w całości oraz odgałęzienia dwóch innych grubszych wiązek, odległych o 90°, licząc według łuku podstawy walca, na którego powierzchni są wiązki ułożone. Naprzykład do lewego liścia dolnej pary liści na ryc. 480 wchodzi wiązka 1 oraz odgałęzienia wiązek 3 i 7, do prawego zaś liścia — wiązka 5 i znowu odgałęzienia wiązek 3 i 7. Skutkiem wejścia do liścia jednej z grubszych wiązek ponad liściem powstaje przerwa w układzie wiązkowym. Ta przerwa zostaje zapełniona przez nową wiązkę, która powstaje przez złączenie odgałęzień dwóch sąsiednich cieńszych wiązek. Naprzykład ponad dolnym lewym liściem odnawia się wiązka 1 z odgałęzień wiązek 2 i 8, zaś ponad prawym liściem — wiązka 5



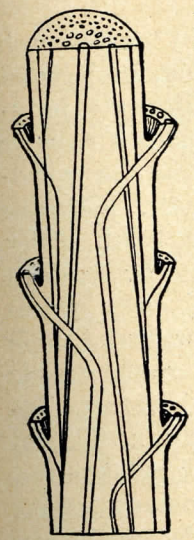
Ryc. 479. *Cucurbita Pepo*. Bikollateralna wiązka sitowo-naczyniowa; *x* ksylem, *f* floem wewnętrzny, *f'* floem zewnętrzny. — Według Strasburgera.

z odgałęzień wiązek 4 i 6. W ten sposób każda grubsza wiązka składa się z odcinków, idących przez dwa międzywęźla. Każdy taki odcinek tworzy się ponad jednym węzłów z połączenia dwóch odgałęzień sąsiednich cieńszych wiązek, w następnym węźle oddziela w obie strony po jednem odgałęzieniu do liści osadzonych na tym węźle i wreszcie w trzecim węźle wchodzi cały do liścia. W przeciwieństwie do tego wiązki cieńsze idą bez przerwy przez całą długość pędu, oddzielając na każdym węźle odgałęzienie dla odtworzenia sąsiedniej grubszej wiązki.



Ryc. 480. *Mercurialis annua*. Przebieg wiązek przedstawiony w perspektywie. — Według Bonniera i Leclerc du Sablona.

Ten tak złożony przebieg wiązek u szczyra nie jest jeszcze najbardziej skomplikowany ze wszystkich znanych odmian budowy łodygi pierwszego typu. Zasadniczo daje on jednak dostateczną ilustrację budowy walca osiowego w łodygach nagozalążkowych i dwuliściennych. Dalsze komplikacje zjawiają się skutkiem rozgałęzienia łodygi, tworzenia korzeni przybyszowych i t. p. procesów. W każdym jednak razie złożoną jest ta budowa tylko w węzłach, w międzywęźlach natomiast wiązki idą równolegle do siebie i do osi łodygi, skutkiem czego na przekroju poprzecznym międzywęźla wiązki są ułożone w okółek na jednakowej odległości od środka łodygi.



Ryc. 481. Przebieg wiązek w łodydze jednoliściennej rośliny. Liście są odcięte u nasady. — Według Rostafińskiego.

Drugi typ budowy łodygi, właściwy jednoliściennym, jest bardziej złożony od pierwszego. Opisując przebieg wiązek w tym przypadku, będzie wygodniej iść z góry nadół, w kierunku przeciwnym niż u szczyra. Ponieważ liście są tu osadzone na węzłach szeroką podstawą, z każdego z nich wejdzie do łodygi większa ilość wiązek różnej grubości (ryc. 481). Wiązki te wchodzą niejednakowo głęboko. Najcieńsze z nich wchodzą płytko pod skórkę i schodzą wdół równolegle do powierzchni łodygi. Grubsze natomiast sięgają głębiej, niektóre nawet do samego środka łodygi, poczem schodząc wdół znowu zbliżają się do powierzchni.

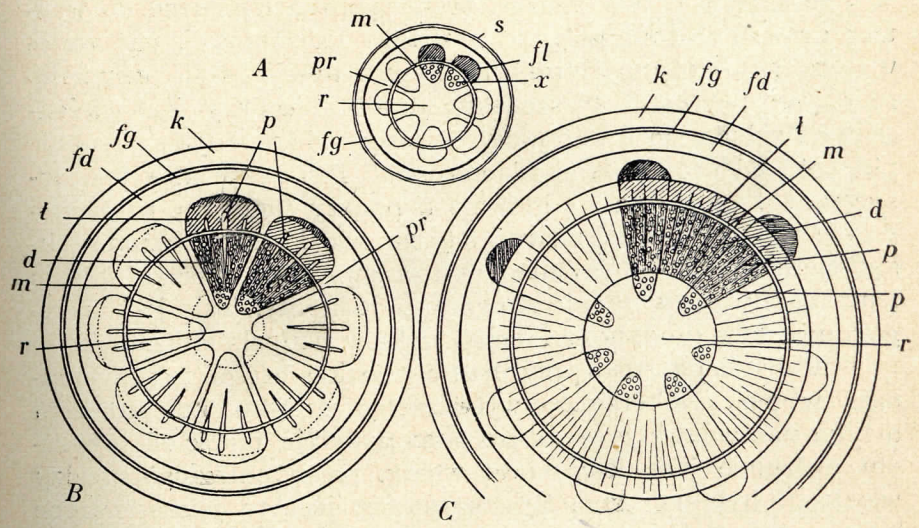
W miarę posuwania się wdół wiązki te tracą na grubości i wkońcu po przebyciu kilku międzywęźli łączą się z cienkiemi wiązkami, idącemi w zewnętrznej części łodygi. Skutkiem tego na poprzecznym przekroju łodygi wiązki układają się bez żadnego widocznego porządku na całej powierzchni przekroju, cieńsze w zewnętrznej części, grubsze w środkowej. Taki obraz można widzieć np. u kukurydzy (ryc. 473) albo u konwalji (ryc. 477).

Naogół budowę łodygi u nasiennych można scharakteryzować jako schizosteliczną z tendencją do astelicznośći. U roślin wodnych zamiast ogólnej śródskórni wytwarza się nieraz osobna śródskórnia naokoło każdej wiązki. W pewnych bardzo rzadkich przypadkach (np. u *Primula Auricula*) łodyga ma budowę polisteliczną ze stelami położonemi obok siebie na podobieństwo tego, co widzieliśmy u *Selaginella* (ryc. 378).

139. Przyrost wtórny łodygi. U wielu roślin nasiennych mianowicie u wszystkich nagozalążkowych i przeważnej części dwuliściennych, w budowie łodygi odgrywa wielką rolę przyrost wtórny. Tylko u jednoliściennych niema go albo, mówiąc dokładniej, stanowi on zjawisko wyjątkowe. W związku z powyższem rozróżnić można pędy zielne i zdrewniałe. Pierwsze z nich nie mają wcale przyrostu wtórnego albo tylko słaby i z nastaniem niekorzystnego dla wegetacji sezonu (w krajach umiarkowanych zimy, w krajach gorących suchej pory roku) giną. Drugi rodzaj pędów posiada silny przyrost wtórny i takie pędy wytrzymują niekorzystne dla życia pory roku, tracąc tylko (i to niezawsze) liście i powstrzymując swój wzrost. Noszą one nazwę pędów zdrewniałych, a rośliny z takiemi pędami nazywają się drzewami lub krzewami zależnie od sposobu rozgałęzienia. Drzewa mają wyraźną osiową część, t. zw. pień, który wyróżnia się od gałęzi swoją grubością i pionowym wzrostem, podczas gdy krzewy tworzą liczne pędy o jednakowym pokroju.

Przyrost wtórny w łodydze odbywa się u nasiennych, podobnie jak u paprotników, przy pomocy dwóch tkanek twórczych wtórnych: miazgi i fellogenu. Miazga tworzy się w walcu osiowym i składa się z części śródwiązkowych i międzywiązkowych. Części śródwiązkowe powstają w wiązkach na granicy między tkanką sitową a naczyniową. Nie jest to właściwie tkanka wtórna, gdyż w tem miejscu zachowuje się niezmieniona, pozostająca w stanie embrjonalnym tkanka twórcza pierwotna, która tylko poprostu wznawia swoje

czynności. Części międzywiązkowe miazgi przeciwnie są przeważnie prawdziwą tkanką wtórną, gdyż tworzą się zwykle z miękiszu, który zatracił wszelkie znamiona tkanki twórczej pierwotnej. Ale nawet w częściach międzywiązkowych miazga w wielu przypadkach wykształca się bezpośrednio z pozostałości tkanki twórczej pierwotnej i wobec tego traktowanie miazgi jako tkanki wtórnej wymaga wielu zastrzeżeń. W każdym jednak razie miazga różni się od tkanki twórczej pierwotnej silnem spłaszczeniem swoich komórek równoległem do powierzchni rośliny i prawidłowem ich ułożeniem w szeregi. Ko-



Ryc. 482. Schemat przyrostu wtórnego w łodydze nagozalążkowej albo dwuliściennej rośliny. — *A* Stadjum początkowe. — *B* i *C* Stadjum późniejsze w dwóch krańcowych przypadkach. We wszystkich figurach: *m* miazga, *fg* fellogen, *s* skórka, *r* rdzeń, *x* ksylem, *fl* floem, *d* drewno, *ł* łyko, *pr* promienie rdzeniowe pierwotne, *p* promienie rdzeniowe wtórne, *k* korek, *fd* felloderma. — Według VAN TIEGHEMA.

mórki te są wydłużone w kierunku długości łodygi i mają skośne ścianki poprzeczne, przez co przyjmują postać prozenchymatyczną. Części międzywiązkowe miazgi tworzą się naprzeciwko części śródwiązkowych i łączą się z niemi w jedną całość. Powstaje w ten sposób cienka warstwa tej tkanki, która ma na przekrojach poprzecznych postać kolistego pasma, przebiegającego w walcu osiowym w ten sposób, że części sitowe wiązek znajdują się nazewnątrz od niego, naczyniowe zaś wewnątrz (ryc. 482). Miazga wytwarza po obu stronach tkanki wtórne.

Są dwie różne formy przyrostu wtórnego: w pierwszym przypadku międzywiązkowe części miazgi wytwarzają inne tkanki niż części śródwiązkowe, w drugim zaś cała miazga wytwarza takie same tkanki.

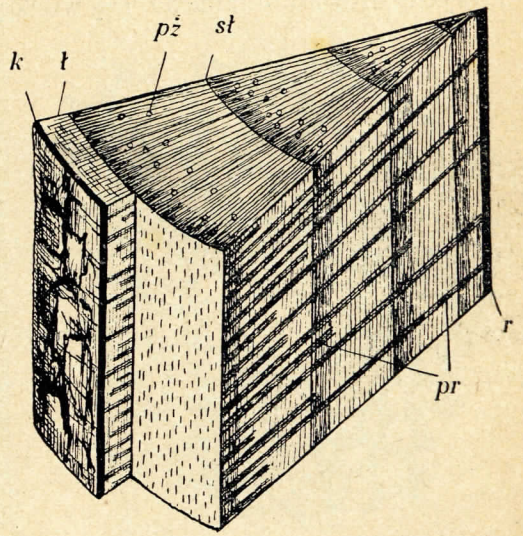
Pierwsza forma przyrostu wtórnego jest przedstawiona na ryc. 482, *B*. W tej formie przyrostu międzywiązkowe części miazgi wytwarzają w obie strony tylko tkankę miękiszową o komórkach wydłużonych w kierunku promieniowym. Powstają w ten sposób promienie rdzeniowe pierwotne, przecinające przyrost wtórny aż do kory. Szerokość tych promieni jest oczywiście równa pierwotnej odległości między wiązkami. W tym samym czasie miazga śródwiązkowa wytwarza do wnętrza drewno złożone głównie z tkanki naczyniowej, zaś nazewnątrz łyko złożone głównie z tkanki sitowej. Jeżeli promienie rdzeniowe pierwotne są szerokie, przyrost wtórny jest niejednolity i składa się z klinowatych części, oddzielonych od siebie pierwotnemi promieniami rdzeniowemi. Ten przypadek jest dosyć rzadki i spotyka się głównie u pnączy (lian) np. u *Aristolochia Sipho*. Częściej zdarza się, że wiązki są położone blisko siebie; wówczas promienie rdzeniowe pierwotne są wąskie i przyrost wtórny wydaje się prawie jednolity. Tak jest z reguły u drzew (dodatkowe wyjaśnienia w uzupełnieniach).

W drugiej formie przyrostu wszystkie części miazgi pracują w ten sam sposób, wytwarzając drewno ku środkowi a łyko nazewnątrz i skutkiem tego powstaje pierścień przyrostu wtórnego jednolity nawet wtedy, jeżeli odległość między wiązkami była znaczna. Schematycznie jest to przedstawione na ryc. 482, *C*. Ten typ przyrostu wtórnego jest częsty u roślin zielnych, u których zresztą występuje także typ pierwszy.

Grubość wytworzonego przez miazgę drewna jest o wiele większa od łyka. Ponieważ w dodatku tkanki wytworzone przez fellogen mają niewielką miąższość, zwiększenie grubości łodygi polega głównie na przyroście drewna.

Jak to już było wspomniane powyżej, przyrost wtórny jest przynajmniej częściowo jednolity. Jednolitość ta nie jest bezwzględna: jest ona zakłócona przez wtórne promienie rdzeniowe, pasma miękiszu, przebiegające promienisto. Każdy taki promień rdzeniowy wtórny idzie w obie strony od miazgi i przecina i drewno i łyko (ryc. 482, *p*). Promienie wtórne, tak samo jak pierwotne, składają się z komórek miękiszowych, wydłużonych w kierunku promieniowym.

Dla zbadania budowy i układu promieni rdzeniowych i wogóle budowy drewna konieczne są oprócz przekrojów poprzecznych jeszcze przekroje podłużne, poprowadzone równolegle i prostopadle do zewnętrznej powierzchni łodygi. Przekrój równoległy do powierzchni łodygi nazywa się stycznym, przekrój prostopadły do powierzchni — promieniowym. Na przekroju promieniowym promienie rdzeniowe mają postać wąskich pasm, idących prostopadle do długości łodygi (ryc. 483). Na przekroju stycznym promienie rdzeniowe mają postać cienkich wrzecionek zaostrzonych na obu końcach i ustawionych pionowo. Wypływa z tego, że promienie rdzeniowe są pasmami, których szerokość jest nieznaczna w porównaniu z wysokością. Te pasma tkanki miękiszowej odgrywają ważną rolę w życiu rośliny, gdyż utrzymują związek między grupami żywych komórek parenchymatycznych, rozsianemi wśród martwej masy drewna, a żywą tkanką łyka. Za ich pośrednictwem mogą substancje organiczne, przeprowadzane w łyku, dochodzić do wszystkich części drewna. Nadto dzięki przestworom powietrznym, które im towarzyszą, przeprowadzają one w głąb drewna tlen potrzebny do oddychania komórkom miękiszu drewnego.



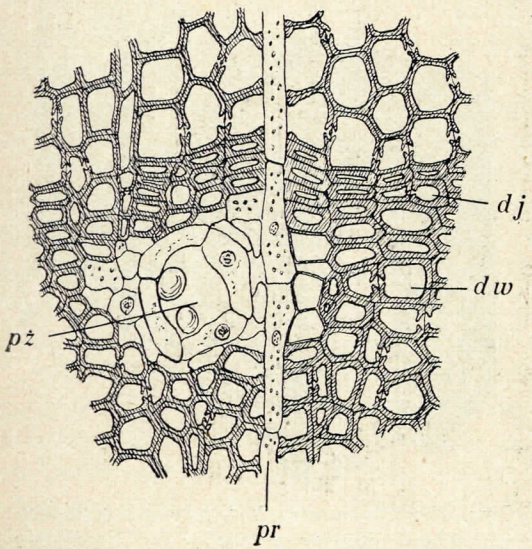
Ryc. 483. *Pinus silvestris*. Kawałek czteroletniego pnia odcięty w zimie; *pr* promienie rdzeniowe, *sł* granice między słojami rocznemi, *r* rdzeń, *pż* przewody żywiczne, *ł* łyko, *k* korowina. — Według Strasburgera.

Miazga jest czynna w drzewach i krzewach przez cały czas ich życia trwającego wiele lat, czasem nawet tysiące lat. W każdym roku powstaje nowy pierścień drewna i łyka. W krajach, w których wegetacja odbywa się tylko przez pewną część roku, każdy taki pierścień odgranicza się wyraźnie od sąsiednich, skutkiem czego drewno zostaje podzielone na słoje roczne. W łyku ten podział zwykle nie zaznacza się wyraźnie. Szczególnie w klimacie umiarkowanym słoje roczne są wyraźnie wykształcone. Granica między niemi powstaje skutkiem tego, że na wiosnę wytwarzają się naczynia szerokie, zaś w lecie — o wiele węższe. Na jesieni przyrost ustaje i słój roczny

zamyka się zwartą tkanką, poczem następnej wiosny zaczyna odrazu tworzyć się luźna tkanka wiosenna. W krajach podzwrotnikowych o jednostajnym klimacie słoje nie wytwarzają się wcale albo zaznaczają się słabo, chociaż nawet tam wykształcają się one czasem skutkiem okresowości w przebiegu wegetacji.

Budowa drewna jest bardzo różna u nagozalążkowych i okrytozalążkowych, skutkiem czego musimy te dwa przypadki rozpatrzyć osobno.

U roślin nagozalążkowych, w szczególności u drzew szpilkowych, drewno odznacza się wielką jednolitością, poczem odrazu może być odróżnione od drewna okrytozalążkowych, złożonego z komórek bardzo różnych wymiarów. Poza promieniami rdzeniowemi drewno nagozalążkowych składa się głównie z cewek (tracheid) (ryc. 484). Do jednolitości drewna przyczyniają się także promienie rdzeniowe, które są bardzo wąskie, złożone przeważnie z jednego szeregu komórek. Jednolitość tego drewna jest zakłócona tylko przez przewody żywiczne (o ile one wogóle są), którym towarzyszą niewielkie grupy miękiszu drzewnego. Miękisz drzewny występuje w drewnie nagozalążkowych wogóle tylko w niewielkich ilościach. U sosny, świerka i modrzewia tworzy się on tylko wpobliżu przewodów żywicznych.

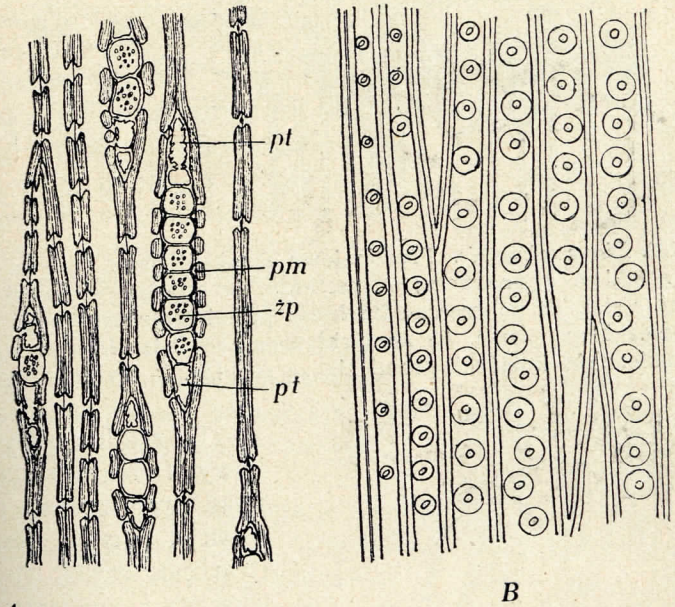


Ryc. 484. *Pinus silvestris*. Przekrój poprzeczny przez drewno na granicy dwóch słojów rocznych; *pr* promienie rdzeniowe, *dw* drewno wiosenne, *dj* drewno letnie, *pż* przewód żywiczny. — Według Schencka.

Cewki u nagozalążkowych spełniają jednocześnie zarówno zadanie tkanki naczyniowej, jako też czynności tkanki mechanicznej. Specjalnych elementów mechanicznych tu niema w przeciwieństwie do drewna roślin okrytozalążkowych. Ścianki cewek są dosyć silnie zgrubiałe i opatrzone typowemi lejkowatemi jamkami o kolistych zarysach. Jamki te tworzą się z reguły

tylko na promieniowych ściankach. Tylko w drewnie letniem występują one także na ściankach równoległych do powierzchni pnia (na ryc. 484—486 niepokazane). Wobec tego na przekrojach poprzecznych widzi się je wyłącznie w przekroju, na przekrojach stycznych — przeważnie w przekroju, na przekrojach promieniowych — przeważnie w widoku w postaci podwójnych współśrodkowych kółek.

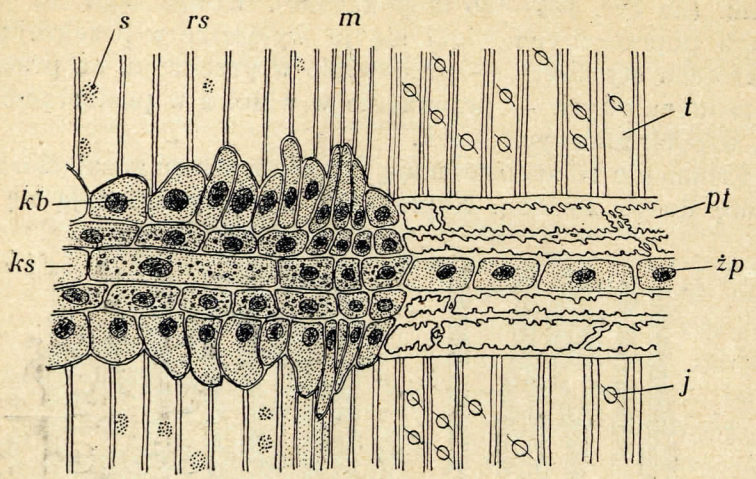
Promienie rdzeniowe mają u niektórych nagozalążkowych budowę dosyć złożoną. Naprzykład u sosny składają się one



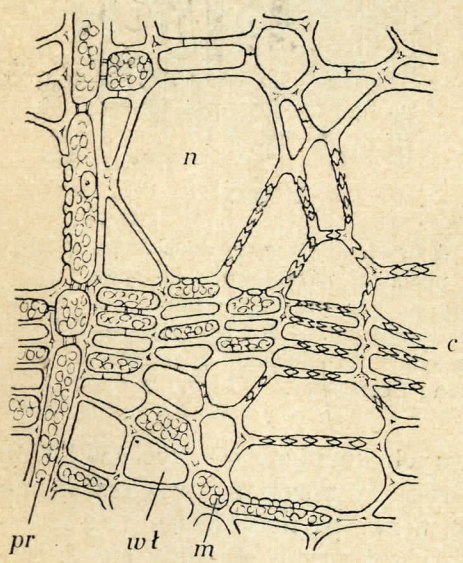
Ryc. 485. *Pinus silvestris*. — *A* Przekrój styczny przez drewno; *pt* poprzeczne tracheidy promieni rdzeniowych, *żp* żywe komórki promienia rdzeniowego, *pm* przestwór międzykomórkowy przy promieniu rdzeniowym. — *B* Przekrój promieniowy, poprowadzony między promieniami rdzeniowemi. — Według Schencka.

tylko w środkowej części z żywych komórek (*żp*, ryc. 485 i 486). Natomiast górne i dolne szeregi komórek są przekształcone w tracheidy, wypełnione wodą, t. zw. poprzeczne tracheidy (*pt*, ryc. 485 i 486). Komórki, z których składają się te tracheidy, są bardziej wydłużone od żywych komórek promienia i mają błony o charakterystycznych nieprawidłowych zgrubieniach, które zabezpieczają je przed zgnieceniem. Tracheidalne składniki promieni rdzeniowych mają lejkowate jamki na ścian-

kach, stykających się z innemi komórkami tego samego rodzaju albo z normalnemi podłużnemi tracheidami.



Ryc. 486. *Pinus silvestris.* Promieniowy przekrój przez pień na granicy między łykiem a drewnem; *t* tracheidy, *m* miazga, *rs* rurki sitowe, *j* jamki, *s* sita, *pt* poprzeczne tracheidy promienia rdzeniowego, *żp* żywe komórki promienia, *kb* komórki promienia rdzeniowego wypełnione białkiem, *ks* komórki promienia ze skrobią. — Według SCHENCKA.

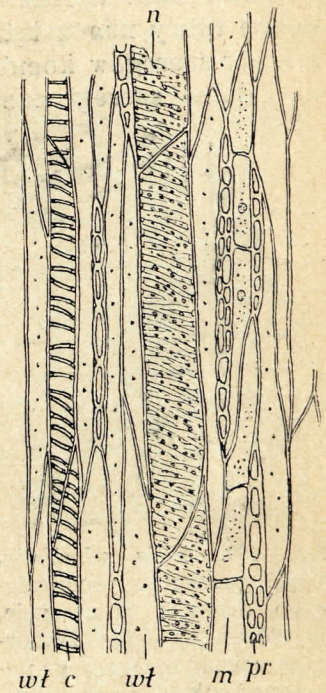


Ryc. 487. *Tilia ulmifolia.* Część poprzecznego przekroju drewna; *n* naczynie właściwe, *c* cewka, *wł* włókno, *m* miękisz drzewny, *pr* promień rdzeniowy. — Według STRASBURGERA.

U roślin okrytozalążkowych drewno składa się poza promieniami rdzeniowemi z naczyń właściwych (trachei), cewek (tracheid), włókien i miękiszu drzewnego, nie licząc przewodów wydzielniczych, które występują u niektórych drzew egzotycznych. Naczynia właściwe rzucają się odrazu w oczy swoją średnicą znacznie przewyższającą wszystkie inne składniki drewna (ryc. 487). Tworzą się one głównie w drewnie wiosennem, podczas gdy drewno letnie zawiera prawie wyłącznie cewki. Zresztą trafiają się także wąskie naczynia właściwe,

które tylko na przekrojach podłużnych można odróżnić od cewek. Zarówno naczynia właściwe, jak i cewki są typu punktowanego. Poza tem zdarza się często, że oprócz ogólnego zgrubienia takie punktowane błony mają jeszcze dodatkowe spiralne zgrubienia. Rzadziej spotykają się elementy naczyniowe siatkowate albo schodkowane. Natomiast nie występują w drewnie nigdy naczynia spiralne i pierścieniowate, właściwe wyłącznie pierwszym zaczątkom pierwotnej tkanki naczyniowej. W miejscach zetknięcia z włóknami jamki na ściankach naczyń nie tworzą się.

Naczynia dzięki swoim zgrubiałym błonom oprócz przewodzenia wody także umacniają roślinę. Włókna służą wyłącznie temu ostatniemu zadaniu. Są to martwe komórki o błonach zgrubiałych, opatrzonych prostemi, nie lejkowatemi jamkami o zarysie zazwyczaj szparkowatym (ryc. 487 i 488, *wł*). Są one znacznie dłuższe od innych komórek drewna, a to skutkiem dodatkowego wzrostu, przy którym ich końce zaostrzają się i wślizgują się pomiędzy sąsiednie komórki.

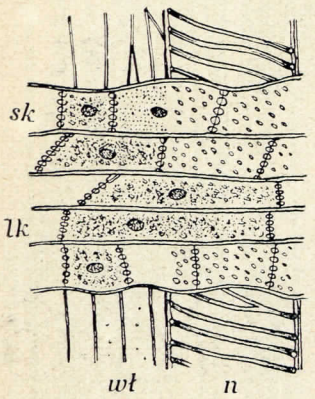


Ryc. 488. *Tilia ulmifolia.* Przekrój styczny drewna; *n* naczynie, *c* cewka, *wł* włókno, *pr* promienie rdzeniowe, *m* miękisz drzewny. — Według SCHENCKA.

Miękisz drzewny występuje u roślin okrytozalążkowych w znacznie większych ilościach niż u nagozalążkowych. Powstaje on z takich samych prozenchymatycznych komórek, jak naczynia i włókna. Tylko te komórki zachowują swoją żywą zawartość i dzielą się poprzecznemi prostopadłemi do długości ściankami na części. Powstają w ten sposób sznury komórek parenchymatycznych, których końcowe ogniwa mają jednak ukośne ścianki (ryc. 488, *m*). Miękisz drzewny nagozalążkowych ma zresztą podobną budowę. Jego zadaniem we wszystkich przypadkach jest przechowywanie w czasie zimy zapasów pożywienia organicznego, które dochodzą do niego za pośrednictwem promieni rdzeniowych. Promienie rdzeniowe zresztą służą także miejscem przechowywania tych zapasów narówni z miękiszem drzewnym. Zazwy-

czaj zapasy, o których jest mowa, składają się ze skrobi. U niektórych jednak drzew skrobia w zimie zamienia się na tłuszcze. Na wiosnę te zapasy zamieniają się w rozpuszczalne cukry, które za pośrednictwem naczyń wraz z wodą zostają przeniesione do rozwijających się pączków, dzięki czemu staje się możliwem szybkie wytworzenie nowych pędów.

Promienie rdzeniowe u okrytozalążkowych bywają nieraz bardzo różne: oprócz wąskich promieni, przypominających podobne twory nagozalążkowych, spotykają się szerokie, złożone z wielu szeregów komórek, co można widzieć np. u dębu. Górne i dolne szeregi komórek w tych promieniach mają nieraz, podobnie jak u nagozalążkowych, odmienne przeznaczenie od środkowych: są one połączone jamkami z przyległemi naczyniami i widocznie doprowadzają wodę do łyka (ryc. 489). Nie są to jednak komórki martwe, jak poprzeczne tracheidy nagozalążkowych, lecz zawierają żywą protoplazmę i jądro. Wysokość ich jest większa, niż komórek środkowych szeregów, i dlatego nazwano je komórkami stojącemi w przeciwieństwie do leżących komórek środkowych szeregów.

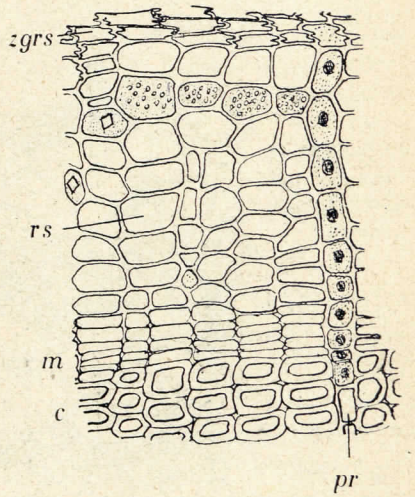


Ryc. 489. *Tilia ulmifolia.* Część przekroju promieniowego drewna; *n* naczynie, *wł* włókna, *sk* stojące komórki promienia rdzeniowego połączone jamkami z naczyniem, *lk* leżące komórki promienia służące do przeprowadzania substancyj organicznych. — Według Schencka.

Zarówno u nagozalążkowych, jak i okrytozalążkowych drewno ulega po pewnym czasie bardzo ważnym zmianom. Mianowicie obumierają w niem składniki żywe i jednocześnie drewno przybiera zwykle ciemną barwę, odcinając się ostro od zewnętrznych, młodszych, żywych jego części. Ta wewnętrzna część drewna nazywa się twardzielą. Odznacza się ona większą twardością od zewnętrznej części, t. zw. bielu. U niektórych drzew, np. u wierzby, dzieje się inaczej: wewnętrzne części drewna murszeją i w środku pnia tworzy się pusta przestrzeń. W każdym razie tylko stosunkowo wąska zewnętrzna warstwa drewna spełnia czynności właściwe drewnu, wewnętrzna zaś masa spełnia co najwyżej czynności mechaniczne.

Przechodzimy teraz do bliższego rozpatrzenia łyka. Ta część przyrostu wtórnego składa się z tkanek o błonach niezdrewniałych albo tylko częściowo i słabo zdrewniałych. Składniki łyka są następujące: rurki sitowe, włókna i miękisz łykowy, oprócz tego promienie rdzeniowe, będące przedłużeniem promieni drewna, i wreszcie komórki wydzielnicze. Te różne składniki są nieraz ułożone w prawidłowe warstwy, które jednak nie mają nic wspólnego ze zmianą pór roku: słojów rocznych w łyku niema.

Rozpatrzymy znowu nagozalążkowe osobno od okrytozalążkowych. Rurki sitowe mają tu sita o bardzo drobnych otworach i nie posiadają komórek towarzyszących (ryc. 486 i 490). Włókien zwykle niema. Miękisz łykowy ma taką samą budowę jak drzewny. Na osobną wzmiankę zasługują promienie rdzeniowe, które w pewnych przypadkach wykazują zróżnicowanie anatomiczne podobne do tego, jakie ma miejsce w drewnie. Naprzykład u sosny dolny i górny szereg komórek rozrasta się dosyć silnie na wysokość i ściśle przyrasta do rurek sitowych, łącząc się z niemi przy pomocy osobnych sit. Takie komórki biorą widocznie czynny udział w przeprowadzaniu ciał białkowych, gdyż mają bardzo gęstą zawartość i nie zawierają skrobi. Środkowe szeregi komórek promieni rdzeniowych są natomiast wypełnione skrobią i służą głównie do przeprowadzania pokarmów bezazotowych.



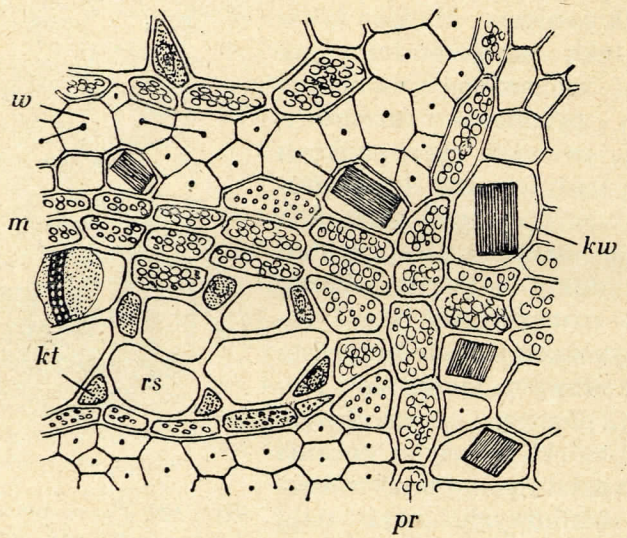
Ryc. 490. *Pinus silvestris.* Przekrój poprzeczny łyka z miazgą i przyległą częścią drewna; *rs* rurki sitowe, *zgrs* zgniecione rurki sitowe, *m* miazga, *pr* promień rdzeniowy, *c* cewki. — Według Schencka.

U roślin okrytozalążkowych rurki sitowe w łyku są opatrzone komórkami towarzyszącemi, które są łatwe do rozpoznania przez swój mały przekrój i gęstą zawartość (ryc. 491). Miękisz nie przedstawia nic szczególnego, Włókna są zjawiskiem dosyć częstem; mają one silnie zgrubiałe niezdrewniałe błony. Na przekroju stycznym łyka można widzieć utworzoną przez nie siatkę, której oczka są zajęte przez promienie rdzeniowe, przewody śluzowe i t. d.

Zarówno u nagozalążkowych, jak i okrytozalążkowych coroczny przyrost łyka jest nieznaczny, o wiele mniejszy niż

przyrost drewna. Po kilku latach grubość łyka przestaje się zwiększać i pozostaje później bez zmiany, nie przenosząc zwykle kilku milimetrów. Dzieje się to skutkiem tego, że wewnętrzne warstwy łyka idą na wytwarzanie korowiny i tyle łyka ubywa z zewnątrz, ile go przybywa z wewnątrz. Udział łyka w wytwarzaniu korowiny będzie dokładniej opisany poniżej.

Skutkiem przyrostu drewna i łyka, szczególnie zaś drewna, kora pierwotna łodygi i pokrywająca ją skórka stają się za ciasne i podlegają coraz silniejszemu rozciąganiu. Pod jego działaniem u niektórych roślin (np. u jemioły *[Viscum album]*

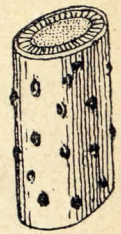


Ryc. 491. *Tilia ulmifolia*. Przekrój poprzeczny łyka; *rs* rurki sitowe, *kt* komórki towarzyszące, *m* miękisz łykowy, *w* włókna, *kw* komórki wydzielnicze z kryształami szczawianu wapnia, *pr* promień rdzeniowy. — Według STRASBURGERA.

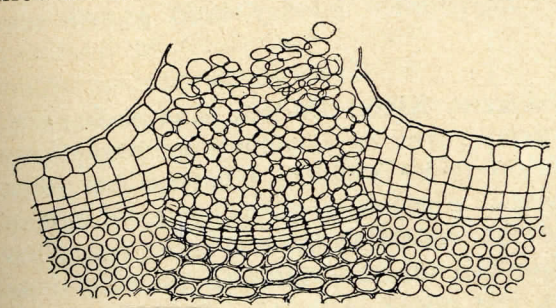
i u *Ilex aquifolium*) skórka i kora rozrastają się w kierunku stycznym w miarę wzrostu drewna na grubość. Powierzchnia łodygi zachowuje wówczas swoją zieloną barwę. Takie przypadki są jednak bardzo rzadkie. Prawie zawsze już w pierwszym roku w czerwcu lub lipcu skórka pęka i obumiera, zaś w korze powstaje fellogen, który wytwarza tkanki wtórne ochronne, zastępujące skórkę. Jednocześnie powierzchnia łodygi przybiera charakterystyczną szarą barwę.

Fellogen u pewnych roślin tworzy się w skórce (naprzykład u wierzby), najczęściej jednak powstaje głębiej, w jednej

z zewnętrznych warstw kory pierwotnej. Odrębnym a rzadkim przypadkiem jest tworzenie się fellogenu w okolnicy, co można widzieć np. u winorośli *(Vitis vinifera)*. Fellogen wytwarza nazewnątrz tkankę korkową, nawewnątrz zaś tkankę miękiszową, t. zw. felloderm ę. Tkanka korkowa, jak to już widzieliśmy poprzednio (ust. 104), nie przepuszcza wody i gazów i skutkiem tego znakomicie spełnia zadanie ochronne skórki. Podobnie jak w skórce, są w niej miejsca przepuszczalne, t. zw. przetchlinki. Są one jednak urządzone zupełnie inaczej niż szparki. Są to soczewkowate zgrubienia w warstwie korka, zgrubienia dosyć duże, dobrze widzialne gołem okiem (ryc. 492). Te zgrubienia składają się nie z korka, lecz z luźnej tkanki miękiszowej, która przepuszcza łatwo gazy i zapewnia swobodną wymianę gazów między atmosferą a wnętrzem rosnących na grubość gałęzi drzew i krzewów (ryc. 493). Warstwa tkanki korkowej jest zazwyczaj cienka, wyjątkowo tylko korek wytwarza się w większych ilościach, jak np. u śródziemnomorskiego dębu korkowego *(Quercus Suber)*, który dostarcza korka do użytku praktycznego. U niektórych drzew fellogen zachowuje swoją żywotność równie długo jak miazga i wytwarza co rok nowe warstewki korka, podczas gdy zewnętrzne warstwy tegoż ulegają rozerwaniu i odpadają stopniowo. Powierzchnia pnia pozostaje przytem stale gładką. To zjawisko najłatwiej można obserwować na niezbyt starych gałęziach brzozy, u której jednak w starszych częściach pnia fellogen po pewnym czasie zamiera i zamiast niego tworzy się nowy w jednej z głębszych warstw, co odrazu ujawnia się w powstawaniu pęknięć na powierzchni pnia. Przykładem drzewa, u którego fellogen zachowuje swoją żywotność stale, może służyć buk *(Fagus silvatica)*.



Ryc. 492. Bez czarny *(Sambucus nigra)*. Gałązka z przetchlinkami w naturalnej wielkości.



Ryc. 493. Bez czarny *(Sambucus nigra)*. Przekrój przetchlinki. — Według STRASBURGERA.

*

U większości drzew i krzewów fellogen obumiera dosyć szybko i zamiast niego powstaje w jednej z głębszych warstw kory albo w łyku nowa warstwa podobnej tkanki twórczej, dająca tak samo początek nowej warstwie korka. Skutkiem tego wszystkie tkanki położone nazewnątrz a odcięte korkiem od dopływu substancyj pożywnych obumierają i tworzą warstwę martwych tkanek, t. zw. korowinę. Ta druga warstwa fellogenu po pewnym czasie przestaje być czynną i zamiast niej wytwarza się trzecia jeszcze głębiej w łyku i t. d. W ten sposób zewnętrzne części łyka zużytkowują się na wytworzenie korowiny z tą samą szybkością, z jaką łyko narasta od wewnątrz działaniem miazgi. Ponieważ korowina składa się z tkanek martwych, nie może ona rozrastać się w miarę grubienia pnia. Skutkiem tego tworzą się w niej pęknięcia, nadające pniom drzew powszechnie znany wygląd. Pod działaniem czynników atmosferycznych korowina zużywa się stopniowo na powierzchni i odpada nieprawidłowemi łuskami. Rzadziej zdarza się, że zewnętrzne warstwy korowiny nie pękają, lecz odpadają dosyć prawidłowemi cienkiemi płatami, co można widzieć na pniach platanów i młodszych gałęziach sosen. U winorośli wyjątkowo korowina odpada co roku całkowicie i nowa jej warstwa tworzy się ze zeszłorocznego łyka, które zostaje odcięte od tegorocznego nową warstwą fellogenu.

Korowinę pospolicie nazywają korą. Jest to nieścisłe. Korą albo lepiej korą wtórną powinno się nazywać korowinę wraz z łykiem, ściślej mówiąc wszystko, co w drzewie znajduje się nazewnątrz od drewna. Na granicy między korą a drewnem jest położona miazga.

140. Budowa anatomiczna liścia. Budowa anatomiczna liścia u nasiennych bardziej różni się od budowy łodygi, niż u paprotników. Do liścia nigdy nie wchodzi z łodygi cała stela, lecz zawsze oddzielne wiązki w różnej zresztą ilości. W miękiszu wykształca się silnie tkanka palisadowa. Trzeba tu rozpatrzyć osobno budowę ogonka i blaszki; budowa pochwy, o ile ta się wogóle wykształca, jest podobna do blaszki.

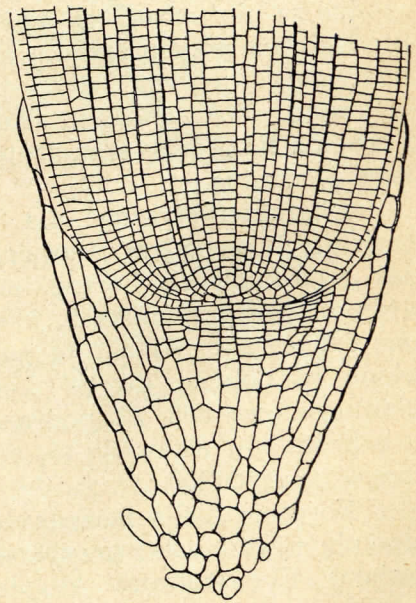
Ogonek ma nieraz budowę podobną do łodygi, zawsze jednak różni się od niej tem, że jest symetryczny nie względem osi, lecz względem płaszczyzny, mianowicie względem płaszczyzny poprowadzonej przez środek prostopadle do powierzchni spłaszczenia liścia. Na powierzchni ogonek jest okryty skórką, pod którą mieści się tkanka miękiszowa, odpowiadająca korze pierwotnej łodygi. Wśród tej tkanki miękiszowej przejów suchych i słonecznych, występują nieraz tkanki mechaniczne i wodne.

Na powierzchni blaszki, podobnie jak na ogonku, znajduje się skórka. Budowa jej jest nadzwyczajnie rozmaita i stoi zazwyczaj w ścisłym związku z warunkami zewnętrznemi. Tak samo szparki mają bardzo różne urządzenie. Znajdują się one zwykle tylko na dolnej stronie, ale nierzadko występują na obu stronach lub nawet tylko na górnej. Włoski bardzo rozmaitej budowy i kształtu, wyrastające ze skórki, nadają liściom jeszcze więcej rozmaitości. Ważniejsze odmiany w budowie skórki i wogóle blaszki będą podane w dalszych rozdziałach przy omawianiu poszczególnych grup roślin nasiennych.

Przyrostu wtórnego liście nie posiadają wcale albo tylko w bardzo nieznacznym stopniu.

141. Budowa anatomiczna korzenia. Budowa korzenia u nasiennych jest zasadniczo taka sama, jak u paprotników. Są jednak pewne różnice, które teraz trzeba omówić.

Przedewszystkiem stożek wzrostowy posiada nie jedną, lecz większą ilość komórek początkowych (ryc. 498). W przykładzie, przedstawionym na ryc. 498, czapeczka ma swoje własne komórki początkowe. W innych przypadkach zdarza się, że stożek wzrostowy i czapeczka mają komórki początkowe wspólne.

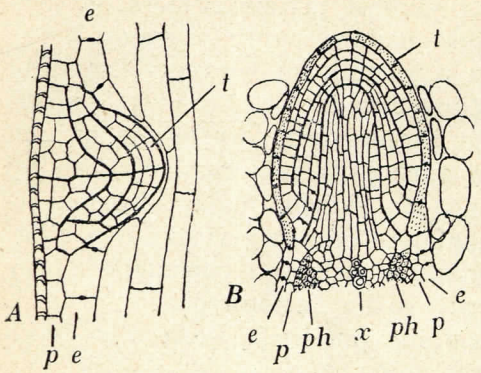


Ryc. 498. *Hordeum sativum.* Przekrój podłużny przez szczyt korzenia. — Według Strasburgera.

Drugą różnicą między korzeniami nasiennych a paprotników jest mocniejsze wykształcenie tkanek: u form bez przyrostu wtórnego ilość wiązek jest znaczna i dochodzi do kilkudziesięciu, u form zaś z przyrostem wtórnym, u których przeważają podobnie jak u paprotników korzenie diarchiczne, tkanki wtórne wzmacniają korzeń.

Wreszcie korzenie nasiennych odznaczają się odmiennym sposobem tworzenia korzeni pochodnych i częstem występowaniem przyrostu wtórnego. Przyrost wtórny będzie omówiony

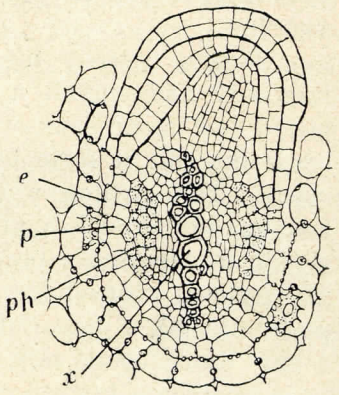
osobno w ustępie 142, teraz zajmiemy się korzeniami pochodnemi. Korzenie te powstają u nasiennych nie ze śródskórni, jak u paprotników, lecz z okolnicy (ryc. 499). Miejsce ich powstania znajduje się, tak samo jak u paprotników, naprzeciwko wiązek naczyniowych, z wyjątkiem jednak korzeni diarchicznych. W tych ostatnich korzenie pochodne zakładają się po obu stronach każdej wiązki naczyniowej pomiędzy nią a wiązką sitową (ryc. 500). W ten sposób z diarchicznych korzeni tworzą się u nasiennych cztery rzędy korzeni pochodnych, to znaczy dwa razy tyle, ile jest wiązek naczyniowych. We wszystkich innych przypadkach korzenie pochodne są ułożone w tyle rzędów, ile jest wiązek naczyniowych. Śródskórnia przy tworzeniu korzeni pochodnych gra rolę tylko podrzędną: tworzy ona pochwę ochronną dla młodego korzenia i współdziała w torowaniu drogi przez korę pierwotną.



Ryc. 499. *A Amarantus chlorostachys.* Przekrój podłużny korzenia z zaczątkiem korzenia pochodnego. — *B Rumex vesicarius.* Przekrój podłużny korzenia pochodnego nieco silniej rozwiniętego; *e* śródskórnia, *p* okolnica, *t* torebka ochronna, *x* ksylem, *ph* floem. — Według VAN TIEGHEMA.

Charakterystyczną dla roślin nasiennych cechą jest ustawienie wiązek naczyniowych korzeni pochodnych w tych przypadkach, kiedy są one diarchiczne. Wiązki te są ustawione równolegle do osi korzenia głównego (ryc. 388, *B*), podczas gdy u paprotników ustawiają się one poprzecznie (ryc. 388, *A*).

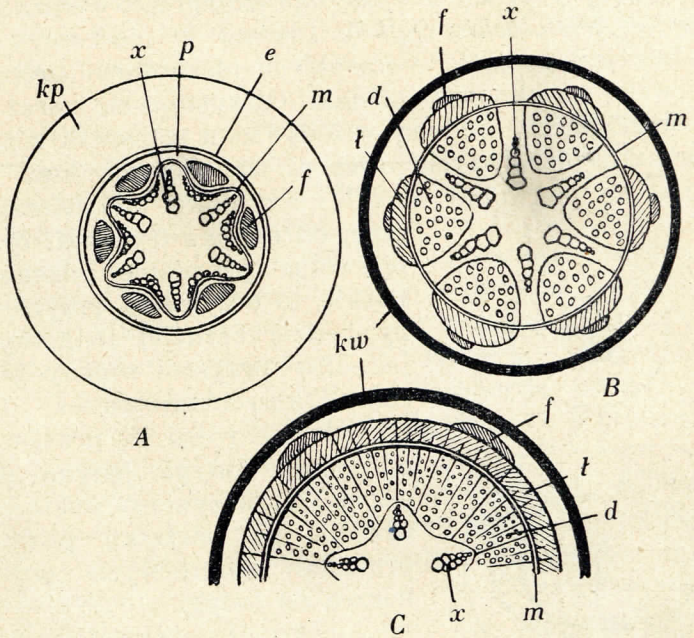
Korzenie roślin nasiennych często żyją w symbiozie z grzybami, bakterjami albo sinicami. Przybierają wówczas odmienne postacie (mikorhizy i t. d.), które będą opisane później. W dalszych rozdziałach będą



Ryc. 500. *Sinapis alba.* Przekrój poprzeczny diarchicznego korzenia z zaczątkiem pochodnego korzenia; *e* śródskórnia, *p* okolnica, *x* ksylem, *ph* floem. — Według VAN TIEGHEMA.

opisane także szczególne formy korzeni, stojące w związku z osobliwemi ich czynnościami, jak korzenie powietrzne, śpichrzowe, oddechowe i t. d.

142. Przyrost wtórny korzenia. Obecność przyrostu wtórnego w korzeniu stanowi ważną właściwość roślin nasiennych; paprotniki takiego przyrostu nie wykazują z wyjątkiem paleozoicznych skrzypów. Są jednak i nasienne, które nie mają go, a mianowicie prawie wszystkie jednoliścienne.

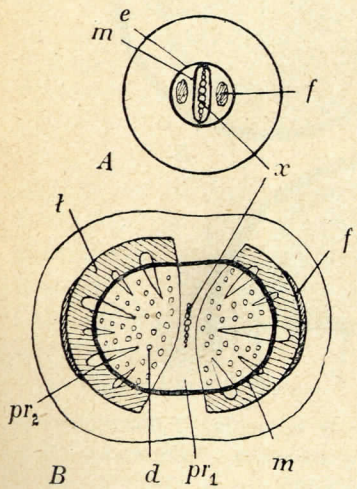


Ryc. 501. Schemat przyrostu wtórnego w korzeniu; *f* floem, *x* ksylem, *m* miazga, *e* śródskórnia, *p* okolnica, *d* drewno, *ł* łyko, *kp* kora pierwotna, *kw* kora wtórna. — *A* Stadjum wcześniejsze z dopiero co wytworzoną miazgą i pierwszemi naczyniami wtórnemi. — *B* i *C* Stadjum późniejsze z przyrostem wtórnym w dwóch krańcowych przypadkach. — Według VAN TIEGHEMA.

Podobnie jak w łodydze, przyrost wtórny korzenia odbywa się działaniem dwóch tkanek twórczych wtórnych: miazgi i fellogenu. Miazga powstaje najpierw w miękiszu, przylegającym od wewnątrz do wiązek sitowych. Nieco później tworzy się ona w tkance położonej nazewnątrz od wiązek naczyniowych. Jedne i drugie części miazgi łączą się zaraz ze sobą, tworząc na przekroju poprzecznym korzenia falistą linję, przebiegającą

nawewnątrz od wiązek sitowych i nazewnątrz od wiązek naczyniowych (ryc. 501). Część miazgi, położona przy wiązkach sitowych, wytwarza nazewnątrz łyko, które przylega do tkanki sitowej pierwotnej, zaś do wnętrza wytwarza drewno. Ta część miazgi jest odpowiednikiem miazgi śródwiązkowej w łodydze. Część miazgi, położona przy wiązkach naczyniowych, odpowiada miazdze międzywiązkowej w łodydze i wytwarza tylko tkankę miękiszową albo tak samo drewno i łyko, jak miazga śródwiązkowa.

Pierwszy przypadek występuje szczególnie wyraźnie u pnączy (np. u *Aristolochia Sipho*). Drewno tu nie tworzy zwartej masy, lecz jest podzielone szerokiemi pierwotnemi promieniami rdzeniowemi na klinowate odcinki. Otrzymuje się obraz podobny do analogicznej budowy w łodydze, z tą jednak różnicą, że na początku pierwotnych promieni rdzeniowych koło rdzenia znajdują się pierwotne wiązki naczyniowe oddzielone miękiszem od drewna (ryc. 501, *B*). Jeżeli pierwotne promienie rdzeniowe są wąskie, to oczywiście przyrost wtórny będzie bardziej jednolity. Taki jednolity przyrost wtórny jest właściwy korzeniom drzew. Drewno w nich nie różni się prawie niczem od drewna łodygi; jedynie pierwotne wiązki naczyniowe położone przy rdzeniu na początku pierwotnych promieni rdzeniowych odróżniają korzeń od łodygi.



Ryc. 502. Schemat przyrostu wtórnego w diarchicznym korzeniu. — *A* Stadjum młode z dopiero co wytworzoną miazgą. — *B* Stadjum starsze w tym przypadku, kiedy miazga międzywiązkowa wytwarza tylko miękisz; *f* floem, *x* ksylem, *m* miazga, *d* drewno, *ł* łyko, pr_1 promień rdzeniowy pierwotny, pr_2 promień rdzeniowy wtórny. — Według VAN TIEGHEMA.

W drugim przypadku cała miazga pracuje jednakowo, wytwarzając łyko nazewnątrz, drewno do wnętrza (ryc. 501, *C*). Ten typ przyrostu jest właściwy głównie roślinom zielnym. Powtarza się tu to samo, co było z łodygami (por. str. 425). Wogóle przyrost wtórny w korzeniu odbywa się naogół w podobny sposób, jak w łodydze.

W przyroście wtórnym korzenia wytwarzają się, tak samo jak w łodydze, promienie rdzeniowe wtórne.

W diarchicznych korzeniach miazga na przekroju tworzy pasmo

o zarysie eliptycznym, obejmujące wiązki naczyniowe (ryc. 502, *A*). Jeżeli teraz międzywiązkowe części miazgi, jak to się nieraz zdarza, będą wytwarzały tylko miękisz, to powstanie obraz bardzo charakterystyczny: dwie masy przyrostu wtórnego, oddzielone od siebie promieniem rdzeniowym z podwójną wiązką naczyniową pośrodku (ryc. 502, *B*). Można to widzieć np. w korzeniach *Tropaeolum majus*.

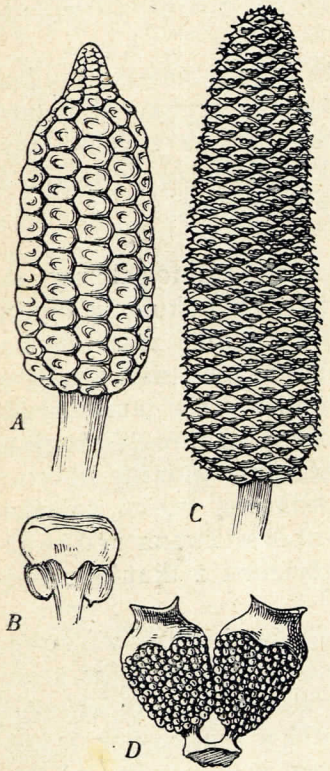
Fellogen tworzy się w korzeniach prawie zawsze w okolnicy, skutkiem czego kora pierwotna bardzo szybko obumiera. Fellogen wytwarza w korzeniu te same produkty, co w łodydze: korek i fellodermę. Tak samo jak w łodydze powstają tu przetchlinki, a po większej części także korowina.

143. Kwiat. W poprzednich ustępach zajmowaliśmy się kształtem i budową narządów wegetatywnych pokolenia diploidalnego u roślin nasiennych. Wypada teraz zkolei zająć się narządami rozrodczemi. Poczęści była już o nich mowa na początku tego rozdziału w ust. 135. Zajmowaliśmy się tam zalążkiem, tworem, który jest odpowiednikiem makrosporangjum paprotników, a różni się od makrosporangjum głównie obecnością jednej lub dwóch osłonek. W środkowej części zalążka, w ośrodku mieści się jedyna makrospora, zwana woreczkiem zalążkowym. Jest ona ściśle złączona z tkanką ośrodka, kosztem której się żywi.

Do rozmnażania służą oprócz zalążków jeszcze woreczki pyłkowe, będące odpowiednikiem mikrosporangjów u paprotników i zupełnie tak samo jak one zbudowane. W ich wnętrzu mieszczą się liczne ziarenka pyłku (mikrospory), które wykształcają się tetradami z komórek macierzystych i żywią się kosztem warstwy wyścielającej. Po pęknięciu powłoki woreczka pyłek wysypuje się. Dalsze jego losy rozpatrzymy w ust. 144.

W większości przypadków zalążki i woreczki pyłkowe tworzą się na specjalnych liściach (sporofilach), odmiennie wykształconych od liści wegetatywnych i zebranych w skrócone pędy, które spotykaliśmy już u skrzypów i widłaków, a które nazwaliśmy kwiatami. Częste występowanie tych tworów u roślin nasiennych powoduje, że rośliny te nazywane są kwiatowemi *(Anthophyta)*. Nazwa ta jest jednak nieodpowiednia, gdyż z jednej strony jest sporo roślin nasiennych, nie mających kwiatów (np. *Pteridospermae*), z drugiej zaś strony kwiaty są zjawiskiem dosyć częstem u paprotników. Przy tej sposobności warto jest podać jeszcze jedną nazwę używaną dla

nasiennych. Jest to nazwa najstarsza, pochodząca od LINNEUSZA, mianowicie rośliny jawnopłciowe *(Phanerogamae)* w przeciwstawieniu do skrytopłciowych *(Cryptogamae)*, którą to nazwą są objęte wszystkie inne rośliny. Nazwy roślin jawnopłciowych i skrytopłciowych są jeszcze teraz dosyć często używane, pomimo tego że opierają się na mylnych założeniach. Za czasów LINNEUSZA bowiem znano zjawiska rozmnażania płciowego tylko u nasiennych i przypuszczano, że odbywają się one u wszystkich innych w sposób ukryty.

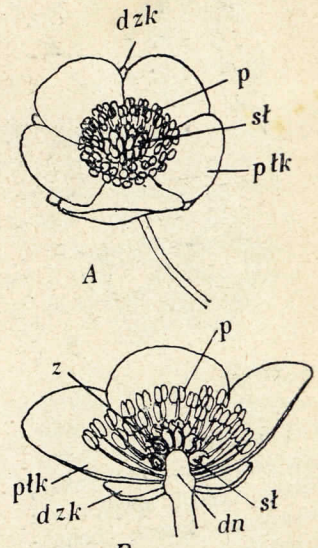


Ryc. 503. Kwiaty sagowców. — *A* i *B Zamia muricata: A* kwiat żeński, *B* pojedyńczy tarczkowaty owocolistek z dwoma zalążkami widziany zboku. — *C* i *D Ceratozamia mexicana: C* kwiat męski, *D* dwa pręciki z pylnikami widziane od spodu. — *A* i *B* według WETTSTEINA, *C* i *D* według CHAMBERLAINA.

Budowa kwiatów u nasiennych jest bardzo rozmaita i na niej głównie opiera się klasyfikacja tego typu roślin. Dlatego też ograniczymy się narazie do ogólnych uwag o ich morfologji. Trzeba mianowicie zaznaczyć, że kwiaty mają zasadniczo różną budowę w obu grupach roślin nasiennych, inną u nagozalążkowych, inną u okrytozalążkowych.

U roślin nagozalążkowych budowa kwiatów jest bardzo prosta i zasadniczo nie różni się od paprotników. Składają się one ze specjalnych zarodnikonośnych liści, sporofilów, gęsto osadzonych na dosyć długich odcinkach łodygi. Mają nieraz postać, która żywo przypomina kwiaty skrzypów, jak to można widzieć u sagowców (ryc. 503). Kwiaty nagozalążkowych zawierają z reguły albo tylko zalążki (kwiaty żeńskie), albo tylko woreczki pyłkowe (kwiaty męskie). Zalążki wytwarzają się na osobnych sporofilach, t. zw. owocolistkach, mających kształt różny, nierzadko tarczkowaty na podobieństwo skrzypów. Woreczki pyłkowe wyrastają na dolnej stronie sporofilów innej postaci, przeważnie płaskich, zwanych pręcikami. Poza sporofilami w kwiatach roślin nagozalążkowych tworzą się czasem u ich podstawy liście płonne, ale są one słabo rozwinięte i nie odgrywają żadnej roli w życiu kwiatów.

Kwiaty roślin okrytozalążkowych mają budowę daleko bardziej urozmaiconą i wobec tego trudno jest podać ich ogólną charakterystykę. Charakterystyczne jest przedewszystkiem ukształtowanie owocolistków, które są zwinięte i zrośnięte swojemi brzegami i przez to ukrywają w swojem wnętrzu zalążki. Taki owocolistek nazywa się słupkiem. Jako przykład możnaby przytoczyć kwiat jaskra *(Ranunculus acer)* (ryc. 504). W każdym słupku u jaskra jest tylko jeden zalążek, co nie jest bynajmniej prawidłem ogólnem. Owocolistki jaskra są wolne, najczęściej są one jednak ze sobą zrośnięte, dając początek tworom, które również nazywają się słupkami. Można to widzieć np. w kwiatach lilji *(Lilium Martagon)* (ryc. 505).

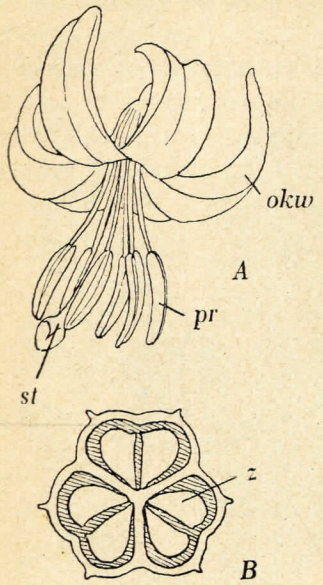


Ryc. 504. *Ranunculus acer.* — *A* kwiat w widoku, *B* w przekroju podłużnym; *st* słupek, *z* zalążek, *p* pręcik, *płk* płatek korony, *dzk* działka kielicha, *dn* dno kwiatowe (łodyga kwiatu).

Oba przytoczone przykłady ilustrują dalszą cechę kwiatów u roślin okrytozalążkowych, cechę wprawdzie nie wszystkim tym roślinom właściwą, ale u nagozalążkowych bardzo rzadką. Mianowicie w tych kwiatach naokoło owocolistków znajdują się pręciki: są to kwiaty obupłciowe. Zarówno owocolistki jak i pręciki mają tu kształt daleko bardziej odbiegający od form zwykłych wegetatywnych liści, niż u roślin nagozalążkowych. Poza tem kwiaty roślin okrytozalążkowych posiadają oprócz sporofilów płonne liście, tworzące t. zw. okwiat (perianthium). Okwiat ten często jest cały barwny (jak u lilji) albo zróżnicowany na część wewnętrzną barwną (koronę) i zewnętrzną zieloną (kielich), jak u jaskra. Okwiat odgrywa ważną, jakkolwiek tylko pośrednią rolę w rozmnażaniu, o czem będzie mowa później. Wreszcie charakterystyczną cechą kwiatów u okrytozalążkowych jest skrócenie osi kwiatu.

Jako naturalne następstwo przemiany owocolistków w słupki rośliny okrytozalążkowe posiadają owoce. Są to twory, które powstają z owocolistków i otaczają dojrzewające nasiona.

Stąd rośliny okrytozalążkowe nazywane są czasem okrytonasiennemi, zaś nagozalążkowe — nagonasiennemi.

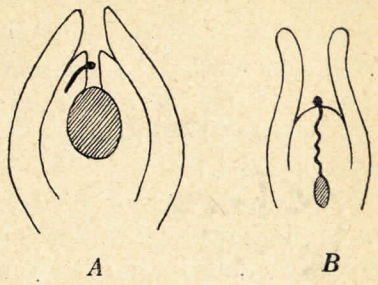


Ryc. 505. *Lilium Martagon.* — *A* kwiat w widoku; *st* słupek, *pr* pręcik, *okw* okwiat. — *B* Przekrój dolnej części słupka dla pokazania trzech komór powstałych przez zrośnięcie trzech owocolistków; *z* zalążki. Wolna przestrzeń w komorach zakreślona.

144. Pokolenie haploidalne roślin nasiennych. Dotychczas była mowa głównie o pokoleniu diploidalnem. Rośliny nasienne jednak mają rodozmian i z zarodników, które tworzą się na pokoleniu diploidalnem, wyrasta nie taka sama diploidalna roślina, lecz zupełnie inna, z pojedyńczą ilością chromozomów w jądrach. Ta haploidalna roślina, którą będziemy nazywali tak samo jak u paprotników przedrośle m albo gametofitem, ma postać różną zależnie od tego, czy wyrasta z makrospory, czy też z mikrospory. Z makrospory (woreczka zalążkowego) wyrasta przedrośle żeńskie, które jest całkowicie zawarte wewnątrz niej i razem z nią nie opuszcza nigdy zalążka. Z mikrospory (ziarenka pyłku) wyrasta przedrośle męskie, mające kształt rurkowaty i zwane łagiewką. Kiełkowanie mikrospor odbywa się poza woreczkiem pyłkowym, w którym one się tworzą. Mikrospory wypadają z woreczków pyłkowych i przenoszone przez wiatr albo owady dostają się u nagozalążkowych do okienka zalążków, zaś u okrytozalążkowych na lepką górną część słupka, t. zw. znamię, gdzie się przylepiają. W tych to miejscach odbywa się kiełkowanie mikrospor i tworzenie się przedrośla męskiego czyli łagiewki.

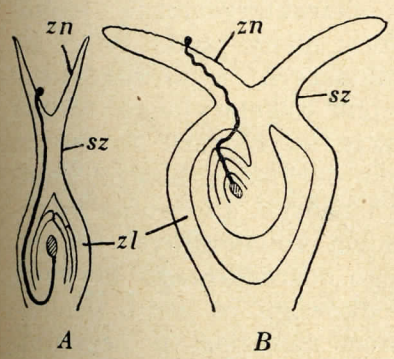
Są cztery formy wzrostu łagiewki, dwie właściwe roślinom nagozalążkowym i dwie — okrytozalążkowym. Rozpatrzymy je pokolei.

Pierwszym jest typ sagowców. W tym przypadku zalążek ma bardzo ciekawą osobliwość, t. zw. komorę pyłkową, wgłębienie tworzące się na szczycie ośrodka (ryc. 506, *A*). Do tej komory wpadają ziarna pyłku i tu kiełkują. Łagiewka wrasta w ściankę komory pyłkowej i umocowuje ziarenko. Łagiewka służy w tym przypadku tylko do umocowania ziarenka pyłku. Najważniejsze części przedrośla męskiego, a mianowicie plemniki, mieszczą się w samem ziarenku a nie w łagiewce. Plemniki te podobnie jak u paprotników są opatrzone rzęskami i mogą poruszać się samorzutnie. Przedrośle żeńskie wytwarza się w woreczku zalążkowym, położonym w górnej części ośrodka tuż pod dnem komory pyłkowej. Na szczycie przedrośla żeńskiego tworzy się wgłębienie, które łączy się z komorą pyłkową. Plemniki wypadają do tego wgłębienia, gdzie też wylewa się sok komórkowy z łagiewki. W tym soku pływają one i wchodzą do przedrośla żeńskiego, gdzie łączą się z komórkami jajowemi. Szczegóły tego procesu będą rozpatrzone w następnym rozdziale. Teraz chodzi tylko o jego ogólny charakter. Zapłodnienie przy pomocy swobodnie pływających, urzęsionych plemników jest u nasiennych zjawiskiem rzadkiem i ogranicza się do opisanego powyżej typu łagiewki.



Ryc. 506. Schematyczne przedstawienie pokolenia haploidalnego u nagozalążkowych; przedrośle męskie oznaczone czarną barwą, przedrośle żeńskie cieniowaniem. — *A* Typ sagowców. — *B* Typ szpilkowych.

W drugim typie, właściwym drzewom szpilkowym, zalążek nie posiada komory pyłkowej i pyłek kiełkuje na szczycie ośrodka. Łagiewka wrasta w tkankę ośrodka i kieruje się do woreczka zalążkowego, doprowadzając do niego nieruchome, bezrzęskowe plemniki (ryc. 506, *B*).



Ryc. 507. Schemat pokolenia haploidalnego u okrytozalążkowych w przypadku chalazogamji *(A)* i porogamji *(B); zn* znamię, *sz* szyjka, *zł* zalążnia; czarną barwą oznaczone przedrośle męskie, cieniowaniem — przedrośle żeńskie. — Według Wettsteina.

U roślin okrytozalążkowych są dwa typy wzrostu łagiewek: chalazogamiczny i porogamiczny. W obu przypadkach pyłek kiełkuje na znamieniu i łagiewka wrasta w tkankę słupka, kierując się przez górną, laseczkowatą jego część, t. zw. szyjkę, do dolnej, rozszerzonej, t. zw. zalążni, w której mieszczą się zalążki (ryc. 507). W typie chalazogamicznym łagiewka rośnie

ciągle wśród tkanek słupka: z szyjki przechodzi w ściankę zalążni i wchodzi do zalążka przez osadkę (chalazę), skąd pochodzi nazwa chalazogamji (ryc. 507, *A*). Ten typ jest rzadki. W bardziej rozpowszechnionym typie porogamicznym łagiewka wchodzi do komory zalążni i kieruje się do okienka (ryc. 507, *B*). W obu tych przypadkach łagiewka doprowadza do przedrośla żeńskiego dwa plemniki zredukowane do samych tylko jąder.

Z powyższego przeglądu wynika, że w każdym razie pokolenie haploidalne (płciowe) u roślin nasiennych jest bardzo silnie zredukowane i nietylko nie odżywia się samodzielnie, ale nawet żyje wewnątrz pokolenia diploidalnego.

ROZDZIAŁ XXVIII.

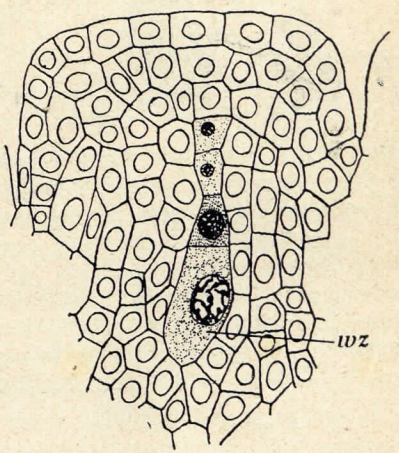
OGÓLNA MORFOLOGJA NAGOZALĄŻKOWYCH

145. Morfologja pokolenia diploidalnego. W swojem pokoleniu diploidalnem rośliny nagozalążkowe są wszystkie bez wyjątku drzewami albo krzewami z mniej lub więcej wydatnym przyrostem wtórnym. W tym przyroście drewno nie zawiera trachei i posiada skutkiem tego charakterystyczną jednolitą budowę. Tracheidy u starych form miały jamki tylko na promieniowych błonach. U form młodszych, w szczególności u drzew szpilkowych, w końcu sezonu wegetacyjnego tworzą się tracheidy, posiadające jamki także na błonach stycznych. W przeciwieństwie do tego w drewnie okrytozalążkowych jamki tworzą się na wszystkich błonach naczyń. Pierwotna budowa łodygi charakteryzuje się okółkiem kollateralnych wiązek. W tych wiązkach oprócz normalnego odśrodkowego ksylemu występuje czasem pewna ilość dośrodkowego, co jest u nasiennych zjawiskiem wyjątkowem, częstem natomiast u paprotników. W morfologji liści zaznaczają się jeszcze inne oddźwięki pokrewieństwa z paprotnikami w dichotomicznem rozgałęzieniu u niejednego przedstawiciela, w ślimakowatem zwinięciu młodych liści w pewnych przypadkach, wreszcie w występowaniu podwójnych liściośladów (por. str. 437). Nie wynika jednak z tego bynajmniej, żeby nagozalążkowe pochodziły od paprotników. Jedne i drugie dają się prześledzić do czasów dewońskich i rozwijają się równolegle i niezależnie od siebie.

Morfologja pędów u nagozalążkowych jest bardzo rozmaita: są tu formy o pokroju paproci z silnie rozgałęzionemi liśćmi (ryc. 516); formy o pokroju palm z pękami wielkich pierzastych liści na szczycie nierozgałęzionych pni (ryc. 532); drzewa szpilkowe z drobnemi a wąskiemi liśćmi (ryc. 550) i t. d. Wszystkie te różne postacie pędów będą opisane w późniejszych rozdziałach. Korzenie mają przyrost wtórny i nie przedstawiają poza tem nic szczególnego.

Bardzo charakterystyczne są dla nagozalążkowych owocolistki, które niezawsze są zebrane w kwiaty. Owocolistki te są płaskie albo tarczkowate i nie zrastają się ze sobą, skutkiem czego dostęp do zalążków jest wolny. Pyłek kwiatowy, unoszony przez wiatr, wpada bezpośrednio do okienka zalążków i przylepia się działaniem lepkiej cieczy, która tam znajduje się w momencie zapylenia. Kwiaty, o ile istnieją, są z reguły rozdzielnopłciowe; żeńskie złożone z owocolistków, męskie złożone z pręcików. Jedne i drugie sporofile są gęsto skupione na dosyć długiej osi (ryc. 503). Oprócz nich w kwiatach niektórych nagozalążkowych są u podstawy mniej lub więcej liczne płonne listki, które stanowią zaczątek okwiatu (ryc. 560, *A*). W przeciwieństwie do okrytozalążkowych, okwiat ten nie odgrywa żadnej określonej roli. Kwiaty różnego rodzaju mogą się tworzyć na tych samych albo różnych osobnikach; w pierwszym przypadku mamy do czynienia z roślinami jednopiennemi, w drugim — z dwupiennemi.

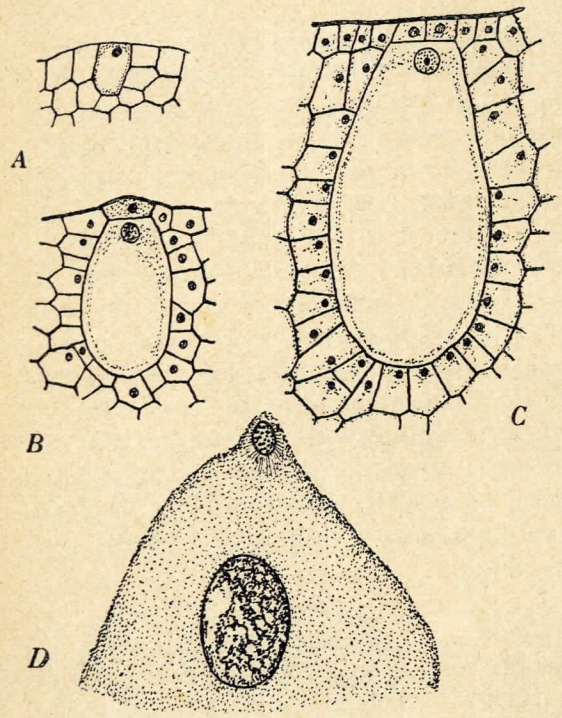
Z powodu niewykształcenia słupków rośliny nagozalążkowe nie tworzą owoców. Nasiona paleozoicznych form nie mają zarodka, który prawdopodobnie wytwarzał się dopiero przy kiełkowaniu. Późniejsze formy zawierają w nasionach dobrze wykształcony zarodek, otoczony bielmem. Zarodek zawiera od 2 do 6 liścieni (u okrytozalążkowych najwyżej 2).



Ryc. 508. *Zamia floridana*. Woreczek zalążkowy *(wz)* i trzy jego siostrzane komórki. Te ostatnie są w stanie zanikania. W położonych naokoło diploidalnych komórkach zaznaczone są tylko zarysy jąder. — Według F. Grace Smith.

146. Morfologja pokolenia haploidalnego. Ponieważ pokolenie haploidalne jest zawsze rozdzielnopłciowe, trzeba oddzielnie rozpatrzyć osobniki żeńskie i męskie.

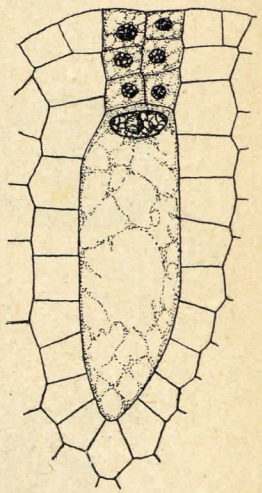
Osobniki żeńskie pokolenia haploidalnego czyli przedrośla żeńskie tworzą się w makrosporach czyli woreczkach zalążkowych i są całkowicie w nich ukryte. Woreczek zalążkowy zawiera początkowo jedno jądro, które jest haploidalne. Wszystkie otaczające woreczek komórki są natomiast diploidalne, z wyjątkiem siostrzanych jego komórek, o ile te jeszcze nie zanikły (ryc. 508).



Ryc. 509. *Dioon edule*. Rozwój rodni. — *A* Komórka początkowa rodni. — *B* Podział komórki początkowej na część zewnętrzną i wewnętrzną. — *C* Komórka zewnętrzna utworzyła dwukomórkową szyjkę, podczas gdy komórka wewnętrzna jest jeszcze niepodzielona. — *D* Podział jądra komórki wewnętrznej na jądro kanałowe (u góry), które jest w stanie zaniku, i jądro żeńskie (u dołu). — Według Chamberlaina.

Jądro woreczka zalążkowego dzieli się kilkakrotnie, dając kilkaset albo nawet więcej jąder. Najwyższą ilością podziałów jest 11, co daje $2^{11} = 2048$ jąder, najmniejszą zaś jest 8, co wytwarza $2^8 = 256$. Jednocześnie z temi podziałami woreczek rośnie bardzo silnie kosztem innych komórek ośrodka, ale jego protoplazma nie może dotrzymać kroku temu wzrostowi i zostaje zepchnięta ku błonie przez gromadzący się w środku sok komórkowy. W tej ściennej warstwie protoplazmy rozmieszczają się równomiernie jądra, nieoddzielone od siebie narazie żadnemi przegrodami. Dopiero później zaczynają się wytwarzać błony, które dzielą zawartość woreczka zalążkowego na jednojądrowe komórki. Proces ten rozpoczyna się w zewnętrznej części woreczka i stopniowo postępuje ku środkowi, tak że wkońcu woreczek zalążkowy zostaje wypełniony jednolitą tkanką, która stanowi przedrośle żeńskie.

W części żeńskiego przedrośla, zwróconej do okienka, tworzą się w rozmaitej ilości rodnie bardzo prostej budowy. Komórką początkową rodni staje się jedna z powierzchniowych komórek. Komórka ta dzieli się na część zewnętrzną, z której tworzy się szyjka, i część wewnętrzną, z której powstaje komórka jajowa (ryc. 509). Szyjka powstaje przez podział komórki zewnętrznej na dwie albo na cztery komórki przegrodami prostopadłemi do powierzchni przedrośla. W przykładzie, przedstawionym na ryc. 509, szyjka jest dwukomórkowa, co jest zjawiskiem stałem u sagowców. W wielu przypadkach odbywa się oprócz tego podział równoległy do powierzchni przedrośla. Krańcowy przypadek pod tym względem stanowi *Ephedra*, u której szyjka składa się z ośmiu piątr po cztery komórki, a nieraz nawet z jeszcze większej ilości komórek (ryc. 510). Komórka wewnętrzna staje się jajem po oddzieleniu drobnej komórki kanałowej tuż pod szyjką. U niektórych form komórka kanałowa nie oddziela się od komórki jajowej i proces ten ogranicza się tylko do podziału jądra. Komórka kanałowa względnie jej jądro nie odgrywa żadnej roli i wkrótce znika. Jest to jedyna komórka kanałowa, jaka jeszcze pozostała w tej zredukowanej rodni.

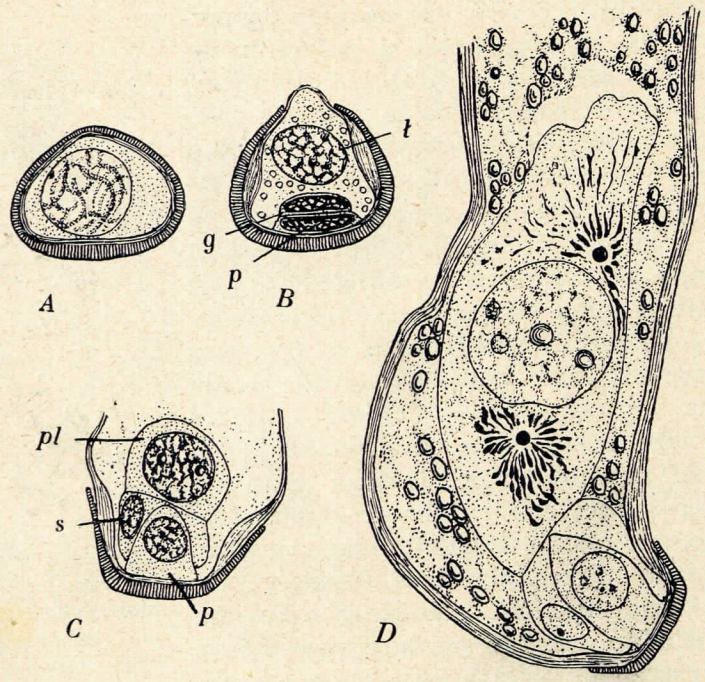


Ryc. 510. *Ephedra trifurca*. Jedno z późniejszych, ale jeszcze nie ostateczne stadjum rozwoju rodni. Wytworzyły się już 3 piętra komórek szyjki, natomiast komórka wewnętrzna nie jest jeszcze podzielona. — Według Landa.

Rozwój męskich osobników pokolenia haploidalnego zaczyna się bardzo wcześnie, kiedy jeszcze pyłek znajduje się w woreczkach pyłkowych. Rozwój przedrośla męskiego zaczyna się od podziału mikrospory na dwie nierówne części. Zostaje w ten sposób oddzielona mała komórka, t. zw. przedrośłowa, która nie odgrywa żadnej określonej roli w życiu rośliny. Większa komórka zwykle oddziela jeszcze jedną taką przedrośłową komórkę. Następuje dalszy podział, odcinający komórkę generatywną, z której później powstaje plemnia. Pozostała poza tem część protoplazmy zawiera jądro łagiewkowe, które bierze czynny udział w rozwoju wyrastającej z mikrospory łagiewki. W chwili wysypywania się pyłku z woreczków pyłkowych ziarenka jego składają się z opisanych powyżej części: z dwóch komórek przedrośłowych, komórki generatywnej i z jądra łagiewkowego,

otoczonego resztą niezużytej na tworzenie się tych trzech komórek protoplazmy (ryc. 511 i 514).

W poszczególnych przypadkach zachodzą różne odchylenia od powyższego opisu. U sagowców tworzy się tylko jedna komórka przedroślowa (ryc. 511, *B*), u niektórych szpilkowych, np. u jałowca *(Juniperus)*, nie tworzy się żadna i ziarenka pyłku zawierają tylko komórkę generatywną i jądro łagiewkowe,

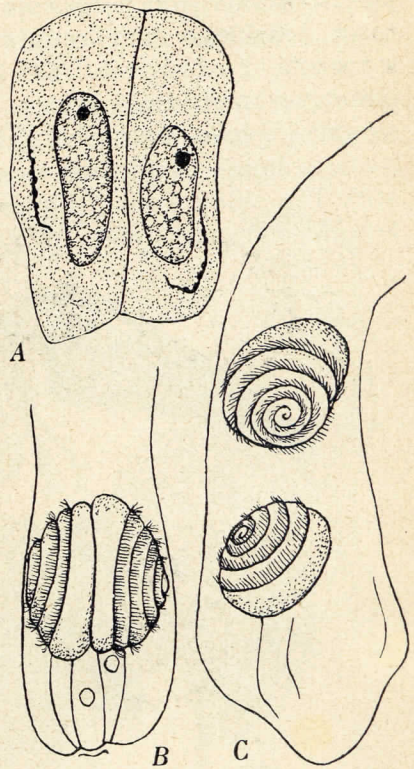


Ryc. 511. *Dioon edule.* Kiełkowanie mikrospory. — *A* Mikrospora przed pierwszym podziałem. — *B* Mikrospora zaczyna wypuszczać łagiewkę; *p* komórka przedroślowa, *g* komórka generatywna, *ł* jądro łagiewkowe. — *C* Dalsze stadjum; *s* komórka ścienna i *pl* komórka plemnikowa, powstałe przez podział komórki generatywnej; komórka przedroślowa wrosła do wnętrza komórki ściennej. — *D* Późniejsze stadjum; w komórce plemnikowej ukazały się blefaroplasty otoczone „gwiazdami". — Według Chamberlaina.

otoczone resztą protoplazmy. U niektórych innych drzew szpilkowych, np. u cisa *(Taxus)*, obie komórki przedroślowe dzielą się kilkakrotnie, przyczem powstałe w ten sposób komórki wkrótce zlewają się z protoplazmą mikrospory i ich jądra rozchodzą się w różne strony, otaczając komórkę generatywną.

Dalszy rozwój przedrośla odbywa się wtedy, kiedy pyłek znajdzie się w okienku zalążka i z niego zacznie wyrastać łagiewka. Łagiewka tworzy się w ten sposób, że zewnętrzna powłoka mikrospory, t. zw. ekzyna, pęka, zaś wewnętrzna, zwana intyną, uwypukla się i wyrasta w rurkę. Jednakże komórka generatywna nieodrazu wytwarza męskie komórki rozrodcze, lecz dzieli się z początku na komórkę ścienną i plemnikową i dopiero ta ostatnia daje dwie komórki macierzyste plemników albo odrazu dwa plemniki (ryc. 511, *C—D*, 514, *E—F*). Tworzenie się plemników odbywa się różnie w dwóch typach przedrośla męskiego, wyróżnionych w ust. 144, i dlatego te dwa przypadki rozpatrzymy osobno.

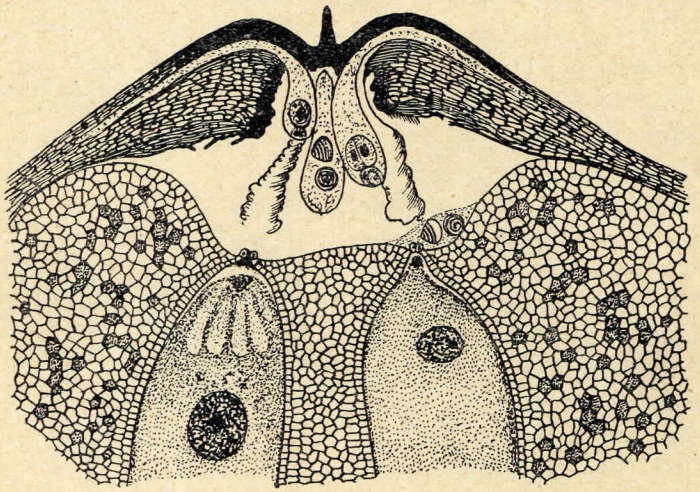
W pierwszym typie, który został nazwany typem sagowców, plemniki są opatrzone rzęskami. Rzęski tworzą się z dwóch ciałek zwanych blefaroplastami, które zjawiają się bardzo wcześnie, kiedy jeszcze komórka plemnikowa nie jest podzielona (ryc. 511, *D*). Mają one początkowo kulisty kształt i są otoczone promienisto ułożonemi włóknami na podobieństwo centrozomów zwierzęcych komórek. Po podziale komórki plemnikowej na komórki macierzyste plemników blefaroplasty wydłużają się we wstęgę, która następnie układa się w linji spiralnej tuż pod powierzchnią plemników (ryc. 512). Plemniki tworzą się po jednemu w każdej z dwóch komórek macierzystych i mają postać okrągłych ciałek, płaskich



Ryc. 512. Powstawanie plemników u sagowców. — *A—B Zamia floridana: A* komórka plemnikowa podzielona na dwie komórki macierzyste plemników z wstęgowatemi blefaroplastami. — *B* oba plemniki już wykształcone w łagiewce; pod niemi komórka przedroślowa i ścienna, zarysy komórek macierzystych pominięte. — *C Cycas revoluta.* Łagiewka ze swobodnie pływającemi plemnikami, które już się wydobyły z komórek macierzystych. — Według Webbera.

z jednej strony, wypukłych z drugiej. Na wypukłej stronie układa się w 5—6 zwojach spiralnych blefaroplast i wypuszcza bardzo liczne krótkie rzęski.

Zapłodnienie u sagowców odbywa się w sposób następujący. Jednocześnie z rozwojem łagiewki na powierzchni przedrośla żeńskiego nad rodniami tworzy się wgłębienie, zwane komorą rodniową. Ta komora jest znacznie szersza od położonej nad nią komory pyłkowej i jest oddzielona od tej ostatniej błoną woreczka zalążkowego. Błona ta pęka i tylny rozdęty koniec łagiewki wsuwa się do komory rodniowej (ryc. 513). Ten tylny koniec łagiewki odpowiada początkowemu położeniu ziarenka pyłku. W nim mieszczą się plemniki wraz z ko-

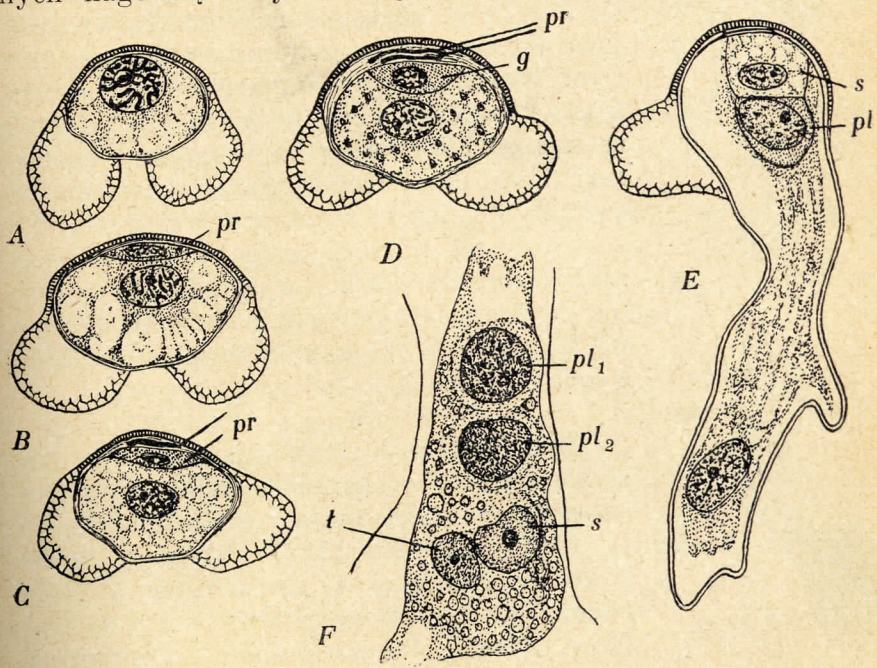


Ryc. 513. *Dioon edule*. Górna część ośrodka w czasie zapłodnienia. Komora pyłkowa jest u góry zasklepiona. — Według Chamberlaina

mórką przedroślową i ścienną, podczas gdy jądro łagiewkowe przechodzi do przedniej, cieńszej części łagiewki, która wrasta w ośrodek, umocowując łagiewkę w danem miejscu. Komora rodniowa jest wypełniona powietrzem. Łagiewki pod działaniem ciśnienia osmotycznego zaczynają jedna za drugą pękać i plemniki wypadają z nich do komory rodniowej. Z pękniętych łagiewek wylewa się ich płynna zawartość. W tej to cieczy pływają plemniki i kierują się do rodni. Tu torują sobie drogę między komórkami szyjkowemi i wchodzą do komórki jajowej, pozostawiając na jej powierzchni swoją powłokę protoplazmiczną wraz z rzęskami. Jądro plemnika łączy się wreszcie z jądrem komórki jajowej i zapłodnienie zostaje dokonane.

W typie przedrośla męskiego, który jest właściwy drzewom szpilkowym, komórka plemnikowa dzieli się tak samo na dwie części jak u sagowców, lecz te części nie są komórkami macierzystemi plemników, tylko same są plemnikami. Plemniki te nie mają rzęsek i są doprowadzane do rodni przez łagiewkę. Rozwój tego typu przedrośla męskiego można widzieć naprzykład u *Pinus Laricio* (ryc. 514).

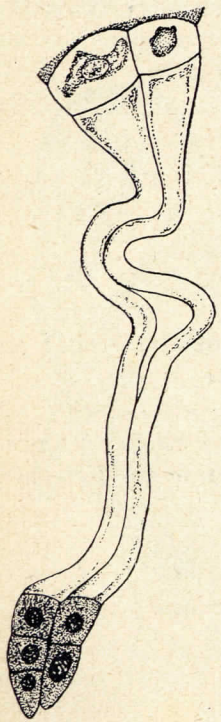
W rodzajach *Welwitschia* i *Gnetum* rozwój pokolenia haploidalnego odbywa się w sposób odmienny od wszystkich innych nagozalążkowych. Przypomina on okrytozalążkowe, do



Ryc. 514. *Pinus Laricio*. Rozwój męskiego przedrośla (przekroje optyczne). — *A* Mikrospora przed pierwszym podziałem; po obu bokach widoczne są pęcherzyki powietrzne utworzone przez ekzynę. — *B* Pierwsze stadjum rozwojowe z oddzieloną komórką przedroślową *(pr)*, która odrazu zaczyna ulegać zanikowi. — *C* Wytworzenie drugiej komórki przedroślowej. — *D* Wytworzenie komórki generatywnej *(g)*. Komórki przedroślowe zanikły, pozostawiając ślady w formie dwóch cienkich blaszek; jądro łagiewkowe wśród pozostałej protoplazmy. Jest to stadjum, w którem pyłek wysypuje się z woreczków pyłkowych. — *E* Początek rozwoju łagiewki; do jej przedniego końca przechodzi jądro łagiewkowe; komórka generatywna pozostała wtyle i podzieliła się na komórkę ścienną *(s)* i plemnikową *(pl)*. — *F* Przednia część łagiewki w późniejszem stadjum rozwojowem; komórka plemnikowa przeszła do przedniej części łagiewki i podzieliła się na dwa plemniki *(pl_1 i pl_2)*; do przedniej części łagiewki przeszło także jądro komórki ściennej *(s)*, obok niego jądro łagiewkowe *(l)*. — Według Coultera i Chamberlaina.

których te rośliny są podobne także pod innemi względami, np. obecnością prawdziwych naczyń (trachei) w drewnie.

Z każdego zapłodnionego jaja tworzy się jeden albo kilka zarodków. Ilość zarodków może być pomnożona jeszcze skutkiem zapłodnienia więcej niż jednej rodni. Ostatecznie jednak tylko jeden zarodek rozwija się do końca, wszystkie inne giną. Zarodek wytwarza się w tej części zapłodnionej komórki jajowej, która jest zwrócona w stronę przeciwną do okienka. W ciągu rozwoju środkowa część jaja wydłuża się silnie, wpychając powstający zarodek do środka przedrośla żeńskiego. Ta wydłużająca się część jaja nazywa się suspensorem. Można ją widzieć np. u *Pinus Laricio*, gdzie z każdego zapłodnionego jaja powstają cztery zarodki, każdy z osobnym suspensorem (ryc. 515). Zarodek rośnie kosztem otaczającej go tkanki żeńskiego przedrośla. Pozostałość tej tkanki tworzy bielmo nasienia. W zarodku korzeń wytwarza się po stronie zwróconej do okienka, zaś stożek wzrostowy łodygi wraz z liścieniami po przeciwnej stronie.



Ryc. 515. *Pinus Laricio*. Dwa zarodki z suspensorami. — Według Coulter a Chamberlaina.

147. Podział. Rośliny nagozalążkowe dzielą się na siedem gromad, które będą rozpatrzone w następnych rozdziałach. Są to: 1) *Pteridospermae*, 2) *Cordaitinae*, 3) Sagowce *(Cycadinae)*, 4) *Benettitinae*, 5) *Gingkoinae*, 6) Szpilkowe *(Coniferae)* i 7) *Gnetinae*. Z tego *Pteridospermae* i *Cordaitinae* są roślinami paleozoicznemi, *Benettitinae* żyły w czasach mezozoicznych. Tylko pozostałe cztery gromady są reprezentowane we florze współczesnej, ale występują w stosunkowo niewielkiej ilości form. Daleko ważniejszą rolę odgrywały te rośliny w czasach mezozoicznych, kiedy stanowiły główną część składową roślinności. Zmierzch ich rozpoczął się w górnej kredzie z rozwojem roślin okrytozalążkowych. Kopalne rośliny nagozalążkowe są bardzo dobrze znane z powodu doskonałego zachowania ich szczątków w pokładach geologicznych. Znamy je prawie tak samo dokładnie jak formy współczesne, o ile nie liczyć naturalnie szczegółów cytologicznych. Niestety, pomimo obfitości

materjałów paleontologicznych wzajemne pokrewieństwo różnych form pozostaje wciąż niewyjaśnione, gdyż nie udało się znaleźć form pośrednich pomiędzy poszczególnemi gromadami.

Charakterystyczne cechy wymienionych powyżej siedmiu gromad nagozalążkowych można zestawić w następującą tabelę:

A) Zalążki z komorą pyłkową. U żyjących form stwierdzono ruchome plemniki opatrzone rzęskami, u kopalnych istnienie takich plemników prawdopodobne.
- *a)* Rośliny o pokroju paproci, z silnie rozgałęzionemi liśćmi bez kwiatów. *Pteridospermae.*
- *b)* Rośliny z kwiatami.
  - *α)* Kwiaty obupłciowe. *Benettitinae.*
  - *β)* Kwiaty rozdzielnopłciowe.
    - I) Rośliny o pokroju jednoliściennych z wstęgowatemi nierozgałęzionemi liśćmi. *Cordaitinae.*
    - II) Rośliny o pokroju palm z pierzastemi liśćmi. *Cycadinae.*
    - III) Rośliny o pokroju drzew liściastych z dichotomicznemi liśćmi. *Gingkoinae.*

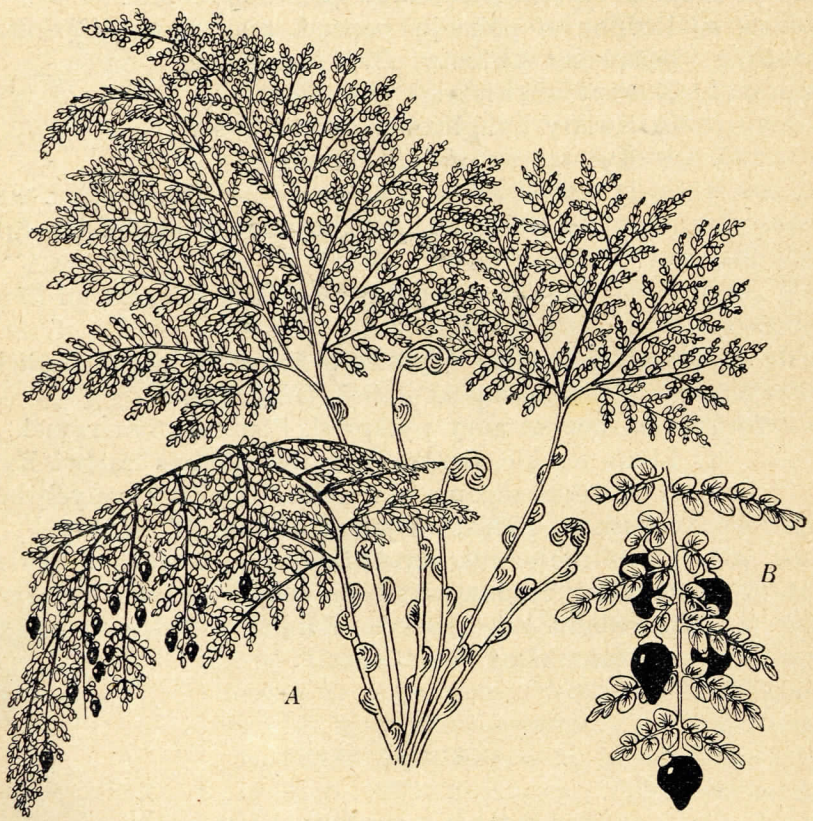
B) Zalążki bez komory pyłkowej. Plemniki bez rzęsek.
- *a)* Liście wąskie, szpilkowate. Drewno bez trachei. Kwiaty żeńskie złożone z wyraźnie wykształconych owocolistków. Zalążki z jedną osłonką. *Coniferae.*
- *b)* Liście nie szpilkowate. Drewno z tracheami. Kwiaty żeńskie zredukowane do pojedyńczych zalążków, bez śladu owocolistków. Zalążki z dwiema albo trzema osłonkami. *Gnetinae.*

ROZDZIAŁ XXIX

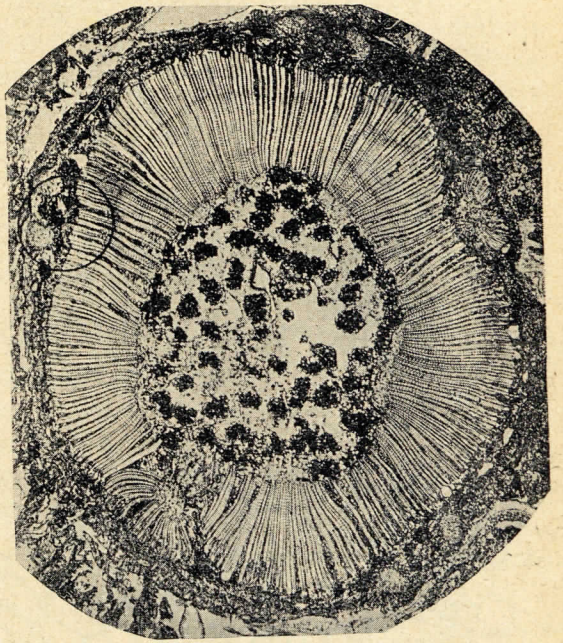
PTERIDOSPERMAE

148. Ogólna charakterystyka. *Pteridospermae* są to paleozoiczne nagozalążkowe rośliny o pokroju paproci. Dzięki doskonale zachowanym skamielinom znamy je bardzo dobrze. Są to rośliny średnich rozmiarów z obficie rozczłonkowanemi, kilkakrotnie pierzastemi liśćmi, ślimakowato zwiniętemi we wcześniejszych stadjach rozwojowych. Ryc. 516, przedstawiająca *Neuropteris heterophylla*, daje dobre pojęcie o pokroju tych roślin. Widzi się na niej częste u *Pteridospermae* dichotomiczne rozgałęzienie osi liścia i, rzecz najważniejsza, zalążki

(względnie nasiona) na końcach odcinków liściowych. Jak to jest zawsze z roślinami kopalnemi, *Pteridospermae* są znane z luźnych szczątków poszczególnych narządów, które tylko bardzo rzadko spotykają się złączone ze sobą. Szczególnie często i obficie spotykają się odciski liści. Uważano je początkowo za szczątki paproci i opisywano pod różnemi nazwami, kończącemi się na sylabę *...pteris: Neuropteris, Pecopteris, Alethopteris* i t. d. Zwrócono jednak odrazu uwagę na brak na nich zarodni i na występowanie wraz z niemi, w tych samych pokładach, licznych skamieniałych nasion. Szczęśliwy traf pozwolił wreszcie znaleźć okazy liści z przyczepionemi do nich nasionami i wtedy stało się rzeczą niewątpliwą, że ma się tu do czynienia z roślinami nasiennemi. Niezawsze jednak dało się to wyjaśnić. Jest niemało liści kopalnych o pokroju paproci, co do których trudno jest powiedzieć, czy należą one do paproci, czy do *Pteridospermae*. Tak jest np. z *Palmatopteris* (ryc. 363). Obok odcisków liści, w tych samych pokładach, znajdowano pnie z przyrostem wtórnym, podobne do pni roślin nagozalążkowych. Dzięki nowym szczęśliwym znaleziskom udało się stwierdzić związek tych pni z opisanemi powyżej liśćmi i nasionami. Wyjaśniły się w ten sposób dwie cechy charakterystyczne dla *Pteridospermae*, a odróżniające je od paproci: obecność zalążków na liściach i przyrost wtórny, podobny do przyrostu nagozalążkowych. Rośliny te są inaczej nazywane *Cycadofilices*, ale nazwa ta nie jest szczęśliwie obrana, gdyż podobieństwo ich do sagowców ogranicza się, jak to zobaczymy później, tylko do obecności komory pyłkowej w zalążku.



Ryc. 516. *Neuropteris heterophylla*. — *A* Pokrój rośliny pomniejszony. Na jednym z liści na końcach gałązek nasiona zaznaczone czarną barwą. — *B* Gałązka z nasionami w naturalnej wielkości. — Według Scotta.

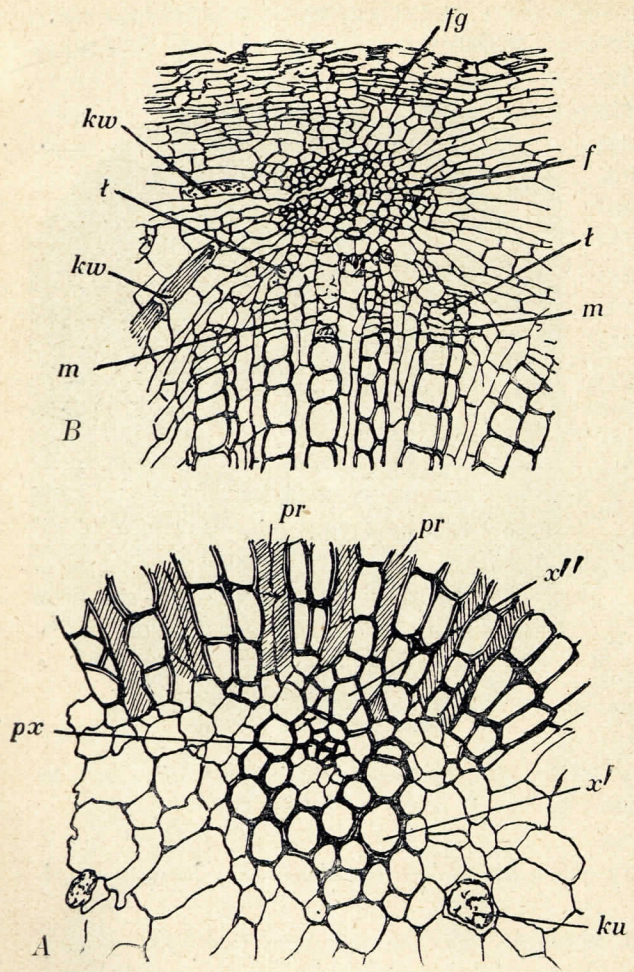


Ryc. 517. *Lyginopteris oldhamia*. Przekrój łodygi. — Według Hirmera.

Pteridospermae zjawiają się w górnym dewonie jednocześnie z paprociami. Najczęściej spotykają się w produktywnym węglu i znikają w triasie.

149. Narządy wegetatywne. Najlepiej znanym pod względem budowy anatomicznej przedstawicielem tej gromady jest *Lyginopteris oldhamia*, którego pnie opisywano dawniej osobno pod nazwą *Lyginodendron odlhamium*, liście pod nazwą *Sphaenopteris Hönninghausi*, liściowe ogonki pod nazwą *Rhachiopteris aspera*, korzenie przybyszowe pod nazwą *Kaloxylon Hookeri*, nasiona pod nazwą *Lagenostoma Lomaxi* i wreszcie pręciki pod nazwą *Crossotheca Hönninghausi*. Roślina ta jest pospolita w produktywnych pokładach węglowych Anglji i West-

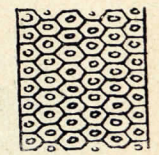
falji. Nasion jej nie udało się początkowo znaleźć w bezpośredniej łączności z liśćmi. Związek ich z innemi częściami dał się jednak stwierdzić dzięki obecności zarówno na łodydze i liściach jak i na okrywie nasion szczególnych gruczołowatych włosków.



Ryc. 518. *Lyginopteris oldhamia.* — *A* Część przekroju łodygi z pierwotnym ksylemem i przylegającą do niego częścią drewna; *px* protoksylem, *x'* dośrodkowa część ksylemu, *x''* jego część odśrodkowa, *pr* promienie rdzeniowe, *kw* komórki wydzielnicze. — *B* Część łodygi z pierwotnym floemem i przylegającą częścią łyka i drewna; *f* floem, *ł* łyko, *m* miazga, *kw* komórki wydzielnicze, *fg* fellogen. — Według Scotta.

Liście *Lyginopteris* mają pokrój podobny do przedstawionych na ryc. 516 liści *Neuropteris* z odmiennem nieco unerwieniem, ale tak samo z dichotomicznie rozgałęzioną osią liściową. Do ogonka liściowego wchodzą z łodygi dwie kollateralne wiązki, które łączą się ze sobą i przybierają budowę koncentryczną. Jest to cecha właściwa paprociom: u roślin nasiennych wiązki są z reguły kollateralne (względnie bikollateralne). Liście są osadzone na łodydze skrętolegle według ułamka $\frac{2}{5}$ w odległościach paru centymetrów jeden od drugiego.

Łodyga jest bardzo różnej grubości: od 2 do 40 *mm* w średnicy. Długość jej jest znaczna, co nasuwa przypuszczenie, że były to, być może, rośliny pnące się. Budowa anatomiczna jej jest zupełnie odmienna od łodyg paproci. Naokoło dosyć obszernego rdzenia znajduje się okółek kollateralnych wiązek (ryc. 517). Ksylem tych wiązek jest w większej części dośrodkowy, co wskazuje na pokrewieństwo z paprociami (ryc. 518). Protoksylem przylega bezpośrednio do odśrodkowej części pierwotnego ksylemu i jest oddzielony grupą miękiszowych komórek od jego dośrodkowej części. Naczynia dośrodkowego ksylemu są spiralne albo schodkowane, natomiast w odśrodkowym ksylemie są punktowane z jamkami na całej powierzchni bocznych ścian. Pierwotne wiązki są położone na dużej odległości od siebie. Przyrost wtórny łączy je pierścieniem drewna, złożonego z tracheid jednakowej średnicy i licznych promieni rdzeniowych. Tracheidy na promieniowych ściankach są opatrzone kilkoma rzędami lejkowatych jamek, które zajmują całą powierzchnię ścianek i przylegają tak ściśle do siebie, że tracą swoje okrągłe zarysy i przybierają postać kanciastą (ryc. 519). Takie jamki noszą nazwę araukarjoidalnych. Nazwa ta pochodzi stąd, że u roślin współczesnych występują one bardzo wyraźnie u drzew szpilkowych z rodzaju *Araucaria*. Jest to forma pierwotna tracheid u roślin nagozalążkowych. W drewnach paleozoicznych roślin nagozalążkowych tracheidy mają zawsze taką postać. Jednorzędowe jamki na tracheidach zjawiają się dopiero w czasach mezozoicznych. Oprócz miazgi wytwarza się także fellogen (ryc. 518, *B*, *fg*).



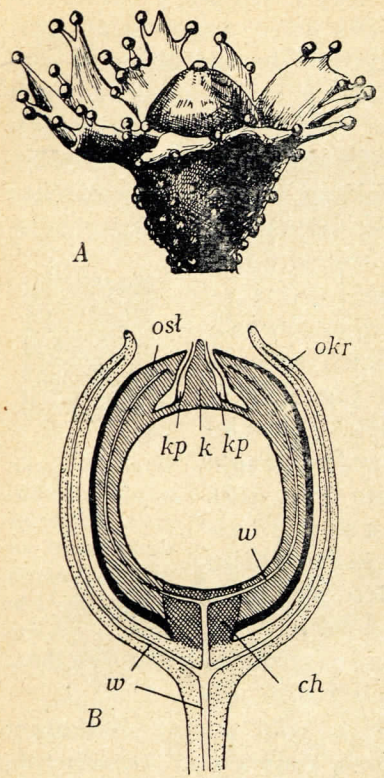
Ryc. 519. *Lyginopteris oldhamia.* Wielorzędowe jamki na promieniowych ściankach tracheid. — Według Sewarda.

Rozgałęzienie łodygi odbywa się w sposób typowy dla nasiennych: gałęzie odchodzą z pachwin liści.

Lyginopteris ma korzenie tylko przybyszowe: są one bardzo liczne i wyrastają przeważnie z nadziemnej części łodygi. Grubość ich wynosi około 7 *mm*, rozgałęzienia są cieńsze i zniżają się do 0.3 *mm* w średnicy. Budowa anatomiczna korzeni jest normalna, w grubszych tetrachiczna do oktarchicznej, w cienkich — diarchiczna. Grubsze korzenie mają znaczny przyrost wtórny. Cienkie diarchiczne natomiast zachowują swoją pierwotną budowę bez zmiany. Rzecz ciekawa, że ten ostatni rodzaj korzeni, wyrastając z grubszych, ustawia swoje wiązki naczyniowe równolegle do ich długości, a nie prostopadle, jak to jest u paprotników (por. ryc. 388).

U innych przedstawicieli *Pteridospermae* występują różne odchylenia od opisanego typu budowy anatomicznej. Nie ma-

ją one jednak większego znaczenia. Warto jedynie wspomnieć o łodygach z rodzaju *Medullosa,* do których odnoszą się liście z rodzaju *Neuropteris* (por. ryc. 516). Łodygi te zawierają po kilka steli takiej samej budowy, jak u *Lyginopteris* (polistelja!).

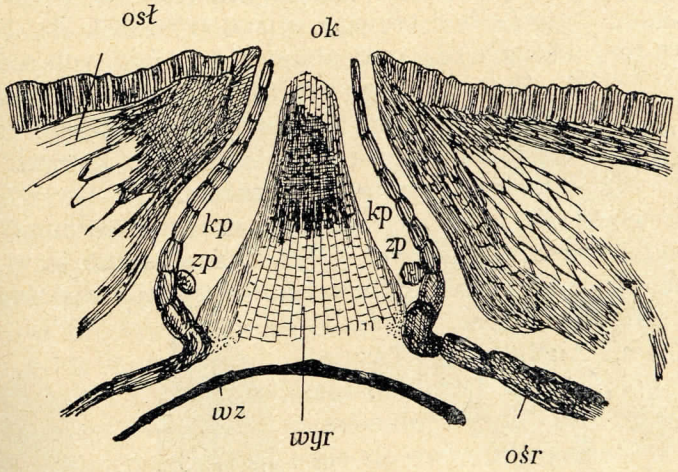


Ryc. 520. *Lagenostoma Lomaxi,* zalążek (nasienie) *Lyginopteris oldhamia.* — *A* Rekonstrukcja nasienia według modelu sporządzonego przez SMEDLEY'A. Okrywa jest rozchylona, na jej stronie zewnętrznej widoczne są gruczołowate włoski. — *B* Schematyczny przekrój nasienia ze stuloną okrywą; *okr* okrywa, *osł* osłonka zrośnięta z ośrodkiem, wolna tylko w górnej części, *k* wyrostek ośrodka (kolumna), *kp* komora pyłkowa, *ch* osadka (chalaza) złożona z osobliwej, mocnej tkanki, *w* wiązki zasilające okrywę i osłonkę. Niezacieniowana środkowa część zalążka jest zajęta przez woreczek zalążkowy. — Według OLIVERA.

150. Narządy rozrodcze. Narządy rozrodcze, zalążki i woreczki pyłkowe, tworzą się u *Pteridospermae* na liściach zupełnie podobnych do wegetatywnych albo bardzo mało zmienionych. Liście te nie są skupione na osobnych skróconych pędach, jak to zwykle bywa u nagozalążkowych; kwiatów tu niema. Można to widzieć u *Neuropteris heterophylla* na ryc. 516, na której są zresztą przedstawione tylko zalążki. Ponieważ zalążki tej ostatniej rośliny są znane tylko w postaci odcisków, weźmiemy za przykład znowu *Lyginopteris oldhamia,* którego zalążki (względnie nasiona) były opisane pod nazwą *Lagenostoma Lomaxi.*

Zalążki *Lyginopteris* są stosunkowo drobne w porównaniu z zalążkami innych *Pteridospermae:* największe z nich mają 5.5 *mm* długości i 4.25 *mm* w średnicy. Są one otoczone okrywą (cupula) podobną do okrywy orzecha laskowego. Okrywa wyrasta ze sznureczka poniżej zalążka i przylega do niego, ale nie jest z nim zrośnięta. Na górnym brzegu jest ona wcięta i tworzy działki, które z początku przylegają do nasienia, a potem rozchylają się (ryc. 520). Osłonka jest przyrośnięta do ośrodka i tylko

w górnej części od niego odstaje; jest ona, tak samo jak okrywa, opatrzona kollateralnemi wiązkami sitowonaczyniowemi. Komora pyłkowa ma cienkie ścianki, wyrastające ze szczytu ośrodka. Jest ona w zarysie stożkowata, większą jej część zajmuje wyrostek ośrodka, pozostawiając tylko wąską okrężną przestrzeń wolną (ryc. 521). W środku zalążka jest wolna przestrzeń, która była zajęta przez woreczek zalążkowy. Z powodu swojej delikatnej budowy jest on zwykle zniszczony. W niektórych przypadkach stwierdzono w nim dobrze zachowane komórki przedrośla żeńskiego, wśród których jednak

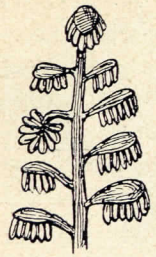


Ryc. 521. *Lagenostoma Lomaxi,* zalążek *Lyginopteris oldhamia.* Górna część podłużnego przekroju przez okienko; *osł* osłonka, *ośr* ośrodek, *ok* okienko, *kp* komora pyłkowa, *wyr* wyrostek ośrodka, *zp* ziarenka pyłku w komorze pyłkowej, *wz* błona woreczka zalążkowego. — Według OLIVERA.

nie udało się zobaczyć rodni. Nigdy natomiast nie znaleziono w zalążku zarodka, tak samo jak u wszystkich innych paleozoicznych roślin nasiennych. Widocznie zarodek tworzył się dopiero przy kiełkowaniu nasienia. Z powyższego opisu widoczne jest podobieństwo zalążka *Pteridospermae* do zalążka sagowców. Obecność komory pyłkowej nasuwa przypuszczenie, że zapłodnienie odbywało się przy pomocy ruchomych plemników. O przedroślu męskiem nic prawie niewiadomo; wewnątrz ziarenek pyłku widziano dosyć liczne komórki, ale łagiewki nigdy nie obserwowano.

Odcinki liściowe z woreczkami pyłkowemi mają u *Lyginopteris* charakterystyczną postać podobną do epoletów i opi-

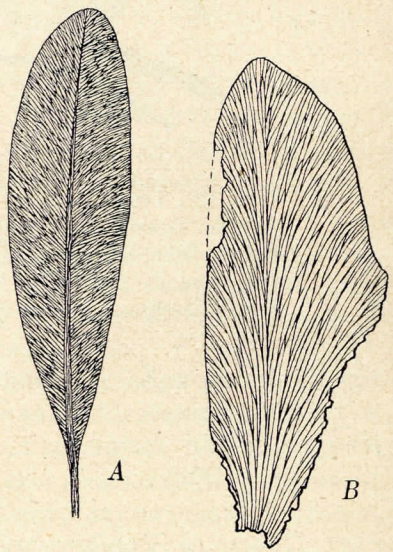
saną jako rodzaj *Crossotheca*. Odcinki te są wąskie i rozszerzają się na końcu, gdzie z dolnej strony zwisa kilka wydłużonych woreczków pyłkowych (mikrosporangjów) (ryc. 522).



Ryc. 522. *Crossotheca*, odcinki liściowe *Lyginopteris* z woreczkami pyłkowemi. — Według ZEILLERA.

Do *Pteridospermae* należą być może także *Glossopteridales*. Liście ich są proste o wydłużonym zarysie, z charakterystycznem siatkowatem unerwieniem o wydłużonych oczkach. Wśród nich zasługuje na szczególną uwagę rodzaj *Glossopteris* (ryc. 523, *A*), którego liście są opatrzone środkowym nerwem i *Gangamopteris* bez takiego nerwu (ryc. 523, *B*). Na tych liściach nie znaleziono nigdy żadnych owocowań i skutkiem tego istotny charakter *Glossopteridales* jest dotąd nieznany. Poza liśćmi znaleziono także kłącza *(Vertebraria)*, których anatomja jest zresztą mało znana.

Glossopteridales są charakterystycznemi roślinami permokarbońskiej flory południowej półkuli. Znaleziono je w Argentynie, na wyspach Falklandzkich, Antarktydzie, w południowej Afryce, Madagaskarze, Indjach Wschodnich, Australji i Tasmanji. Ta południowa flora różniła się wybitnie od flory północnej półkuli, która charakteryzowała się zarówno w Eurazji jak i w Ameryce takiemi roślinami, jak *Lepidodendron, Sigillaria, Calamites, Lyginopteris* i t. d. Przyczyną zróżnicowania flory permokarbońskiej na dwie dziedziny geograficzne było istnienie w paleozoikum wielkiego południowego lądu Gondwana[1]), oddzielonego od lądów północnej półkuli morzem Tetys. W mezozoikum Gondwana została rozbita na odosobnione części, ale odrębność flory południowej półkuli przetrwała do dzisiejszego dnia, wykazując wiele form roślinnych, niespotykanych w północnej półkuli, jak np. *Araucariaceae* i *Podocarpaceae* (por. ust. 164 i 165) wśród drzew szpilkowych, *Proteaceae* i *Eucalyptus* wśród okrytozalążkowych.



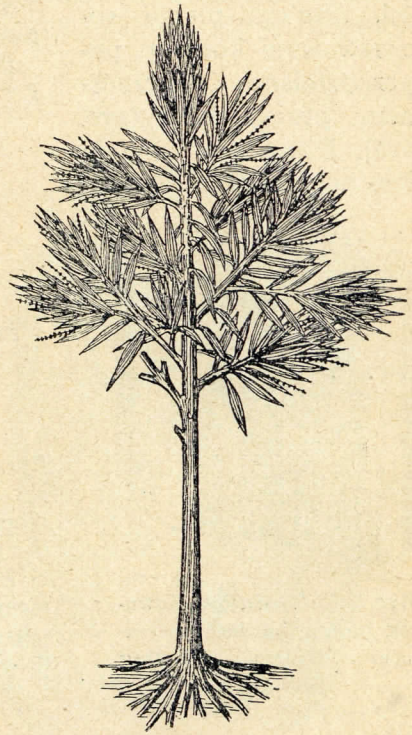
Ryc. 523. *A Glossopteris Browniana. — B Gangamopteris cyclopteroides.* — Według FEISTMANTELA.

[1]) Nazwa ta pochodzi od nazwy pewnej miejscowości w Indjach Wschodnich.

ROZDZIAŁ XXX

CORDAITINAE

151. Ogólna charakterystyka. *Cordaitinae* są to, tak samo jak *Pteridospermae*, rośliny paleozoiczne, szczególnie pospolite w produktywnym węglu, gdzie całe pokłady składają się z ich liści, nagromadzonych na podobieństwo opadniętych liści na dnie obecnych lasów bukowych. Pokrój ich jest bardzo szczególny: były to wysokie drzewa o smukłym pniu, który rozgałęział się monopodjalnie dopiero na znacznej wysokości, tworząc gęstą koronę z lancetowatemi albo wstęgowatemi liśćmi. System korzeniowy bez głównego korzenia był złożony z obficie rozgałęzionych korzeni przybyszowych, odchodzących prawie poziomo od podstawy pnia. Ryc. 524 przedstawia rekonstrukcję jednego z takich drzew. Wysokość pnia w samej tylko dolnej nierozgałęzionej części wynosiła 10—30 metrów. Liście *Cordaitinae* mają unerwienie złożone z jednakowych, równolegle do ich długości przebiegających nerwów. Wraz z kształtem liści dało ono powód do przypuszczenia, że są to rośliny jednoliścienne.

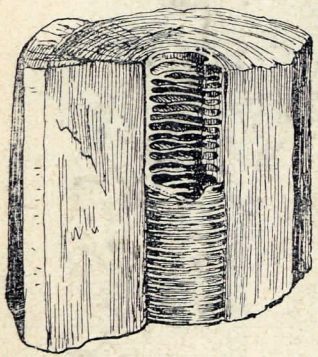


Ryc. 524. Rekonstrukcja *Dorycordaites*, jednego z przedstawicieli gromady *Cordaitinae* — Według GRAND'EURY.

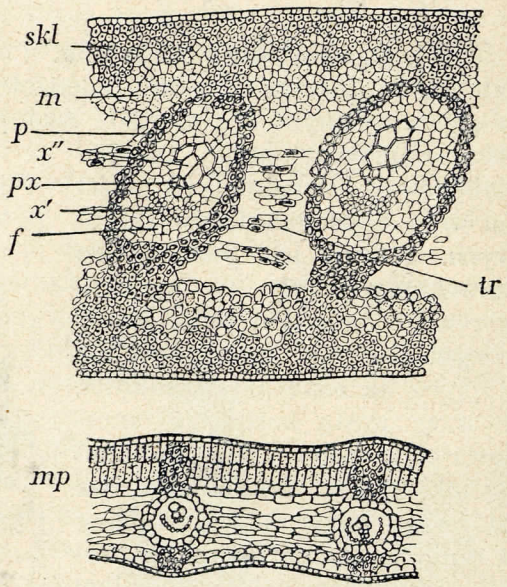
Narządy rozmnażania, zalążki i woreczki pyłkowe, są u *Cordaitinae* osadzone na specjalnych drobnych listkach (sporofilach), zebranych w skrócone pędy o charakterystycznym wygląd-

dzie. Rośliny te miały zatem, w przeciwieństwie do *Pteridospermae*, wykształcone kwiaty. Zalążki są opatrzone komorą pyłkową, co każe przypuszczać, że zapłodnienie odbywało się przy pomocy ruchomych plemników.

152. Narządy wegetatywne. Pnie u *Cordaitinae* mają bardzo charakterystyczną budowę. Zawierają one obszerny rdzeń i dosyć grubą warstwę drewna. Miękiszowa tkanka rdzeniowa widocznie nie mogła nadążyć za wzrostem pnia na długość i jest skutkiem tego porozrywana w swojej środkowej części, tworząc niskie soczewkowate komory, poprzedzielane poprzecznemi przegrodami (ryc. 525). Pierwotny ksylem jest tu przeważnie całkowicie odśrodkowy. Drewno składa się z tracheid o tak typowych araukarjoidalnych jamkach, że nie da się wprost odróżnić od drewna *Araucaria*.



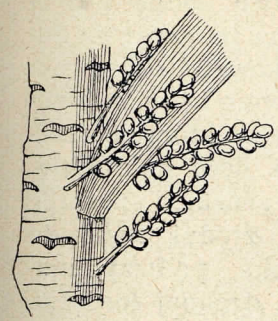
Ryc. 525. *Cordaites*. Kawałek pnia z charakterystycznym rdzeniem. — Według Sewarda.



Ryc. 526. *Cordaites*. Przekroje poprzeczne liści. — *A Cordaites angulostriatus; skl* sklerenchyma, *m* miękisz asymilacyjny, *p* pochwy otaczające wiązki, *px* protoksylem, *x'* ksylem odśrodkowy, *x''* ksylem dośrodkowy, *f* floem, *tr* wydłużone komórki łączące ze sobą wiązki (tkanka transfuzyjna). — *B Cordaites lingulatus; mp* miękisz palisadowy. — Według Renaulta.

Do każdego liścia wchodzą dwie kollateralne wiązki, które rozgałęziają się dichotomicznie i przebiegają równolegle do brzegów liścia. Liściosłady zawierają ksylem całkowicie odśrodkowy, jednakże po wejściu do liścia wykształcają oprócz odśrodkowego dośrodkowy i to nawet silniej od tego pierwszego.

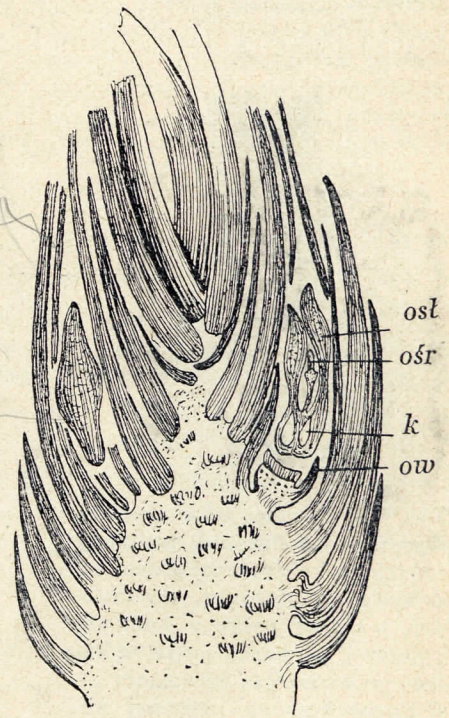
Protoksylem jest tu w ścisłej łączności z ksylemem dośrodkowym i jest oddzielony miękiszem od odśrodkowego (ryc. 526). Wiązki są otoczone pochwami złożonemi ze sklerenchymy, która u wielu gatunków wytwarza mocną warstwę mechaniczną pod skórką na obu stronach liścia. Wiązki są połączone ze sobą poprzecznemi pasmami szczególnej tkanki, złożonej z wydłużonych komórek, t. zw. tkanki transfuzyjnej. Podobną tkankę znajdujemy w liściach drzew szpilkowych, gdzie ona przeprowadza wodę z ksylemu do miękiszu. Miękisz asymilacyjny jest różnie wykształcony: u niektórych gatunków składa się z komórek izodiametrycznych, u innych wykształca na górnej stronie typowe komórki palisadowe.



Ryc. 527. *Cordaites*. Gałąź z jednym liściem, bliznami innych liści i czterema kwiatostanami. — Rekonstrukcja według Grand'Eury.

Korzenie *Cordaitinae* posiadają przyrost wtórny i zawierają w komórkach kory strzępki grzybów na podobieństwo współczesnych drzew leśnych.

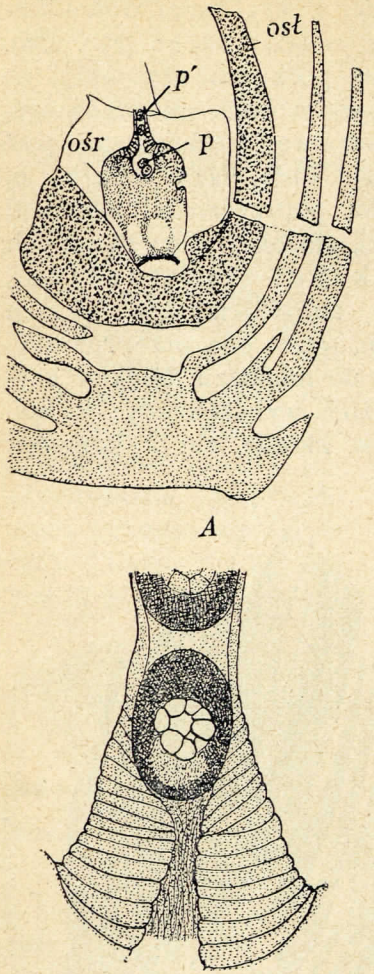
153. Narządy rozrodcze. Sporofile są u *Cordaitinae* zebrane w owalne kwiaty, mające wygląd pączków liściowych. Kwiaty te są osadzone przy pomocy bardzo krótkich szypułek na odgałęzieniach łodygi, tworząc kwiatostany podobne do kotków naszych drzew liściastych (ryc. 527). Kwiatostany wyrastają nie bezpośrednio z pachwiny liści, lecz nieco wyżej, jak to zresztą zdarza się nieraz u innych nasiennych,



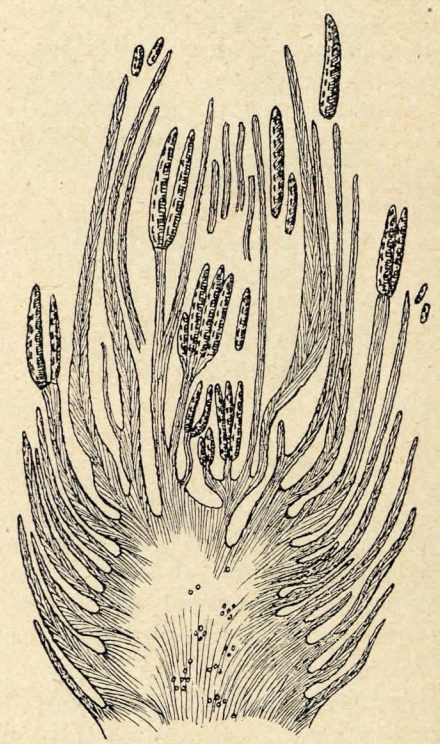
Ryc. 528. *Cordaianthus Williamsoni* (żeński kwiat jednego z *Cordaitinae*); podłużny przekrój z dwoma zalążkami, z których jeden jest przecięty podłużnie; *ow* owocolistek, *osł* osłonka, *k* komora w dolnej części osłonki, *ośr* ośrodek (skurczony). — Według Renaulta.

zwłaszcza okrytozalążkowych. Kwiaty żeńskie wyglądem swoim nie różnią się od męskich. Jedne i drugie mają podobną budowę: na dosyć grubej, stożkowatej osi są osadzone liczne płonne liście, owalnego kształtu, wśród których znajduje się pewna ilość sporofilów.

W kwiatach żeńskich sporofile (owocolistki) są zredukowane do krótkiego trzonka, podtrzymującego zalążek, i drobnej łuseczki, znajdującej się u jego podstawy (ryc. 528)[1]. Zalążek posiada jedną



Ryc. 529. *Cordaianthus Grand'-Euryi.* — *A* Przekrój podłużny żeńskiego kwiatu z zalążkiem na szczycie; *osł* osłonka, *ośr* ośrodek, *p* ziarna pyłku w komorze pyłkowej, *p'* ziarna pyłku w kanale prowadzącym do komory. — *B* Kanał komory pyłkowej silniej powiększony z dwoma ziarnami pyłku, w których widoczne są liczne komórki. — Według Renaulta.

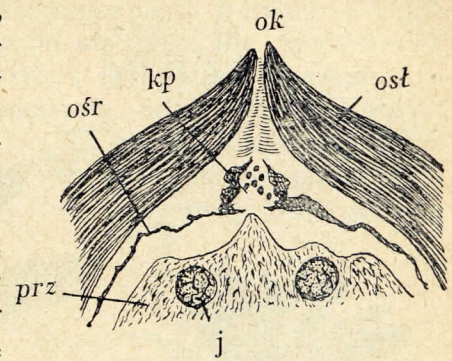


Ryc. 530. *Cordaianthus Penjoni.* Przekrój podłużny męskiego kwiatu. — Według Renaulta.

[1]) Według zdania niektórych autorów trzonek, podtrzymujący zalążek, jest odgałęzieniem łodygi i wraz z zalążkiem i łuseczką stanowi osobny kwiat. Według tej interpretacji to, co nazywamy kwiatem, byłoby kwiatostanem.

osłonkę, która w dolnej części ma dwie puste komory. Zarówno osłonka, jak i ośrodek są opatrzone wiązkami. Ośrodek nie jest zrośnięty z osłonką i kończy się dzióbkiem, przez który przechodzi wąski kanał, prowadzący do komory pyłkowej. Na niektórych szlifach widoczne są w tym kanale oraz w komorze pyłkowej doskonale zachowane ziarna pyłku (ryc. 529).

Kwiaty męskie zawierają nieokreśloną ilość pręcików skupionych przeważnie w środkowej części. Pręciki nie różnią się kształtem od płonnych liści kwiatu, są tylko opatrzone na szczycie kilkoma wydłużonemi woreczkami pyłkowemi (ryc. 530).



Ryc. 531. *Cycadinocarpus angustodunensis,* zalążek jednego z *Cordaitinae.* Przekrój podłużny górnej części zalążka; *osł* osłonka, *ok* okienko, *kp* komora pyłkowa z ziarenkami pyłku, *ośr* resztki ośrodka, *prz* przedrośle żeńskie, *j* komórki jajowe. — Według Renaulta.

Co do pokolenia haploidalnego, znane jest przedrośle żeńskie z doskonale zachowanemi komórkami jajowemi (ryc. 531). Przedrośle męskie składało się z dużej ilości komórek, jak to widać dobrze na ryc. 529, *B*, ale nie tworzyło łagiewki; przynajmniej w żadnym przypadku mimo doskonałego zachowania szczątków nie zauważono jej na szlifach. Pod tym względem *Cordaitinae* są podobne do *Pteridospermae.*

W nasionach *Cordaitinae* nie znaleziono w żadnym przypadku zarodka, tak samo jak u *Pteridospermae,* podczas gdy u wszystkich innych nagozalążkowych zarówno kopalnych, jak i współczesnych, zarodek rozwija się wcześnie i jest dobrze widoczny.

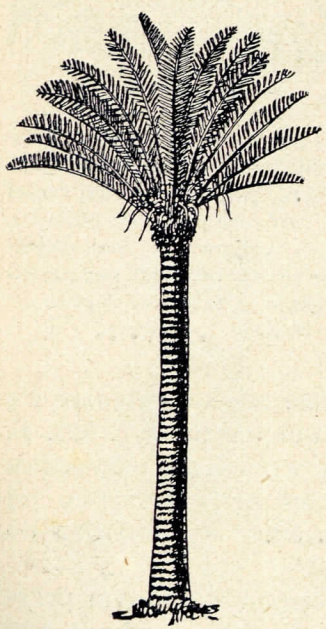
ROZDZIAŁ XXXI

SAGOWCE (CYCADINAE)

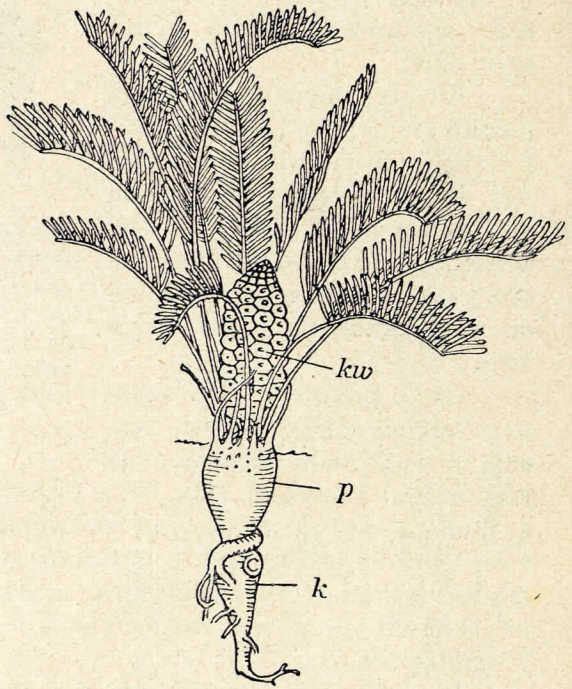
154. Ogólna charakterystyka. Jest to niewielka grupa roślin, które nie odgrywają poważniejszej roli. Trudno jest określić, kiedy się one zjawiły, gdyż w starszych pokładach znajdują się głównie w postaci odcisków liści. W górno-triasowych

(kajprowych) pokładach te odciski występują obficie, a pojedyńcze znaleziska sięgają nawet epoki węglowej. Ale odciski liściowe nie są nigdy pewnym materjałem do oznaczania roślin i w dodatku liście sagowców są zupełnie podobne do liści *Benettitinae,* zbliżonej, ale odrębnej grupy roślin, o której będzie mowa w następnym rozdziale. Liście w obu grupach są podobne do liści palm: pierzaste z wąskiemi odcinkami.

Poza liśćmi charakterystyczną cechą sagowców jest pień nie-



Ryc. 532. *Cycas.* Pokrój rośliny.



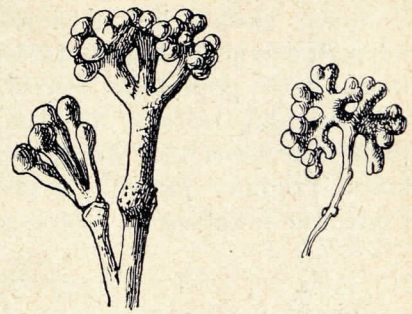
Ryc. 533. *Zamia floridana.* Pokrój rośliny; *p* pień zagłębiony całkowicie w ziemi, *k* korzeń, *kw* kwiat. — Według Wielanda.

rozgałęziony, zakończony pękiem liści (ryc. 532). Pień ten posiada bardzo obszerny rdzeń i grubą korę, przedzielone wąskim pierścieniem drewna. Kwiaty tworzą się na szczycie rośliny, skutkiem czego dalszy wzrost odbywa się za pośrednictwem bocznej gałęzi i pień, pozornie nierozgałęziony, ma budowę sympodjalną.

Sagowce rosną tylko w krajach strefy zwrotnikowej.

155. Narządy wegetatywne. Sagowce w przeciwieństwie do dwóch poprzednio omówionych gromad mają dobrze rozwinięty korzeń główny (ryc. 533). Niektóre z korzeni pochodnych

przybierają postać niezmiernie ciekawą: rosną one do góry i bezpośrednio pod powierzchnią ziemi rozgałęziają się obficie, tworząc gęste pęki krótkich odgałęzień nabrzmiałych na końcach (ryc. 534). W tych nabrzmieniach żyją wewnątrz niektórych komórek sinice (pewien gatunek rodzaju *Nostoc*), a nadto w innych komórkach strzępki grzybów. Jaki charakter fizjologiczny ma to współżycie sagowca z niższemi roślinami, nie zostało jeszcze zbadane.



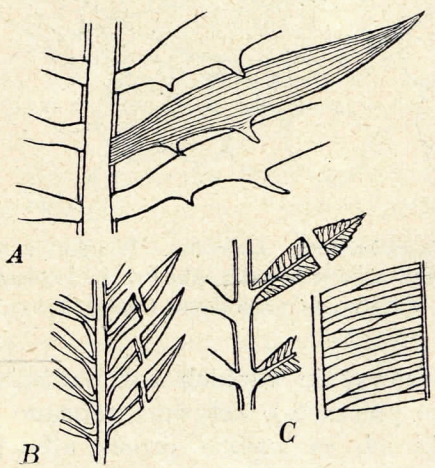
Ryc. 534. *Encephalartos Hildebrandtii.* Korzenie zawierające w sobie sinice i strzępki grzybów. — Według Schustera.

Pień sagowców jest z reguły nierozgałęziony, przynajmniej pozornie. Może on być wysmukły, sięgający 20 metrów wysokości (por. ryc. 532), albo, jako druga ostateczność, krótki, gruby i całkowicie ukryty w ziemi (ryc. 533). Powierzchnia jego jest pokryta pancerzem, złożonym z podstaw liściowych.

Budowa anatomiczna pnia charakteryzuje się bardzo obszernym rdzeniem i grubą korą, przedzielonych dosyć wąskiem pasmem drewna. Dla bliższego objaśnienia tych stosunków można przytoczyć grubość tych części składowych pnia



Ryc. 535. *Macrozamia heteromedra.* Część liścia; tylko jeden odcinek jest przedstawiony w całości. — Według Pilgera.

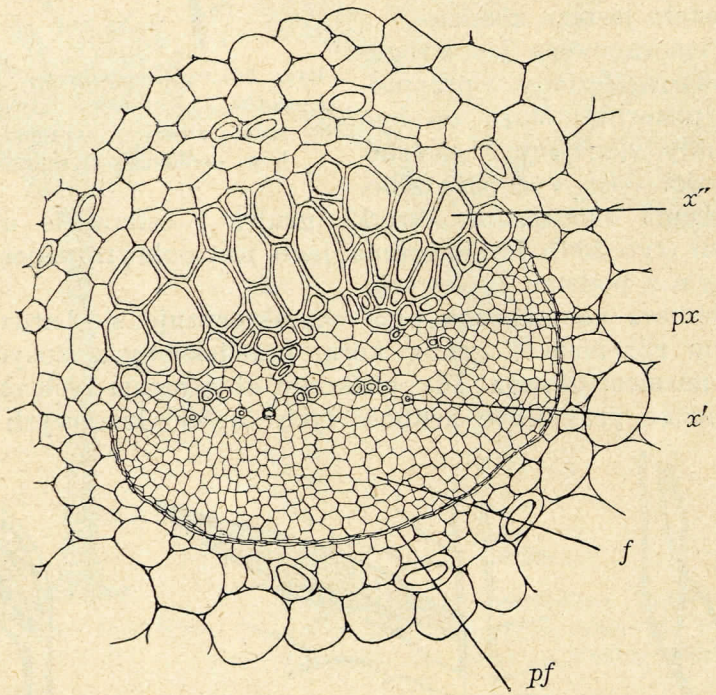


Ryc. 536. Unerwienie liści sagowców. — *A Encephalartos horridus.* — *B Cycas revoluta.* — *C Stangeria paradoxa.* — Według Pilgera.



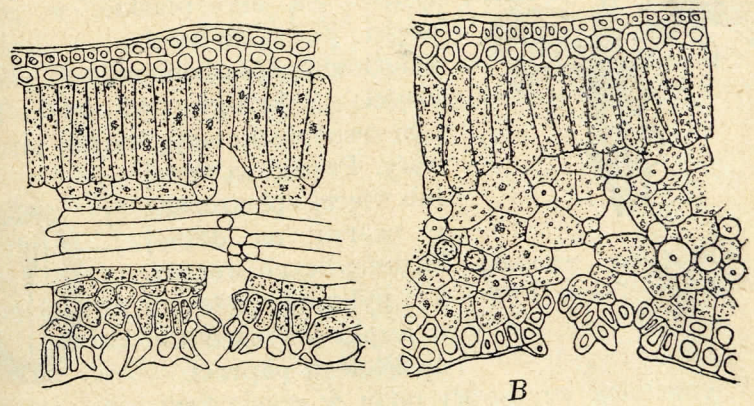
Ryc. 537. *Bowenia.* Młody liść ślimakowato zwinięty. — Według Schustera.

w pewnym okazie *Dioon edule:* rdzeń 69 *mm*, drewno 15 *mm*, kora 40 *mm*, resztki liści 15 *mm*. W młodych łodygach przed powstaniem przyrostu wtórnego widzi się typową dla nasiennych budowę: okółek kollateralnych wiązek z ksylemem wyłącznie odśrodkowym. W korze, wśród miękiszu przebiegają w różnych kierunkach poplątane wiązki, co pochodzi stąd, że liściośląd nie wchodzą odrazu do liści, lecz rozgałęziają się i okrążają pień, idąc wewnątrz kory. Tracheidy drewna są opatrzone kilkoma rzędami jamek na promieniowych ściankach. W korze i rdzeniu przebiegają liczne przewody śluzowate.



Ryc. 538. *Encephalartos horridus.* Wiązka z osi liściowej; *px* protoksylem, *x'* ksylem odśrodkowy, *x''* ksylem dośrodkowy, *f* floem, *pf* protofloem (zmiażdżony).

Liście są przeważnie wielkich rozmiarów, pierzaste (u *Bowenia* podwójnie pierzaste), sztywne, zebrane w pęk na szczycie pnia. Odcinki ich są wąskie, proste albo rzadziej dichotomicznie rozgałęzione (ryc. 535). Unerwienie odcinków jest przeważnie równoległe z dichotomicznie rozgałęziającemi się nerwami, tak że poszczególne odcinki liścia przypominają liście *Cordaitinae* (ryc. 536, *A*). W przeciwieństwie do tego, w rodzaju *Cycas* jest tylko jeden nerw środkowy w każdym odcinku (ryc. 536, *B*), zaś w rodzaju *Stangeria* oprócz głównego nerwu jeszcze boczne, dichotomicznie rozgałęzione (ryc. 536, *C*). Odźwięki dichotomji w liściach sagowców wskazują na ich bliski związek z paprotnikami. O tem samem świadczy także ślimakowate zwinięcie liści we wczesnych stadjach rozwojowych u niektórych przedstawicieli, np. u *Bowenia* (ryc. 537). Związek z paprotnikami ujawnia się także w budowie anatomicznej wiązek w liściach. Do każdego liścia wchodzą dwa liściośląd z odśrodkowym ksylemem. W ogonku i osadce rozgałęziają się one dichotomicznie i wytwarzają głównie ksylem dośrodkowy, obok niewielkiej ilości odśrodkowego. Dzieje się to w sposób podobny jak u *Cordaitinae* i, tak samo jak u tych ostatnich, protoksylem przylega do dośrodkowego ksylemu (ryc. 538).

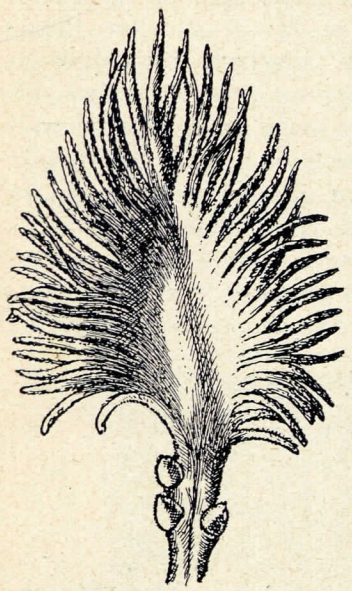


Ryc. 539. Budowa liści sagowców. — *A Cycas revoluta.* — *B Dioon edule.* — Według Coultera i Chamberlaina.

Sztywność liści sagowców jest powodowana przez silne zgrubienie błon skórki i przez wytworzenie grubościennej warstwy mechanicznej pod skórką. Nabłonek jest bardzo gruby i szparki, które znajdują się na dolnej stronie, są silnie zagłębione. Jednem słowem budowa jest silnie kseromorficzna. Miękisz palisadowy jest silnie rozwinięty, w niektórych przypadkach oddzielony od miękiszu gąbczastego wydłużonemi równolegle do powierzchni liścia, bezbarwnemi komórkami (ryc. 539).

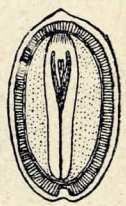
156. Narządy rozrodcze. Owocolistki i pręciki u sagowców są rozmieszczone na różnych okazach: są to rośliny dwupienne. Oba rodzaje sporofilów są z reguły zebrane w kwiaty,

z pewnym jednakże bardzo ciekawym wyjątkiem. A mianowicie w żeńskich okazach rodzaju *Cycas* wierzchołek wzrostowy pnia wytwarza kolejno pęki wegetatywnych liści i owocolistków. Ale już w męskich okazach tego samego rodzaju sporofile są zebrane w skrócony pęd, tworząc kwiat.



Ryc. 540. *Cycas revoluta.* Owocolistek. — Według Schustera.

Budowa kwiatów została już opisana w ust. 143 (ryc. 503). Składają się one ze sporofilów gęsto osadzonych jeden przy drugim na dosyć długiej osi. Sporofile mają postać odmienną od liści wegetatywnych. Jedynie owocolistki *Cycas* przypominają jeszcze liście wegetatywne. Są one płaskie, w górnej części pierzasto-dzielne, z kilkoma zalążkami osadzonemi w dolnej części na brzegu (ryc. 540). Poza tem owocolistki mają kształt tarczkowaty. Pręciki są mniej lub więcej spłaszczone i tworzą na dolnej stronie liczne woreczki pyłkowe, zebrane w kupki jak zarodnie na liściach paproci.



Ryc. 541. *Dioon edule.* Przekrój podłużny nasienia w naturalnej wielkości; zarodek o dwóch liścieniach otoczony bielmem (kropkowane), środkowa twarda warstwa łupiny zaznaczona kreskowaniem. Według Chamberlaina.

Wierzchołek wzrostowy pędu w czasie kwitnienia zużywa się na wytworzenie szczytowego kwiatu (ryc. 533), obok którego powstaje nowy stożek wzrostowy, skutkiem czego pień ma budowę sympodjalną. Oprócz szczytowego kwiatu w wielu przypadkach powstają jeszcze boczne w kątach liści. Z tego ogólnego prawidła są jednak wyjątki i w niektórych rodzajach, np. u *Encephalartos,* wszystkie kwiaty są boczne. Naturalnie w tych przypadkach pień jest rozgałęziony monopodjalnie. Naprawdę nierozgałęziony jest on tylko w żeńskich okazach *Cycas.*

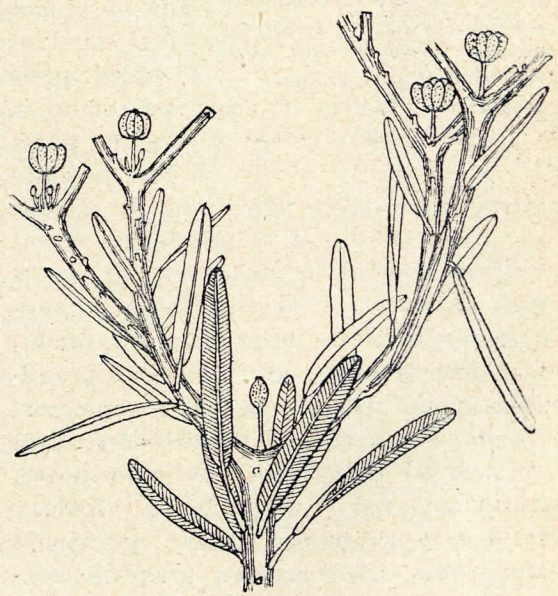
Rozwój pokolenia haploidalnego u sagowców był już szczegółowo opisany w ust. 146 (ryc. 508—513). Zalążek posiada komorę pyłkową, w której kiełkują przyniesione przez wiatr ziarenka pyłku. Wyrastająca z nich łagiewka służy do umocowania się na ściance komory pyłkowej i do pobierania z niej pożywienia. Z zawartości pyłku obok innych komórek tworzą się dwa ruchome plemniki, które po wyjściu z łagiewki dostają się do rodni, pływając w cieczy, która wypływa wraz z niemi z łagiewki.

Nasiona sagowców zawierają dobrze rozwinięty zarodek o dwóch liścieniach, otoczony bielmem (ryc. 541). Osłonka zalążka wytwarza łupinę nasienia, złożoną z trzech warstw: środkowej twardej, wewnętrznej i zewnętrznej — soczystych. Zewnętrzna warstwa ma czerwone zabarwienie i nadaje nasionom wygląd jagód.

ROZDZIAŁ XXXII

BENETTITINAE

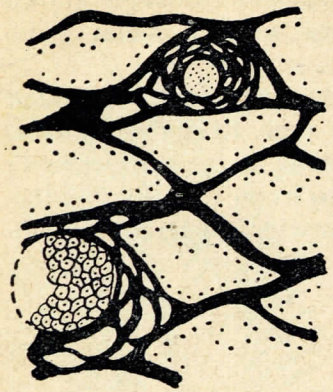
157. Ogólna charakterystyka. Są to rośliny mezozoiczne, których początek sięga być może czasów paleozoicznych. Zjawiają się one w większej ilości w górnym triasie i znikają w górnej kredzie, w tym samym czasie, kiedy następuje rozkwit roślin okrytozalążkowych. We florze mezozoicznej odgrywały one wybitną rolę.



Ryc. 542. *Williamsoniella coronata.* Rekonstrukcja pędu w połowie naturalnej wielkości. — Według H. H. Thomasa.

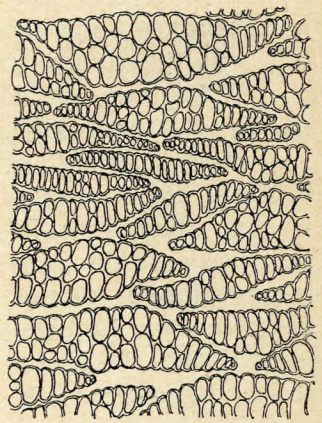
Pokrojowo *Benettitinae* wykazują większą rozmaitość niż sagowce. Są one przeważnie podobne do sagowców swoim nierozgałęzionym pniem, zakończonym pękiem pierzastych liści (rodzaje *Benettites, Cycadella* i *Cycadeoidea*). Oprócz tego są także rośliny o wierzchotkowato rozgałęzionych pędach z pojedyńczemi liśćmi. Taką postać ma np. rodzaj *Willamsoniella,* którego rekonstrukcję przedstawia ryc. 542.

Cechą najbardziej charakterystyczną omawianej gromady są kwiaty, które są obupłciowe i składają się z licznych owocolistków, otoczonych okółkiem pierzastych pręcików, a nazewnątrz jeszcze okwiatem. Jest to jedyny przypadek tworzenia kwiatów obupłciowych u nagozalążkowych. Nasiona zawierają dobrze rozwinięty zarodek o dwóch liścieniach, otoczony nieznacznemi resztkami bielma. Budową nasienia *Benettitinae*, tak samo jak sagowce, różnią się od paleozoicznych roślin nasiennych, u których nasiona nie mają zarodka.



Ryc. 543. *Cycadeoidea Gibsoniana*. Przekrój styczny przez pancerz pnia, przedstawiający podstawy liści i dwa kwiaty w poprzecznym przekroju; pomiędzy niemi oznaczona czarną barwą wolna przestrzeń zajęta przez łuski (ramenta). — Według CARRUTHERSA.

158. Narządy wegetatywne. Jak to już było podane w poprzednim ustępie, pędy *Benettitinae* mają dwie różne formy zasadnicze: nierozgałęzioną i rozgałęzioną. Forma nierozgałęziona ma pień przeważnie krótki, bulwowaty, chociaż występuje także postać wysoka i wysmukła. Na powierzchni pień taki jest pokryty pancerzem, złożonym z podstaw liści. Liście są zebrane na szczycie w pęk i pomiędzy niemi w pachwinach są osadzone na krótkich szypułkach kwiaty. Takie rozmieszczenie kwiatów, rzadkie u sagowców, jest dobrze widoczne na ryc. 543, przedstawiającej styczny przekrój pancerza. Rozgałęziona forma pędów (ryc. 542) ma cienki pień, tworzący prawidłową dwupromienistą wierzchotkę. Kwiaty w tym przypadku mają położenie szczytowe, liście zaś są zrzadka rozrzucone na całej długości pnia.

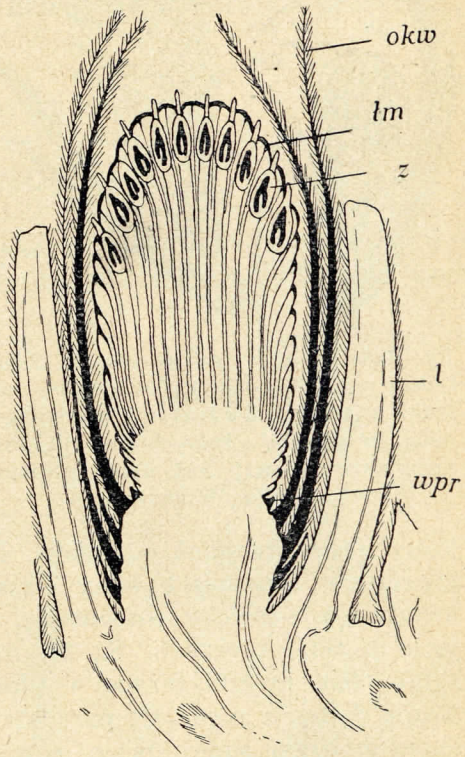


Ryc. 544. *Cycadella ramentosa*. Przekrój poprzeczny łusek (ramenta) na liściach. — Według WIELANDA.

Budowa anatomiczna pnia jest bardzo podobna do sagowców: tak samo szeroki rdzeń, wąskie pasmo drewna i gruba kora. Jest jednak ta różnica, że do każdego liścia wchodzi tylko jedna wiązka, która w dodatku

kieruje się z walca osiowego łodygi bezpośrednio, nie idąc okólną drogą i nie tworząc w korze zawikłanych splotów, jak to jest u sagowców. Wiązki naczyniowe pnia są odśrodkowe i tylko w liściach wytwarza się ksylem dośrodkowy. Budowa drewna jest zupełnie taka sama jak u sagowców.

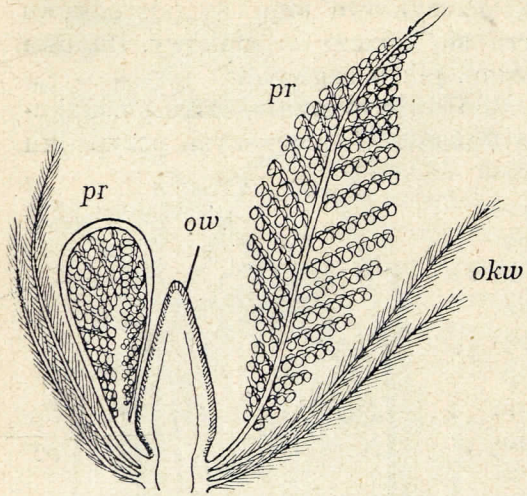
Liście *Benettitinae* są albo duże, pierzaste, albo stosunkowo drobne, pojedyńcze, wydłużone. W pierwszym przypadku są one i kształtem, i unerwieniem zupełnie podobne do liści sagowców i po większej części nie dają się od nich odróżnić. W drugim przypadku mają postać odmienną, u sagowców niespotykaną. Budowa anatomiczna liści u *Benettitinae* jest podobna do liści sagowców, z tą tylko różnicą, że podstawy ogonków są pokryte łuskami, przypominającemi bardzo blisko ramenta paproci. Te łuski składają się z jednej warstwy komórek, z wyjątkiem części środkowej, która jest wielowarstwowa (ryc. 544).



Ryc. 545. *Cycadeoidea Wielandi*. Przekrój podłużny kwiatu; *z* zalążki osadzone na szczycie owocolistków, *łm* łuski międzynasienne, *wpr* wałek pozostały po pręcikach, *okw* listki okwiatu, *l* liście, między któremi wyrósł kwiat. — Według WIELANDA.

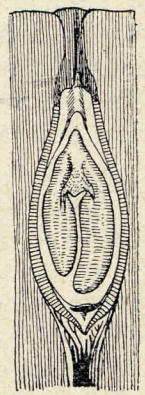
159. Narządy rozrodcze. Budowa kwiatów w omawianej gromadzie jest bardzo ciekawa. Na wypukłej, zaokrąglonej albo stożkowatej osi są osadzone gęsto obok siebie owocolistki zredukowane do cienkiego trzonka, dźwigającego na szczycie po jednym prostym zalążku. Pomiędzy owocolistkami znajdują się bardzo liczne, cienkie, laseczkowate twory, t. zw. łuski międzynasienne, które wysuwają się ponad zalążki i łączą się ze sobą rozszerzonemi końcami. Powstaje w ten sposób ponad zalążkami powłoka, przez którą wysuwają się nazewnątrz tylko szczytowe części osłonki zalążków, wyciągnięte w dosyć długi dziobek. Można to widzieć na ryc. 545,

która przedstawia przekrój podłużny przekwitłego kwiatu, zawierającego wykształcone nasiona. W tym kwiecie niema już pręcików, które opadły, pozostawiając po sobie ślad w postaci wałka, położonego poniżej owocolistków (ryc. 545, *wpr*). Łuski międzynasienne są płonnemi owocolistkami i są opatrzone taką samą wiązką sitowo-naczyniową jak owocolistki.



Ryc. 546. *Cycadeoidea dacotensis.* Schematyczny przekrój podłużny kwiatu; *ow* owocolistki z zalążkami i łuskami międzynasiennemi, *pr* pręciki, z których lewy nie jest jeszcze wyprostowany, *okw* listki okwiatu. — Według Wielanda.

Pręciki w kwiatach *Benettitinae* są w ilości 10—20 ułożone w okółek i podstawami nieco zrośnięte. Kształt ich jest jedyny w swoim rodzaju: są one pierzaste z dwoma szeregami woreczków pyłkowych na brzegach odcinków. Ryc. 546, przedstawiająca schematyzowany przekrój podłużny kwiatu *Cycadeoidea dacotensis,* daje dobre pojęcie o tych rzeczach. Są na niej odrysowane tylko dwa pręciki, leżące w płaszczyźnie przekroju. Jeden z nich jest przedstawiony we wczesnem stadjum rozwojowem z wierzchołkiem zagiętym ku środkowi kwiatu. Takie zgięcie młodych pręcików wraz z ich pierzastym kształtem nadaje im wygląd bardzo podobny do liści jakiejś paproci. U form, mających liście pojedyńcze, pręciki są również proste, nie pierzaste; poza tem zresztą kwiat jest tak samo zbudowany.



Ryc. 547. *Benettites Gibsonianus.* Dojrzałe nasienie w podłużnym przekroju z zarodkiem o dwóch cokolwiek nierównych liścieniach. — Według Solms-Laubacha.

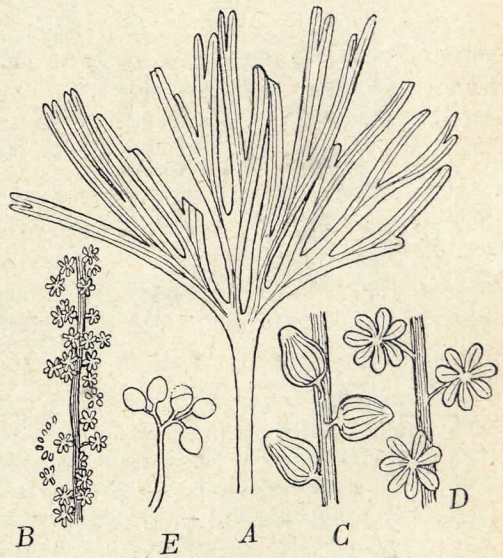
Naokoło pręcików znajdują się wreszcie spiralnie ułożone listki okwiatu. Rozwój części kwiatu odbywał się niejednocześnie: najpierw rozwijały się pręciki, później owocolistki. Tem się tłumaczy fakt, że w kwiatach z rozwiniętemi pręcikami zalążki są jeszcze nierozwinięte, zaś w kwiatach z dojrzałemi zalążkami lub wykształconemi nasionami niema już pręcików.

Zalążki są opatrzone komorą pyłkową, co każe przypuszczać, że zapłodnienie odbywało się przy pomocy ruchomych plemników. Woreczki pyłkowe są wielokomorowe i przypominają swoją budową synangja u *Marattiaceae.* O kiełkowaniu pyłku nic prawie niewiadomo. Nasienie było już opisane w ust. 157. Ryc. 547 przedstawia dojrzałe nasienie w podłużnym przekroju.

ROZDZIAŁ XXXIII

GINKGOINAE

160. Ogólna charakterystyka. Cechą najbardziej charakterystyczną gromady *Ginkgoinae* jest ukształtowanie liści, stojące w ścisłym związku z unerwieniem. Do każdego liścia wchodzą z łodygi dwie wiązki, które w sposób nadzwyczajnie prawidłowy rozgałęziają się dichotomicznie (ryc. 469). Odpowiednio do tego liść ma od przodu mniej lub więcej głębokie wcięcie, a nadto w wielu przypadkach jeszcze inne wcięcia, idące między nerwami (ryc. 548). Są to drzewa o monopodjalnie rozgałęzionym pniu, pozbawionym prawie zupełnie rdzenia. Poza kształtem liści charakterystyczne jest dla omawianej gromady zapłodnienie przy pomocy ruchomych plemników.

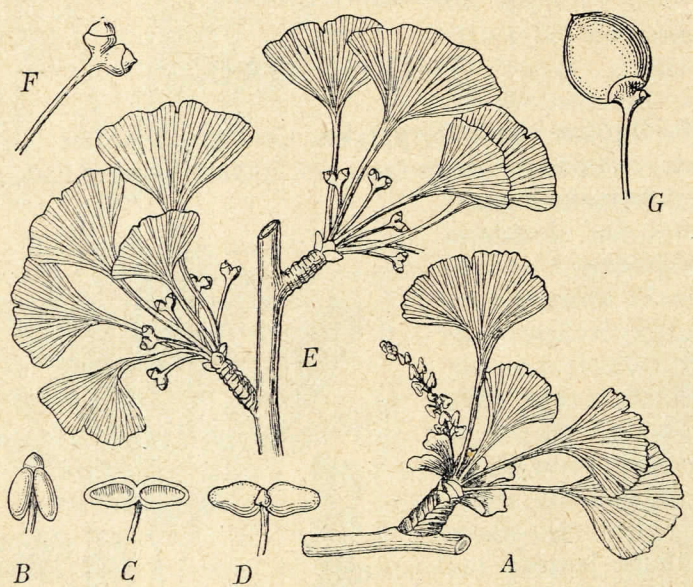


Ryc. 548. *Baiera Münsteriana* z pokładów retowo-liasowych Frankonji. — *A* Liść. — *B* Kwiat męski. — *C* Fragment kwiatu męskiego powiększony z zamkniętemi woreczkami pyłkowemi. — *D* To samo z otwartemi woreczkami. — *E* Kwiat żeński. — Według Schencka.

Ginkgoinae zjawiają się w permie i dochodzą do najwyższego rozwoju i szerokiego rozpowszechnienia w jurze. Później wymierają one stopniowo i do naszej epoki

dochował się tylko jeden gatunek, *Ginkgo biloba,* hodowany od niepamiętnych czasów w Chinach i Japonji. Naturalne jego stanowiska są mało znane; są o nich niekoniecznie pewne wiadomości od podróżników po zachodnich i południowo-zachodnich Chinach. Starsze kopalne gatunki *Ginkgoinae* mają liście o wiele silniej rozczłonkowane, niż współczesne *Ginkgo*, czego przykładem może służyć rodzaj *Baiera* (ryc. 548).

161. Narządy wegetatywne. Jedyny współczesny przedstawiciel gromady, *Ginkgo biloba*, jest dużem drzewem, sięgają-



Ryc. 549. *Ginkgo biloba.* — *A* Gałąź z męskiemi kwiatami. — *B* Pręcik przed pęknięciem woreczków pyłkowych. — *C* i *D* Pręcik z pękniętemi woreczkami pyłkowemi widziany z dwóch stron. — *E* Gałąź z żeńskiemi kwiatami. — *F* Kwiat żeński. — *G* Kwiat żeński z dojrzałem nasieniem. — *A* i *G* według RICHARDA, reszta według PILGERA.

cem do 30 metrów wysokości. Jego pień, opatrzony głównym korzeniem, obficie rozgałęzia się w górze, tworząc pędy długie i skrócone. Jedne i drugie są ulistnione: na długich pędach liście są rozrzucone, na skróconych zebrane w pęk na szczycie. Liście pędów skróconych mają kształt odmienny od liści pędów długich przez to, że wcięcie na szczycie jest niewyraźne (ryc. 549, *E*). Liście opadają na zimę, co jest wśród nagozalążkowych zjawiskiem bardzo rzadkiem i spotyka się poza tem

tylko u niektórych szpilkowych, np. u modrzewia. Pędy skrócone są trwałe i co roku wytwarzają nowy pęk liści na szczycie. Zdarza się nieraz, że taki pęd przeobraża się w pęd długi. Ciekawym bardzo szczegółem morfologicznym jest to, że młode liście są na szczycie zagięte, co przypomina liście paproci.

Budowa pnia jest odmienna od poprzednio omówionych gromad i niczem się nie różni od szpilkowych, jeżeli nie liczyć braku przewodów żywicznych. Rdzeń jest słabo rozwinięty i otoczony wieńcem odśrodkowych wiązek naczyniowych. Ksylem dośrodkowy u *Ginkgo* występuje tylko w liścieniach zarodka. Drewno jest bardzo silnie wykształcone, posiada słoje roczne i jest otoczone stosunkowo cienką korą. Cewki, z których się składa, mają na promieniowych ściankach jeden rząd jamek, tak jak u większości szpilkowych. W liściach miękisz palisadowy jest dosyć słabo rozwinięty. Nerwy zawierają normalne kollateralne wiązki bez dośrodkowego ksylemu. Szparki znajdują się na dolnej stronie liści i są cokolwiek zagłębione.

162. Narządy rozrodcze. *Ginkgo* jest rośliną dwupienną. Zarówno żeńskie, jak i męskie kwiaty wyrastają na skróconych pędach z pachwin łuskowatych liści (ryc. 549). Kwiaty żeńskie składają się z łodyżki, na której szczycie są osadzone dwa zalążki, otoczone u podstawy jakgdyby kołnierzykiem przez zredukowane owocolistki. Zalążki mają jedną osłonkę i komorę pyłkową na szczycie ośrodka. W łodyżce przebiegają cztery wiązki, których ilość odpowiada ilości owocolistków (po dwie wiązki na każdy owocolistek). Kwiaty męskie przypominają swoim wyglądem kotki drzew liściastych i składają się z wiotkiej łodyżki, na której są dosyć rzadko osadzone pręciki z dwoma woreczkami pyłkowemi.

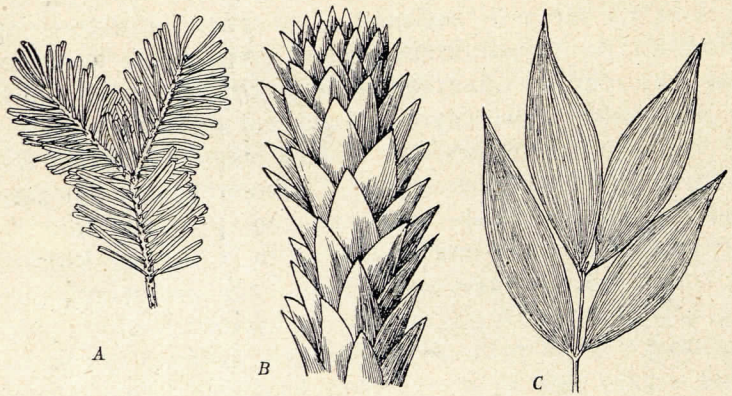
Rozwój pokolenia haploidalnego i zapłodnienie odbywa się w głównych zarysach tak samo, jak u sagowców. Z dwóch zalążków rozwija się zwykle tylko jeden. Nasiona są podobne do nasion sagowców, z soczystą zewnętrzną warstwą łupiny. Zarodek jest stosunkowo drobny, z dwoma liścieniami, otoczony obfitem bielmem.

ROZDZIAŁ XXXIV

SZPILKOWE (CONIFERAE)

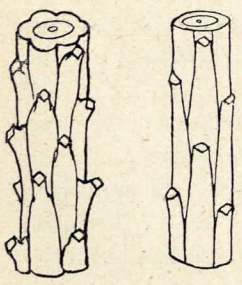
163. Ogólna charakterystyka i podział. Szpilkowe odgrywają we florze obecnej bardzo ważną rolę, o wiele ważniejszą, niż jakiekolwiek inne rośliny nagozalążkowe. Trzy czwarte

współczesnych gatunków nagozalążkowych należy do tej gromady. Są to rośliny drzewiaste bardzo różnej wielkości, od niewielkich krzewów, jak np. jałowiec górski *(Juniperus nana)*, do



Ryc. 550. Pędy wegetatywne drzew szpilkowych. — *A Abies alba.* — *B Araucaria imbricata.* — *C Podocarpus Wallichianus.*

olbrzymów, takich jak *Sequoia gigantea*, z pniem dochodzącym do 95 metrów wysokości i 10 metrów w obwodzie. Pod względem rozmieszczenia geograficznego szpilkowe stanowią przeciwieństwo sagowców, tej drugiej zkolei pod względem liczebności grupy obecnej flory nagozalążkowych. Rosną one przeważnie w krajach zimnych i umiarkowanych, w strefie gorącej zaś tylko w chłodniejszych okolicach górskich. Zjawiają się szpilkowe w permie, najobficiej co do ilości gatunków i osobników są reprezentowane we florze współczesnej.

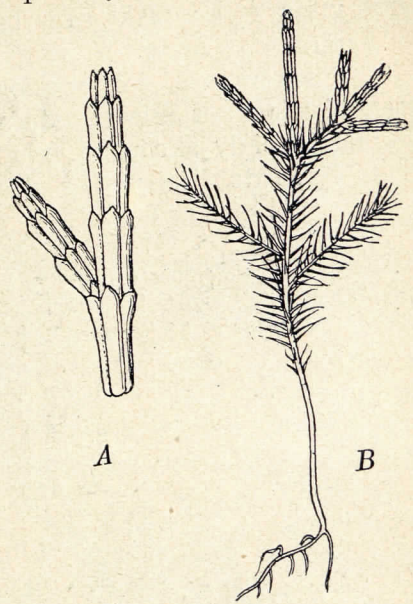


Ryc. 551. Poduszeczki liściowe szpilkowych. — *A Picea excelsa.* — *B Larix europaea.*

Charakterystyczną cechą szpilkowych są przedewszystkiem ich wąskie i stosunkowo drobne liście, od których pochodzi polska nazwa gromady. Liście te są przeważnie tak wąskie, że w zupełności zasługują na nazwę szpilek; powszechnie znanym przykładem ich mogą służyć liście jodły *(Abies alba)* (ryc. 550, *A*). U niektórych form są one jednak szerokie i płaskie, jak np. u *Araucaria* i *Podocarpus* (ryc. 550, *B* i *C*). Wreszcie u innych jeszcze form liście typowego szpilkowatego kształtu przybierają postać łuskowatą skutkiem przyrastania do łodygi. Ten proces może odbywać się w różnym stopniu. Nawet zupełnie typowe szpilkowate liście przyrastają zwykle swoją podstawą, skutkiem czego po opadnięciu ich pozostają na gałązkach charakterystyczne poduszeczki, co można widzieć np. u świerka i modrzewia (ryc. 551). W krańcowym przypadku szpilka przyrasta całą prawie długością, pozostawiając tylko szczyt wolny. Najlepszym tego przykładem jest *Tetraclinis articulata (Callitris quadrivalvis)*, drzewo rosnące w południowej Hiszpanji i północnej Afryce (ryc. 552, *A*). Przyrastając do łodygi, szpilkowate liście zwykle skracają się, przybierając charakterystyczny kształt jajowaty lub rombowaty, co można widzieć u niektórych gatunków jałowca (np. u *Juniperus Sabina*, ryc. 553), cyprysa i innych. Że ta forma łuskowata liści jest pochodną od szpilkowej, dowodzi między innemi ten fakt, iż przy kiełkowaniu nasion wyrastają z początku liście szpilkowate, a dopiero później łuskowate (ryc. 552, *B*). Mamy tu nowy przypadek prawa biogenetycznego (por. str. 363). Skutkiem przyrastania liści do łodygi, powierzchnia tej-że jest zwykle całkowicie liśćmi pokryta i rozróżnienie węzłów i międzywęźli jest rzeczą niemożliwą. Ułożenie liści na łodydze może być skrętoległe (jodła, świerk, modrzew) albo okółkowe (*Tetraclinis articulata*, jałowiec, cyprys). Liście szpilkowych są zimotrwałe z wyjątkiem modrzewia i niektórych innych, nielicznych form.



Ryc. 553. *Juniperus Sabina.* Gałązka; przeświecające owalne ciałka w liściach są to żywicowe gruczoły. — Według Pilgera.

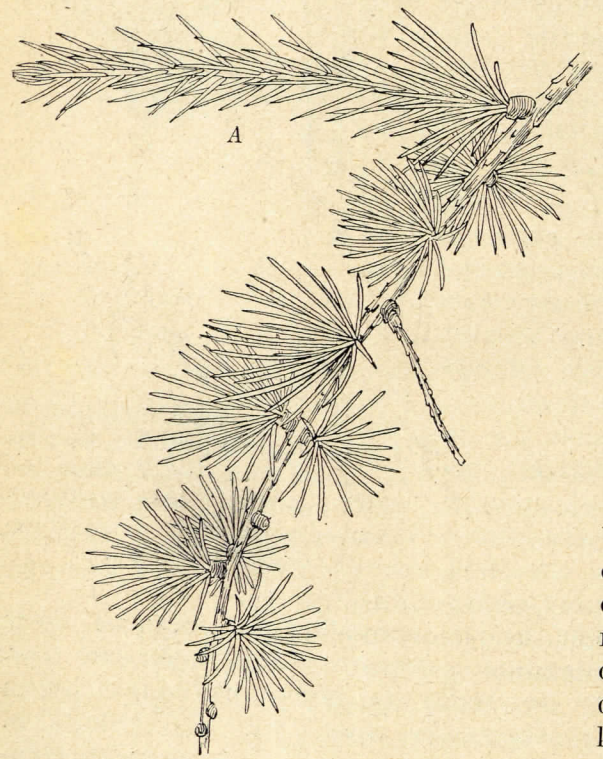


Ryc. 552. *Tetraclinis articulata.* — *A* Gałązka nieco powiększona z łuskowatemi liśćmi. — *B* Młoda roślinka z dolnemi liśćmi szpilkowatemi. — *A* według Pilgera, *B* według Wettsteina.

Morfologja zewnętrzna pędów u szpilkowych jest bardzo ciekawa ze względu na wykształcenie u wielu przedstawicieli osobnych

pędów skróconych. Pędy normalne (długie) są przytem opatrzone szpilkowatemi liśćmi zwykłej u szpilkowatych postaci albo mają tylko łuskowate liście. Pierwszy przypadek mamy u modrzewia, drugi u sosny. Rozpatrzymy je bliżej.

U modrzewia, jak wiadomo, liście opadają na zimę. Następnej wiosny z miejsc, odpowiadających pachwinom tych liści, wyrastają pędy skrócone, opatrzone pękiem liści szpilkowatych, podobnych do liści pędów długich (ryc. 554). Pędy skrócone każdej wiosny wytwarzają nowe liście i wydłużają się przytem nieznacznie. Niektóre z nich zamieniają się na pędy długie. Na ryc. 554 jest właśnie przedstawiony jeden taki pęd.



Ryc. 554. *Larix europaea.* Gałąź z pędami skróconemi, z których górny *(A)* zamienił się na pęd długi. — Według Willkomma.

U sosny młoda roślinka ma tylko pęd długi, pokryty normalnemi szpilkowatemi liśćmi ułożonemi skrętolegle. W drugim roku, czasem później, z pachwin tych liści wyrastają pędy skrócone, złożone z bardzo krótkiej osi zakończonej parą długich szpilek (ryc. 555). Oprócz tych szpilek skrócone pędy są opatrzone kilkoma łuskowatemi, błoniastemi liśćmi, tworzącemi rodzaj pochwy. W dalszym rozwoju długie pędy nie tworzą innych liści, jak tylko brunatne, pozbawione chlorofilu łuski, przyrośnięte do łodygi z wyjątkiem końcowej części (ryc. 556, l_1). Z pachwin tych łusek wyrastają skrócone pędy o dwóch szpilkach. Tak jest u naszej zwykłej sosny *(Pinus silvestris).* U innych gatunków jest o tyle inaczej, że pędy skrócone mogą mieć po 3 lub 5 szpilek. Szpilki te u wszystkich gatunków

że podwójny liścioślad występuje u form bardziej pierwotnych, między innemi w rodzinie *Araucariaceae,* która zjawiła się najwcześniej (w permie). Ta cecha nawiązuje drzewa szpilkowe do najstarszych (paleozoicznych) nagozalążkowych: *Pteridospermae* i *Cordaitinae.*

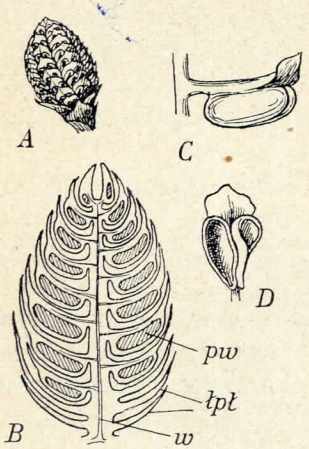
Budowa anatomiczna pnia drzew szpilkowych była już opisana dokładnie w ust. 139 na przykładzie sosny. Ksylem jest tu całkowicie odśrodkowy. Drewno, zwykle opatrzone przewodami żywicznemi, składa się z tracheid o jednorzędowych jamkach na promieniowych ściankach (tylko pod koniec sezonu wegetacyjnego wytwarzają się cewki z jamkami na ściankach stycznych). Tylko jedna rodzina *Araucariaceae* ma jamki wielorzędowe; cecha ta, podobnie jak podwójne liścioślady, wiąże ją z paleozoicznemi formami nasiennych. Budowa korzeni nie przedstawia nic szczególnego.

Rozwój pokolenia haploidalnego i zapłodnienie odbywa się u wszystkich szpilkowych w sposób podobny, opisany na przykładzie sosny w ust. 146. Mamy tu po raz pierwszy do czynienia z nagozalążkowemi, u których zapłodnienie odbywa się z pewnością przy pomocy plemników, nie posiadających zdolności samorzutnego poruszania się. W poprzednich pięciu gromadach plemniki poruszały się przy pomocy rzęsek; jest to pewne co do dwóch gromad *(Cycadinae* i *Ginkgoinae)* i bardzo prawdopodobne co do trzech innych *(Pteridospermae, Cordaitinae* i *Benettitinae).* W związku ze sposobem zapłodnienia zalążki szpilkowych nie mają komory pyłkowej. U niektórych form pyłek kwiatowy jest opatrzony dwoma pęcherzykami powietrznemi, ułatwiającemi unoszenie się w powietrzu. Pęcherzyki te powstają wskutek rozrastania się zewnętrznej powłoki ziarenek pyłkowych (ekzyny).

Kwiaty męskie są u wszystkich drzew szpilkowych podobnej budowy i składają się z licznych, płaskich lub tarczkowatych pręcików, gęsto osadzonych na osi. Kwiaty żeńskie natomiast wykazują wielką rozmaitość, co powoduje podział drzew szpilkowych na dwa rzędy: *Pinales* i *Taxales.* W pierwszym rzędzie kwiaty żeńskie składają się z przylegających do siebie łuskowatych owocolistków, ukrywających między sobą zalążki i tworzących przy dojrzewaniu nasion szyszki. Natomiast w rzędzie *Taxales* owocolistki nie tworzą szyszek i nie osłaniają zalążków. Do tego przyłącza się jeszcze ta różnica, że u *Taxales* przy dojrzewaniu nasion wyrasta u ich podstawy soczysta powłoka, t. zw. osnówka (epimatium), która otacza nasienie prawie do samego szczytu. Nic podobnego u *Pi-*

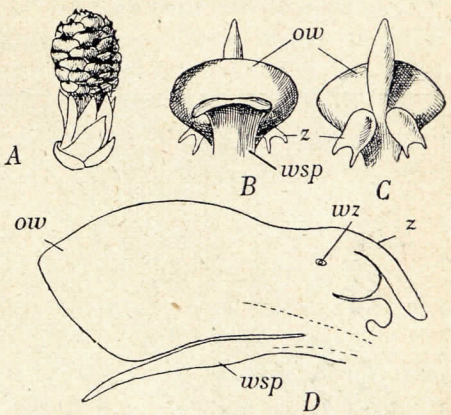
nales niema, powłoka nasion jest twarda i sucha. Są jeszcze inne cechy, odróżniające te dwa rzędy: *Pinales* są przeważnie jednopienne i zwykle mają przewody żywiczne w drewnie, korze i liściach, natomiast *Taxales* są z reguły dwupienne i nie mają wcale przewodów żywicznych albo tylko w korze i liściach.

164. Pinales. Są to przeważnie rośliny jednopienne, z kwiatami męskiemi i żeńskiemi na tych samych okazach. Kwiaty męskie tworzą się zwykle w pachwinach liści i mają, jak to już było zaznaczone powyżej, dosyć jednostajną budowę. Są one kształtu owalnego lub wydłużonego i składają się z wielkiej ilości zbliżonych do siebie, prawie przylegających pręcików (ryc. 560). U podstawy otaczają je płonne łuski, stanowiące zaczątek okwiatu. Pręciki są płaskie albo kształtu mniej lub więcej zbliżonego do tarczkowatego. Na ich dolnej stronie albo w tarczkowatych pręcikach na wewnętrznej stronie tarczki są osadzone woreczki pyłkowe w różnej ilości, od dwóch do ośmiu i nawet więcej. Większą rozmaitość wykazują kwiaty żeńskie, które tworzą się w pachwinach liści albo na szczytach gałęzi. Mają one także kształt owalny lub wydłużony, jak kwiaty męskie, i składają się z owocolistków, a nadto z płonnych łusek u podstawy (ryc. 561). Owocolistki są płaskie i tworzą na górnej stronie zalążki w ilości bardzo różnej, od jednego do dwudziestu. Wykształcenie owocolistków jest rozmaite. Są one bądź jednolite, bądź też rozgałęzione na dwie części: na część zewnętrzną (dolną), która nazywa się łuską wspierającą, i część wewnętrzną (górną), która nazywa się łuską owocową i wytwarza na górnej stronie zalążki (ryc. 561, *D*). Rozgałęzienie owocolistków jest bardzo wyraźne w rodzinie *Abietaceae*, w innych rodzinach natomiast mało widoczne albo zupełnie nieobecne. Niektórzy autorowie uważają łuskę owocową za kwiat, który się wytworzył w pachwinie łuski wspierającej. Przy tej interpretacji kwiat żeński u *Abietaceae* nie jest kwiatem, lecz kwiatostanem.



Ryc. 560. *Pinus silvestris.* — *A* Kwiat męski. — *B* Przekrój podłużny schematyzowany; *wp* woreczki pyłkowe, *w* wiązki sitowo-naczyniowe, *łpł* łuski płonne. — *C* Pręcik widziany zboku. — *D* Pręcik widziany od spodu, widoczne są dwa pęknięte woreczki pyłkowe.

Po zapyleniu kwiat żeński rozrasta się i zamienia się w szyszkę; owocolistki grubieją i drewnieją, ukrywając między sobą rozwijające się nasiona. W rzadkich tylko przypadkach (np. u jałowca) owocolistki stają się soczyste i szyszka przybiera postać jagody. Po dojrzeniu nasion owocolistki rozchylają się i uwalniają nasiona, które bardzo często są opatrzone skrzydełkiem, tworzącem się z przyległej części owocolistka. Rzadziej się zdarza, że owocolistki opadają jednocześnie z nasionami; tak jest naprzykład u jodły.



Ryc. 561. *Pinus silvestris.* — *A* Kwiat żeński. — *B* Owocolistek widziany od strony zewnętrznej (dolnej). — *C* To samo od strony wewnętrznej (górnej). — *D* Podłużny przekrój owocolistka. — W rycinach *C* i *D* *wsp* łuska wspierająca, *ow* łuska owocowa, *z* zalążki z charakterystycznemi wyrostkami przy okienku, *wz* woreczek zalążkowy. — Według Strasburgera.

Rząd *Pinales* dzieli się na cztery rodziny: *Araucariaceae, Abietaceae, Cupressaceae* i *Taxodiaceae*. Ich cechy charakterystyczne można zestawić w następującą tabelę:

A) Jamki na ściankach naczyń wielorzędowe. Łuski szyszek jednolite z pojedyńczemi zalążkami. Ziarenka pyłku bez woreczków powietrznych. *Araucariaceae.*

B) Jamki jednorzędowe.

a) Łuski szyszek dwudzielne z 2 zalążkami. Ziarenka pyłku z woreczkami powietrznemi. *Abietaceae.*

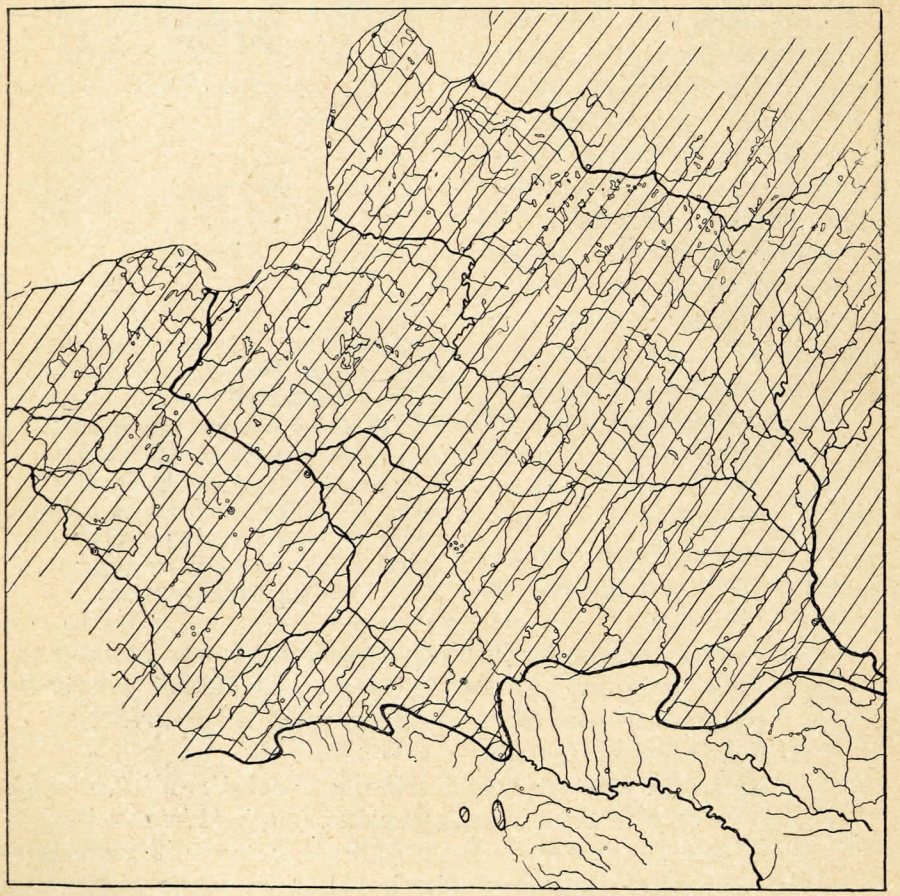
b) Łuski szyszek jednolite albo niewyraźnie dwudzielne. Zalążków na łuskach 1—20. Ziarenka pyłku bez woreczków powietrznych.

α) Liście okółkowe. *Cupressaceae.*

β) Liście skrętoległe. *Taxodiaceae.*

Araucariaceae są najstarszą rodziną drzew szpilkowych. Zjawia się ona w permie, dla którego charakterystyczną formą jest rodzaj *Walchia* z szydełkowatemi liśćmi, przypominająca swoim pokrojem często hodowaną w mieszkaniach dla ozdoby współczesną formę *Araucaria excelsa*. W dawniejszych epokach geologicznych rozpowszechniona po całej kuli ziemskiej, ro-

dzina ta obecnie występuje tylko na półkuli południowej, głównie w Australji. Posiada ona bardzo wybitne cechy charakterystyczne. Drewno składa się z tracheid o wielorzędowych jamkach i jest tak podobne do drewna paleozoicznych *Cordaitinae*, że nie da się od niego odróżnić. U wszystkich innych drzew szpilkowych jamki na tracheidach są jednorzę-



Ryc. 562. Rozmieszczenie geograficzne sosny zwyczajnej *(Pinus silvestris)* w Polsce i krajach przyległych. — Według SZAFERA.

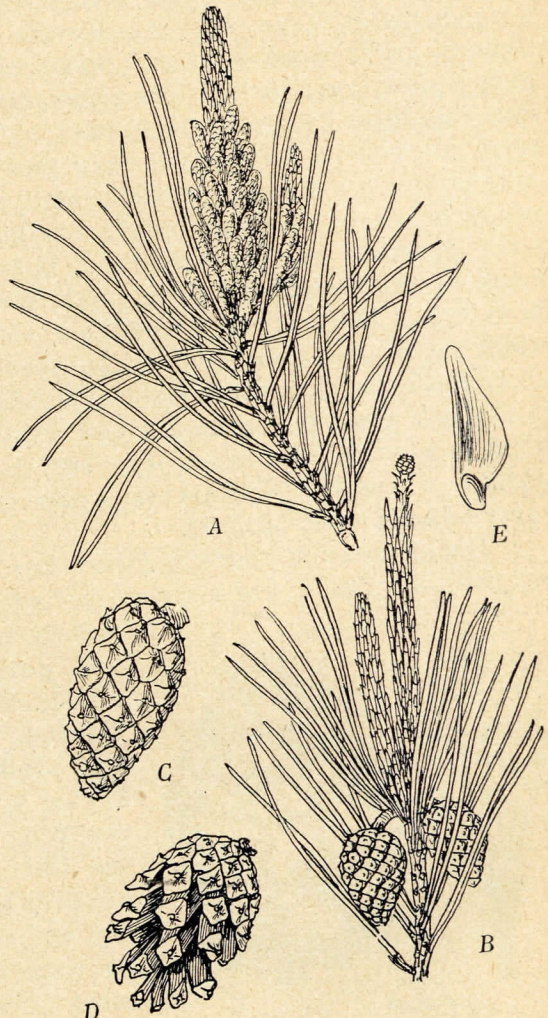
dowe. Owocolistki są jednolite. Wytwarzają one po jednym zalążku, co u innych drzew szpilkowych jest rzeczą wyjątkową. Do rodziny tej należą tylko dwa rodzaje: *Araucaria* i *Agathis*.

Rodzina *Abietaceae* w przeciwieństwie do poprzedniej jest właściwością półkuli północnej. Charakteryzuje się ona dwu-

dzielnością owocolistków i obecnością pęcherzyków powietrznych na ziarenkach pyłku (por. ryc. 514); są to cechy w innych rodzinach tego rzędu niespotykane. Poza tem cechą bardzo stałą jest ilość zalążków na owocolistkach: jest ich zawsze dwa. Do tej rodziny należy większa część drzew szpilkowych naszego kraju. Rozpatrzymy je nieco dokładniej.

Rozpoczniemy od największego rodzaju, jakim jest sosna *(Pinus)*, występująca u nas w trzech gatunkach: sosna zwyczajna *(Pinus silvestris)*, kosówka *(Pinus montana)* i limba *(Pinus Cembra)*. Rodzaj ten charakteryzuje się łuskowatą postacią liści na długich pędach i skróconemi pędami o niewielkiej ilości szpilek: 2, 3 albo 5.

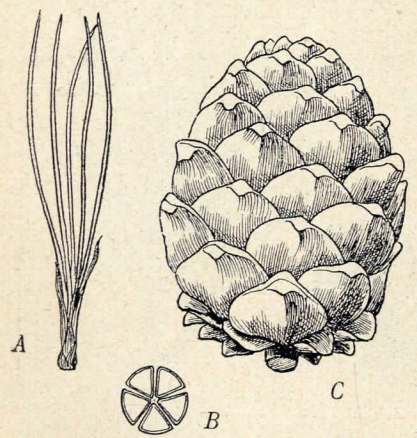
Sosna zwyczajna jest drzewem szeroko rozpowszechnionem na całym niżu polskim z wyjątkiem Podola; w Karpatach spotyka się tylko w nielicznych rozproszonych stanowiskach. Jej zasięg w Polsce i krajach przyległych przedstawia załączona mapka (ryc. 562). Jest to drzewo wytrzymałe na suszę i w Rosji sięga daleko na południe w obręb stepów.



Ryc. 563. *Pinus silvestris*. — *A* Gałąź z kwiatami męskiemi. — *B* Gałąź z kwiatem żeńskim i zeszłorocznemi szyszkami. — *C* Szyszka niezupełnie dojrzała. — *D* Szyszka dojrzała z rozchylonemi łuskami. — *E* Nasienie ze skrzydełkiem. — Według STRASBURGERA.

Sosna zwyczajna jest wyniosłem drzewem, sięgającem do 30 metrów wysokości, ze szpilkami barwy niebieskawej, zebranemi po dwie na skróconych pędach. Kwiaty męskie tworzą się na miejscu skróconych pędów u podstawy tegorocznych długich pędów (ryc. 563, *A*). Kwiaty żeńskie wyrastają pojedyńczo, rzadziej po kilka tuż pod szczytem tegorocznych długich pędów (ryc. 563, *B*). Na pierwszy rzut oka robi to wrażenie, jakgdyby kwiaty żeńskie stały na szczycie pędu. Tak jednak nie jest: w następnym roku pęd ten rośnie dalej, a szyszki powstałe z kwiatów zostają odchylone wbok. Łuska wspierająca w czasie rozwoju szyszki zanika, natomiast łuska owocowa rozrasta się, grubiejąc na końcu. Te zgrubiałe końce łusek są zakończone lekko wypukłą powierzchnią kształtu rombowatego z kolczastym wyrostkiem pośrodku. Z zewnątrz nie widzi się w szyszce innych części łusek oprócz tych rombów, które ściśle przylegają do siebie (ryc. 563, *C*). Nasiona dojrzewają dopiero w trzecim roku i wtedy wysypują się z szyszek skutkiem rozchylenia się łusek (ryc. 563, *D*). Pusta szyszka opada później w całości. Nasiona są opatrzone charakterystycznem skrzydełkiem (ryc. 563, *E*).

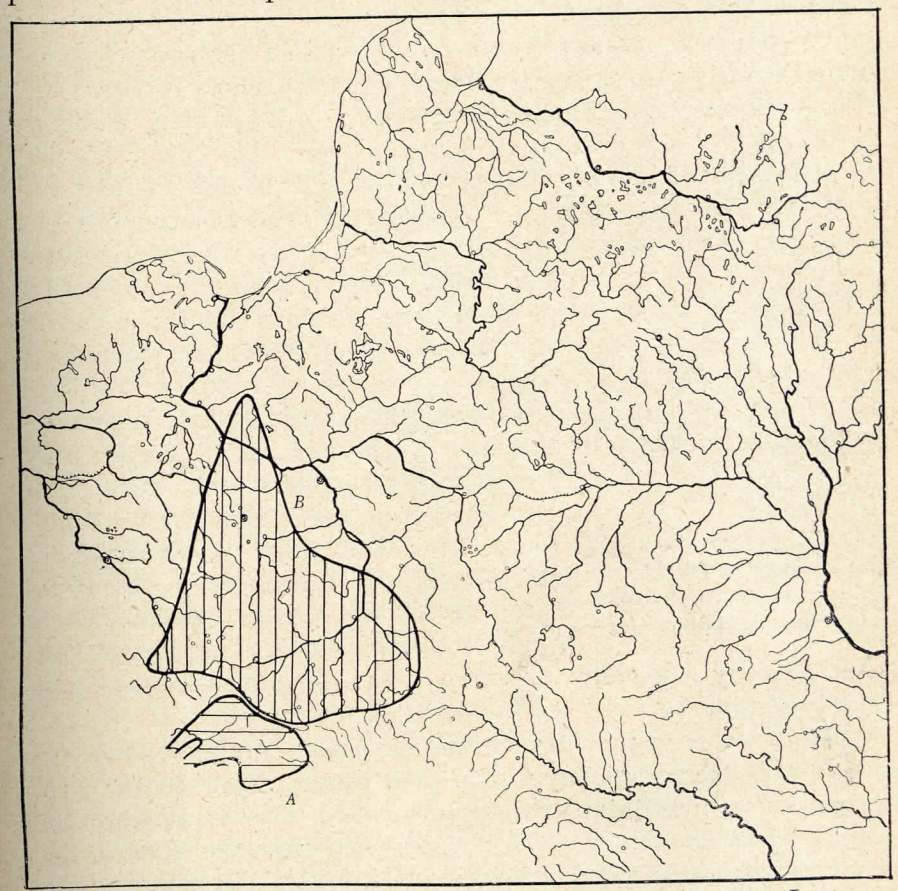
Drugi gatunek rodzaju *Pinus*, kosówka *(Pinus montana)*, jest rośliną górską, która rośnie ponad granicą lasów, w Karpatach między 1500 a 1700 *m* nad poziomem morza. Na niż schodzi na Podhalu, np. w okolicach Nowego Targu, ale rośnie tylko na torfowiskach, a więc w miejscach bardzo wilgotnych. Ponieważ klimat górski jest bardzo wilgoty, roślina ta widocznie nie znosi suszy, co jest bardzo ciekawe z tego względu, że jej liście, tak samo jak u innych drzew szpilkowych, mają kseromorficzną budowę, osłabiającą parowanie. Jest to roślina bardzo podobna do zwyczajnej sosny, różni się jednak wybitnie swoim krzewiastym wzrostem z długiemi, wiotkiemi, poziomemi gałęziami. Istnieje także wysokopienna forma tej rośliny, jeszcze bardziej podobna do zwyczajnej sosny, ale ta u nas



Ryc. 564. *Pinus Cembra*. — *A* Skrócony pęd z 5 szpilkami. — *B* Przekrój poprzeczny szpilek należących do jednego skróconego pędu. — *C* Szyszka.

nie rośnie. Poza wzrostem kosówka różni się od sosny czysto zieloną barwą szpilek i szyszkami, osadzonemi na bardzo krótkich trzonkach.

Trzeci gatunek naszych sosen, limba *(Pinus Cembra)*, jest także drzewem górskiem, występującem w Karpatach w reglu górnym między 1200 a 1500 *m* nad poziomem morza. Na niż ona u nas wcale nie schodzi, natomiast występuje na szerokich przestrzeniach w północno-wschodniej Rosji i na Syberji, na



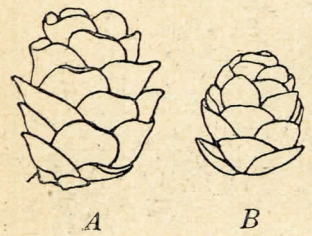
Ryc. 565. Rozmieszczenie geograficzne modrzewia europejskiego *(Larix europaea) (A)* i polskiego *(Larix polonica) (B)* w Polsce. — Według Szafera.

terenach o zimnym klimacie. Ponieważ w klimacie zimnym parowanie jest słabe, takie rozmieszczenie geograficzne świadczy o słabej wytrzymałości limby na suszę. Jest ona pod tym względem podobna do kosówki. W Karpatach jest limba obecnie wielką rzadkością z powodu tępienia jej dla bardzo cennego drewna.

Limba jest drzewem, sięgającem 20 metrów wysokości. Szpilki są zebrane po 5 na skróconych pędach i mają trójkątny kształt w przekroju poprzecznym (ryc. 564). Łuski szyszek nie są na końcu zgrubiałe, jak u sosny zwyczajnej i kosówki. Nasiona są pozbawione skrzydełka i odznaczają się swoim stosunkowo bardzo dużym ciężarem i rozmiarami (9—14 *mm* długości). Rozsiewanie nie może się tu odbywać przez wiatr i jest uskuteczniane przez ptaki i wiewiórki, które chętnie żywią się niemi.

W parkach, czasem także w lasach, są hodowane liczne amerykańskie gatunki sosny, między innemi sosna Weymoutha *(Pinus Strobus)* ze skróconemi pędami o 5 długich, wiotkich szpilkach.

Drugim rodzajem rodziny *Abietaceae* ze skróconemi pędami jest modrzew *(Larix)*, którego mamy w Polsce dwa gatunki: modrzew europejski *(Larix europaea)*, właściwy górom środkowej Europy, i odrębny, tylko na polskim niżu rosnący modrzew polski *(Larix polonica)*. Modrzew europejski występuje w Polsce tylko w Tatrach. Natomiast zasięg modrzewia polskiego obejmuje znaczną przestrzeń niżu (por. mapkę, ryc. 565), na której zresztą występuje on obecnie tylko w niewielu miejscach, gdyż przeważnie został wytępiony. Najwięcej jego jest jeszcze na terenie gór Świętokrzyskich, gdzie Państwo Polskie utworzyło dla jego ochrony specjalny rezerwat na górze Chełmowej koło Nowej Słupi.



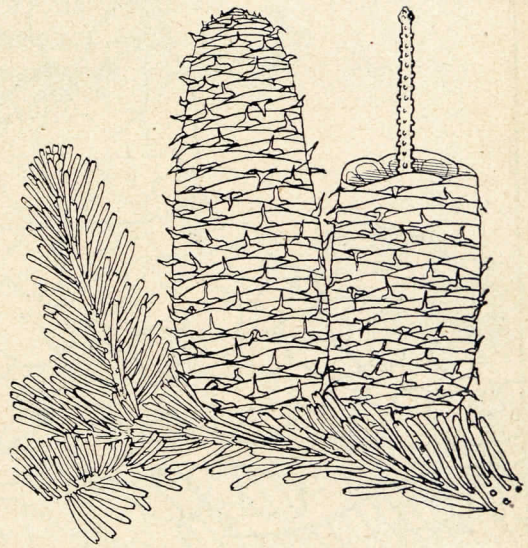
A *B*

Ryc. 566. Szyszki modrzewia: *A Larix europaea.* — *B Larix polonica.* — Według Szafera.

Modrzewie w przeciwieństwie do sosen mają szpilki nietylko na pędach skróconych, ale i na długich, jak to już było opisane w poprzednim ustępie (ryc. 554). Szpilki opadają na zimę, co jest bardzo rzadkie u drzew szpilkowych. Kształt ich jest spłaszczony. Kwiaty zarówno męskie, jak i żeńskie, tworzą się na szczycie skróconych pędów. Łuska wspierająca nie zanika jak u sosny, chociaż rozwija się słabiej od łuski owocowej: jest ona krótsza i węższa od łuski owocowej. Szyszki modrzewia są dosyć drobne i opadają w całości. Nasiona dojrzewają następnej wiosny. Modrzew polski jest bardzo podobny do europejskiego. Jego odrębność gatunkową stwierdził z początku Raciborski na kopalnym materjale dyluwjalnym z okolic Jarosławia. Potem ugruntował ją przez szczegółowe studja

nad współczesnym materjałem Szafer[1]). Modrzew europejski jest wysmukłem drzewem o prostej strzale i prawidłowym piramidalnym kształcie korony. Szyszki jego składają się ze stosunkowo dużej ilości łusek z cienkim, lekko wywiniętym nazewnątrz brzegiem (ryc. 566, *A*). Modrzew polski ma strzałę zwykle lekko wygiętą i koronę nieprawidłową. Szyszki jego są mniejsze niż u modrzewia europejskiego i składają się z mniejszej ilości łusek o nieco zgrubiałym, płaskim brzegu (ryc. 566, *B*).

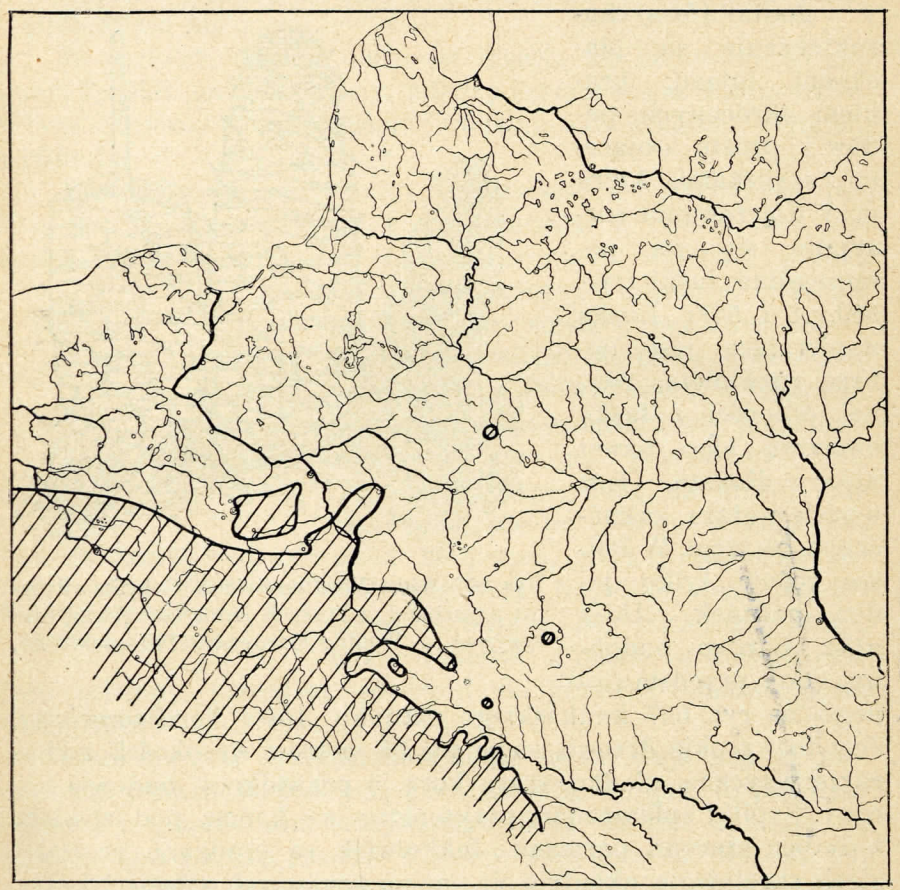
Jodła *(Abies)* charakteryzuje się płaskiemi igłami, brakiem skróconych pędów i prosto stojącemi szyszkami, które przy dojrzewaniu rozsypują się na poszczególne łuski (ryc. 550, *A* i 567). Łuska wspierająca jest dobrze rozwinięta, równej długości z łuską owocową albo nawet nieco dłuższa, lecz o wiele węższa, zakończona ostrzem. W Polsce rośnie tylko jeden gatunek, *Abies alba*, bardzo podobny do przedstawionego na ryc. 567 kaukaskiego gatunku *Abies Nordmanniana*. Jest to wysokie drzewo, sięgające 55 metrów wysokości, z charakterystyczną, gładką, szarą korą, o prawidłowej budowie korony. Szpilki spłaszczone, przytępione na końcu, pod spodem z dwoma szaremi pasmami. Jakkolwiek są osadzone na gałęziach skrętolegle, układają się one na poziomych gałęziach przez odpowiednie skręcenie ogonków w jednej poziomej płaszczyźnie, nadając tem drzewu bardzo charakterystyczny wygląd. Jodła jest drzewem górskiem; tworzy ona wraz z bukiem dolne piętro leśne (regiel dolny), sięgające w Karpatach do wysokości 1100 *m*, powyżej której przychodzi na zmianę górne piętro le-



Ryc. 567. *Abies Nordmanniana.* Gałązka z dwiema szyszkami, z których jedna zaczęła się rozsypywać. — Według Gardeners Chronicle 1886.

[1]) Szafer W.: Przyczynek do znajomości modrzewi eurazjatyckich ze szczególnem uwzględnieniem modrzewia w Polsce. — Kosmos. Tom XXXIV, Rocznik 1913, str. 1231—1322, t. I—IV, ryc. 1.

śne, złożone ze świerków (regiel górny). Jodła schodzi z gór, ale tylko na wyżynne tereny, unikając właściwego niżu z jego suchszym klimatem (ryc. 568). Na niżu znane jest tylko jedno stanowisko w puszczy Białowieskiej, gdzie podmokły teren zapewnia jej należytą wilgotność. Kwiaty obu rodzajów powstają w pachwinach liści. Nasiona jodły dojrzewają szybko i już następnej zimy szyszki zaczynają się rozsypywać. Oś szyszki narazie pozostaje na drzewie i opada dopiero później. Drewno

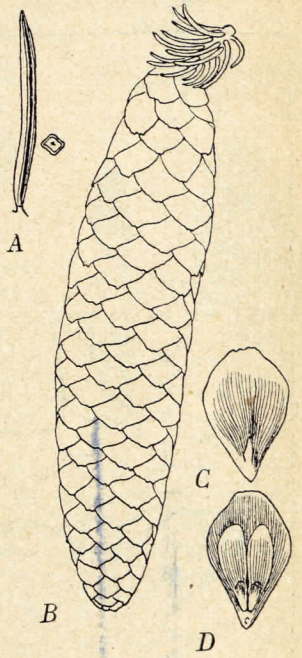


Ryc. 568. Rozmieszczenie geograficzne jodły *(Abies alba)* w Polsce. — Według Kulczyńskiego i Wierdaka.

jodły nie zawiera przewodów żywicznych, co jest zjawiskiem rzadkiem w rodzinie *Abietaceae*.

Z krajowych przedstawicieli rodziny *Abietaceae* pozostaje jeszcze do omówienia świerk *(Picea excelsa)*. Rodzaj *Picea* charakteryzuje się brakiem pędów skróconych, czworokątnemi

szpilkami o rombowym przekroju i zwisłemi szyszkami, które opadają w całości (ryc. 569). Łuska wspierająca rozwija się tu słabo i pozostaje ukryta między łuskami owocowemi. Kwiaty męskie tworzą się w pachwinach liści, kwaty żeńskie na końcach gałęzi. Świerk jest wysokiem drzewem, sięgającem 50 metrów wysokości, z prostą strzałą i prawidłową piramidalną koroną. Wymaga on wilgotnego klimatu i dlatego najobficiej występuje w górach i na północy. W górach rośnie potrochu wszędzie, najobficiej jednak w wyższych położeniach (1200—1500 *m*), tworząc tam czyste drzewostany t. zw. regla górnego i stanowi górną granicę lasu, ponad którą idzie tylko kosówka. Na niżu polskim występuje obficie tylko w północnej części, poza tem w rozproszonych stanowiskach. Unika najsuchszych okolic kraju: Poznańskiego i Mazowsza oraz Wołynia i Podola (por. mapę, ryc. 570).



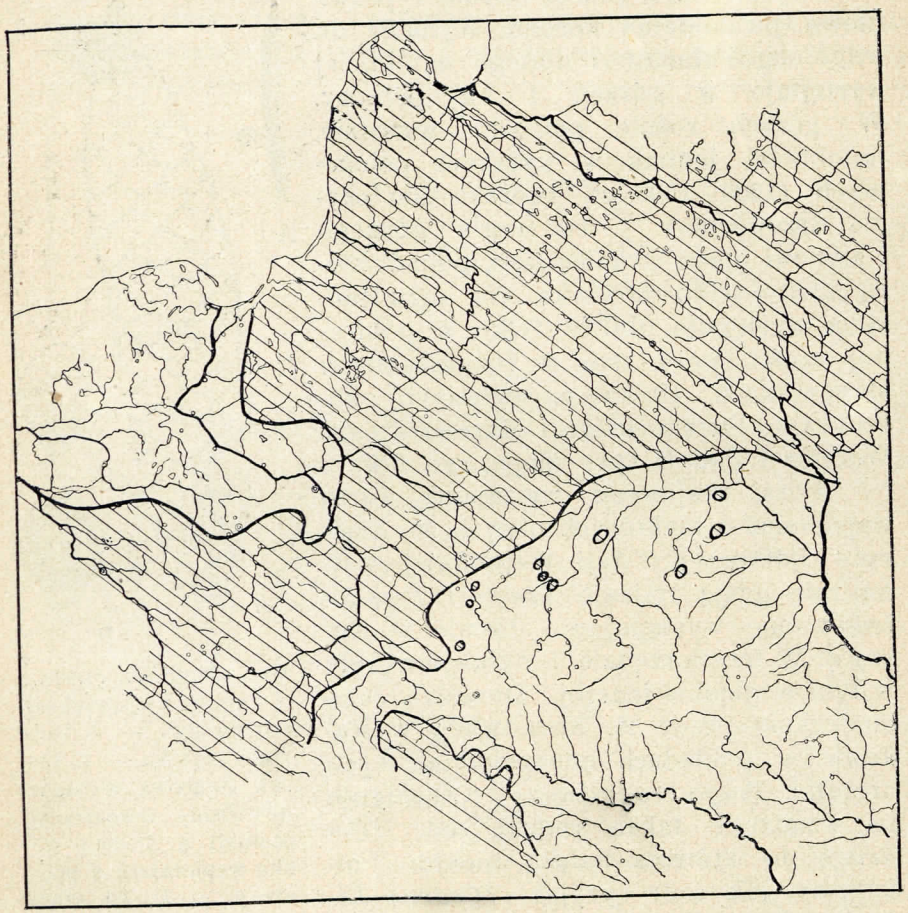
Ryc. 569. *Picea excelsa*. *A* Szpilka i jej przekrój poprzeczny. — *B* Dojrzała szyszka. — *C* Łuska owocowa widziana od strony zewnętrznej (dolnej) z drobną łuską wspierającą u podstawy. — *D* To samo od strony wewnętrznej (górnej) z obu nasionami i ich skrzydełkami. — Według Willkomma.

Poza krajowemi rodzajami warto wspomnieć o niektórych obcych. W Ameryce Północnej i Azji Wschodniej wielką rolę grają rodzaje *Tsuga* i *Pseudotsuga*, nie występujące obecnie w Europie. W trzeciorzędzie i dyluwjum było w tym względzie inaczej. Dowodzą tego znalezione przez A. Kozłowską w Rakowie w pokładach międzylodowcowych szczątki *Tsuga canadensis* [1]). Zasługuje na wzmiankę także rodzaj cedr *(Cedrus)*, do którego należą niektóre olbrzymy, jak cedr syryjski *(Cedrus Libani)* i himalajski *(Cedrus Deodara)*.

Rodzina *Cupressaceae*, do której zkolei przechodzimy, charakteryzuje się okółkowem ułożeniem liści, co jest wśród drzew szpilkowych zjawiskiem dosyć rzadkiem. Liście te są często łuskowate. Owocolistki nie wykazują wyraźnego rozgałęzienia na łuskę wspierającą

[1]) Kozłowska A.: Flora międzylodowcowa z pod Rakowa. — Acta Soc. Bot. Polon. Vol. I (1923), 213—232.

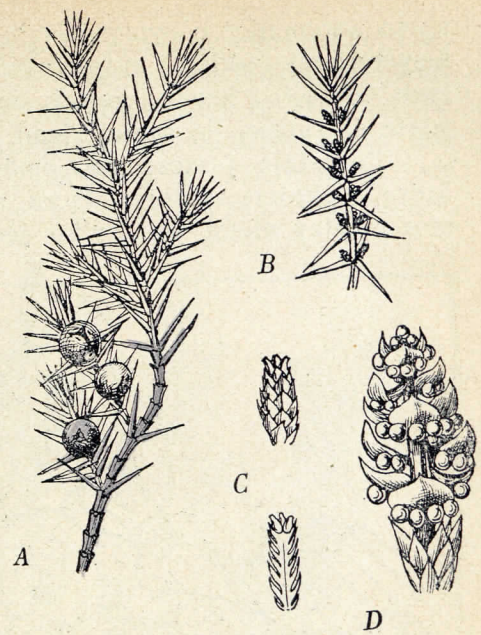
i owocową. W niektórych rodzajach, między innemi u jałowca *(Juniperus)*, owocolistki przy dojrzewaniu nasion stają się soczyste, nadając szyszce wygląd jagody; jest to zjawisko poza tem u drzew szpilkowych niespotykane. Ilość zalążków na owocolistkach nieustalona, od 1 do 20.



Ryc. 570. Rozmieszczenie geograficzne świerka *(Picea excelsa)* w Polsce i w krajach przyległych. — Według KULCZYŃSKIEGO i WIERDAKA.

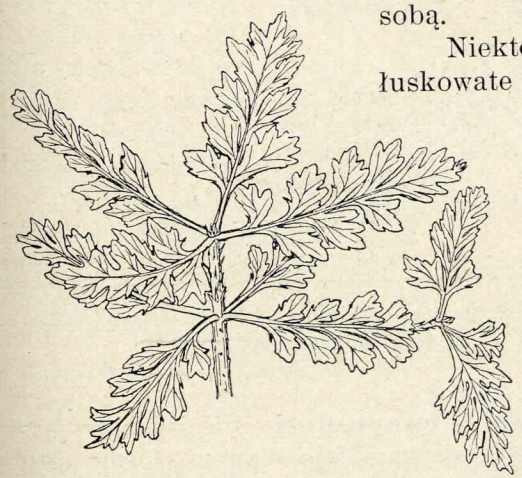
We florze krajowej rodzina ta jest reprezentowana tylko przez jałowiec *(Juniperus)*. Najważniejszym gatunkiem jest jałowiec pospolity *(Juniperus communis)*. Jest to krzew szeroko rozpowszechniony na całym niżu w podszyciu lasów sosnowych. Rzadko przybiera on postać niedużego drzewa. W wyższych położeniach górskich rośnie osobna jego odmiana *Juniperus nana*. Liście jałowca są ułożone w trójczłonowe okółki

(ryc. 571). Kwiaty tworzą się w pachwinach liści, męskie i żeńskie na osobnych okazach. Kwiaty męskie składają się z płaskich, jajowatych pręcików, ułożonych w trójczłonowe okółki, tak samo jak liście wegetatywne. Na zewnętrznej stronie pręcików u ich podstawy są osadzone cztery woreczki pyłkowe. U podstawy kwiat męski jest otoczony kilkoma okółkami płonnych listków. Kwiaty żeńskie składają się z wielu trójczłonowych okółków owocolistków, z których tylko górny okółek jest opatrzony zalążkami. Zalążków jest trzy; są one ustawione naprzemianlegle względem owocolistków, co jest morfologicznie trudne do wytłumaczenia. Owocolistki przy dojrzewaniu nasion, jak to już było podane, nie drewnieją, lecz stają się soczyste i zrastają się ze sobą.



Ryc. 571. *Juniperus communis*. — *A* Gałązka z niby-jagodami. — *B* Gałązka z kwiatami męskiemi. — *C* Kwiat żeński i jego przekrój podłużny. — *D* Kwiat męski. — Według STRASBURGERA.

Niektóre gatunki jałowca mają łuskowate liście, między innnemi *Juniperus Sabina* (ryc. 553), który rośnie także w Polsce, ale tylko w jednem miejscu, na niedostępnych skałach w Pieninach nad Dunajcem. Młoda roślinka tej i innych podobnych form ma normalne szpilkowate liście, jak to już było wyjaśnione na przykładzie *Tetraclinis articulata* (ryc. 552).

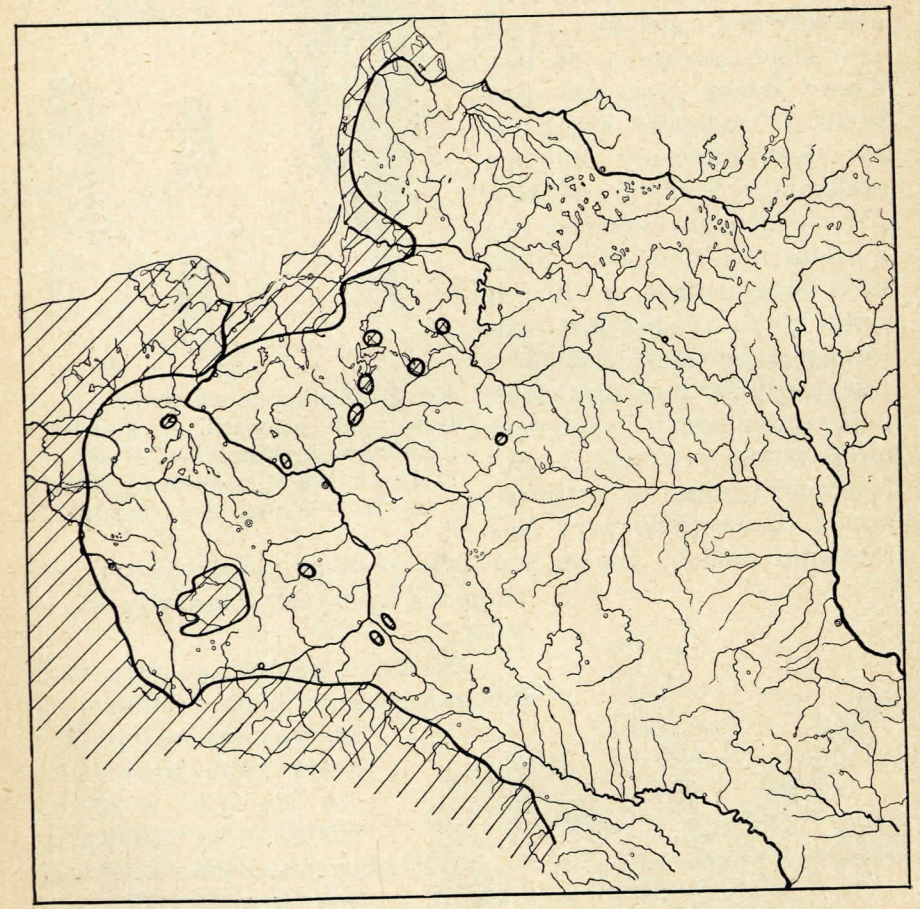


Ryc. 572. *Phyllocladus trichomanoides*. Gałąź ze skróconemi spłaszczonemi pędami (gałęziakami). — Według WETTSTEINA.

Z roślin obcych, należących do tej rodziny,

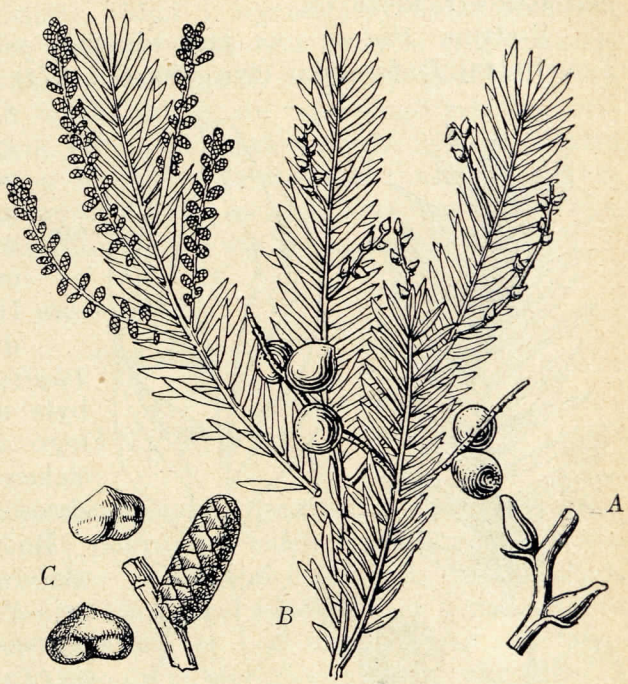
warto wspomnieć o cyprysie *(Cupressus sempervirens)*, charakterystycznej roślinie krajów śródziemnomorskich, o łuskowatych liściach i bardzo gęstej, ciemnozielonej, kolumnowej koronie, sięgającej do samej ziemi.

Pozostaje jeszcze do omówienia rodzina *Taxodiaceae*, którą niektórzy autorzy łączą z rodziną *Cupressaceae*. Różnica między niemi jest tylko jedna, ale wyraźna — *Taxodiaceae* mają skrętoległe liście. Flora Europy nie zawiera ani jednego przedstawiciela tej rodziny. Najciekawszą formą jest kalifornijska *Sequoia gigantea*, ustępująca swojemi rozmiarami tylko australijskim eukaliptusom. Niektóre jej okazy mają 4000 lat wieku.



Ryc. 573. Rozmieszczenie geograficzne cisa *(Taxus baccata)* w Polsce i w krajach przyległych. — Według KULCZYŃSKIEGO.

165. Taxales. Są to drzewa bardzo różnego pokroju ze szpilkowatemi, łuskowatemi lub szerokiemi, płaskiemi liśćmi (por. ryc. 550, *C*, 572, 574, 575). Skrócone pędy są tylko w rodzaju *Phyllocladus*. Są to twory bardzo ciekawe: mają one kształt spłaszczony i wyglądają jak liście (ryc. 572); takie pędy noszą nazwę gałęziaków (cladodii). Przy kiełkowaniu młoda roślinka wytwarza z początku zwykłe szpilkowate liście, następnie w pachwinach tych liści wyrastają gałęziaki, wreszcie na starszych pędach szpilkowate liście zamieniają się na łuski i gałęziaki tworzą się w pachwinach tych łusek. Gałęziaki spotykają się u wielu form wśród roślin okrytozalążkowych, u nagozalążkowych natomiast jest to jedyny przypadek.

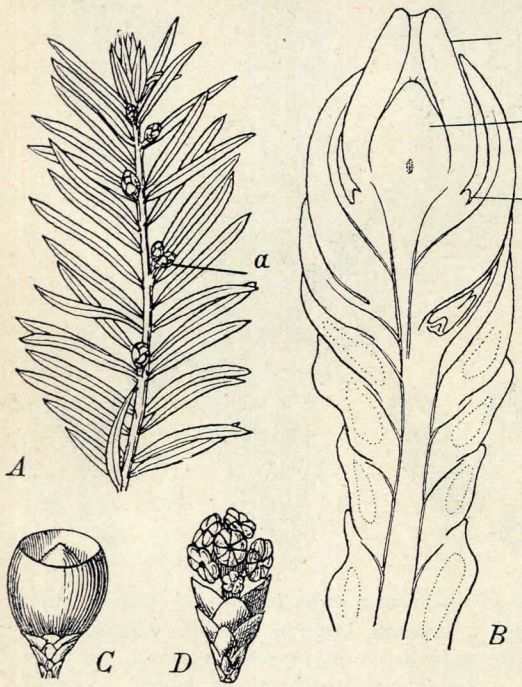


Ryc. 574. *Podocarpus spicatus*. — *A* Część kwiatu żeńskiego z dwoma owocolistkami i zalążkami. — *B* Na lewo gałązka z męskiemi kwiatami. Na prawo gałązka z żeńskiemi kwiatami (u góry) i z nasionami (u dołu). — *C* Kwiat męski i jeden pręcik widziany z dwóch stron. — Według HOOKERA.

Kwiaty męskie tworzą się u *Taxales* na innych osobnikach, niż żeńskie, i mają postać i budowę podobną do takich samych kwiatów u *Pinales*. Kwiaty żeńskie mają budowę inną, niż u *Pinales*, i składają się z jednego lub kilku drobnych owocolistków z pojedyńczym zalążkiem u podstawy na górnej stronie (ryc. 574). Owocolistki nie osłaniają nasion i szyszki nie tworzą się. Owocolistki są często zredukowane, w niektórych przypadkach całkowicie zużyte na wytworzenie zalążka Nasiona są otoczone soczystą i barwną osnówką, która nadaje im pozory jagód.

Rząd ten dzieli się na dwie rodziny: *Podocarpaceae* i *Taxaceae*. Pierwsza rodzina charakteryzuje się obecnością pęcherzyków powietrznych na ziarenkach pyłku i wykształceniem przewodów żywicznych w korze i liściach (w drewnie u wszystkich *Taxales* brak przewodów). Druga rodzina nie posiada pęcherzyków powietrznych na pyłku i jest zupełnie pozbawiona przewodów żywicznych.

Rodzina *Podocarpus* jest właściwa półkuli południowej. Tam rodzaj *Podocarpus* (ryc. 550, *C* i 574) odgrywa rolę podobną do tej, jaką gra na północnej półkuli *Pinus*; są to wielkie drzewa, dochodzące do 60 metrów wysokości. Do tej samej rodziny należy także *Phyllocladus*, o którym była mowa na początku tego ustępu z powodu ciekawej postaci jego skróconych pędów.



Ryc. 575. *Taxus baccata*. — *A* Pęd z żeńskiemi kwiatami na krótkich gałązkach w pachwinach liści; *a* gałązka z dwoma kwiatami. — *B* Przekrój podłużny gałązki z żeńskim kwiatem; *ośr* ośrodek zalążka, *osł* osłonka, *osn* zaczątek osnówki. — *C* Dojrzałe nasienie z wykształconą osnówką. — *D* Kwiat męski. — Według STRASBURGERA.

Rodzina *Taxaceae* jest właściwa półkuli północnej. W Europie jest ona reprezentowana przez cis *(Taxus baccata)*, który w Polsce osiąga swój kres wschodni, gdyż nie znosi zbyt suchego powietrza i silnych mrozów (ryc. 573). Jest to krzew albo niewielkie drzewo (do 10 metrów wysokości), które nie znosi silnego oświetlenia i dlatego występuje tylko wśród innych drzew jako podszycie lasów. Z powodu tego, że jego drewno jest bardzo cenione, został on po większej części wytępiony i spotyka się obecnie bardzo rzadko. Igły ma wiotkie, płaskie, ciemnozielone, ułożone w dwa rzędy na poziomych gałęziach.

Cis jest rośliną dwupienną, jak prawie wszystkie formy rzędu *Taxales*. Kwiaty męskie tworzą się w pachwinach liści. Są one kształtu kulistego, osadzone na krótkim trzonku, który wysuwa się z okrywy, złożonej z błonkowatych łusek (ryc. 575). Pręcików jest 6—14, mają one kształt tarczkowaty. Kwiaty żeńskie tworzą się pojedyńczo lub po dwa na krótkich gałązkach, pokrytych łuskowatemi liśćmi i wyrastających z pachwiny szpilek. Mieszczą się one nie na samym szczycie tych gałązek, lecz tuż pod szczytem, wyrastając z pachwiny górnych łusek (ryc. 575, *B*). Kwiat żeński składa się z prostego zalążka, otulonego pewną ilością płonnych, łuskowatych listków. Niema ani śladu owocolistka. W miarę dojrzewania nasienia u podstawy jego zaczyna tworzyć się soczysta, czerwona osnówka, która wkońcu otacza nasienie prawie do szczytu.

ROZDZIAŁ XXXV

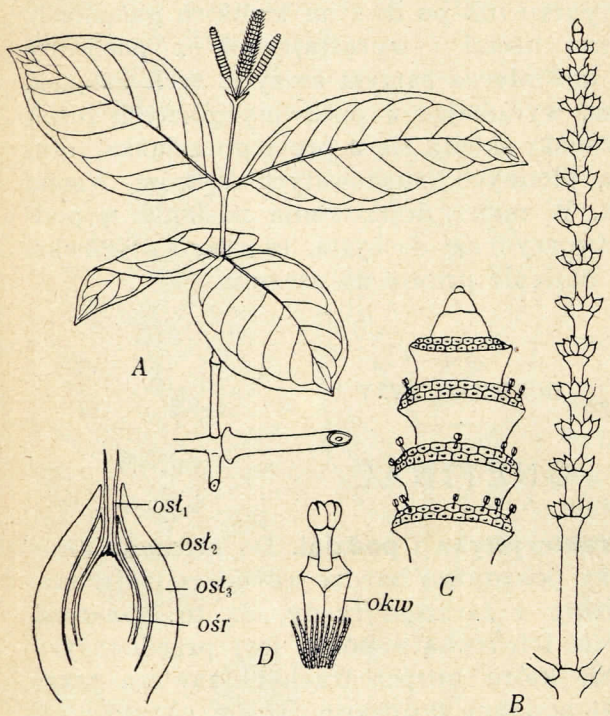
GNETINAE

166. Ogólna charakterystyka i podział. Do gromady *Gnetinae* należą tylko trzy pokrojowo bardzo różne rodzaje, stanowiące osobne rodziny i zarazem rzędy. Są to: *Gnetum, Ephedra* i *Welwitschia*. Ich cechą wspólną jest przedewszystkiem budowa drewna, które oprócz tracheid zawiera także trachee i przez to jest podobne do drewna roślin okrytozalążkowych. Poza tem charakterystyczną cechą są gęste kwiatostany, w które są skupione kwiaty, męskie i żeńskie na różnych osobnikach. Kwiaty są bardzo prostej budowy, zwłaszcza żeńskie, które są zredukowane do pojedyńczego zalążka o dwóch albo trzech osłonkach, bez śladu owocolistka. Ciekawe jest wykształcenie wewnętrznej osłonki: jest ona wyciągnięta w długą a wąską rurkę; podobny twór spotyka się poza tem u niektórych *Pteridospermae*. Zapłodnienie odbywa się przy pomocy nieruchomych plemników. Liście są zawsze naprzeciwległe. Przewodów żywicznych niema, są natomiast śluzowe.

Rozmieszczenie geograficzne *Gnetinae* jest bardzo rozproszone. W stanie kopalnym nie są one dotychczas znane.

167. Gnetum. Są to drzewa lub częściej pnącza o dużych, płaskich i szerokich liściach z monopodjalnem rozgałęzieniem

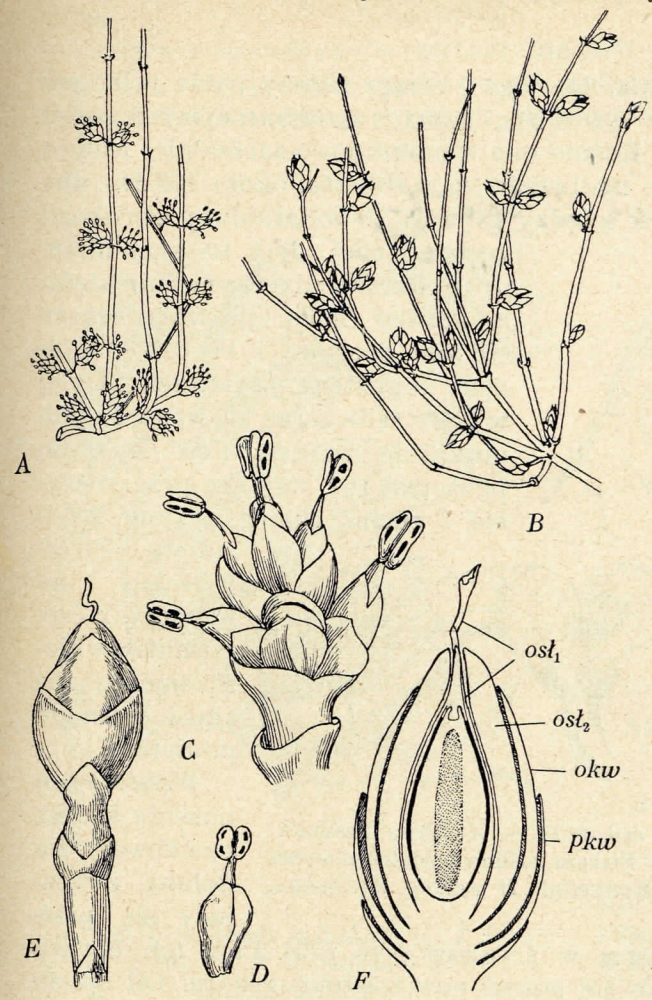
nerwów, przypominającem rośliny okrytozalążkowe (ryc. 576). Rosną one w wilgotnych krajach międzyzwrotnikowych. Kwiaty ich są zebrane w kłosy w pachwinach pierścieniowatych kołnierzyków, obejmujących łodygę i powstałych ze zrośnięcia dwóch naprzeciwległych liści. Kwiaty męskie tworzą przy takim kołnierzyku grupę złożoną z kilku obwodów spirali, żeńskie natomiast tworzą jeden okółek. Jedne i drugie są otoczone wieńcem szczecinek. Kwiat męski składa się z jednego pręcika o dwóch woreczkach pyłkowych i okwiatu powstałego przez zrośnięcie dwóch łuskowatych liści. Kwiat żeński składa się z jednego zalążka o trzech osłonkach bez śladu owocolistka. Przy dojrzewaniu nasion zewnętrzna osłonka rozrasta się i staje się soczystą, stwarzając pozory jagody.



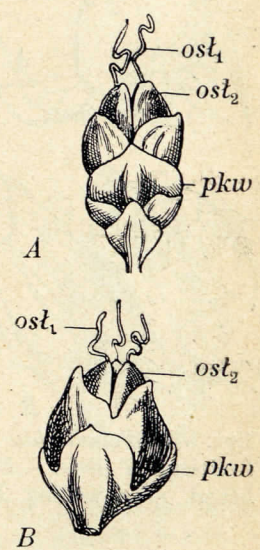
Ryc. 576. *Gnetum latifolium*. — *A* Gałąź z męskim kwiatostanem. — *B* Część żeńskiego kwiatostanu. — *C* Część męskiego kwiatostanu silniej powiększona. — *D* Pojedyńczy kwiat męski; *okw* okwiat. — *E* Schematyczny przekrój zalążka; *ośr* ośrodek, $osł_1$, $osł_2$, $osł_3$ osłonki. — Według Blumego.

168. Ephedra. Rośliny zaliczane do tego rodzaju mają pokrój zupełnie inny niż *Gnetum*. Są to silnie rozgałęzione krzewy o cienkich gałęziach i drobnych łuskowatych liściach (ryc. 577). Rosną one w suchych okolicach cieplejszej strefy. W Polsce występuje tylko jeden gatunek, *Ephedra distachya*, i to tylko w jednem miejscu, na zwróconej na południe ściance w Dobrowlanach nad Dniestrem, gdzie został odkryty przez T. Wilczyńskiego.

Kwiaty męskie są podobne do takich samych kwiatów *Gnetum* i składają się z jednego pręcika, otoczonego u podstawy okwiatem złożonym z dwóch zrośniętych ze sobą listków (ryc. 577, *D*). Kwiaty te są osadzone w pachwinach drobnych, łuskowatych przykwiatków i tworzą niewielkie, okrągławe kwiatostany (ryc. 577, *C*). Kwiat żeński również jest podobny do kwiatów *Gnetum*: składa się z jednego zalążka bez śladu owocolistków, ale z dwiema osłonkami zamiast trzech. Kwiato-



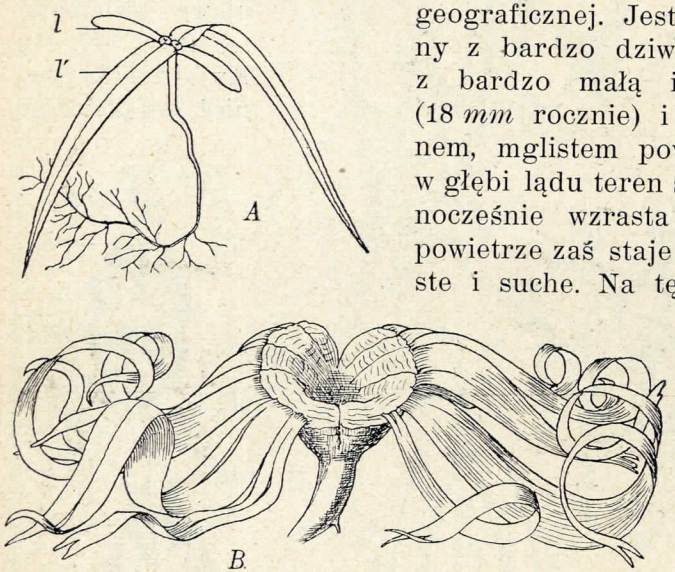
Ryc. 577. *A—B Ephedra antisyphilitica*. — *A* Okaz męski. — *B* Okaz żeński. — *C—F E. altissima*. — *C* Kwiatostan męski. — *D* Pojedyńczy kwiat męski. — *E* Jednokwiatowy kwiatostan żeński. — *F* To samo w przekroju podłużnym; *pkw* przykwiatki, *okw* okwiat, $osł_1$ osłonka wewnętrzna, $osł_2$ osłonka zewnętrzna. — Według Watsona, Stapfa i Wettsteina.



Ryc. 578. *Ephedra intermedia*. — *A* Dojrzały kwiatostan żeński z dwoma nasionami. — *B* To samo z trzema; *pkw* przykwiatki, $osł_1$ osłonka wewnętrzna, $osł_2$ osłonka zewnętrzna. Według Stapfa.

stany żeńskie zawierają 1—3 kwiatów gęsto obok siebie stojących i są otoczone kilkoma parami przykwiatków, które przy dojrzewaniu stają się soczyste i przybierają czerwoną barwę (ryc. 577, *E* i 578).

169. Welwitschia. Do tego rodzaju należy jeden tylko gatunek, *Welwitschia mirabilis*, jedna z najdziwniejszych roślin współczesnej flory. Rośnie ona w południowo-zachodniej Afryce, w pustynnym pasie nadbrzeżnym szerokości około 100 *km*, długości około 1100 *km*, między 15° a $23^1/_2{}^0$ południowej szerokości geograficznej. Jest to kraj nizinny z bardzo dziwnym klimatem: z bardzo małą ilością deszczu (18 *mm* rocznie) i bardzo wilgotnem, mglistem powietrzem. Dalej w głębi lądu teren się wznosi i jednocześnie wzrasta ilość opadów, powietrze zaś staje się przezroczyste i suche. Na tę wyżynę śródlądową *Welwitschia* nie wchodzi, z czego można wnioskować, że nie znosi suchego powietrza.

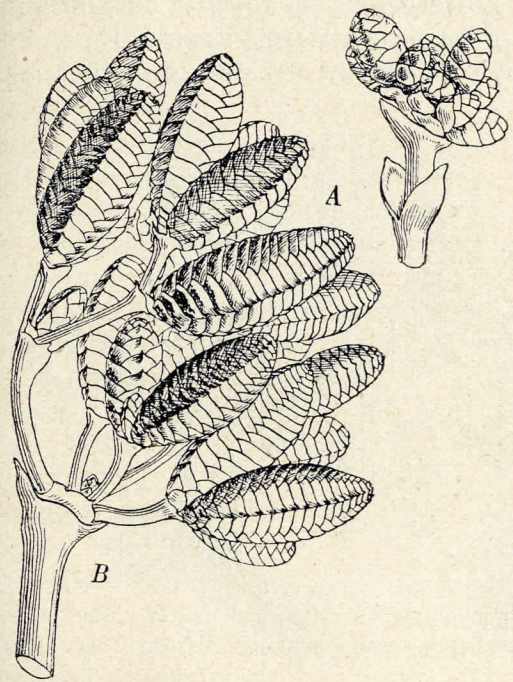


Ryc. 579. *Welwitschia mirabilis* — *A* Młoda roślinka; *l* liścienie, *l'* liście. — *B* Starsza roślina z postrzępionemi liśćmi. — *A* według Monteiro, *B* według Eichlera.

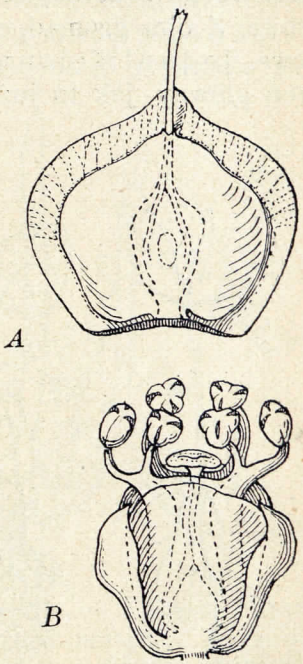
Welwitschia posiada krótki, stożkowaty, ku dołowi zwężający się pień, dochodzący do metra w średnicy (ryc. 579). Pień ten bardzo nieznacznie wysuwa się ponad powierzchnię gruntu. Od spodu odchodzi od niego mocny, palowy korzeń, sięgający na kilka metrów w głąb. Stożek wzrostowy pnia zanika bardzo wcześnie i górna powierzchnia jego jest pokryta twardą, zdrewniałą tkanką. Ta powierzchnia jest nieco lejkowato wklęsła i wykazuje współśrodkowe, okrężne wypukłości, zaznaczające stadja przyrostu na grubość. Ze szczelin na brzegu tego lejka wyrastają dwa wstęgowate liście, które mają wzrost nieograniczony, dzięki czynności ukrytej w szczelinach pnia tkanki twórczej. Z biegiem czasu liście rozrywają się wzdłuż na

pasy, które stopniowo obumierają na końcu. Ścielą się one po ziemi i są często zasypywane przez piasek pustyni. Te dwa liście są to jedyne, jakie roślina wytwarza poza liścieniami.

Kwiaty są zebrane w szyszki, ułożone w wiechę (ryc. 580). Szyszki składają się z gęsto parami nakrzyż ułożonych przykwiatków, w których pachwinach są osadzone drobne kwiaty.



Ryc. 580. *Welwitschia mirabilis*. — *A* Kwiatostan męski. — *B* Kwiatostan żeński. — Według Hookera.



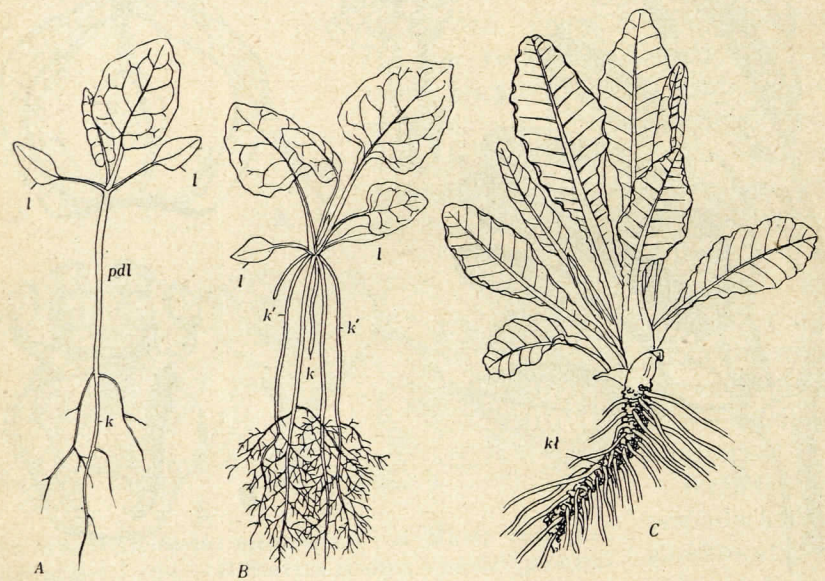
Ryc. 581. *Welwitschia mirabilis*. — *A* Kwiat żeński. — *B* Kwiat męski. — Według Churcha.

Kwiat żeński składa się, jak zawsze u *Gnetales*, z pojedyńczego zalążka bez śladu owocolistka. Zalążek ma dwie osłonki, wewnętrzną wyciągniętą w długą rurę i zewnętrzną spłaszczoną i opatrzoną skrzydełkiem (ryc. 581, *A*). Kwiat męski ma okwiat złożony z dwóch par listków, 6 zrośniętych w dolnej części w rurkę pręcików i położony pośrodku zmarniały zalążek (ryc. 581, *B*).

ROZDZIAŁ XXXVI

OGÓLNA MORFOLOGJA OKRYTOZALĄŻKOWYCH

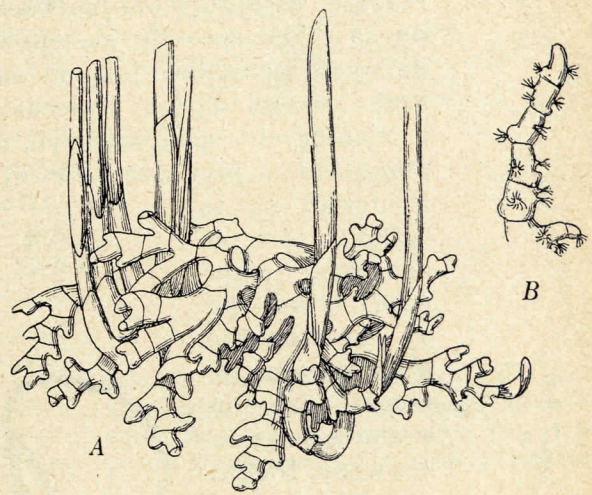
170. Korzeń. System korzeniowy okrytozalążkowych nie różni się zasadniczo od takiegoż systemu nagozalążkowych. Korzeń główny jest z reguły wyraźnie wykształcony w młodych roślinkach. Później zdarza się często, że ten korzeń zanika i zamiast niego z dolnej części łodygi wyrastają korzenie przybyszowe. Z obu gromad, na które dzielą się rośliny okrytozalążkowe, jednoliścienne *(Monocotyledones)* zawsze tracą korzeń główny, jak to już było podane w ust. 136 (ryc. 460), zaś



Ryc. 582. *Primula officinalis.* — *A* Wczesne stadjum kiełkowania. — *B* Nieco późniejsze stadjum. — *C* Dojrzała roślina w niekwitnącym stanie; *k* korzeń główny, *k'* korzenie przybyszowe, *pdl* podliścieniowa część łodygi, *l* liścienie, *kł* kłącze. — *A* i *B* według VELENOVSKYEGO.

dwuliścienne *(Dicotyledones)* przeważnie go zachowują. Jednakże nawet w tej drugiej gromadzie przypadki zaniku korzenia głównego nie są rzadkie, a mianowicie u bylin, to znaczy roślin, które na zimę tracą swoje części nadziemne i zachowują się tylko w częściach podziemnych. Byliny często wytwarzają specjalne pędy podziemne (kłącza, bulwy), z których wyrastają korzenie przybyszowe, zastępujące korzeń główny z jego rozgałęzieniami. Jako przykład można przytoczyć pierwiosnek *(Primula officinalis)* (ryc. 582). Rośliny drzewiaste, jednoroczne i dwuletnie zachowują swój korzeń główny, niejedna bylina zresztą także.

Wogóle korzenie przybyszowe są zjawiskiem bardzo częstem u okrytozalążkowych, podczas gdy u nagozalążkowych grały one poważną rolę tylko u form paleozoicznych, które prawdopodobnie nie miały wcale korzenia głównego. Wyrastają one nietylko z łodygi, ale w niektórych przypadkach nawet z liści, co można obserwować z łatwością u różnych gatunków rodzaju *Begonia*: wystarczy wsadzić do wilgotnego piasku kawałek liścia jednej z tych roślin, aby spowodować zjawienie się takich korzeni. Naogół korzenie przybyszowe mogą się tworzyć z każdej dowolnej części pędu; są jednak na łodygach pewne miejsca uprzywilejowane, a mianowicie w węzłach. U niektórych roślin, np. u wierzb *(Salix)*, tworzą się one wpobliżu węzłów stale, ale pozostają w stanie uśpienia i rozwijają się dalej tylko wtedy, jeżeli te części pędu znajdują się w środowisku wilgotnem, w wilgotnej ziemi albo poprostu w wodzie. Korzenie przybyszowe powstają nie na powierzchni łodygi, lecz w głębi, w okolnicy; wydostają się nazewnątrz, przebijając korę w podobny sposób, jak to czynią korzenie pochodne, wyrastające z korzenia głównego. Znane są pewne wyjątki z tego prawidła (np. gnieźnik *[Neotia Nidus avis]*), ale są one rzadkie.



Ryc. 583. *Corallorhiza innata.* — *A* Kłącze z wyrastającemi z niego nadziemnemi pędami. — *B* Włośniki na jednej z gałęzi kłącza. — Według IRMISCHA.

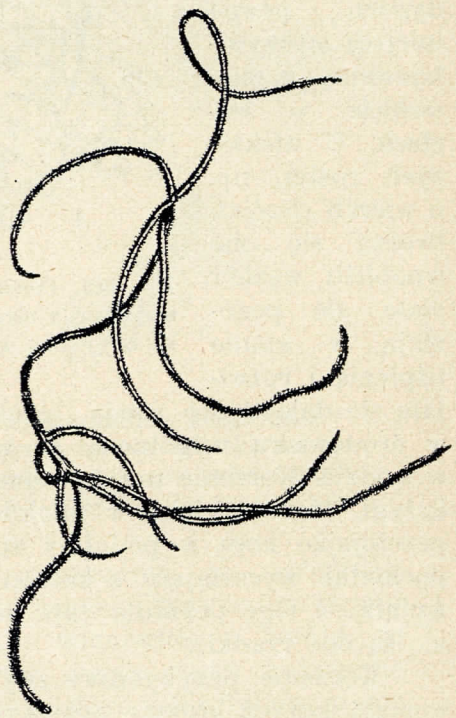
Korzenie przybyszowe zwykle nie rosną na grubość, natomiast korzeń główny często posiada silny przyrost wtórny. Sposób powstania tego przyrostu był już opisany w ustępie 142. W niektórych jednak przypadkach proces ten odbywa się w sposób anormalny. Najbardziej znanym tego przykładem jest



Ryc. 584. *Tillandsia usneoides.* Pęd w $^1/_6$ naturalnej wielkości. — Według SCHIMPERA.

burak *(Beta vulgaris),* u którego przyrost wtórny w ciągu jednego roku wytwarza pewną ilość koncentrycznych warstw, swoim wyglądem przypominających słoje roczne. Warstwy te nie mają jednak nic wspólnego ze słojami rocznemi i powstają skutkiem zjawienia się w korze, poza normalną miazgą, kilku nadliczbowych tkanek twórczych wtórnych. Podobne zjawiska występują zresztą czasem i w łodydze.

Niektóre rośliny okrytozalążkowe nie mają wcale korzeni. Jakkolwiek są to przypadki dosyć rzadkie, zasługują one na baczną uwagę ze względu na różne sposoby zastępowania czynności tak ważnych narządów, jakiemi są korzenie. Zupełny brak korzeni można stwierdzić przedewszystkiem u niektórych roślin wodnych, np. u rogatka *(Ceratophyllum)* i pływacza *(Utricularia,* por. ryc. 647). Ponieważ są to rośliny, które ponad wodę wysuwają tylko pędy kwiatonośne, brak korzeni nie przeszkadza im wcale w pobieraniu wody. Niektóre rośliny lądowe także nie mają korzeni. Nie mają ich niektóre bezzieleniowe storczyki, np. żłobik *(Corallorhiza innata).* U takich roślin czynności korzeni są spełniane przez silnie rozgałęzione pędy podziemne, kłącza, które wytwarzają nawet włośniki (ryc. 583). Najciekawszą ro-

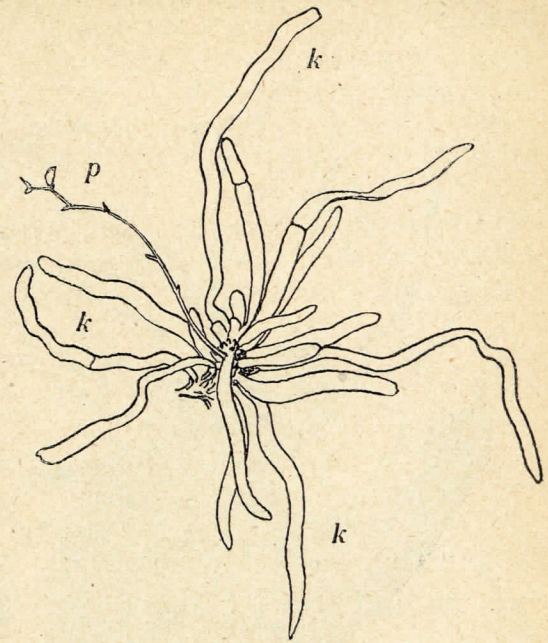


Ryc. 585. *Tillandsia usneoides.* Fragment pędu w naturalnej wielkości. — Według SCHIMPERA.

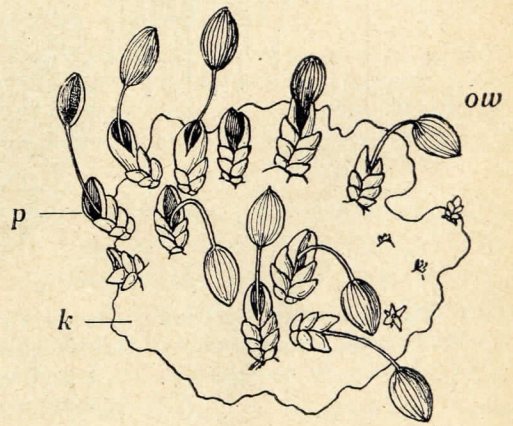
śliną lądową bez korzeni jest *Tillandsia usneoides* z rodziny *Bromeliaceae,* amerykańska roślina, żyjąca jako epifit na gałęziach drzew. Jej cienkie pędy okręcają się naokoło gałęzi drzew i zwisają na podobieństwo porostów z rodzaju *Usnea* (ryc. 584 i 585). Woda jest przez tę roślinę pobierana z powietrza, z deszczu i rosy, przy pomocy specjalnych tarczkowatych włosków, opisanych w ust. 104 (ryc. 325).

Korzeń u *Tillandsia usneoides* wyrasta wprawdzie przy kiełkowaniu, ale wkrótce potem zanika. Przy kiełkowaniu wytwarza korzeń, a potem go traci także kanianka *(Cuscuta).* Roślina ta jest, jak wiadomo, pasorzytem i obchodzi się bez korzeni, pobierając wszystkie potrzebne dla siebie substancje od żywiciela (por. ryc. 639).

W przeciwieństwie do dopiero co opisanych roślin bezkorzeniowych istnieją niektóre inne, u których korzeń jest narządem najsilniej rozwiniętym. Należy tu przedewszystkiem epifityczny storczyk jawański *Taeniophyllum Zollingeri* (ryc. 586), wytwarzający poza korzeniami tylko bezzieleniowe, bez-

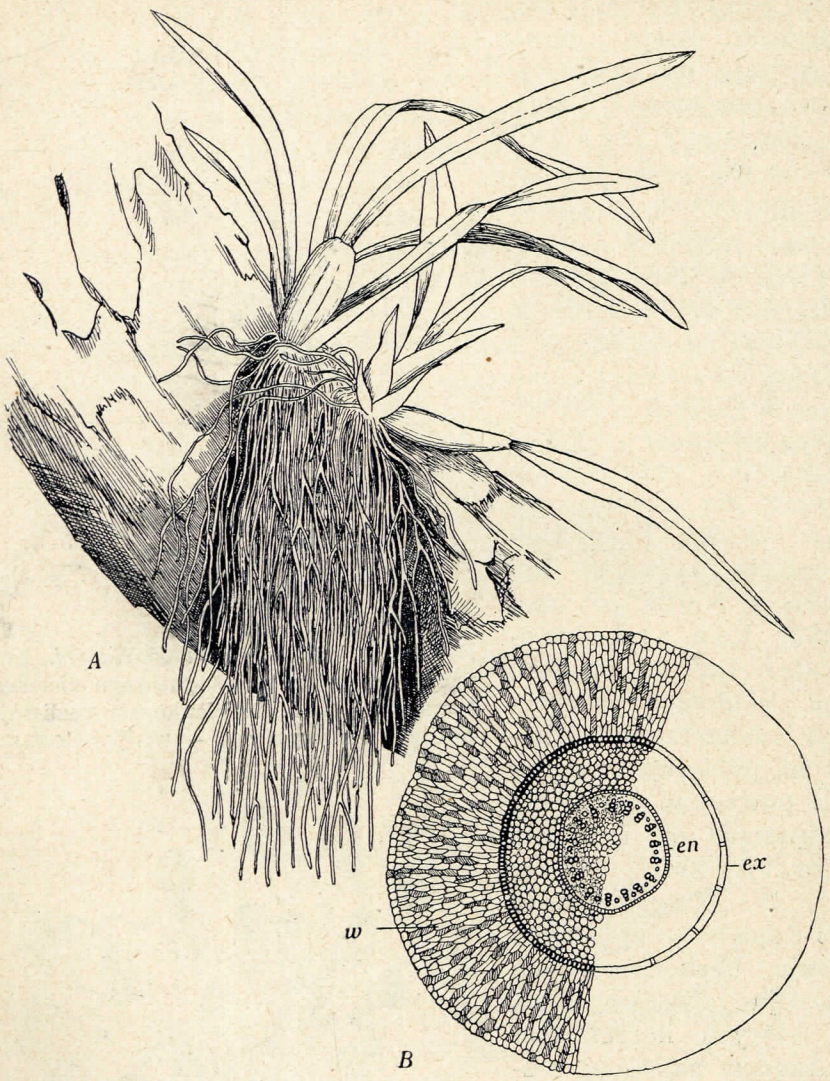


Ryc. 586. *Taeniophyllum Zollingeri.* Kwitnący egzemplarz z wstęgowatemi zielonemi korzeniami *(k)* i bezzieleniowym, bezlistnym pędem kwiatowym *(p).* — Według GOEBELA.



Ryc. 587. *Podostemon olivaceum; k* spłaszczony korzeń, *p* pędy, *ow* owoce. — Według WARMINGA.

listne pędy kwiatowe. Jego spłaszczone wstęgowate korzenie zawierają ciałka zieleni i spełniają czynności asymilacyjne, zastępując zielone pędy. To im nie przeszkadza wytwarzać włośniki, które służą nietylko do pobierania wody, lecz także do umocowywania się na korze drzew. Drugi bardzo ciekawy przypadek nadzwyczajnego rozwoju korzeni mamy w rodzinie *Po-*



Ryc. 588. *A* Rosnący na korze drzewa storczyk *Oncidium sphacelatum* z powietrznemi korzeniami. — Przekrój powietrznego korzenia; *w* welamen, *ex* ekzodermis, *en* endodermis. — *A* według Kernera i Hansena, *B* według Strasburgera.

dostemaceae. Są to rośliny podzwrotnikowe, żyjące na skałach w szybko płynącej wodzie. Ich spłaszczone, najdziwniejszych nieraz kształtów korzenie umocowują się do skalnego podłoża i wytwarzają w korze pączki przybyszowe, które wychodzą nazewnątrz i dają początek mniej lub więcej zredukowanym pędom (ryc. 587). Korzenie tych dziwnych roślin zawierają ciałka zieleni i przyswajają dwutlenek węgla, zastępując w tej czynności słabo rozwinięte pędy.

Korzenie roślin okrytozalążkowych przybierają często niezwykłe postacie i anormalną budowę albo z powodu wyjątkowych warunków egzystencji, albo skutkiem pełnienia czynności normalnie przez korzenie niewykonywanych. Rozpatrzmy ważniejsze przypadki.

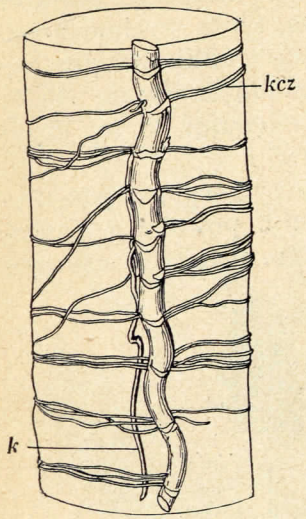
W bardzo niezwykłych warunkach muszą pracować korzenie epifitów, umocowanych na gałęziach drzew bez żadnego bezpośredniego połączenia z ziemią. Roślina musi chwytać skwapliwie każdą kroplę wody, jaka na nią spadnie, i groźba uschnięcia wisi nad nią ciągle. Korzenie takich roślin są zwykle dwojakiego rodzaju: jedne umocowują roślinę do drzewa, drugie wiszą swobodnie i służą do pobierania wody. Można to widzieć u rozmaitych podzwrotnikowych storczyków, np. u *Oncidium* (ryc. 588, *A*). Budowa anatomiczna takich powietrznych korzeni jest bardzo ciekawa: skórka rozrasta się w grubą warstwę martwej tkanki chciwie chłonącej wilgoć. Ta tkanka, t. zw. welamen, w stanie suchym jest biała i nieprzezroczysta, zwilżona staje się przezroczystą i zdradza obecność ciałek zieleni w komórkach kory korzeniowej. Korzenie te służą zatem nietylko do pobierania wody, ale i do asymilacji dwutlenku węgla.



Ryc. 589. Zbiornik do chwytania wody, utworzony przez liście pewnego gatunku rodziny *Bromeliaceae*. — Według Warminga i Moebiusa.

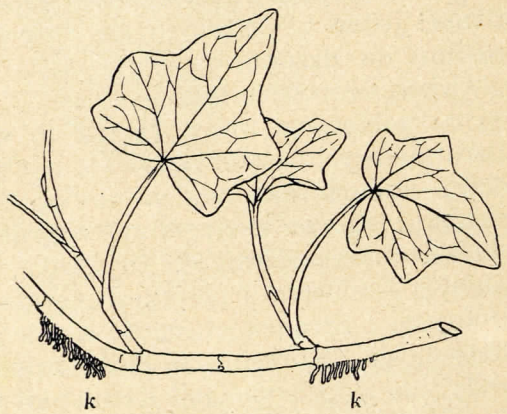
Epifityczne *Bromeliaceae* pomagają sobie w inny sposób. Liście ich układają się w lejkowate zbiorniki, w których gro-

madzi się woda deszczowa (ryc. 589). Przy pomocy tarczkowatych włosków liście następnie wsysają tę wodę.



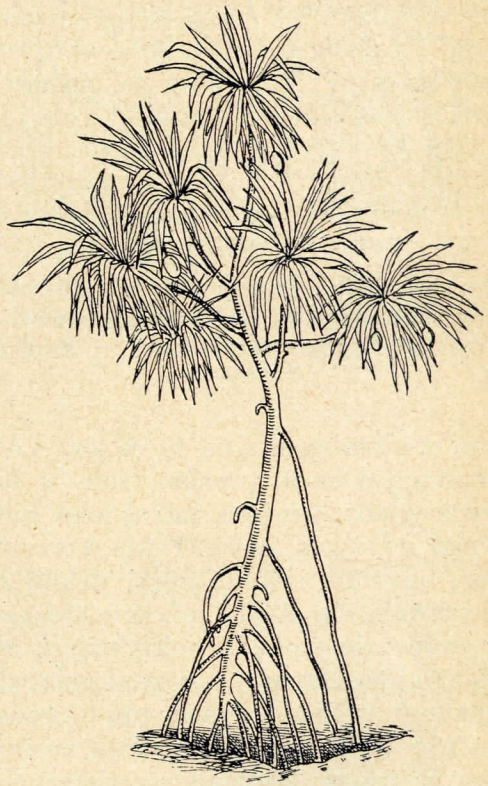
Ryc. 590. *Philodendron.* — Część pędu z korzeniami czepnemi *(kcz)*, owijającemi w poziomym kierunku pień drzewa, i z korzeniem, służącym do pobierania wody z gleby *(k)*, kierującym się pionowo wdół. — Według SCHIMPERA.

Poza pobieraniem wody korzenie służą normalnie jeszcze do umocowywania się do podłoża. Ta ostatnia czynność jest spełniana u większości okrytozalążkowych, można powiedzieć, mimochodem. Tak jednak nie jest u epifitów, lian oraz u wielu drzew podzwrotnikowych, zwłaszcza jednoliściennych. W tych przypadkach korzenie muszą być wykształcone w sposób specjalny, aby mogły podołać temu zadaniu. Zdarza się nieraz, że do tego celu służą osobne korzenie, nie pobierające wody albo grające tylko podrzędną rolę w tej czynności. Już poprzednio była mowa o podobnych korzeniach u epifitycznych storczyków. Można je widzieć także u różnych lian podzwrotnikowego lasu, zwłaszcza u *Araceae* (ryc. 590). Takie czepne korzenie nie mają geotropizmu dodatniego i kierują swój wzrost nie według siły ciężkości, lecz według kształtu podpory, do której mają przytwierdzić roślinę. W naszej florze mamy także jedną roślinę z czepnemi korzeniami; jest to bluszcz *(Hedera Helix)* (ryc. 591). Pędy jego wytwarzają po stronie, stykającej się z podporą, bardzo liczne a krótkie korzenie przybyszowe, przyrastające do podpory i przez to umocowujące roślinę.



Ryc. 591. *Hedera Helix.* Pęd z czepnemi korzeniami *(k)*.

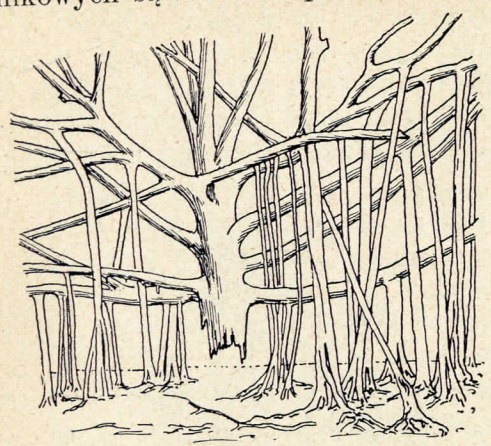
We florze polskiej, jak i wogóle we florze krajów o klimacie umiarkowanym, niema jednoliściennych drzewiastych. W krajach gorących takie drzewa nie są bynajmniej rzadkością: palmy, różne gatunki rodzaju *Pandanus* i t. d. Rośliny te, nie mając głównego korzenia w stanie dojrzałym, są narażone na wywrócenie działaniem silnych wichrów, tak częstych w krajach gorących. Zapobiegają temu korzenie wspierające, które wyrastają z dolnej części pnia i rosną z początku ukośnie w powietrzu, następnie zaś zagłębiają się w ziemi (ryc. 592). Takie korzenie mają inną budowę anatomiczną niż korzenie normalne. Zawierają one wielkie ilości tkanki mechanicznej, zgromadzonej głównie w zewnętrznych warstwach kory; dzięki temu mogą wytrzymywać działanie wielkich sił zarówno rozciągających, jak i ściskających. Korzenie wspierające spotykają się także u drzew dwuliściennych, rosnących na bagnistem podłożu. Sławne są z tego zarośla nadmorskie krajów podzwrotnikowych, t. zw. mangrowe.



Ryc. 592. *Pandanus dubius.* Drzewo ze wspierającemi korzeniami. — Według BLUMEGO.

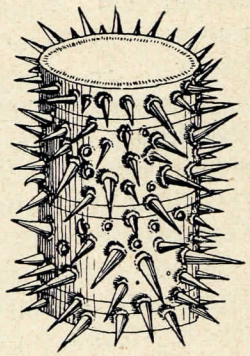
Bardzo szczególne wykształcenie mają korzenie wspierające u niektórych gatunków rodzaju *Ficus*. Korzenie te wyrastają nie z dolnej części pnia, lecz z gałęzi. Z początku cienkie i wiotkie, zaczynają one rosnąć na grubość, skoro tylko zagłębią się w ziemi i otrzymają przez to możność pobierania z gleby wody i soli mineralnych. Ten wzrost na grubość jest tak wydatny, że powstają mocne słupy o wyglądzie pni drzewnych. Gałęzie otrzymują w ten sposób mocne oparcie i zarazem dodatkowe źródło pokarmów, dzięki czemu rozrastają się ogromnie. Zczasem pień drzewa marnieje i wszystkie konary zostają zawieszone w powietrzu na licznych kolumnowych korzeniach wspierających (ryc. 593).

Dalej bardzo ciekawą odmianą korzeni u roślin podzwrotnikowych są korzenie przeobrażone w ciernie. Występują one u niektórych palm, np. u *Mauritia aculeata* (ryc. 594). Wygląd ich nie jest wcale podobny do korzeni. Ich natura morfologiczna przejawia się między innemi w tem, że tworzą się pod korą i wysuwają nazewnątrz, przebijając ją nawylot. W tym przypadku korzenie spełniają czynności ochronne, odstraszając większe zwierzęta roślinożerne.



Ryc. 593. *Ficus*. Starszy okaz ze spróchniałym pniem, wsparty na korzeniach powietrznych. (Rycina schematyzowana). — Według MASSARTA.

Korzenie mogą służyć także do doprowadzania tlenu do systemu korzeniowego Są to t. zw. korzenie oddechowe, odgrywające bardzo ważną rolę w bagnistych terenach, w których gleba zawiera mało tego niezbędnego do życia gazu. Takie korzenie rosną nie wdół lecz do góry, dzięki czemu wysuwają się ponad powierzchnię gruntu i ewentualnie ponad pokrywającą go wodę. Bardzo typowe wykształcenie ich spotykamy w mangrowach, np. u *Avicennia nitida* (ryc. 595). W związku ze swojemi czynnościami korzenie powietrzne mają korę zbudowaną z bardzo luźnej tkanki, t. zw. aerenchymy, z bardzo obszernemi przestworami międzykomórkowemi, przez które powietrze może z łatwością przenikać w głąb rośliny (ryc. 596).

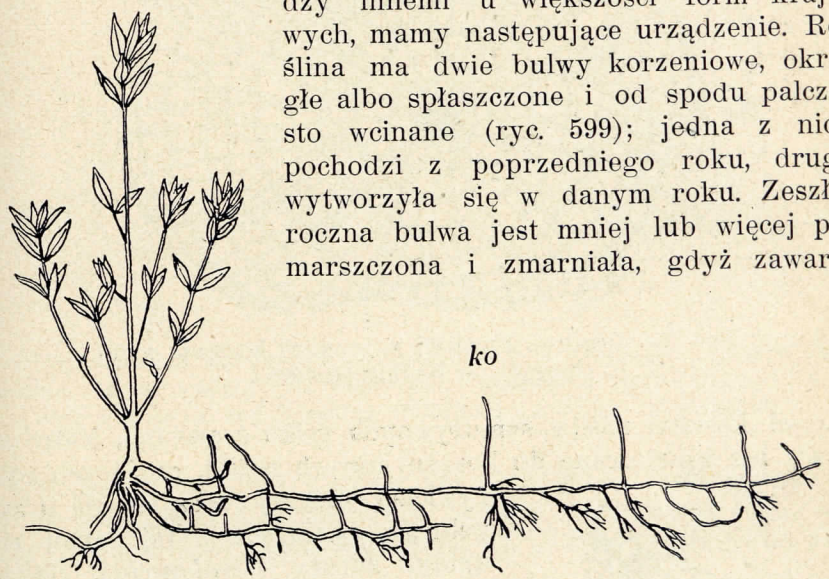


Ryc. 594. *Mauritia aculeata*. Kawałek pnia z korzeniami przeobrażonemi w ciernie. — Według DRUDEGO.

Bardzo ciekawe czynności spełniają korzenie u roślin, mających bulwy albo cebule. Te narządy muszą się znajdować na pewnej określonej głębokości w ziemi. Tymczasem kiełkowanie nasion w naturalnych warunkach odbywa się na powierzchni gleby. Otóż korzenie dokonują zagłębiania bulw i cebul w ziemię. Do tego służą specjalne kurczliwe korzenie,

które różnią się od innych korzeni swoją większą średnicą i pomarszczoną skutkiem kurczenia się kory powierzchnią (ryc. 597).

Korzenie spełniają nieraz czynności przechowywania zapasów. Takie korzenie spichrzowe są mniej lub więcej zgrubiałe. Mogą to być zarówno korzenie główne, jak przybyszowe (ryc. 598). Zgrubienie pochodzi przeważnie z przerostu tkanki miękiszowej kory pierwotnej. Na szczególną uwagę zasługują korzenie śpichrzowe u storczyków. U wielu z pośród nich, między innemi u większości form krajowych, mamy następujące urządzenie. Roślina ma dwie bulwy korzeniowe, okrągłe albo spłaszczone i od spodu palczasto wcinane (ryc. 599); jedna z nich pochodzi z poprzedniego roku, druga wytworzyła się w danym roku. Zeszłoroczna bulwa jest mniej lub więcej pomarszczona i zmarniała, gdyż zawarte

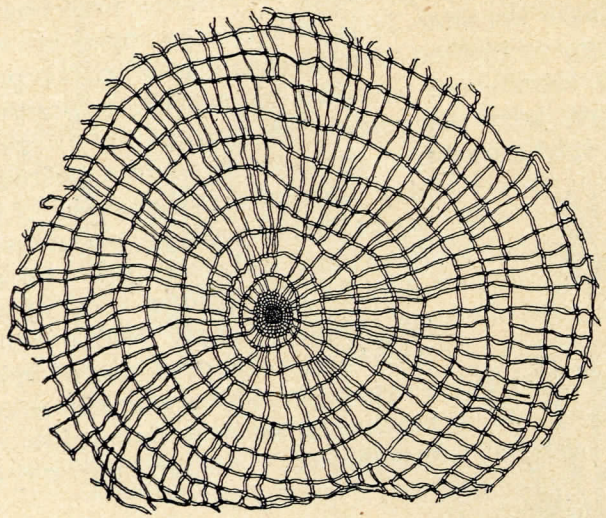


Ryc. 595. *Avicennia nitida*. Młoda roślina z systemem korzeniowym, wytwarzającym korzenie oddechowe *ko*. — Według BÖRGESENA.

w niej zapasy zostały zużyte na wytworzenie tegorocznego pędu nadziemnego. Tegoroczna natomiast jest twarda i jędrna i gromadzi zapasy na rok przyszły. Bulwy storczyków powstają ze zrośnięcia się korzeni korowemi częściami; stele przebiegają osobno jedna od drugiej wśród wspólnej tkanki korowej (ryc. 599 *C*) (polistelja). Bulwy korzeniowe należy odróżniać od bulw, powstających na pędach podziemnych, takich jak bulwy ziemniaka.

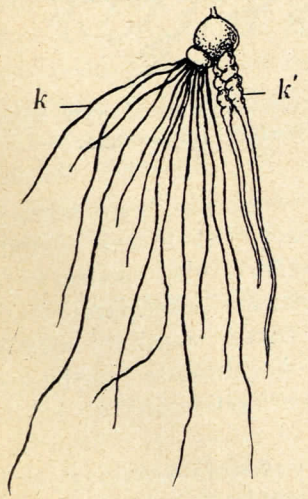
U pasorzytów korzenie służą do wysysania soków pożywnych z żywiciela. Ulegają one przytem pewnym zmianom w ukształtowaniu i budowie anatomicznej, które mogą iść tak daleko, że rozpoznanie ich natury morfologicznej staje się nieraz trudne. Rozpatrzymy z początku pasorzyty, żyjące na

ziemi. U zielonych półpasorzytów z rodziny trędownikowatych *(Scrophulariaceae)*, takich jak świetlik *(Euphrasia)* i pszeniec *(Melampyrum)*, korzenie są zupełnie normalne i różnią



Ryc. 596. *Jussiaea*. Przekrój poprzeczny korzenia oddechowego. — Według GOEBELA.

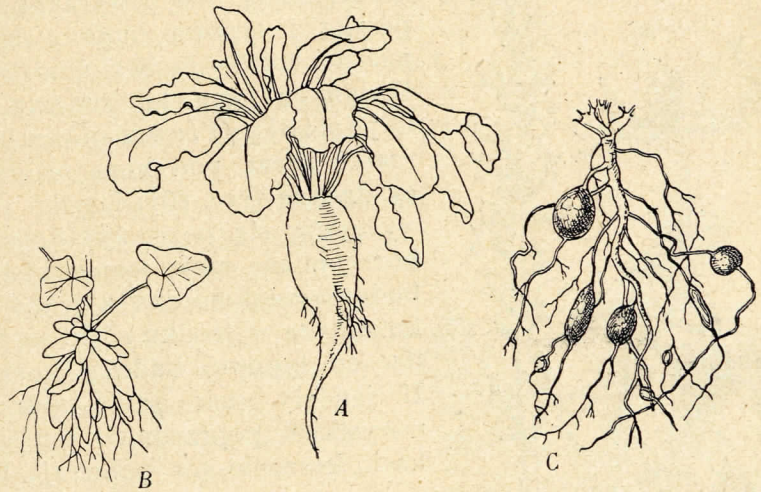
się od korzeni roślin samożywnych tylko ssawkami, które są przez nie wpuszczane do korzeni innych roślin, grających rolę żywicieli. Inaczej rzecz ma się u zupełnego pasorzyta z tej samej rodziny, zarazy *(Orobanche)*. Są to rośliny bezzieleniowe, barwy żółtawej, pasorzytujące na korzeniach rozmaitych roślin zielnych. Kiełkujące nasiona zarazy nie zawierają wykształconego zarodka, wyrasta z nich nitkowata roślinka zupełnie niezróżnicowana. Ta roślinka dolnym końcem umocowuje się na korzeniu żywiciela i tworzy na nim nabrzmienie, które rozrasta się coraz bardziej, podczas gdy górna część marnieje (ryc. 600, *A*). Z tego nabrzmienia wrasta do korzenia żywiciela ssawka, oprócz tego wyrasta pęd nadziemny z kwiatami oraz korzenie, które kierują się do



Ryc. 597. *Crocus longifolius*. Bulwa z korzeniami normalnemi *(k)* i kurczliwemi *(k')*. — Według GOEBELA.

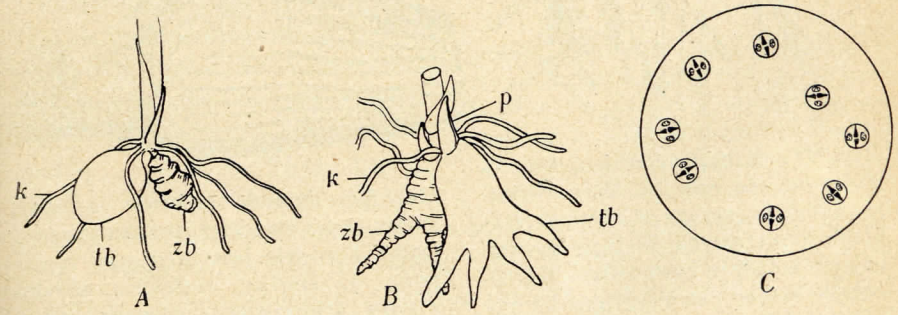
innych korzeni żywiciela, wpuszczając do nich ssawki (ryc. 600, *B*).

Osobliwe jest urządzenie systemu korzeniowego u pasorzytów, żyjących nad ziemią na gałęziach drzew. Mamy ten



Ryc. 598. Korzenie śpichrzowe. — *A* Burak *(Beta vulgaris)*. — *B* Pszonka *(Ficaria ranunculoides)*. — *C* Więzówka *(Filipendula hexapetala)*. — *A* według BAILLONA, *B* i *C* według BONNIERA i LECLERC DU SABLONA.

przypadek w rodzinie gązewnikowatych *(Loranthaceae)*. Są to półpasorzyty o zielonych pędach, pobierające od żywiciela tylko wodę i sole mineralne. U pewnej części form, na-

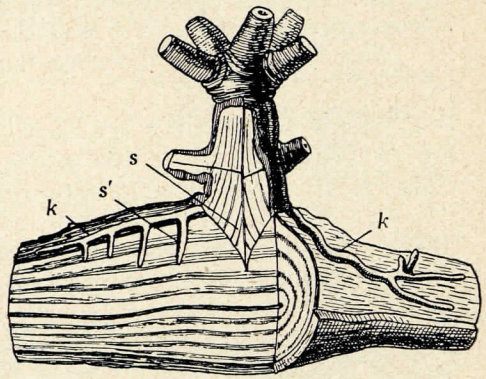


Ryc. 599. Bulwy korzeniowe storczyków. — *A Ophrys muscifera*, system korzeniowy z zeszłoroczną *(zb)* i tegoroczną *(tb)* bulwą oraz z korzeniami odżywczemi *(k)*. — *B Orchis maculata*, system korzeniowy; te same oznaczenia, co w *A*, nadto *p* zaczątek (pączek) przyszłorocznego pędu. — *C Ophrys muscifera*. Schemat budowy bulwy korzeniowej, w stelach czarną barwą jest oznaczony ksylem, kreskowaniem — floem. — Według IRMISCHA, BONNIERA i LECLERC DU SABLONA.

leżących do tej rodziny, np. w podzwrotnikowym rodzaju *Struthanthus*, korzenie oplatają gałęzie drzewa żywiciela z zewnątrz i w pewnych miejscach wytwarzają ssawki, które przebijają korę i wchodzą do drewna. Korzenie te mają dosyć wyraźną czapeczkę i typową budowę anatomiczną, coprawda bez śródskórni. U innych form tej rodziny, np. u jemioły *(Viscum album)*, korzenie rosną pod korą na granicy drewna (ryc. 601) i tylko pędy wysuwają się poza żywiciela. Te korzenie nie mają czapeczki i ich budowa anatomiczna z jedną tylko wiązką w środku różni się bardzo od typowej budowy korzeni. U jemioły, tak samo jak we wszystkich poprzednich przypadkach, korzenie nie pobierają bezpośrednio soków z żywiciela, lecz czynią to przy pomocy ssawek. Pierwsza ssawka tworzy się przy kiełkowaniu z pod-



Ryc. 600. Zaraza *(Orobanche)*. — *A Orobanche ramosa*. Trzy kiełkujące roślinki zarazy w różnych stadjach rozwojowych, siedzące na tym samym korzeniu żywiciela. — *B Orobanche minor* pasorzytująca na koniczynie *(Trifolium repens)*; *kp* korzenie pasorzyta, *kż* korzenie żywiciela. — *A* według Casparyego, *B* według Karstena.



Ryc. 601. Jemioła *(Viscum album)*. Dolna część starszego krzaka jemioły. Gałąź żywiciela jest częściowo rozłupana do środka, częściowo obrana z kory; *k* korzenie, *s* pierwotna ssawka, która wytworzyła się z części podliścieniowej zarodka przy kiełkowaniu nasienia, *s'* ssawki wtórne wyrośnięte z korzeni. — Według Sachsa.

liścieniowej części łodygi zarodka (ssawka pierwotna), inne wyrastają z korzeni (ssawki wtórne).

Ssawki są u pasorzytów narządem pomocniczym przy pobieraniu pokarmów z żywiciela. Nie są to bynajmniej odgałęzienia korzeni, tworzą się bowiem z kory i składają się początkowo z samego tylko miękiszu, wytwarzając dopiero później naczynia w środkowej swojej części. Ssawki mogą się tworzyć także na łodydze, jak to jest np. u kanianki, która wcale nie ma korzeni.

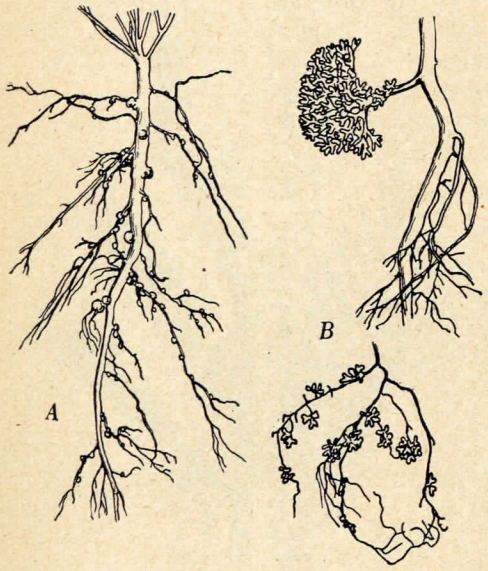
Najbardziej krańcowe stadjum pasorzytnictwa z najdalej idącemi zmianami morfologicznemi spotykamy w rodzinie *Rafflesiaceae*, w której roślina żyje całkowicie wewnątrz żywiciela, wypuszczając nazewnątrz tylko kwiaty (ryc. 602). Te rośliny nietylko nie wykształcają korzeni, lecz także i pędów. Całe ich ciało nie ma określonego kształtu i składa się z tkanki słabo zróżnicowanej.

Bardzo ciekawem zjawiskiem jest współżycie korzeni z bakterjami i grzybami. Pod wpływem bakteryj, które dostają się do tkanek korzeni przez włośniki, tworzą się na korzeniach charakterystyczne bulwki (ryc. 603). Takie bulwki są powszechnem zjawiskiem w rodzinie motylkowatych *(Papilionaceae)*. Poza tem stwierdzono ich obecność u różnych gatunków olszy *(Alnus)*, u woskownicy *(Myrica Gale)*, rokitnika *(Hippophaë rhamnoides)* i oliwnika *(Eleagnus)*. Jak to będzie dokładniej opisane w fizjologicznej części tej książki, bakterje żyjące w omawianych bulwkach przyswajają azot z powietrza i zaopatrują w związki azotowe roślinę, czerpiąc z niej związki organiczne bezazotowe. Zachodzi tu bardzo ciekawy przypadek symbiozy.

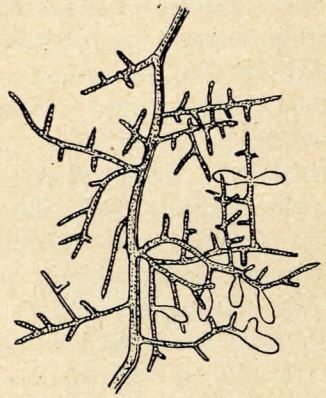


Ryc. 602. *Pilostyles Ulei*. Pasorzyt z rodziny *Rafflesiaceae*, żyjący w pniu *Mimosa setosissima* i wypuszczający nazewnątrz tylko kwiaty. — Według Goebela.

O współżyciu korzeni z grzybami była już mowa przy nagozalążkowych, w szczególności w rozdziale poświęconym drzewom szpilkowym (ryc. 557). Przez połączenie grzybni z korzeniami powstają twory zwane mykorhizami. Jest to zjawisko dosyć częste u okrytozalążkowych. Spotykają się tu obie formy mykorhizy: ektotroficzna i endotroficzna. Ektotroficzna występuje u wszystkich prawie naszych drzew leśnych, przybierając formy podobne, jak u drzew szpilkowych. Jako przykład można przytoczyć buk *(Fagus silvatica)*. U tego drzewa odgałęzienia korzeni zamienione na mykorhizę



Ryc. 603. Bulwki na korzeniach spowodowane przez bakterje. — *A Lotus corniculatus. B Alnus glutinosa.* — Według BURGEFFA.

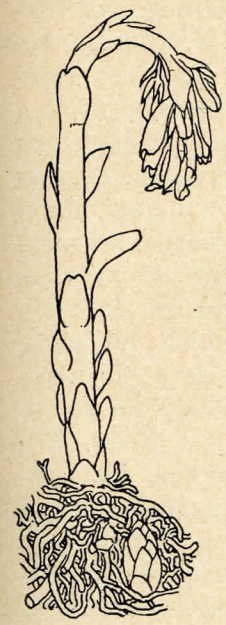


Ryc. 604. *Fagus silvatica.* Część systemu korzeniowego z mykorhizą: rozgałęzienia żyjące w symbiozie z grzybami wyróżniają się nabrzmieniem. — Według MÜLLERA.

nabrzmiewają w sposób charakterystyczny (ryc. 604). Mykorhiza endotroficzna jest właściwością wszystkich bezzieleniowych form, żyjących jako roztocza na bogatej w próchnicę glebie leśnej, naprzykład u korzeniówki *(Monotropa Hypopitys)* (ryc. 605), sławnej z tego powodu, że u niej mykorhiza była po raz pierwszy stwierdzona, a to dzięki pracom KAMIEŃSKIEGO.

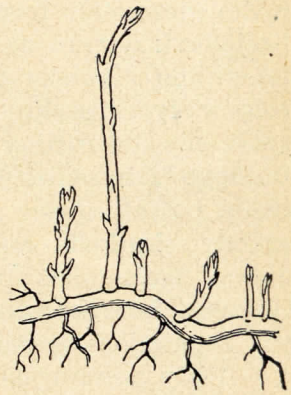
Na korzeniach nigdy nie tworzą się liście, natomiast często powstają pączki, t. zw. pączki przybyszowe, z których następnie wyrastają nadziemne pędy. Można to widzieć np. u pospolitej wszędzie lnianki *(Linaria vulgaris)* (ryc. 606). Pączki przybyszowe powstają po większej części w głębi korze-

ni, w okolnicy, tak jak korzenie pochodne, i torują sobie drogę, przerywając korę. Te pączki korzeniowe mają wielkie znaczenie, jako środek rozmnażania wegetatywnego, gdyż każdy pączek może dać początek nowej roślinie, która oddziela się łatwo od rośliny macierzystej przez zniszczenie łączącego je korzenia.



Ryc. 605. *Monotropa Hypopitys.* Pokrój rośliny. — Według WETTSTEINA.

171. Pędy. Pędy okrytozalążkowych, w przeciwieństwie do nagozalążkowych, nie wykazują podobieństwa do paprotników. Rozgałęzienie dichotomiczne liści spotyka się tylko wyjątkowo *(Ceratophyllum, Drosera*, patrz ryc. 710), tak samo ślimakowate skręcenie młodych liści *(Drosera)*. Dośrodkowy ksylem nie występuje wcale. Pędy roślin okrytozalążkowych, w przeciwieństwie do nagozalążkowych, często nie posiadają przyrostu wtórnego albo mają przyrost słaby. Mamy wtedy do czynienia z pędami zielnemi, które trwają przez jeden okres wegetacyjny i giną z nastaniem zimy albo okresu suszy. Wykształcenie pędów u okrytozalążkowych jest bardzo różne, co stoi zwykle w pewnym związku ze spełnianemi przez nie czynnościami i z warunkami środowiska.



Ryc. 606. *Linaria vulgaris.* Korzeń poziomo rosnący z przybyszowemi pączkami. — Według WARMINGA.

W większości przypadków pędy znajdują się ponad ziemią w powietrzu i służą do przyswajania dwutlenku węgla oraz do rozmnażania przy pomocy kwiatów. Są one zielone i mają duże płaskie liście, w których odbywa się większa część czynności asymilacyjnej. Takie pędy nazywać będziemy powietrznemi.

Pędy powietrzne mają w pewnych przypadkach odmienną postać, spowodowaną przez redukcję liści, która może iść aż do zupełnego ich zaniku. Stoi to zwykle w związku z transpiracją, której podlegają wszystkie powietrzne narządy rośliny. Tran-

spiracja powoduje utratę wody, która jest tem większa, im większa jest powierzchnia liści. Powierzchnia łodygi jest naogół mała i nie wchodzi tu w rachubę. Zbyt szybka transpiracja może być oczywiście niebezpieczna dla rośliny. Powierzchnia liści powinna być wobec tego tem mniejsza, im klimat jest bardziej suchy. Z drugiej jednak strony asymilacja dwutlenku węgla odbywa się tem wydatniej, im powierzchnia liści jest większa. W ten sposób transpiracja i asymilacja stawiają liściom wymagania wprost przeciwne, które mogą być zaspokojone tylko w drodze kompromisu. Wyrazem tego kompromisu są rozmaite szczególne formy pędów, odbiegające od normalnej. Trzeba jednak odrazu zaznaczyć, że bynajmniej nie wszystkie morfologiczne zjawiska tego rodzaju mają tak łatwo zrozumiałą rolę w życiu rośliny. Jest dużo takich form pędów, których znaczenie dla rośliny jest nieznane i które być może nie mają żadnego znaczenia. Pochodzi to między innemi stąd, że wiele roślin potrafi znosić szybką utratę wody bez żadnej dla siebie szkody, skutkiem energicznego pobierania wody z gleby. Ponieważ mechanizm pobierania wody przez korzenie jest dotychczas bardzo mało znany, zależność pędów od transpiracji jest zagadnieniem dalekiem od rozwiązania.

Pędy powietrzne mogą mieć postać odmienną od normalnej także w związku ze specjalnemi czynnościami przez nie spełnianemi; tak jest z pędami zamienionemi w ciernie, z pędami śpichrzowemi, z pędami służącemi do rozmnażania wegetatywnego, wreszcie z pędami roślin owadożernych i pasorzytów.

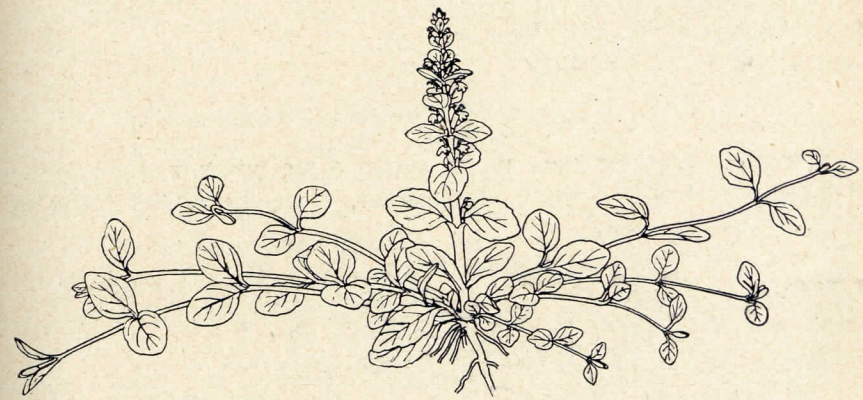
Postać i budowę nieraz bardzo szczególną mają pędy wodne, znajdujące się w zupełnie odmiennych warunkach, nienarażone na utratę wody przez transpirację, natomiast odcięte od bezpośredniej łączności z atmosferą i wystawione na silne działania mechaniczne środowiska. Tym pędom poświęcimy osobny ustęp.

Osobno także rozpatrzymy pędy podziemne, które nie asymilują dwutlenku węgla i służą do przechowywania zapasów, do zabezpieczania rośliny w czasie niekorzystnych dla wegetacji pór roku oraz do rozmnażania wegetatywnego.

Rozmaitość w wykształceniu pędów u roślin okrytozalążkowych na tem się nie zatrzymuje. Odcinki pędów nadziemnych, na których tworzą się kwiaty, przybierają często szczególniejszą postać przez odmienne rozgałęzienie i odmienne wykształcenie liści, t. zw. przykwiatków (bracteae). Powstają w ten sposób kwiatostany (inflorescentia), które

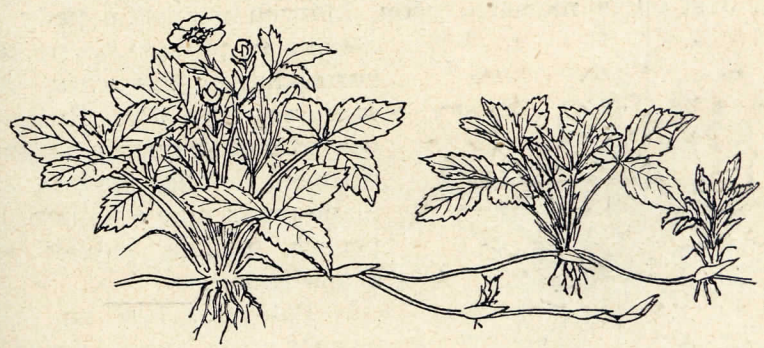
wymagają osobnego omówienia. Wreszcie same kwiaty, których zadaniem jest rozmnażanie, są także pewnego rodzaju pędami, mającemi bardzo szczególną budowę.

172. Pędy powietrzne. Ten rodzaj pędów posiada łodygę przeważnie skierowaną pionowo do góry. Takie ich położenie



Ryc. 607. *Ajuga reptans.* Okaz z wzniesionym pędem kwiatowym i kilkoma pędami płożącemi się. — Według Goebela.

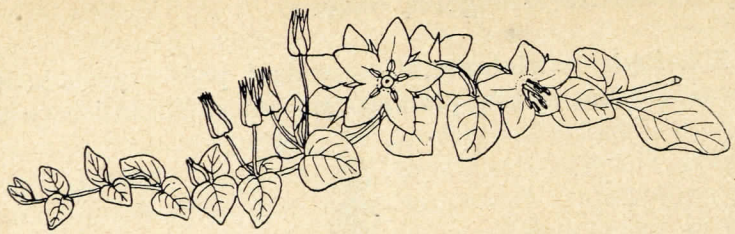
zapewnia narządom asymilacyjnym, liściom, możliwie korzystne oświetlenie, niezbędne dla asymilacji. Nie jest to jednak konieczne, bo jest sporo roślin, które oprócz pędów wzniesionych mają także pędy płożące się, np. dąbrówka rozłogowa *(Ajuga reptans)* (ryc. 607). Takie płożące się pędy spełniają inne czyn-



Ryc. 608. *Fragaria vesca.* Roślina z rozłogami. — Według Baillona.

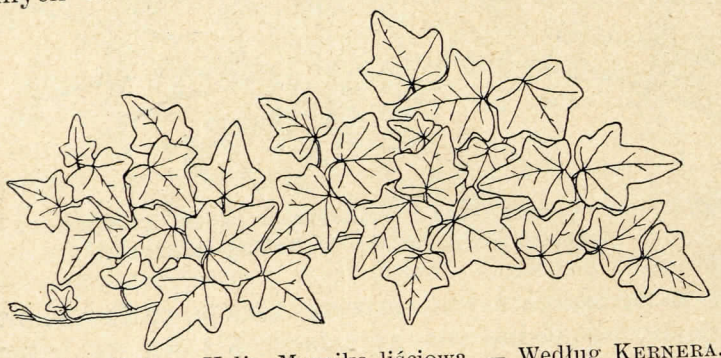
ności niż wzniesione: nie wytwarzają kwiatów i służą tylko do asymilacji i rozmnażania wegetatywnego. Ta ostatnia czynność odbywa się w ten sposób, że na węzłach tworzą się korzenie

i pączki przybyszowe i po pewnym czasie nowa roślina oddziela się od macierzystej przez butwienie płożącego się pędu.



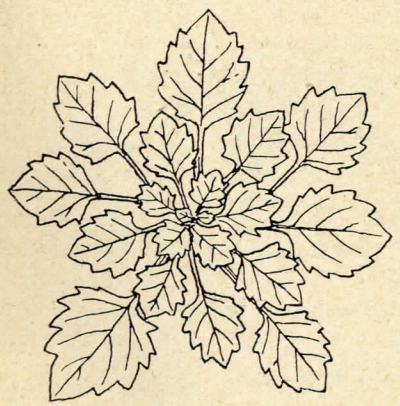
Ryc. 609. Płożący się pęd *Lysimachia Nummularia.*

W pewnych przypadkach pędy płożące się wytwarzają zamiast normalnych liście drobne, łuskowate, i wtedy służą tylko do



Ryc. 610. *Hedera Helix.* Mozaika liściowa. — Według KERNERA.

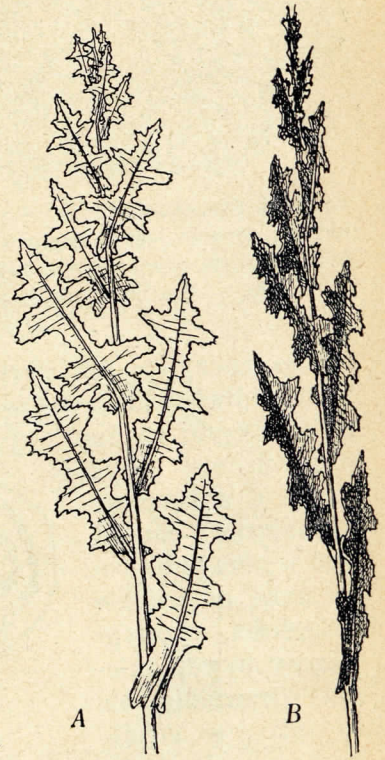
rozmnażania. Takie pędy noszą nazwę r o z ł o g ó w. Powszechnie znanym przykładem jest poziomka *(Fragaria vesca)* (ryc. 608). Jest także niemało roślin, których wszystkie pędy nadziemne są płożące się, np. tojeść rozesłana *(Lysimachia Nummularia)* (ryc. 609). Rośliny te oczywiście otrzymują stosunkowo mało światła, gdyż są zasłaniane przez inne o wzniesionych pędach, umieją jednak sobie z tem radzić.



Ryc. 611. *Campanula pusilla.* Rozetka liściowa. — Według KERNERA.

Położenie liści na pędach powietrznych bywa bardzo różne. U wielu okrytozalążkowych zajmują one położenie, określone ich stosunkiem do łodygi i zarazem niezależne od oświetlenia. U innych natomiast po-

łożenie liści jest określone przez kierunek najsilniejszego światła: ustawiają się one albo prostopadle do tego kierunku, albo równolegle do niego. Ustawienie prostopadłe do kierunku światła zapewnia liściom najsilniejsze oświetlenie, korzystne do wykonywania asymilacji. To oświetlenie zostaje wzmożone jeszcze przez tworzenie t. zw. m o z a i k l i ś c i o w y c h, polegających na takim układzie liści, przy którym jeden liść nie zasłania drugiego. Klasyczny przykład mozaiki liściowej daje bluszcz *(Hedera Helix)* (ryc. 610) i klon *(Acer platanoides).* Bardzo ładną mozaikę tworzą także liście skróconych pędów, ułożone w rozetkę, np. u *Campanula pusilla* (ryc. 611). Ustawienie liści równolegle do kierunku najsilniejszego światła spotyka się u niektórych roślin słonecznych stanowisk. Ponieważ najsilniejsze światło jest w południe, liście takich roślin ustawiają się pionowo w kierunku południkowym, co można widzieć u sałaty południowej *(Lactuca Scariola)* (ryc. 612) (rośliny k o m p a s o w e). Takie położenie liści jest pożyteczne dla rośliny, gdyż zabezpiecza ją od zbyt silnego działania promieniowania w południe. Trzeba jednak odrazu dodać, że obok roślin kompasowych w tych samych warunkach żyją inne rośliny z liśćmi ustawionemi inaczej i to bez żadnej dla siebie szkody.

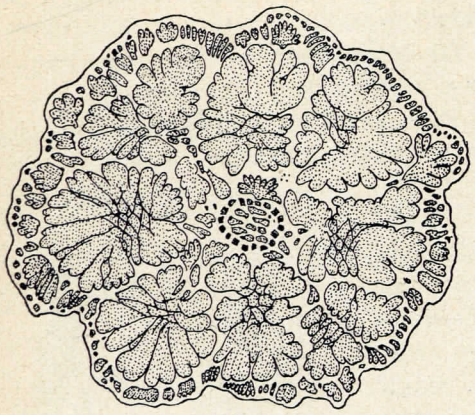


Ryc. 612. *Lactuca Scariola.* — *A* Pęd widziany od wschodu. — *B* Pęd widziany od strony SSW. — Według KERNERA.

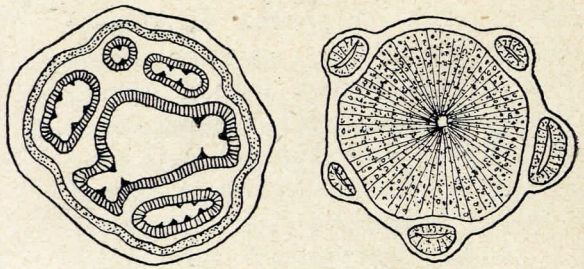
Liście drzewiastych form u roślin okrytozalążkowych w krajach o mroźnej zimie po większej części opadają na zimę. Pod tym względem okrytozalążkowe różnią się od nagozalążkowych, u których opadanie liści jest zjawiskiem wyjątkowem. Opadanie liści jest poprzedzone przez tworzenie się warstwy tkanki korkowej wpoprzek ogonka. W ten sposób rana, spowodowana przez opadnięcie liścia, zostaje natychmiast zabliźniona.

Jest dużo takich roślin okrytozalążkowych, których pędy są zbyt wiotkie, ażeby się mogły trzymać same w położeniu

pionowem, a które wznoszą się do góry, czepiając się innych roślin albo jakichkolwiek martwych podpór, znajdujących się wpobliżu. Są to rośliny pnące się, inaczej zwane pnączami albo lianami. Ich pędy odznaczają się znaczną długością przy małej grubości. Rośliny te są szczególnie rozpowszechnione w wilgotnych podzwrotnikowych lasach, gdzie osiągają nieraz długość kilkudziesięciu metrów i grubość dochodzącą do ramienia ludzkiego. Łodygi ich mają ciekawe osobliwości anatomiczne. Przedewszystkiem bardzo silnie są w nich wykształcone tkanki przewodzące: zarówno naczynia, jak rurki sitowe są bardzo liczne i szerokie. Ta osobliwość anatomiczna odgrywa niewątpliwie bardzo ważną rolę w życiu roślin pnących się, gdyż woda i substancje organiczne muszą być w nich przeprowadzane na wielkie odległości. Łodygi pnączy bywają nieraz zdrewniałe, ale to tylko w strefie gorącej. Przyrost wtórny ma u nich często charakter anormalny skutkiem rozbicia drewna na części oddzielone od siebie miękiszem. Zjawisko to jest spowodowane przez rozrastanie się miękiszu drzewnego lub promieni rdzeniowych, jak u *Bauhinia* (ryc. 613), albo przez wytwarzanie



Ryc. 613. *Bauhinia*. Przekrój poprzeczny łodygi; drewno jest zacieniowane, tkanki niezdrewniałe pozostawione bez cieniowania. — Według SCHLEIDENA.



A *B*

Ryc. 614. *Serjania*. — *A* Przekrój poprzeczny młodej łodygi dziesięciokrotnie powiększony; tkanka mechaniczna jest uwydatniona kropkowaniem, drewno — kreskowaniem, ksylem — czarną barwą. — *B* Przekrój poprzeczny starszej łodygi w naturalnej wielkości; drewno jest zakreskowane. — *A* według NÄGELIEGO, *B* według SCHLEIDENA.

w korze nadliczbowych tkanek twórczych wtórnych, jak u *Serjania* (polistelja) (ryc. 614). Takie wykształcenie drewna jest w pewnej mierze dla lian pożyteczne, gdyż nadaje łodygom większą giętkość, która przy ich sposobie życia jest pożądana.

Najciekawszą rzeczą w morfologji pnączy jest ich sposób umocowywania się na podporach. Przy omawianiu systemu korzeniowego w ust. 170 była już mowa o niektórych pnączach,

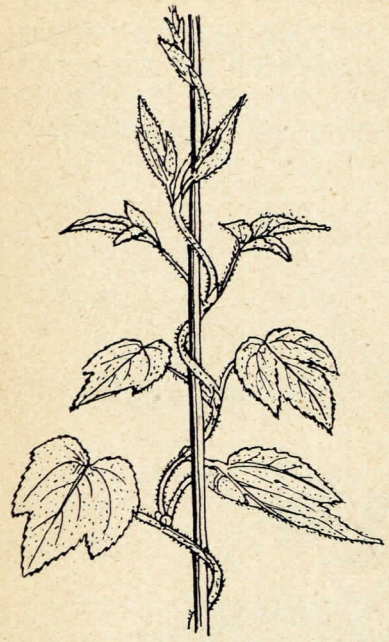


Ryc. 615. *Calamus adspersus*. Szczyt pędu z liśćmi, których górna część jest opatrzona cierniami. — Według BLUMEGO.

czepiających się drzew przy pomocy specjalnych korzeni przybyszowych (ryc. 590). Częściej jednak pędy umocowują się własnemi środkami.

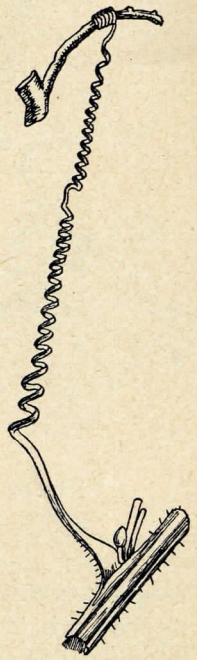
W najprostszym przypadku roślina czepia się podpory biernie przy pomocy kolców albo cierni. Tak jest np. u pnących się palm z rodzaju *Calamus* (ryc. 615), mających pierzaste liście z górnemi odcinkami zamienionemi na zwrócone wdół ciernie.

Czynne umocowywanie się pnących pędów odbywać się może albo przez owijanie się naokoło podpory, albo przy pomocy specjalnych narządów chwytnych, t. zw. wąsów. Pierwszy sposób można obserwować naprzykład u chmielu *(Humulus Lupulus)* (ryc. 616). Drugi sposób przedstawia dużo rozmaitych odmian. Przedewszystkiem wąsy mogą się umocowywać na podporze albo przez owijanie się naokoło niej (ryc. 617), albo, co bywa stosunkowo rzadko, przez przyrastanie do niej specjalnemi ssawkami (ryc. 618). Wąsy są walcowatego kształtu i przypominają swoją postacią łodygę. Na końcu są one zwykle rozgałęzione. Morfologicznie mogą być bardzo różnej natury. Rozpatrzmy pokolei ważniejsze ich rodzaje.



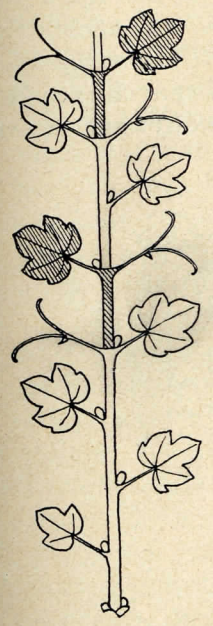
Ryc. 616. *Humulus Lupulus.* Wijący się pęd. — Według Baillona.

U pewnej części pnączy rolę wąsów odgrywają wykształcone w sposób szczególny gałęzie. Tak jest np. w obu dopiero co przytoczonych przykładach. Tak samo jest u wina *(Vitis vinifera)*, który to przykład rozpatrzymy nieco dokładniej. Pędy tej rośliny mają budowę sympodjalną. Świadczy o tem położenie wąsów względem liści: znajdują się one po przeciwnej stronie łodygi (ryc. 619). Każdy wąs jest zakończeniem położonej pod nim części pędu, zaś część pędu znajdująca się nad nim jest boczną gałęzią wyrośniętą z pachwiny liścia. W pachwinie liścia wyrasta oprócz tego nadliczbowy (rzędowy) pączek.

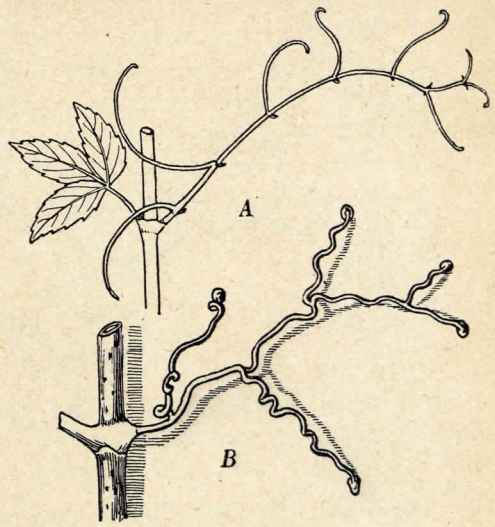


Ryc. 617. *Bryonia.* Wąs skręcony górną częścią naokoło podpory. — Według Sachsa.

Często zdarza się, że wąsy powstają nie z pędów, lecz z liści lub ich części. Liść przeobrażony całkowicie w wąs posiada *Lathyrus Aphaca*, bardzo ciekawy gatunek groszku, spotykany na polach Europy zachodniej (ryc. 620). Czynności asymilacyjne są tu spełniane zamiast liści przez duże strzałkowate przylistki. Warto zaznaczyć, że u młodej roślinki liście wykształcają się tak samo jak u większości gatunków tego rodzaju i posiadają parę normalnych blaszek. Częściej zdarza się, że tylko górna część liścia jest przemieniona w wąs. Tak jest u wielu motylkowatych, np. u grochu *(Pisum sativum)* (ryc. 621). U *Smilax*, roślin z rodziny liljowatych *(Liliaceae)*, wąsy tworzą się z przylistków (ryc. 622). Wreszcie u niektórych roślin ogonek liściowy gra rolę wąsa, okręcając się naokoło podpory; tak jest u niektórych gatunków powojnika *(Clematis)*. Mamy tu przykład narządów, spełniających te same czynności, ale mających różną naturę morfologiczną.

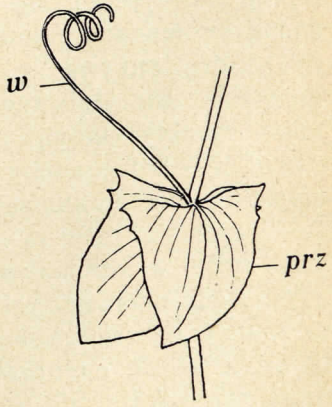


Ryc. 619. *Vitis vinifera.* Schemat sympodjalnej budowy pędu; części jego, stanowiące morfologiczną całość, są naprzemian kreskowane i niekreskowane. — Według Eichlera.



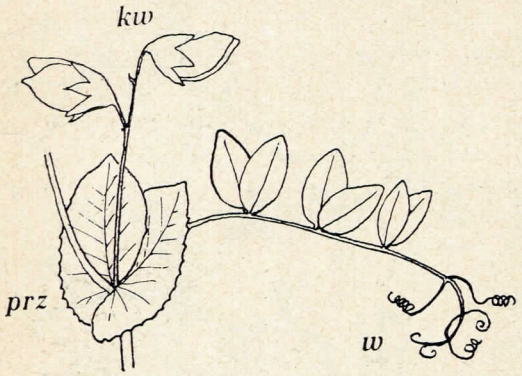
Ryc. 618. *Parthenocissus.* — *A* Część pędu z wąsem. — *B* To samo z wąsem umocowanym do podpory. — Według Darwina.

Zkolei rozpatrzymy teraz pędy kseromorficzne, to znaczy wykształcone w ten sposób, że transpiracja jest zmniejszona. Otóż do zmniejszenia strat wody prowadzi przedewszystkiem zmniejszenie



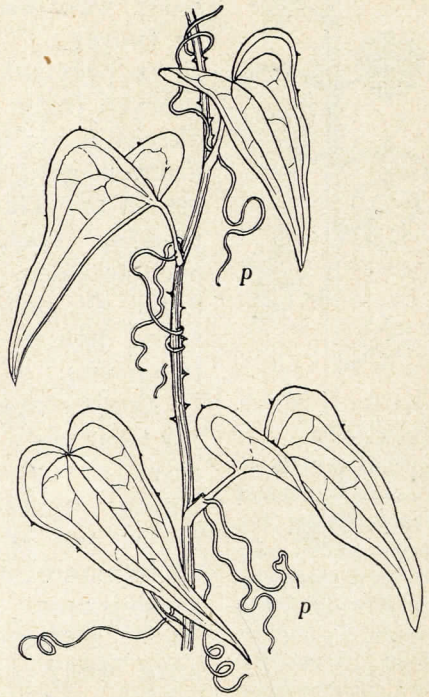
Ryc. 620. *Lathyrus Aphaca.* Część pędu; *prz* przylistki, *w* wąsy. — Według Schencka.

powierzchni w stosunku do objętości. Dlatego też pędy kseromorficzne mają liście drobne albo nie mają ich wcale. Skutkiem redukcji liści takie pędy przybierają nieraz charakterystyczną „rózgowatą“ postać; klasycznym tego przykładem jest śródziemnomorski krzew *Spartium junceum* (ryc. 623, *A*). Jednocześnie zdarza się nieraz, że tworzą się osobne, skrócone twarde pędy, zamienione na ciernie, jak to jest np. u pospolitego na zachodzie Europy *Ulex europaeus* (ryc. 623, *B*). Drobne liście pędów kseromorficznych zwykle opadają po pewnym czasie. Asymilacja jest dokonywana przez łodygę, w której wykształca się tkanka palisadowa.



Ryc. 621. *Pisum sativum.* Część pędu; *prz* przylistki, *w* wąs, *kw* kwiaty.

Wraz z zanikiem liści występuje u wielu roślin silne pogrubienie łodygi, spowodowane przez wytworzenie wielkich ilości tkanki wodnej. Roślina w ten sposób jeszcze lepiej zabezpiecza się przed suszą, gromadząc zapasy wody, które zużywa w miarę potrzeby. Nic dziwnego, że takie rośliny mogą rosnąć nawet w bardzo suchym klimacie, co nie wyklucza tego, że niektóre z nich są spotykane tylko w klimacie wilgotnym. Pędy omawianego typu, to znaczy ze zredukowanemi liśćmi a silnie zgrubiałą łodygą, spotykają się w różnych rodzinach obok pędów normalnych. Dla jednej jednak rodziny stanowią one cechę charakterystyczną, a mianowicie dla kaktusowatych *(Cactaceae),* znanych powszechnie mieszkańców amerykańskich pustyń. Zgrubiałe soczyste łodygi tych roślin mają kształt walcowaty (ryc. 624), kulisty albo spłaszczony (ryc. 625 i 626). W ostatnim przypadku gałęzie łodygi przypominają swoim wyglądem liście, zwłaszcza jeżeli mają pierzasto rozgałęzione wiązki, wcięcia na brzegu i u podstawy zwężenie podobne do ogonka, jak u *Rhipsalis* (ryc. 626). Są one w pierwszych stadjach rozwojowych walcowate i spłaszczają się dopiero później; można to obserwować z łatwością u *Opuntia* (ryc. 625, *mp* i *wp*). Liście u kaktusowatych są widoczne tylko na młodych pędach; są one drobne, łuskowate albo walcowate. Można je widzieć np. u *Opuntia* (ryc. 625, *mp*). Bardzo prędko zamierają one i miejsce ich na łodydze zaznacza się tylko pękami kolców, które wyrastają z ich pachwiny.

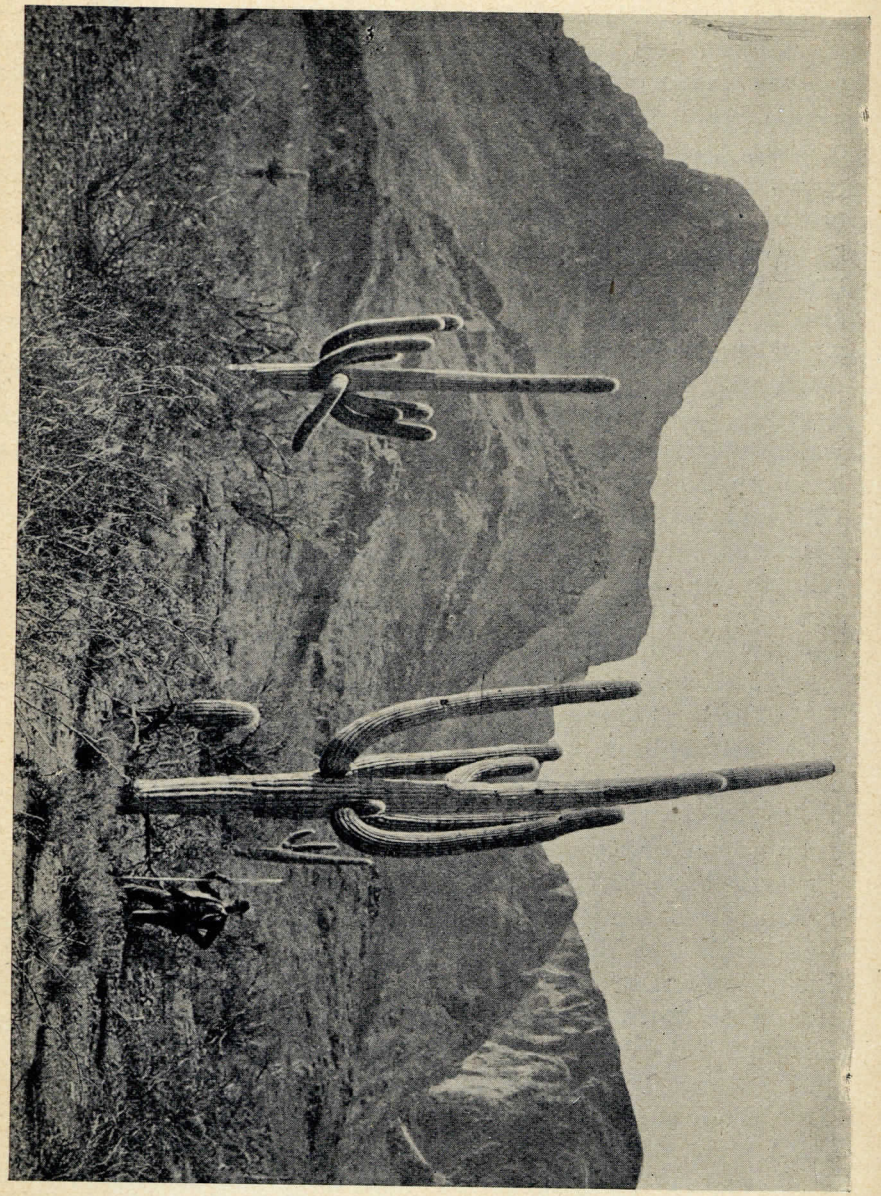


Ryc. 622. *Smilax aspera.* Pęd z przylistkami *(p)* zamienionemi na wąsy.

Tkanka wodna rozwija się silnie w kseromorficznych pędach nietylko wtedy, kiedy zanikają na nich liście. Przeciwnie, u niektórych roślin liście takich pędów dochodzą do wielkich rozmiarów i są jednocześnie bardzo grube. Zielona tkanka asymilacyjna tworzy w nich cienką warstwę pod skórką, środek zaś liścia jest zajęty przez tkankę wodną. Tak zbudowane liście mają naprzykład różne gatunki rodzaju *Aloë* (ryc. 627). Rośliny, zawierające w liściach albo w łodygach wielkie ilości tkanki wodnej, noszą ogólną nazwę sukulentów. Sukulenty poza kserofitami spotykają się często wśród halofitów, roślin żyjących na glebie, zawierającej dużo soli, np. na brzegu morskim, na solniskach. Przykładem



Ryc. 623. *A Spartium junceum. — B Ulex europaeus.*

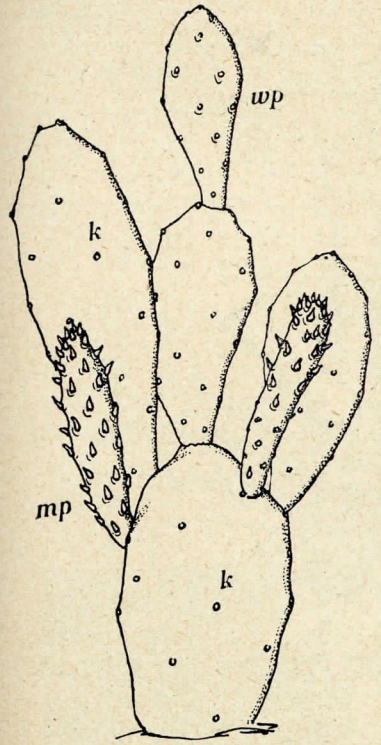


Ryc. 624. *Cereus giganteus* w górach Santa Catalina w Arizonie. — Według Mac Dougala.

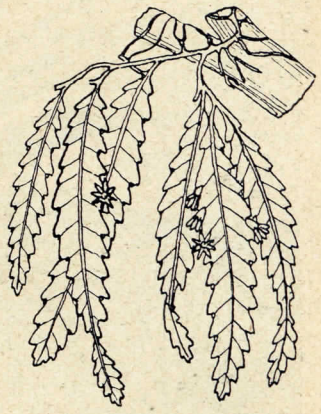
BIBLIOTEKA
im.
Sz
№

może służyć solirodek *(Salicornia herbacea)*, pospolita na wielu solniskach krajowych zupełnie bezlistna roślina (ryc. 628).

U wielu kseromorficznych roślin wykształcają się osobne skrócone bezlistne pędy, silnie spłaszczone i bardzo podobne do liści, zwane gałęziakami (cladodia). Podobne są do nich opisane powyżej spłaszczone pędy niektórych kaktusowatych (np. *Rhipsalis*, ryc. 626), ale te nie są prawdziwemi gałęziakami, bo we wczesnych stadjach rozwojowych są walcowate i noszą wyraźne ślady liści. Bardzo typowe gałęziaki mają niektóre liljowate *(Liliaceae*, np. *Ruscus* albo *Semele* [ryc. 629, *A*—*C*]). Że te narządy nie są liśćmi, widoczne jest z tego, że wyrastają one z pachwin drobnych łuskowatych liści, i z tego jeszcze, że na nich pośrodku albo na brzegach tworzą się kwiaty. Mniej typowe szpilkowate gałęziaki ma szparag *(Asparagus)* (ryc. 629, *D*).



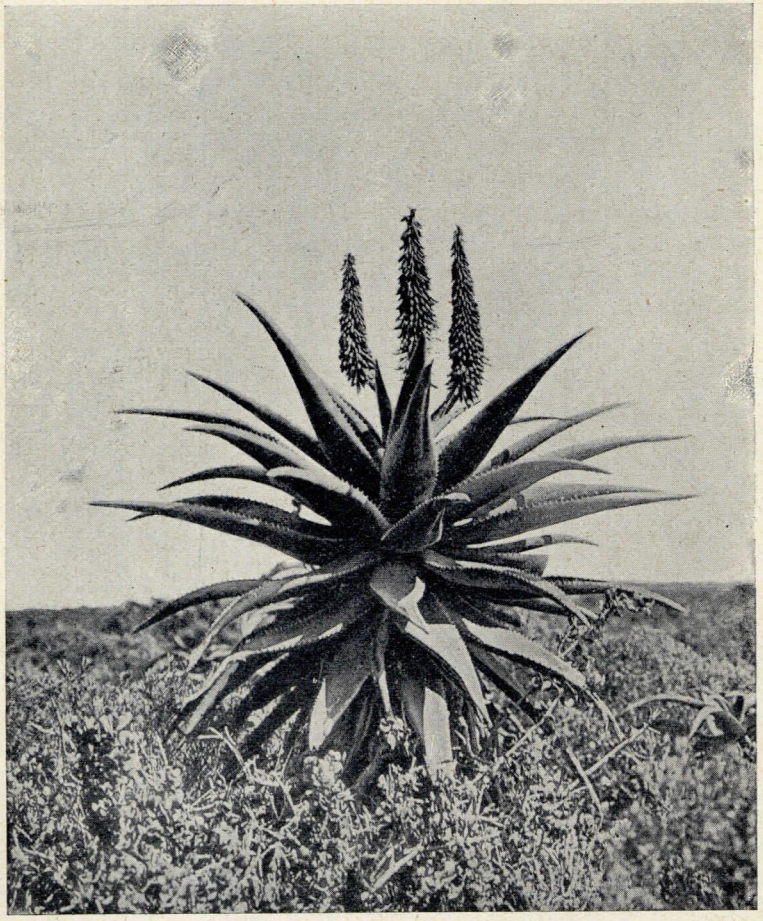
Ryc. 625. *Opuntia sp.* Młode pędy *(mp)* walcowate z drobnemi liśćmi. Wyrośnięte pędy *(wp)* spłaszczone bezlistne z grupami kolców *(k)* w miejscach odpowiadających pachwinom liści.



Ryc. 626. *Rhipsalis Regnellii.* Epifit ze zwieszającemi się wdół bezlistnemi spłaszczonemi pędami. — Według Schumanna.

Podobne do gałęziaków, ale odmiennej natury morfologicznej są liściaki (phyllodia). Są to spłaszczone ogonki liściowe. Występują one np. u niektórych gatunków rodzaju *Acacia*. U większości gatunków wspomnianego rodzaju liście

są dwukrotnie-pierzaste (ryc. 630, *A*). W przeciwieństwie do tego, pewna część gatunków ma wąskie liściaki (ryc. 630, *B*). Na młodych siewkach takich gatunków można widzieć, jak w liściu dwukrotnie-pierzastym stopniowo zanikają wszystkie jego części z wyjątkiem ogonka, który się rozpłaszcza (ryc. 631). Liściaki trzymają się w położeniu pionowem i mają z obu stron



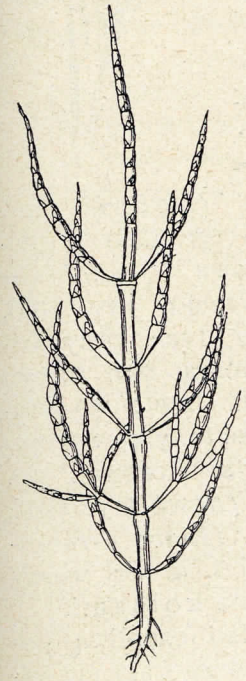
Ryc. 627. *Aloë africana.* — Według Brunnthalera.

jednakową budowę anatomiczną z silnie rozwiniętym miękiszem palisadowym.

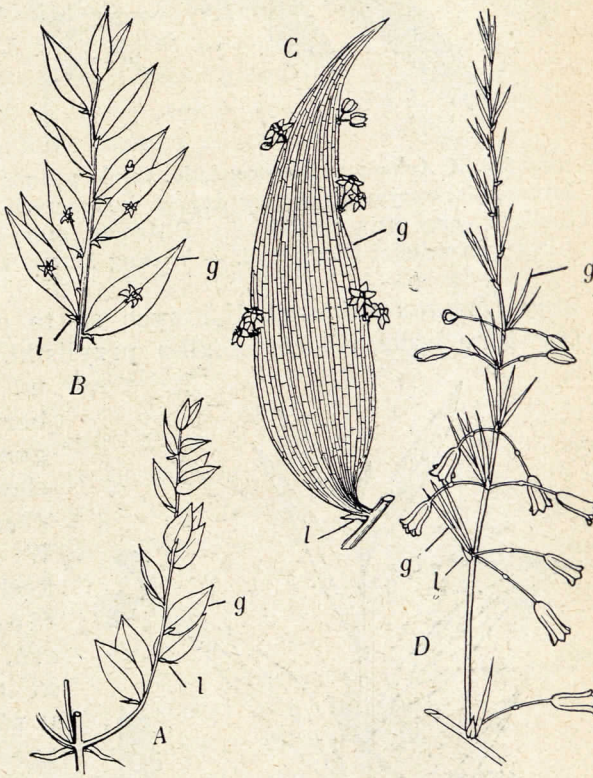
Pędy kseromorficzne mają pewne cechy anatomiczne wspólne: zewnętrzna błona skórki jest silnie zgrubiała, z grubym nabłonkiem, wzmocnionym jeszcze przez skutynizowaną warstwę błonnika, i szparki są zwykle zagłębione (por. ryc. 312

i 318). Te osobliwości anatomiczne oczywiście powodują osłabienie transpiracji. Do tego dochodzi jeszcze silne wykształcenie tkanki mechanicznej, która tym pędom nadaje charakterystyczną sztywność. Ostatnia wreszcie cecha anatomiczna pędów kseromorficznych, to silny rozwój tkanki palisadowej.

Silny rozwój tkanki mechanicznej w pędach kseromorficznych ujawnia się nieraz w tworzeniu kolców i cierni, jak o tem była mowa powyżej (por. ryc. 623, *B*). Takie twory występują jednak nieraz także u roślin o pędach, mających poza tem budowę nor-



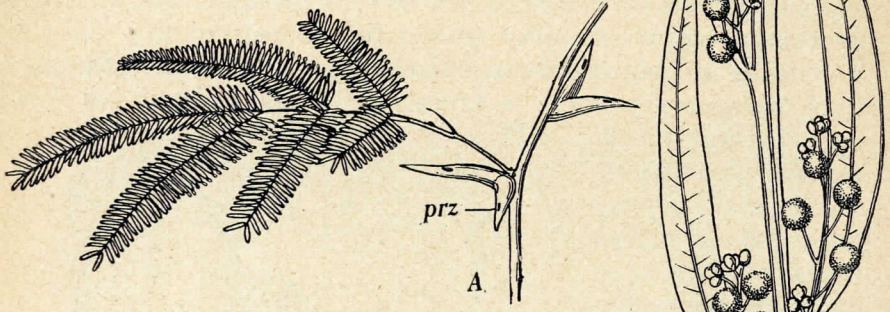
Ryc. 628. *Salicornia herbacea.* — Według Schimpera.



Ryc. 629. *A—B. Ruscus aculeatus. A* młody pęd, *B* starszy pęd z kwiatami na gałęziakach. — *C Semele androgyna.* Kawałek łodygi z gałęziakiem opatrzonym na brzegach kwiatami. — *D Asparagus officinalis.* Kawałek kwitnącego pędu z szpilkowatemi gałęziakami. We wszystkich figurach: *g* gałęziaki *l* łuskowate liście.

malną, np. u róży *(Rosa)*, u berberysa *(Berberis)*, u tarniny *(Prunus spinosa)* i t. d. Twarde kłujące twory grają pewną rolę w życiu roślin, ochraniając je od uszkodzeń ze strony wielkich zwierząt roślinożernych. Spełniając te same czyn

ności, mogą one być różnego pochodzenia. U niektórych roślin są to przeobrażone pędy, np. u *Ulex europaeus* (ryc. 623, *B*) i tarniny *(Prunus spinosa)*. U innych są to przeobrażone liście, ich części albo przylistki, np. u berberysu *(Berberis vulgaris)* (ryc. 632) i grochodrzewu *(Robinia Pseudacacia,* ryc. 633). W obu tych przypadkach noszą one nazwę c i e r n i. Często się zdarza, że są to tylko wyrostki tkanki korowej, np. u róży *(Rosa)* (ryc. 634), agrestu *(Ribes Grossularia)* i t. d. Są wtedy nazywane k o l c a m i.



Ryc. 630. *A Acacia sphaerocephala.* Część pędu z dwukrotnie-pierzastym liściem; w dużych kolczastych przylistkach *(prz)* żyją mrówki. — *B Acacia marginata.* Pęd z liściakami i kwiatami. — Według SCHIMPERA.



Ryc. 631. *Acacia macradenia.* Młoda roślinka z pierzastemi liśćmi w dolnej części, z liściakami w górnej. — Według VELENOVSKYEGO.

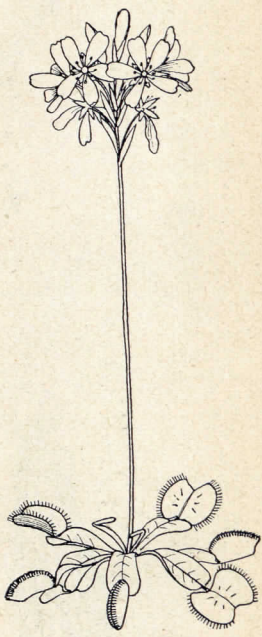
Bardzo osobliwą postacią odznaczają się pędy powietrzne roślin owadożernych. Liście ich wykształcają rozmaite urządzenia, służące do chwytania owadów i innych drobnych zwierząt. We florze krajowej są dwa rodzaje takich ro-

normalnego liścia, środkowej mającej postać spiralnie skręconego wąsa i górnej zamienionej w głęboki dzbanek z pokrywką. Na wewnętrznej powierzchni dzbanka tworzą się gruczołowate włoski, które wydzielają ciecz, wypełniającą dolną część dzbanka. W tej cieczy topią się owady i inne drobne zwierzęta, poczem zostają przez nią strawione.

Bardzo ciekawe są pędy powietrzne bezzieleniowe. Spotykamy je albo u pasorzytów, jak np. u zarazy (*Orobanche,* ryc. 600) i kanianki (*Cuscuta,* ryc. 639), albo u roztoczy, takich jak np. korzeniówka *(Monotropa Hypopytis)* (ryc. 605) albo gniezdnik *(Neottia Nidus avis).* Pędy takie mają drobne, łuskowate liście. Słabe wykształcenie liści jest w tym przypadku pożyteczne, bo oszczędza roślinie materjałów organicznych, które inaczej byłyby zużyte na budowę zbędnych narządów, jakiemi są liście bez zieleni.

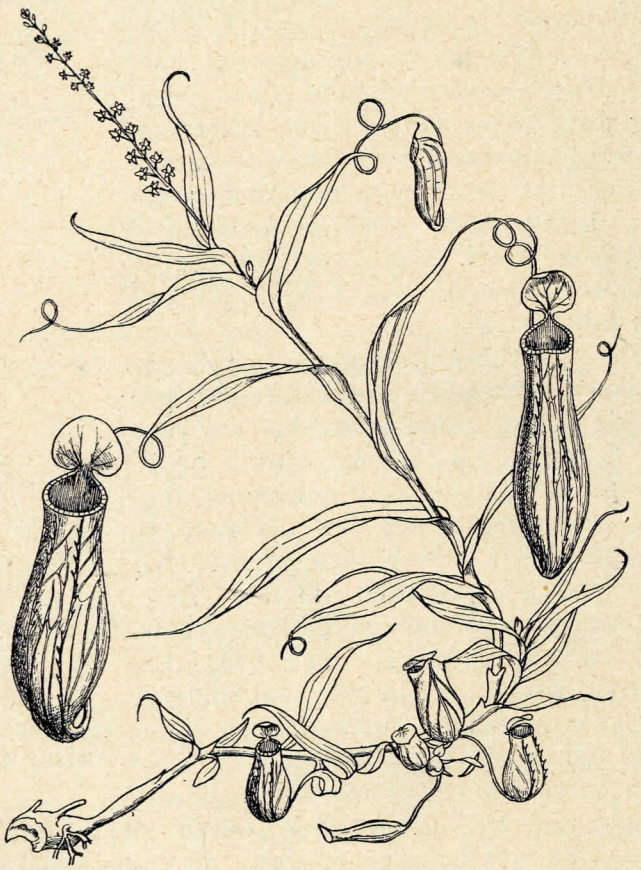
We wszystkich omówionych dotychczas przypadkach szczególne wykształcenie pędów miało to lub inne znaczenie w życiu rośliny. Spotyka się jednak często pędy, których postać odbiega od normalnej bez żadnego widocznego pożytku dla rośliny. Rozpatrzymy kilka ciekawszych przykładów.

U większości gatunków kosaćca *(Iris)* liście są ustawione w pionowej płaszczyźnie po obu stronach łodygi (ryc. 640). Liście te mają kształt i budowę anatomiczną symetryczne względem wspomnianej płaszczyzny pionowej. W dolnej części blaszka ich stopniowo przechodzi w pochwę, obejmującą łodygę. Takie liście noszą nazwę m i e c z o w a t y c h. Budowa anatomiczna pozwala wytłumaczyć ich charakter morfologiczny. Pochwiasta część liścia ma budowę normalną, z wiązkami zwróconemi nazewnątrz częścią sitową. Końcowa część wykazuje natomiast budowę niezwykłą dla blaszki liściowej, z dwoma rzędami wiązek, zbliżonemi do jednej i drugiej strony liścia. Ponieważ te wiązki są zwrócone nazewnątrz swojemi częściami sitowemi, staje się jasnem, że ta końcowa część blaszki powstała przez zrośnięcie dwóch połówek liścia, które złączyły się swojemi górnemi stronami.



Ryc. 637. *Dionaea muscipula.* — Według DRUDEGO.

Jeszcze dziwniejszą postacią są liście walcowate, które można obserwować np. u różnych gatunków czosnku *(Allium)* (ryc. 641). W górnej części liść taki ma budowę zupełnie podobną do łodygi z wieńcem wiązek zwróconych nazewnątrz częścią sitową i wielkim przewodem powietrznym w środku. W dolnej pochwiastej części wiązki są jednak ułożone w spo-

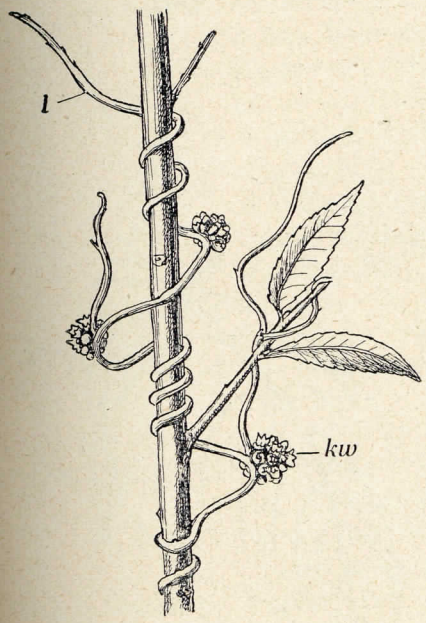


Ryc. 638. *Nepenthes gracilis.* — Według KROTHALSA.

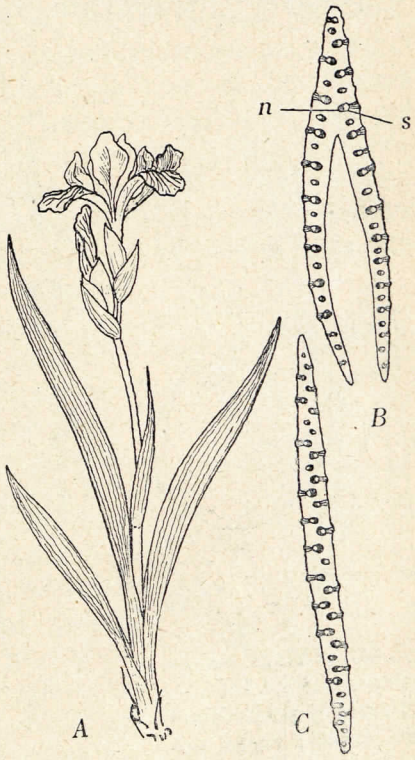
sób normalny. Widoczne jest zatem, że liść taki powstał z normalnego liścia jakgdyby przez zwinięcie go w tutkę.

Nadzwyczajnie ciekawe pod względem morfologicznym pędy mają niektóre gatunki podzwrotnikowego rodzaju *Streptocarpus* z rodziny *Gesneriaceae*, np. *S. Wendlandii*. Rośliny te przy kiełkowaniu nie wytwarzają na pędzie stożka wzrosto-

wego, skutkiem czego nie wyrastają żadne liście poza liścieniami (ryc. 642). Z obu liścieni jeden rozrasta się, dając normalny zielony liść znacznych rozmiarów, drugi natomiast ginie. Kwiatostany wyrastają później z podstawy blaszki (ryc. 642, *E*). Tworzeniu się kwiatów na liściach, z którem się tu spotykamy, trzeba poświęcić trochę uwagi. Jest to zjawisko, które tłumaczy się przesunięciem tkanki twórczej, dającej początek kwiatom, z pachwiny liścia



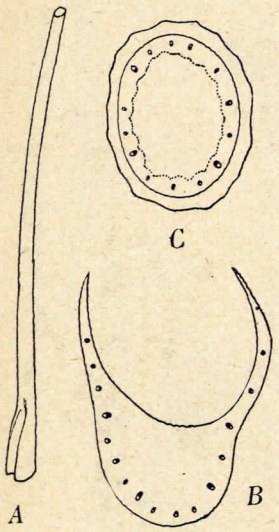
Ryc. 639. *Cuscuta europaea.* Gałązka wierzby owinięta pędami pasorzyta. Ze zgrubień łodygi wrastają w ciało żywiciela ssawki; *l* łuskowate, silnie zredukowane liście, *kw* kwiaty. — Według NOLLA.



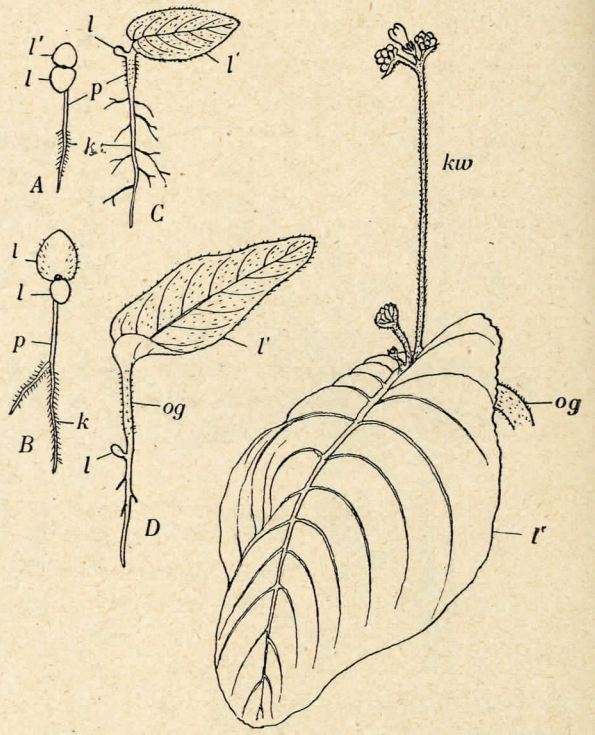
Ryc. 640. *Iris.* — *A* Pokrój pędu powietrznego. — *B* Przekrój poprzeczny dolnej części liścia; *s* — część sitowa wiązek, *n* część naczyniowa. — *C* Przekrój poprzeczny końcowej części liścia; oznaczenia te same.

po jego powierzchni na mniejszą lub większą odległość. Poza rodzajem *Streptocarpus* można przytoczyć jeszcze jako przykład *Erythrochiton hypophyllanthus* (ryc. 643) z rodziny *Rutaceae*. Takie liście z kwiatami są podobne do gałęziaków, różnią się jednak od nich tem, że nie wyrastają z pachwin liści jak gałęziaki (por. ryc. 629), a nadto mają kwiaty zawsze na środkowym nerwie, nigdy na brzegach, jak to bywa nieraz

na gałęziakach. Kwestja powstawania kwiatów na liściach nie jest jeszcze należycie wyjaśniona, zwłaszcza że kwiaty powstają czasem nie na górnej, lecz na dolnej stronie liści; tak jest właśnie w przytoczonym powyżej przykładzie u *Erythrochiton hypophyllanthus*. Przesuwanie tkanki twórczej, o którem była mowa powyżej, może się odbywać także w inny sposób: w pewnych przypadkach tkanka twórcza, z której ma powstać liść wspierający, przesuwa się po dolnej stronie gałęzi (zwykle szypułce kwiatowej) na pewną odległość (ryc. 644). Odnosi się wtedy wrażenie, że szypułka jest pozbawiona liścia wspierającego. Poza tem zdarza się nieraz, że szypułki są istotnie pozbawione liści wspierających; ten przypadek mamy np. w rodzinie krzyżowatych *(Cruciferae)* (ryc. 708, *A*).



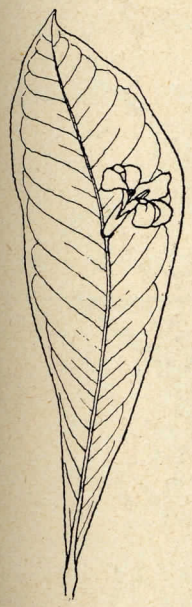
Ryc. 641. *Allium Schoenoprasum*. — *A* Liść. — *B* Przekrój pochwiastej jego części; części naczyniowe wiązek zaczernione. — *C* Przekrój walcowatej części; w środku wielki przewód powietrzny. — *B* i *C* według Mrs. Arber.



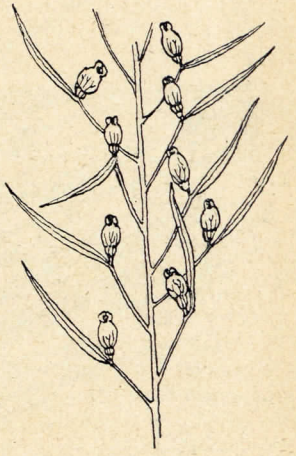
Ryc. 642. *Streptocarpus Wendlandii*. *A*—*E* — Kolejne stadja rozwojowe rośliny; *k* korzeń, *p* podliścieniowa część łodygi, *l* i *l'* liścienie, *og* ogonek większego liścienia, *kw* kwiatostany. — *A* — *D* według Velenovskyego.

W powyższym przeglądzie różnych form pędów u roślin okrytozalążkowych pominąłem bulwowate i cebulowate ich formy, które częściej tworzą się pod ziemią i które będą omówione w ustępie 174, poświęconym pędom podziemnym.

173. Pędy wodne. Podczas gdy rośliny nagozalążkowe rosną na powietrzu, liczne okrytozalążkowe żyją całkowicie lub częściowo w wodzie. Skutkiem tego wykształcają się osobne formy pędów wodnych. Różnią się one od pędów powietrznych przedewszystkiem pewnemi charakterystycznemi cechami anatomicznemi[1]). Zawierają one m. in. bardzo obszerne przestwory międzykomórkowe, jak już o tem była mowa (por. ryc. 300 i 301). Te przestwory ułatwiają zaopatrywanie komórek w tlen, co w wodnem środowisku jest trudniejsze niż w powietrznem. Następnie pędy wodne mają bardzo słabo wykształconą tkankę naczyniową, co jest rzeczą naturalną, gdyż woda może być przez nie pobierana całą ich powierzchnią. Dalej słabo rozwinięta jest także tkanka mechaniczna, co powoduje wiotkość takich pędów. Stoi to w związku z własnościami mechanicznemi środowiska wodnego. Ruchy tego środowiska działają na rośliny tyle razy silniej od ruchów powietrza o tej samej szybkości, ile razy gęstość wody jest większa od gęstości powietrza, to znaczy 770 razy. Oczywiście są to siły tak wielkie, że roślina nie może inaczej osłabić ich działania, jak tylko ulegając im i stawiając jak najmniejszy opór. Dlatego też wiotkość pędów jest koniecznym warunkiem egzystencji w wodnem środowisku. Silne mechaniczne działanie wody sprawia, że najobfitszą roślinność mają wody stojące, a w wodach



Ryc. 643. *Erythrochiton hypophyllanthus*. Liść z kwiatem na dolnej stronie. — Według Englera.

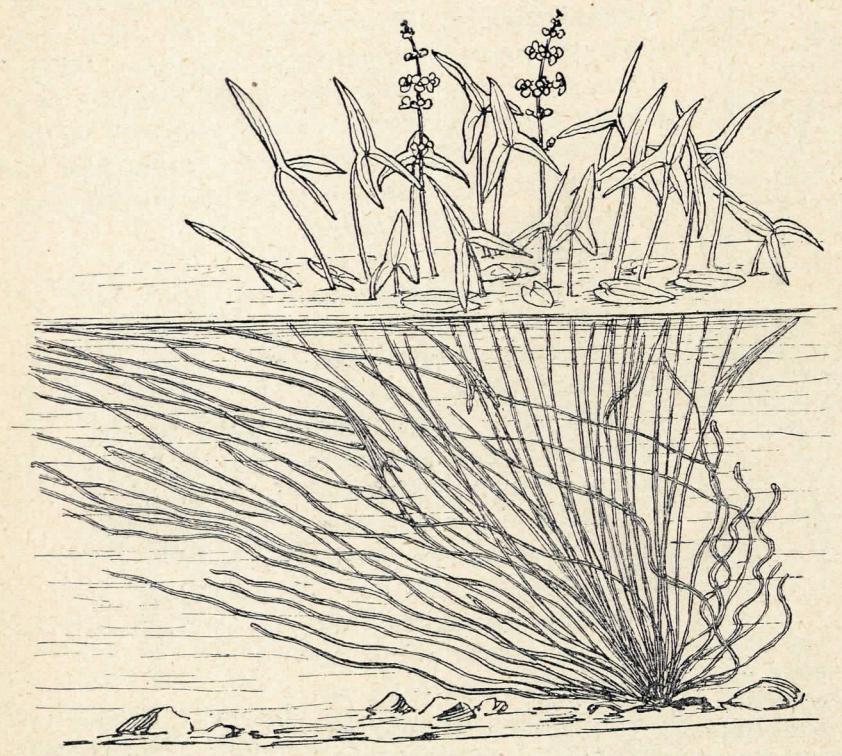


Ryc. 644. *Thesium ebracteatum*. Część kwiatostanu z liśćmi wspierającemi, przesuniętemi na szypułki.

[1]) Dokładniejsze dane o takich pędach znajdzie czytelnik w dziełach: Glück, H. Biologische und morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumfgewächse. 3 tomy. Jena (1905—1911).
Arber, A. Water Plants, Cambrigde (1925).

*

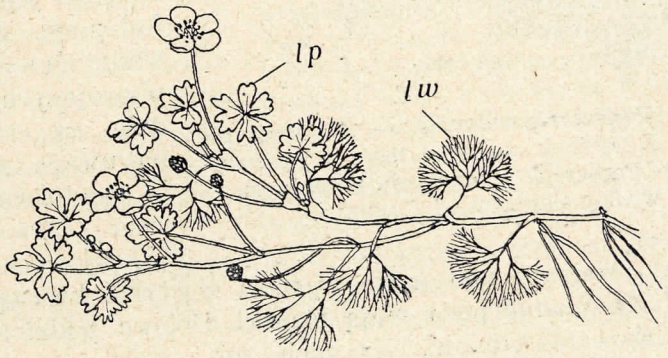
szybko płynących mogą rosnąć tylko rośliny o tak silnie zredukowanych pędach, jak *Podostemaceae* (ryc. 587). Charakterystyczną cechą pędów wodnych jest wreszcie brak szparek oddechowych i wykształcenia ciałek zieleni w skórce. Ponieważ szparki służą do wymiany gazów, nieobecność ich w pędach pogrążonych w wodzie jest rzeczą zupełnie naturalną. Natomiast wytwarzają się one na wszystkich częściach pędu wy-



Ryc. 645. *Sagittaria sagittifolia*. Okaz z wodnemi wstęgowatemi i powietrznemi strzałkowatemi liśćmi. — Według Bonniera i Leclerc du Sablona.

suniętych ponad powierzchnię wody, np. w liściach pływających na wodzie (u grzybieni *[Nymphaea]* i innych) szparki tworzą się na górnej stronie, a niema ich na dolnej. Wytworzenie ciałek zieleni w skórce jest pożyteczne dla roślin wodnych, gdyż woda osłabia natężenie światła i dla należytego wyzyskania energji promienistej ciałka zieleni powinny znajdować się jak najbliżej powierzchni rośliny, z drugiej zaś strony mogą one zajmować takie położenie bez obawy uszkodzenia przez zbyt silne promieniowanie.

Pod względem morfologji zewnętrznej pędy wodne odznaczają się wstęgowatym kształtem liści, który im pozwala stawiać jak najmniejszy opór ruchom wody. Jest to cecha niezmiernie charakterystyczna, ujawniająca się zresztą tylko u liści całkowicie zanurzonych w wodzie. Niektóre rośliny wodne wykształcają różne liście, zależnie od stanu wody: w wodzie płytkiej wyrastają liście wysuwające się ponad powierzchnię, kształtów rozmaitych zależnie od gatunku, natomiast w wodzie głębokiej wyrastają tylko wstęgowane liście całkowicie zanurzone w wodzie. Tak zachowuje się naprzykład strzałka wodna *(Sagittaria sagittifolia)*. Często zdarza się, że ten sam okaz wytwarza liście jednego i drugiego rodzaju (ryc. 645). U wielu roślin

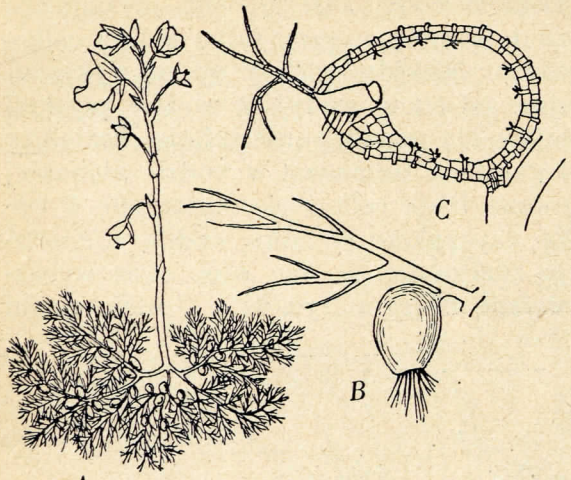


Ryc. 646. *Ranunculus aquatilis*. Pęd z górnemi liśćmi powietrznemi, pływającemi na wodzie *(lp)*, i dolnemi zanurzonemi w wodzie *(lw)*.

wodnych ta sama zasada jest urzeczywistniona w nieco inny sposób: liście w zarysie są szerokie, ale pocięte na długie a wąskie odcinki. Klasycznym tego przykładem jest jaskier wodny *(Ranunculus aquatilis)*, u którego górne, pływające na wodzie liście mają szeroką blaszkę, zaś liście podwodne są pocięte na wąskie łatki (ryc. 646). Na głębokiej wodzie wytwarzają się tylko liście tego drugiego rodzaju.

Wodne rośliny okrytozalążkowe w rzadkich tylko przypadkach są całkowicie zanurzone w wodzie (np. *Zostera marina)*; zwykle pędy kwiatonośne wysuwają się nad wodę. Z liśćmi bywa różnie: u jednych roślin są one wszystkie zanurzone w wodzie, u innych zaś pewna ich część wysuwa się z wody albo pływa po jej powierzchni. Są nadto rośliny, u któ-

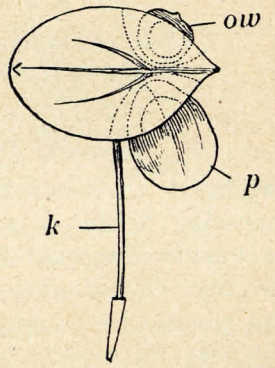
rych wszystkie liście pływają na powierzchni wody albo nawet wysuwają się z wody, ale to nie są już rośliny wodne w ścisłem tego słowa znaczeniu.



Ryc. 647. *Utricularia vulgaris.* — *A* Pokrój rośliny. — *B* Odcinek wodnego liścia z pęcherzykiem. — *C* Pęcherzyk w przekroju podłużnym. — Według Schencka i Goebela.

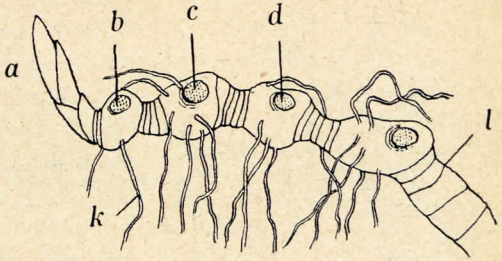
Rośliny wodne mogą swobodnie pływać w wodzie albo są umocowane na dnie przy pomocy korzeni lub kłączy. Wszystkie dotychczas przytoczone przykłady należą do tej drugiej kategorji. Z roślin wodnych swobodnie pływających w wodzie na szczególną uwagę zasługuje owadożerny pływacz *(Utricularia).* U krajowych gatunków tego rodzaju nad wodę wysuwa się tylko kwitnący pęd (ryc. 647, *A*). Wodne pędy mają blaszki liściowe podzielone na liczne nitkowate odcinki. Na nich powstają pęcherzyki, służące do łapania owadów i innych drobnych zwierząt wodnych. Pęcherzyki te mają otwór wejściowy zamknięty klapą, która pozwala ofierze wejść, ale nie wypuszcza jej zpowrotem (ryc. 647 *B* i *C*). Korzeni pływacz nie ma.

Zupełnie wyjątkową postać mają pływające swobodnie na powierzchni wody pędy rzęski *(Lemna).* Są one bardzo drobne (kilka do kilkunastu milimetrów długości), kształtu blaszkowatego, bezlistne, z wyrastającym od spodu korzeniem (ryc. 648). Te pędy wytwarzają obficie przybyszowe pączki, które oddzielają się po pewnym czasie od macierzystej rośliny, dając nowe osobniki. Jest to główny sposób rozmnażania u tych roślin, które kwitną bardzo rzadko.

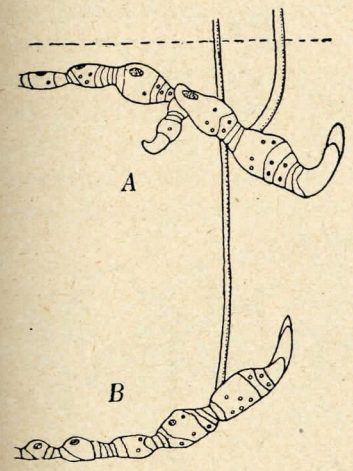


Ryc. 648. *Lemna minor.* Osobnik z pączkiem przybyszowym *(p)* i owocem *(ow)*; *k* korzeń, którego koniec jest otoczony kieszonką wyrwaną z pędu. — Według Hegelmaiera.

174. Pędy podziemne. Pędy podziemne, tak samo jak wodne, nie spotykają się u nagozalążkowych, jeżeli nie liczyć niektórych sagowców o bulwiastych pniach (ryc. 533). U okrytozalążkowych są one przeciwnie częstem zjawiskiem. Takie pędy spełniają trzy czynności, stojące ze sobą w ścisłym związku: przechowują zapasy, umożliwiają przetrwanie niesprzyjającej pory roku (zimy albo okresu suszy) i przyczyniają się do rozmnażania wegetatywnego. Pędy podziemne mają zwykle znaczną grubość z powodu nagromadzonych w nich zapasów. Pod względem morfologicznym można rozróżnić dwa ich typy: jeden ze zredukowanemi liśćmi, drugi z silnie rozwiniętemi liśćmi. Do pierwszego typu należą kłącza i bulwy, do drugiego — cebule.



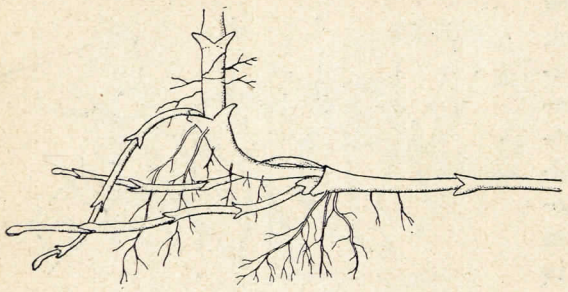
Ryc. 649. *Polygonatum multiflorum.* Kłącze na jesieni; *a* przednia część, z której wytworzy się na wiosnę nowy pęd powietrzny, *b* blizna po tegorocznym pędzie powietrznym, *c* blizna po zeszłorocznym pędzie, *d* blizna po przedzeszłorocznym pędzie, *k* korzenie, *l* blizny po łuskowatych liściach. — Według Strasburgera.



Ryc. 650. *Polygonatum multiflorum.* — *A* Zbyt płytko posadzone kłącze z częścią przednią rosnącą w głąb; kreskowana linja oznacza powierzchnię ziemi. — *B* Zbyt głęboko posadzone kłącze z częścią przednią rosnącą ku górze. — Według Rimbacha.

Kłącza mają kształt wydłużony z mniej lub więcej wyraźnemi śladami liści w postaci łusek. Kłącza zajmują w ziemi zwykle położenie poziome, wykazują jednak wyraźną biegunowość i mają część przednią, odpowiadającą górnej części normalnego pędu, i część tylną, odpowiadającą części dolnej. Część przednia jest zakończona stożkiem wzrostowym, przy którego pomocy kłącze rośnie i wydłuża się. Część tylna stopniowo obumiera i gnije. Kłącza mają zwykle budowę sympodjalną i przednia część co roku wygina się ku górze i wytwarza pęd nadziemny, a pod nią tworzy się boczna gałąź,

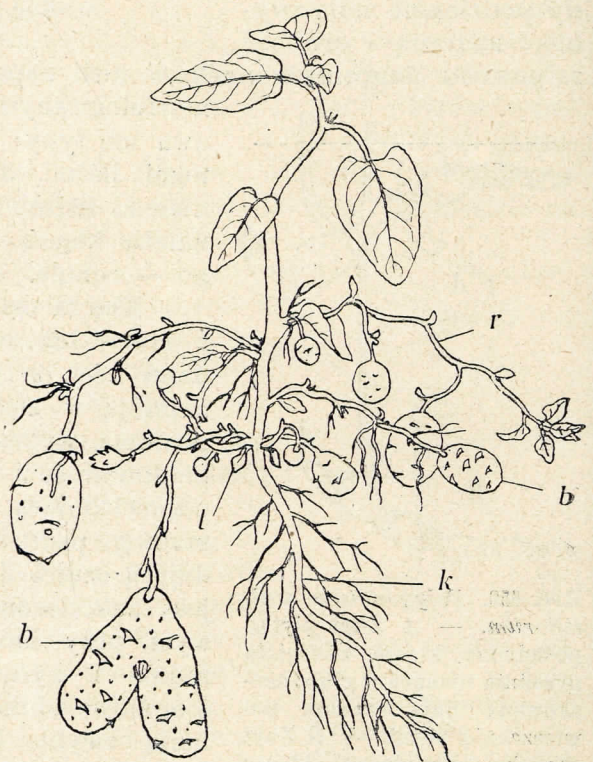
która rośnie dalej poziomo i w następnym roku daje nowy pęd nadziemny. Można to widzieć np. u kokoryczki *(Polygonatum)*, pospolitej w naszych lasach (ryc. 649). Kłącze trzyma się w ziemi na pewnej określonej głębokości i, jeżeli z jakiejkolwiek przyczyny znajdzie się zbyt głęboko lub zbyt płytko, szczyt jego wygina się w odpowiedni sposób, ażeby przywrócić należyte położenie. Stwierdzono to doświadczalnie na kłączach kokoryczki *(Polygonatum)* (ryc. 650).



Ryc. 651. *Circaea lutetiana*. Kłącze z podziemnemi rozłogami. — Według Warminga.

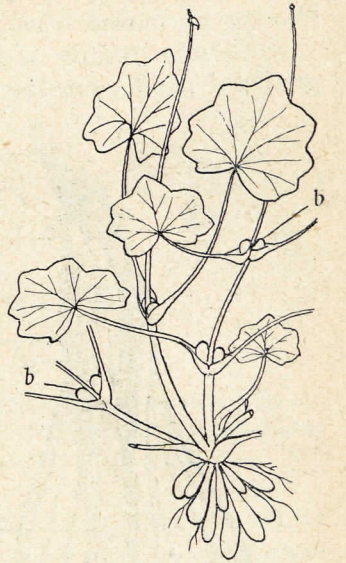
Kłącza zwykle rozgałęziają się, co daje początek nowym osobnikom, które narazie są złączone ze sobą wspólnem kłączem, później jednak przez zniszczenie tylnych jego części stają się zupełnie samodzielne. U niektórych roślin wyrastają z kłącza specjalne, długie a cienkie gałęzie, służące celom rozmnażania wegetatywnego; są to t. zw. podziemne rozłogi, które można widzieć np. u czartawy *(Circaea)* (ryc. 651).

Kłącza są cokolwiek grubsze od powietrznych łodyg,

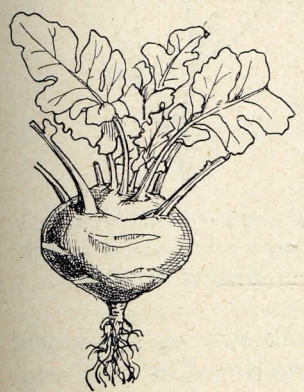


Ryc. 652. *Solanum tuberosum*. Młoda roślina wyhodowana z nasienia; *k* korzeń, *l* liścienie, *r* rozłogi, *b* bulwy. — Według Laurenta.

jednakże ich średnica jest zawsze o wiele mniejsza od długości. Bulwy przeciwnie mają długość stosunkowo niewielką w porównaniu do grubości. Klasycznym przykładem tych tworów są bulwy ziemniaka *(Solanum tuberosum)*. Powstają one na specjalnych podziemnych rozłogach, które wyrastają z dolnej części łodygi. Szczególnie pouczające są pod tym względem osobniki wyhodowane z nasienia (ryc. 652). Na takich okazach widzi się wyraźnie, że rozłogi wyrastają ponad liścieniami, co jest niezbitym dowodem tego, że nie pochodzą z korzeni. Bulwy ziemniaka nie mają nawet śladów liści, mają natomiast pączki ukryte w charakterystycznych wgłębieniach, t. zw. oczkach. Z tych pączków w odpowiednich warunkach wyrastają pędy nadziemne, z czego, jak wiadomo, korzysta się przy uprawie ziemniaków. Jako drugi przykład bulwy przytoczę bulwę szafrana *(Crocus)*, o której już była mowa w ust. 170 (ryc. 597). W tym przypadku tworzy się tylko jedna bulwa u podstawy pędu powietrznego i co roku wytwarza się nowa z zapasami dla następnego sezonu wegetacyjnego. Bulwą jest także zgrubienie, które tworzy się u rzodkiewki *(Raphanus sativus)* u podstawy pędu; powstaje ono nie z korzenia, lecz z podliścieniowej części łodygi.



Ryc. 653. *Ficaria ranunculoides*. Bulwki w pachwinach liści *(b)*.

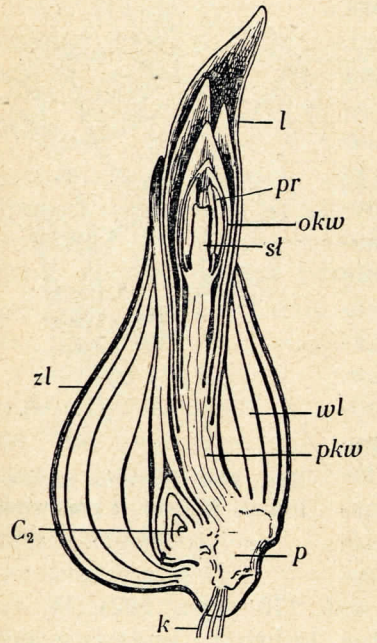


Ryc. 654. *Brassica oleracea var. gongyloides*. — Według Vilmorina.

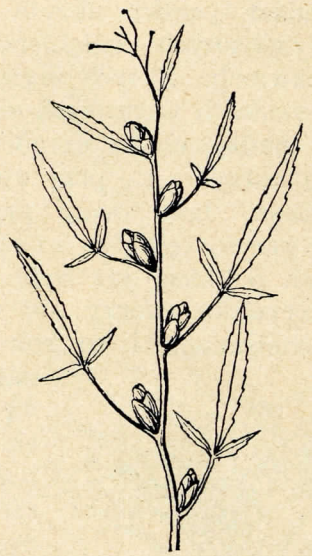
Bulwy ziemniaka tworzą się także na pędach nadziemnych, jeżeli te zostaną zasłonięte przed działaniem światła. U pewnych roślin tworzą się one nawet na świetle, na powietrznych pędach; np. u pszonki *(Ficaria ranunculoides)* (ryc. 653) powstają drobne bulwy w pachwinach liści i, opadając na ziemię, dają początek nowym osobnikom. U niektórych roślin występują na powietrznych

pędach zgrubienia, służące do gromadzenia zapasów. Te twory, które można widzieć np. u brukwi *(Brassica oleracea var. gongyloides)* (ryc. 654), nie są jednak bulwami, bo od nich odchodzą normalne liście.

Cebule różnią się zasadniczo od kłączy i bulw dużemi, grubemi liśćmi, osadzonemi na skróconej, niewyraźnej łodydze (t. zw. piętce). Zapasy mieszczą się tu nie w łodydze, lecz w liściach. Przykładem może służyć tulipan *(Tulipa)* (ryc. 655). Cebule, tak samo jak bulwy, przez nagromadzenie zapasów umożliwiają szybki rozwój pędów powietrznych na wiosnę. Cebula po wyczerpaniu zapasów usycha



Ryc. 655. *Tulipa praecox.* Przekrój podłużny cebuli z wyrastającym z niej pędem kwiatowym; *p* skrócona łodyga cebuli (piętka), *k* korzenie przybyszowe wyrastające z niej, *zl* zewnętrzne, suche łuski ochronne cebuli, *wl* soczyste łuski wewnętrzne, *pkw* pęd kwiatonośny, *sł* słupek kwiatu, *pr* pręciki, *okw* listki okwiatu, *l* liście pędu kwiatonośnego, C_2 nowa cebula z zapasami dla przyszłego sezonu wegetacyjnego. — Według Sachsa.

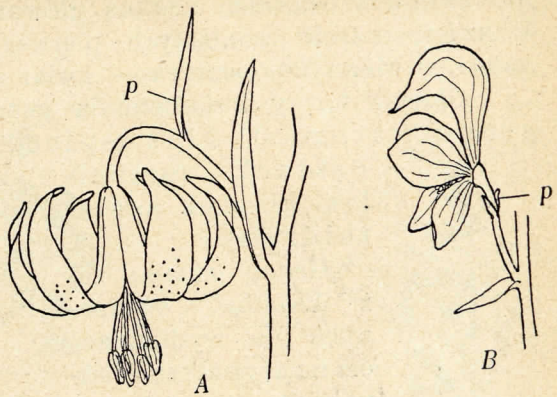


Ryc. 656. *Dentaria bulbifera.* Pęd powietrzny z cebulkami w kątach liści. — Według Schencka.

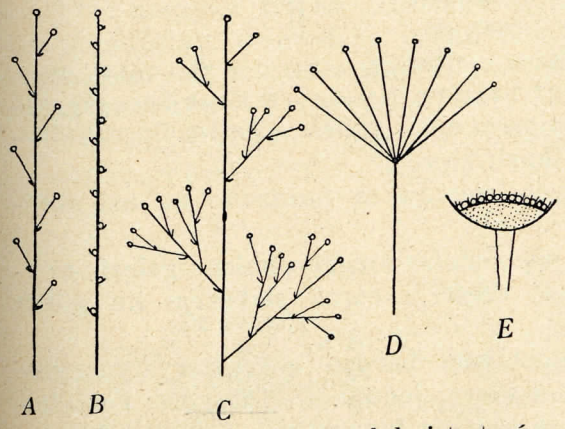
i ginie, a na jej miejsce w pachwinach łusek tworzą się nowe cebule z zapasami na rok przyszły. U wielu roślin te nowe cebule tworzą się w znacznej ilości i przyczyniają się wydatnie do rozmnażania wegetatywnego.

Cebule u niektórych roślin tworzą się także na pędach nadziemnych. Przykładem może służyć żywiec cebulkowy *(Dentaria bulbifera)* (ryc. 656), tworzący drobne cebule w pachwinach liści. Te cebulki, opadając na ziemię, zakorzeniają się i wytwarzają nowe osobniki.

175. Kwiatostany. Odrębną odmianę pędów powietrznych stanowią kwiatostany (inflorescentia), różniące się od pędów normalnych sposobem rozgałęzienia, nieraz bardzo swoistym, odmiennemi liśćmi, t. zw. przykwiatkami (bracteae), oraz przemianą końcowych części rozgałęzień w kwiaty. Przykwiatki różnią się od liści normalnych mniejszemi rozmiarami i prostszym kształtem, nadto są nieraz bezbarwne albo zabarwione na jaki inny, nie zielony kolor. Przykwiatków rozróżniamy trzy rodzaje: jedne z nich wytwarzają w pachwinach pojedyńcze szypułki kwiatowe (przysadki), inne tworzą gałęzie kwiatostanu z wieloma kwiatami (podsadki), inne jeszcze są osadzone na szypułkach kwiatowych bez gałązek w pachwinach (podkwiatki). Podkwiatki są bardzo ciekawemi tworami. U jednoliściennych przy kwiecie jest jeden podkwiatek osadzony na szypułce po stronie zwróconej do łodygi (ryc. 657, *A*). U dwuliściennych są dwa podkwiatki i są one osadzone na szypułce na prawo i na lewo od łodygi (ryc. 657, *B*).



Ryc. 657. Różne wykształcenie podkwiatków *(p)* u jednoliściennych *(A Lilium pomponium)* i dwuliściennych *(B Aconitum).*



Ryc. 658. Schematy groniastych kwiatostanów; kółka oznaczają kwiaty. — *A* Grono. — *B* Kłos. — *C* Wiecha. — *D* Baldach. — *E* Koszyk.

Kwiatostany są dwojakiego rodzaju: groniaste i wierzchotkowate. W pierwszych gałęzie wyprzedzają oś główną w rozwoju, w ostatnich zaś oś główna rozwija się wcześniej. W kwiatostanach groniastych pierwszy zakwita kwiat dolnej gałęzi, w wierzchotkowatych — kwiat szczytowy.

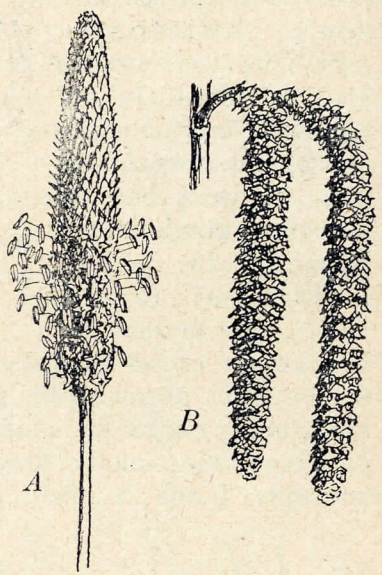
Główne formy kwiatostanów groniastych są następujące: grono (racemus), kłos (spica), wiecha (panicula), baldach (umbella), koszyk (calathidium).



Ryc. 659. *Linaria striata.* Grono.— Według A. F.W.Schimpera.

Grono składa się z kwiatów, osadzonych na wydłużonej osi na szypułkach jednakowej długości (ryc. 658, *A* i 659).

Kłos różni się od grona tylko bardzo krótkiemi szypułkami (ryc. 658, *B* i 660, *A*). U wielu drzew kłosy mają wiotką oś i zwieszają się wdół pod własnym ciężarem; takie kłosy noszą nazwę kotków albo bazi (amenta) (ryc. 660, *B*). Nawiasem mówiąc, w kotkach zwykle zamiast pojedyńczych kwiatów są osadzone na osi skrócone małe wierzchotki.



Ryc. 660. — *A* Kłos babki *(Plantago).* — *B* Kotek leszczyny *(Corylus).* — Według Duchartre'a.

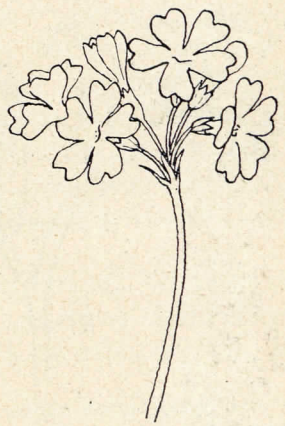
Wiecha odznacza się silnem rozgałęzieniem gałęzi, zwykle silniejszem w dolnej części i coraz słabszem ku górze (ryc. 658, *C* i 661).

Baldach jest kwiatostanem bardzo charakterystycznym: szypułki u niego są mniej więcej jednakowej długości i wychodzą z jednego miejsca, ze szczytu łodygi (ryc. 658, *D* i 662).

Wreszcie koszyk jest kwiatostanem, robiącym wrażenie pojedyńczego kwiatu z powodu gęstego skupienia kwiatów, osadzonych na rozszerzonym szczycie łodygi, na osadniku (receptaculum) (ryc. 658, *E* i 663). Wrażenie jednolitej całości potęguje jeszcze bardziej okrywa, złożona ze specjalnych przykwiatków, która otacza kwiaty w koszyku. Zakwitanie w koszyku zaczyna się od kwiatów obwodowych i postępuje ku środkowi. Jest to porządek właściwy kwiatostanom groniastym, gdyż kwiaty obwodowe odpowiadają dolnym kwiatom grona, środkowe zaś — górnym.



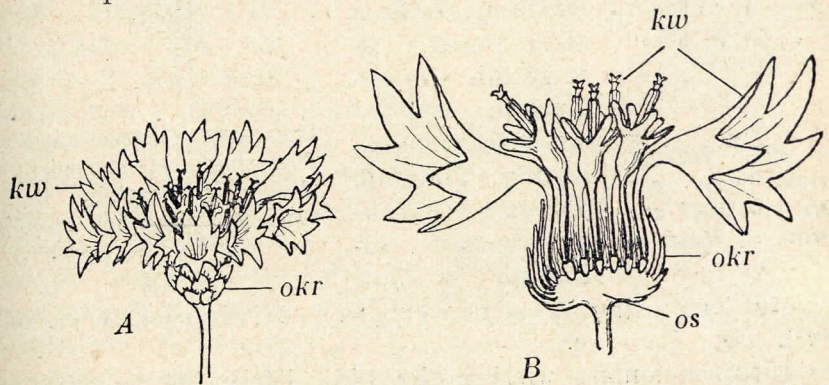
Ryc. 661. Wiecha u *Thalictrum minus.* — Według Reichenbacha.



Ryc. 662. *Primula farinosa.* Baldach.

Od koszyka trzeba odróżniać główkę (capitula), gęsty kwiatostan, stanowiący grono albo baldach o skróconych szypułkach. Przykładów główki dostarczają obficie różne gatunki koniczyny *(Trifolium).*

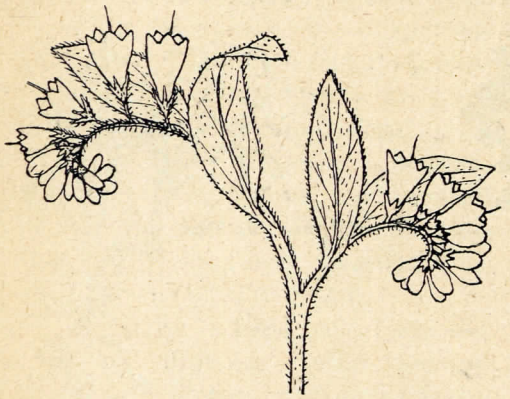
Wierzchotkowate kwiatostany mogą być jedno-, dwu- i wielopromieniste, zależnie od tego, ile gałęzi wy-



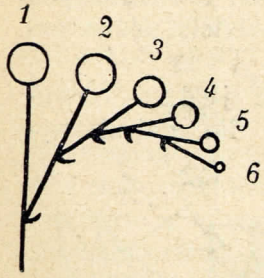
Ryc. 663. *Centaurea Cyanus.* — *A* Koszyk. — *B* Przekrój podłużny. W obu figurach: *kw* kwiaty (zewnętrzne z większą koroną), *os* osadnik, *okr* okrywa.

kształca się pod szczytowym kwiatem. Rozpatrzmy je bliżej, rozpoczynając od jednopromienistych.

Mieliśmy już przykład wierzchotki jednopromienistej u pewnego gatunku bodziszka *(Geranium rotundifolium)*, przedstawionego na ryc. 466. Jest to wierzchotka złożona, gdyż na każdej gałęzi wykształca się dwukwiatowa wierzchotka drugiego rzędu: jeden z tych dwóch kwiatów jest szczytowy, drugi boczny. Wierzchotki jednopromieniste mają bardzo różną postać zależnie od kierunku, w którym rosną kolejne ich odgałęzienia. Zdarza się nieraz, że wszystkie odgałęzienia skierowują się w jedną stronę. Powstaje wówczas charakterystyczny łukowato w bok wygięty kwiatostan, zwany skrętką (cicinnus) (ryc. 664 i 665).



Ryc. 664. *Symphytum asperrimum.* — Szczyt pędu z dwiema skrętkami. — Według Gürkego.



Ryc. 665. Schemat skrętki; liczby oznaczają kolejność rozwijania się kwiatów.



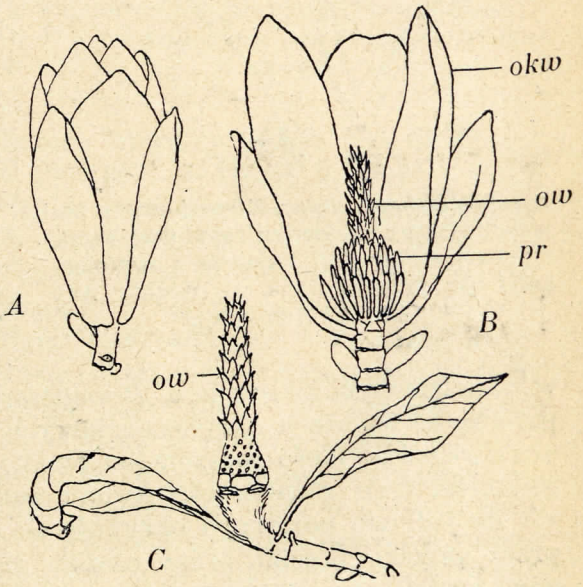
Ryc. 666. *Senecio viscosus.* Wierzchotka wielopromienista złożona z koszyków; liczby oznaczają porządek rozwijania się koszyków.

Dwupromienistą wierzchotkę widzieliśmy już na przykładzie rogownicy *(Cerastium)* (ryc. 464). Gałęzie kwiatostanu u tej rośliny są naprzeciwległe.

Wielopromieniste wierzchotki można widzieć u ostromleczów *(Euphorbia)* i w rodzinie złożonych *(Compositae)*. U ostromleczów gałęzie pierwszego rzędu są ustawione okółkowo, stwarzając pozory baldachu (ryc. 238, *B*). Każda z nich tworzy następnie dwupromienistą wierzchotkę mniej lub więcej złożonej budowy. U złożonych gałęzie wierzchotki są ustawione skrętolegle, tak samo jak ich dalsze rozgałęzienia. Na końcach gałęzi zamiast pojedyńczych kwiatów tworzą się koszyki (ryc. 666). W tych kwiatostanach gałęzie zwykle dorastają do tego samego poziomu, na jakim zatrzymał się szczyt kwiatowego pędu. Stwarza się w ten sposób kwiatostan bardzo charakterystyczny, zwany baldachogronem (corymbus). Nazwa ta jest zupełnie niewłaściwa, bo zarówno baldach jak i grono mają rozgałęzienie monopodjalne, tymczasem baldachogrono jest wierzchotką.

Rozmaitość kwiatostanów jest ogromna. Wzmaga się ona jeszcze bardziej skutkiem tego, że różne kwiatostany, zarówno groniaste jak i wierzchotkowe, kombinują się nieraz ze sobą w rozmaity sposób.

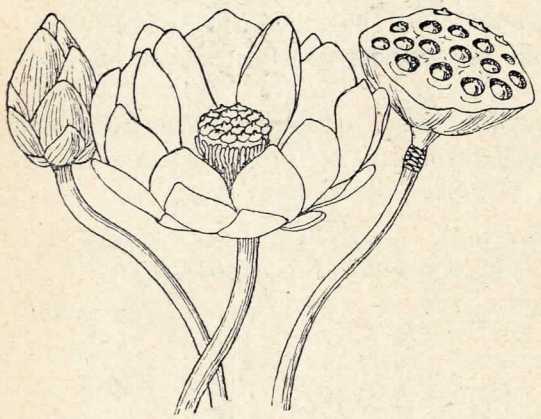
176. Kwiat. Kwiaty stanowią najbardziej charakterystyczny twór morfologiczny roślin okrytozalążkowych. Występują one wprawdzie u większości nagozalążkowych i u pewnej części paprotników, ale dopiero tu są stałem zjawiskiem i dopiero tu ujawniają całe nieprzebrane bogactwo form, które im jest właściwe. W porównaniu do nagozalążkowych kwiaty okrytozalążkowych posiadają następujące cechy charakterystyczne.



Ryc. 667. *Magnolia conspicua.* — *A* Kwiat widziany zboku. — *B* Przekrój podłużny kwiatu. — *C* Kwiat po odjęciu listków okwiatu i pręcików. — Oznaczenia: *okw* okwiat, *pr* pręciki, *ow* owocolistki (słupki). — Według Massarta.

Podczas gdy u nagozalążkowych kwiaty są jednopłciowe, z wyjątkiem tylko gromady *Benettitinae,* u okrytozalążkowych są one przeważnie obupłciowe.

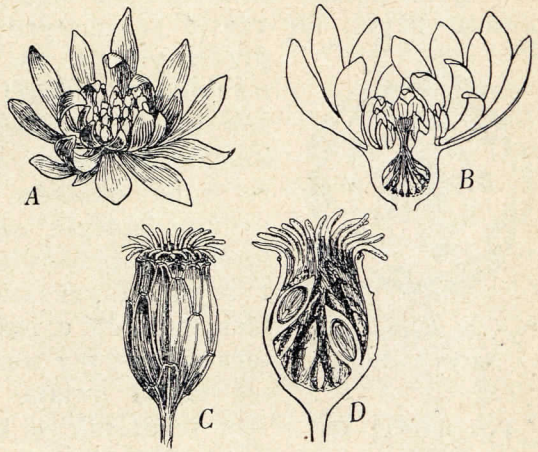
Nadto większość okrytozalążkowych posiada kwiaty, opatrzone barwnym okwiatem, służącym do przywabiania owadów. Tę samą czynność spełniają także miodniki, które tworzą się w wielu kwiatach roślin okrytozalążkowych, oraz substancje wonne wydzielane przez pewną część tych kwiatów. Owady, zbierając na kwiatach nektar albo pyłek, dokonują zapylenia. Tylko nieznaczna część okrytozalążkowych nie jest odwiedzana przez owady i jest zapylana przez wiatr. U nagozalążkowych natomiast zapylanie kwiatów przez owady jest bardzo rzadkie.



Ryc. 668. *Nelumbo lutea.* Z lewej strony pączek kwiatowy, w środku rozwinięty kwiat, z prawej strony dno kwiatowe z owocolistkami po przekwitnięciu. — Według Asa Gray'a i Sprague'a

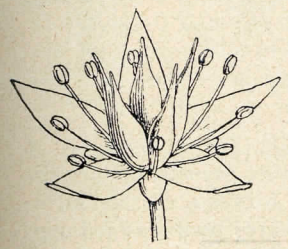
Dalej kwiaty okrytozalążkowych w rzadkich tylko przypadkach mają oś wydłużoną, co jest ogólnem prawidłem u nagozalążkowych. Przykładem takiego kwiatu o wydłużonej osi może być *Magnolia* (ryc. 667). Owocolistki są osadzone w kwiecie na górnej (końcowej) części osi, niżej są osadzone pręciki, a najniżej listki okwiatu. Układ jest, ogólnie biorąc, ten sam, co w obupłciowych kwiatach u *Benettitinae.* W większości przypadków oś kwiatu u okrytozalążkowych jest mocno skrócona, a jednocześnie nieco rozszerzona, stożkowata albo zaokrąglona. Skutkiem tego różne części kwiatu zostają sprowadzone prawie do jednego poziomu i okrywają się wzajemnie: owocolistki przez pręciki, pręciki przez okwiat. Skutkiem tego odmiennego kształtu oś kwiatu u okrytozalążkowych otrzymała osobną nazwę dna kwiatowego (receptaculum).

U wielu roślin dno kwiatowe jest w górnej części wklęsłe i owocolistki są w niem pogrążone, podczas gdy inne części kwiatu pozostają na wypukłych jego częściach. Wyjątkowo zdarza się, że w dnie kwiatowem jest osobne wgłębienie dla każdego owocolistka, jak u *Nelumbo* (ryc. 668). Zwykle tworzy się tylko jedno duże wgłębienie, tak że dno kwiatowe przybiera kształt kubka. Na dnie tego kubka albo na jego wewnętrznej powierzchni są osadzone owocolistki, zaś pozostałe części kwiatu (pręciki, okwiat) wyrastają na jego brzegach. Przykładem tego może być *Calycanthus* (ryc. 669).



Ryc. 669. *Calycanthus floridus.* — *A* Kwiat. — *B* Kwiat w podłużnym przekroju. — *C* Owoc. — *D* Owoc w podłużnym przekroju. — Według Baillona.

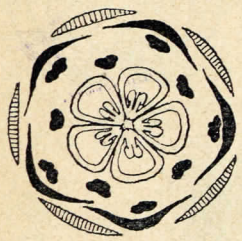
Ułożenie owocolistków, pręcików i listków okwiatu na dnie kwiatowem może być spiralne (skrętoległe) albo okółkowe. Przykładem spiralnego układu części kwiatu może służyć dopiero co przytoczony *Calycanthus.* Jest to jednak przypadek rzadki. Częściej zdarza się, że układ jest częściowo spiralny, częściowo okółkowy. Tak jest np. u *Magnolia* (ryc. 667), u której pręciki i owocolistki są ułożone skrętolegle, listki okwiatu są natomiast ustawione w trzy okółki po trzy listki w każdym z nich. Tak jest również u większej części form pospolitej u nas rodziny jaskrowatych *(Ranunculaceae).* Najczęściej jednak budowa kwiatu jest całkowicie okółkowa. Przykładem mogą służyć kwiaty rozchodnika *(Sedum acre)* (ryc. 670). W tych kwiatach w środku widzimy okółek z 5 owocolistków. Naokoło niego wyrastają dwa okółki pręcików po pięć w każdym okółku i wreszcie naokoło pręcików okwiat złożony z okółka żółtych płatków i okółka zielonych działek. Wszystkie okółki w kwiatach rozchodnika mają jednakową ilość członów, co jednak nie jest bynajmniej prawidłem ogólnem. Liczebność członów w różnych okółkach kwiatowych może być różna, zwłaszcza częste jest zmniejszenie ilości owocolistków. Ilość członów w poszczególnych okółkach jest równa jednemu z wyrazów szeregu Fibonacci



Ryc. 670. *Sedum acre.* Kwiat.

(por. str. 267) albo iloczynowi takiego wyrazu przez 2^n. Najczęściej występują liczby 2, 3 i 5 oraz ich wielokrotne, rzadziej 8; czasem bywa i 13 *(Helleborus)* a nawet więcej.

Dla lepszego uwidocznienia wzajemnego położenia części kwiatu używa się często schematyzowanych przekrojów poprzecznych, t. zw. diagramatów czyli narysów (ryc. 671)[1]). Przy pomocy narysów można uwidocznić z łatwością między innemi wzajemne położenie sąsiadujących ze sobą okółków. Przeważnie okółki są naprzemianległe, są jednak przypadki położenia naprzeciwległego, jak to jest np. z zewnętrznym okółkiem pręcików i okółkiem płatków u rozchodnika (ryc. 671). Naturalnie narysy uwidoczniają tylko położenie części kwiatu w kierunku poziomym i nie mówią nic o ich położeniu w kierunku pionowym, ani o kształcie dna kwiatowego, co można widzieć tylko na przekrojach podłużnych.

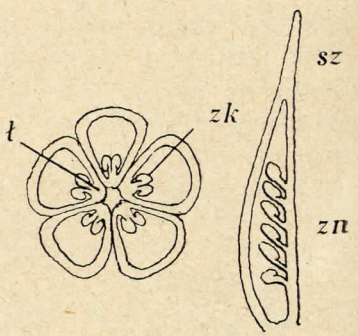


Ryc. 671. *Sedum acre.* Narys kwiatu.

Pewne usługi przy opisywaniu kwiatów okazują także wzory kwiatowe, podające ilość poszczególnych części kwiatu, względnie ilość członów w poszczególnych okółkach. Ilości te podaje się przy pomocy liczb umieszczonych po literze, oznaczającej dane części składowe kwiatu. Okwiat oznacza się literą *P* albo, jeżeli jest zróżnicowany na kielich i koronę, kielich oznacza się przez *K*, koronę przez *C*. Dla pręcików przyjęto literę *A* i dla owocolistków — *G*. Liczebności poszczególnych okółków łączy się znakiem +, ilość wielką a nieokreśloną oznacza się znakiem ∞. W ten sposób będziemy mieli wzory:

Magnolia: $P_{3+3+3}\ A\infty\ G\infty$,

Sedum: $K_5\ C_5\ A_{5+5}\ G_5$.



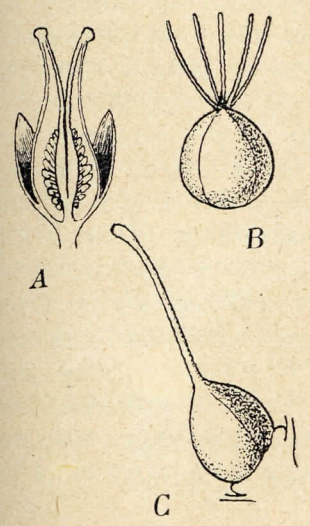
Ryc. 672. *Sedum acre.* — *A* Słupkowie przecięte poprzecznie; *ł* łożysko, *zk* zalążki. — *B* Przekrój podłużny jednego ze słupków; *zn* zalążnia, *sz* szyjka.

Przez dodanie różnych oznaczeń można uwidocznić we wzorze kwiatowym także inne cechy w budowie kwiatów

[1]) Podstawowem dziełem w tej kwestji są Eichlera: „Blütendiagramme“.

oprócz liczebności poszczególnych części, o czem będzie mowa później.

Najbardziej charakterystyczną cechą kwiatów u okrytozalążkowych jest wykształcenie owocolistków. Są one zwinięte ku górze (ku środkowi kwiatu) i zrośnięte swojemi brzegami, tworząc woreczek, w którym są ukryte zalążki. Woreczek ten nosi nazwę zalążni (ovarium). W górnej jego części tworzy się walcowaty pełny wyrostek, zwany szyjką (stylum). Na szczycie szyjki, który bywa nieraz zgrubiały, skórka wykształca się w sposób szczególny, tworząc krótkie włoski lub brodawki i wydzielając lepką ciecz, dzięki czemu w tych miejscach przylepia się pyłek kwiatowy. Ta część powierzchni szyjki nazywa się znamieniem (stigma). Razem cały twór powstały z owocolistka nosi nazwę słupka (pistillum), zaś zbiór słupków kwiatu nazwę słupkowia (gynoeceum).

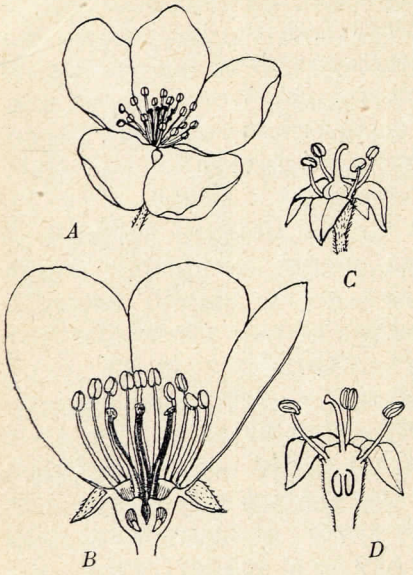


Ryc. 673. Różne stopnie zrastania się owocolistków. — *A Astilbe Thunbergii.* Słupek z kielichem w podłużnym przekroju. Owocolistki zrośnięte ze sobą tylko w dolnej części. — *B Lychnis Flos cuculi.* Słupek; górne części owocolistków (szyjki) wolne. — *C Linaria vulgaris.* Słupek; owocolistki zrośnięte od góry do dołu.

Wszystkie te rzeczy można widzieć w kwiatach rozchodnika (ryc. 672). W ściankach zalążni przebiegają wiązki sitowo-naczyniowe, zwrócone częścią sitową nazewnątrz, ponieważ zewnętrzna powierzchnia zalążni jest dolną stroną owocolistków. Zalążki są osadzone na wewnętrznej stronie ścianki, w części jej, odpowiadającej miejscu zrośnięcia brzegów owocolistka. Ta część ścianki zalążni jest nieco zgrubiała i nosi nazwę łożyska (placenta).

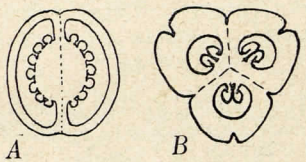
Dalsza komplikacja w budowie słupkowia następuje skutkiem zrastania się słupków ze sobą. Twory, które powstają w ten sposób z owocolistków, również nazywają się słupkami, chociaż ich charakter morfologiczny jest inny, gdyż są odpowiednikiem całego słupkowia. Zrastanie się ze sobą słupków albo, co na jedno wychodzi, owocolistków może być zupełne albo tylko częściowe (ryc. 673). Przy częściowym zroście górne części owocolistków pozostają wolne, przedewszystkiem oczy-

wiście szyjki. Jeżeli dno kwiatowe jest wklęsłe, owocolistki w wielu przypadkach zrastają się nietylko ze sobą, ale i z dnem, a to naturalnie w różnym stopniu. Dwa przykłady tego zjawiska przedstawia ryc. 674. Zalążnia zrośnięta z dnem kwiatowem znajduje się wtedy z konieczności niżej od wszystkich innych części kwiatu i nazywa się przez to dolną. We wszystkich innych przypadkach nazywamy ją górną. W związku z tem kwiat z dolną zalążnią nazywamy nadzalążniowym albo górnym, kwiat o górnej zalążni ale z dnem kwiatowem wklęsłem nazywamy okołozalążniowym, wreszcie kwiat o górnej zalążni i dnie wypukłem nazywamy podzalążniowym albo dolnym.



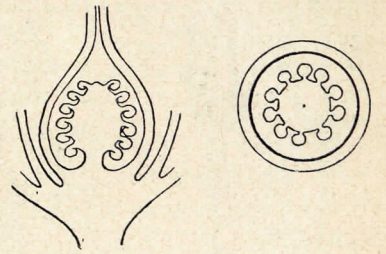
Ryc. 674. *A—B Pirus Malus.* Kwiat i jego przekrój podłużny. — *C—D Cornus mas.* Kwiat i jego przekrój podłużny. — *A—B* według Fockego, *C—D* według Harmsa.

W słupkach utworzonych przez zrośnięcie dwóch albo kilku owocolistków łożyska mogą się znajdować albo w środku zalążni, albo na jej ściankach zewnętrznych, mogą być środkowe i ścienne. Pierwszy przypadek zachodzi wtedy, kiedy każdy owocolistek jest zrośnięty swojemi brzegami i nadto zrośnięty z sąsiedniemi owocolistkami (ryc. 675). Zalążnia jest wtedy podzielona na tyle komór, ile jest owocolistków, łożyska zaś są wszystkie skupione w środku, w miejscu gdzie łączą się ze sobą wszystkie przegrody. Pewną odmianą łożyska środkowego jest łożysko kolumnowe, kiedy zalążnia jest jednokomorowa i z dna jej odchodzi łożysko w postaci kolumny (ryc. 676). Takie urządzenie łożyska można wyprowadzić z łożyska środkowego przez zanik przegród, łączących łożysko ze ściankami zalążni. Łożyska ścienne, do których teraz przejdziemy, powstają wtedy,



Ryc. 675. Schematyczne przekroje zalążni o środkowych łożyskach. — *A Saxifraga.* — *B Fritillaria.*

kiedy każdy owocolistek prawym brzegiem zrasta się z lewym brzegiem najbliższego z prawej strony owocolistka, swoim zaś lewym brzegiem z prawym brzegiem najbliższego owocolistka z lewej strony (ryc. 677). Zalążnia w tym przypadku jest oczywiście jednokomorowa. U niektórych roślin zalążki powstają na dnie zalążni skutkiem przesunięcia odnośnej tkanki twórczej.



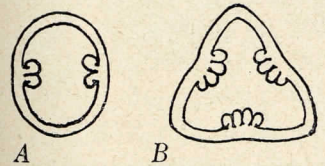
Ryc. 676. *Primula officinalis.* Schemat podłużnego i poprzecznego przekroju zalążni z kolumnowem łożyskiem.

We wzorze kwiatowym zrośnięcie owocolistków zaznacza się przez ujęcie w nawiasy ich ilości. To samo zresztą robi się przy innych częściach kwiatu, jeżeli są one ze sobą zrośnięte. Zalążnię dolną zaznacza się przez kreskę poprowadzoną nad liczbą owocolistków. W ten sposób otrzymamy wzory kwiatowe:

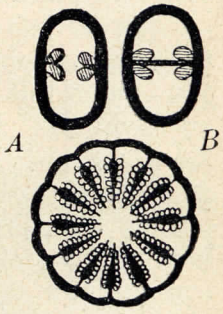
Jabłoń *(Pirus Malus)*: $K_5\ C_5\ A_{10+5+5}\ G(\overline{5})$.

Dereń *(Cornus mas)*: $K_4\ C_4\ A_4\ G(\overline{2})$.

U niektórych roślin w zalążni powstają oprócz właściwych przegród, utworzonych przez owocolistki, jeszcze przegrody fałszywe skutkiem wrastania pewnych części owocolistka do środka zalążni. Jako przykład rozpatrzymy takie zjawiska u makowatych *(Papaveraceae)* i krzyżowatych *(Cruciferae)*. W obu tych rodzinach łożyska są ścienne, co szczególnie wyraźnie występuje np. u jaskółczego ziela *(Chelidonium majus)*, należącego do makowatych (ryc. 678, *A*). Zalążnia jest tu jednokomorowa, złożona z dwóch owocolistków. U wszystkich krzyżowatych słupek ma podobną budowę, ale oba łożyska są ze sobą połączone przegrodą, dzielącą zalążnię na dwie komory (ryc. 678, *B*). U makowatych spotykają się także podobne fałszywe przegrody, ale nie dochodzą one do środka, wyrastając tak samo od

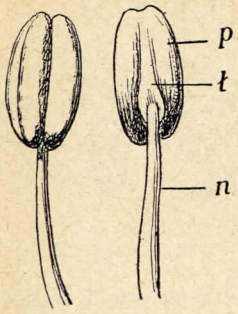


Ryc. 677. Łożyska ścienne.— *A Chelidonium majus.* — *B Viola tricolor.*



Ryc. 678. Przekroje zalążni. — *A Chelidonium maius.* — *B Turritis glabra.*— *C Papaver somniferum.*

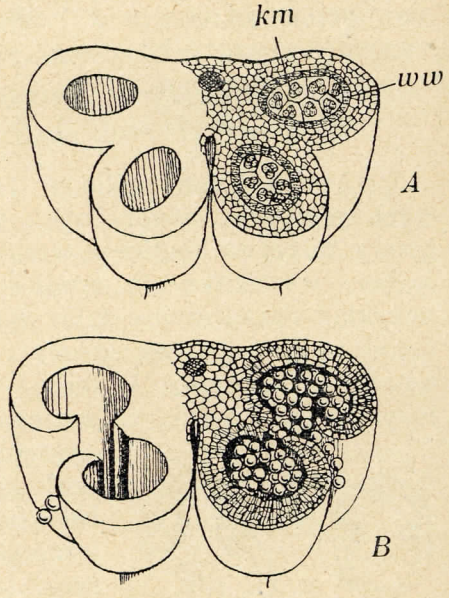
łożysk. Tak jest u maku *(Papaver)*, u którego te niekompletne przegrody grają rolę łożysk (ryc. 678, *C*).



Ryc. 679. Pręcik widziany z dwóch stron; *n* nitka, *p* pylnik, *ł* łącznik.

Pręciki w kwiatach roślin okrytozalążkowych mają postać bardziej określoną niż u nagozalążkowych. Są one zróżnicowane na nitkę i pylnik (ryc. 679). Nitka jest dolną częścią pręcika; ma ona kształt walcowaty o stosunkowo niewielkiej średnicy. Pylnik jest znacznie szerszy i grubszy. Jest on podzielony na dwie części dosyć głęboką, podłużną bróżdą. Obie połowy jego są złączone tak zwanym łącznikiem (connectivum) ze sobą i z nitką. Każda połowa pylnika zawiera po dwa woreczki pyłkowe (mikrosporangja) (ryc. 680).

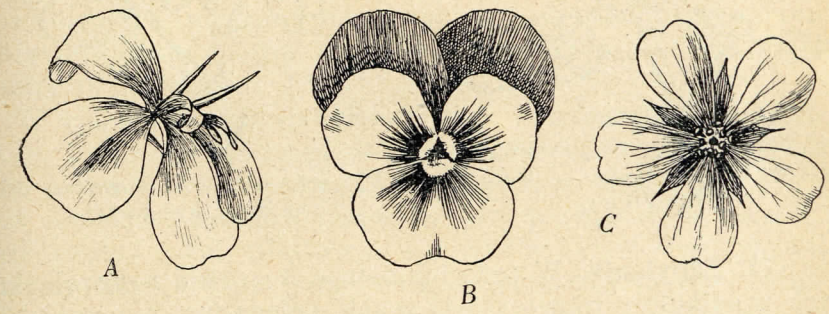
Nazewnątrz obecność woreczków pyłkowych zaznacza się lekkiemi wypukłościami, oddzielonemi bróżdą nieco płytszą od tej, która przedziela obie połowy pylnika. Woreczki pyłkowe są wewnątrz wyścielone warstwą wyścielającą, jak to jest zawsze w zarodniach zarówno nasiennych, jak i paprotników. Początkowo woreczki zawierają komórki macierzyste pyłku, które później dzielą się, dając tetrady ziarenek (mikrospor). Warstwa wyścielająca przytem zużywa się na odżywienie pyłku i znika. Skoro pyłek wykształci się ostatecznie, ściana pylnika pęka wzdłuż na obu połowach. Każda szpara tworzy się na granicy między dwoma woreczkami pyłkowemi. W tym samym czasie zanika tkanka oddzielająca od siebie sąsiadujące woreczki pyłkowe i skutkiem



Ryc. 680. Schematyczne przedstawienie rozwoju pylnika. — *A* Pylnik, zawierający jeszcze niepodzielone komórki macierzyste pyłku *(km)*, otoczone warstwą wyścielającą *(ww)*. — *B* Stadjum późniejsze; ziarenka pyłku wysypują się skutkiem pęknięcia ściany pylnika; warstwa wyścielająca znikła skutkiem zużycia jej na odżywienie pyłku. — Według Baillona i Luerssera.

tego ta sama szpara służy dla opróżnienia obu. W niektórych przypadkach pylnik zawiera tylko dwa woreczki pyłkowe. Czasem otwierają się pylniki nie przy pomocy szpary, lecz przez otwór. Wogóle pręcikowie (tak nazywa się ogół pręcików kwiatu) przedstawia wielką rozmaitość, która potęguje się silnie skutkiem zrostu pręcików ze sobą oraz z okwiatem i owocolistkami.

Jeszcze większą rozmaitość przedstawia wykształcenie okwiatu, który może składać się z listków jednakowych, barwnych lub zielonych, albo jest wyraźnie zróżnicowany na dwie części: zielony kielich (calyx), złożony z działek (se-

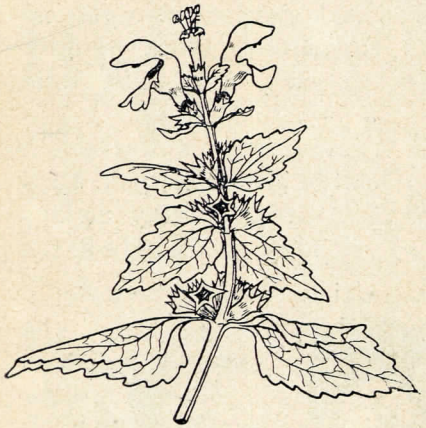


Ryc. 681. *A* Niesymetryczny okwiat. *Canna indica.* — *B* Grzbiecisty okwiat. *Viola tricolor.* — *C* Promienisty okwiat. *Geranium sanguineum.* — Według Karstena.

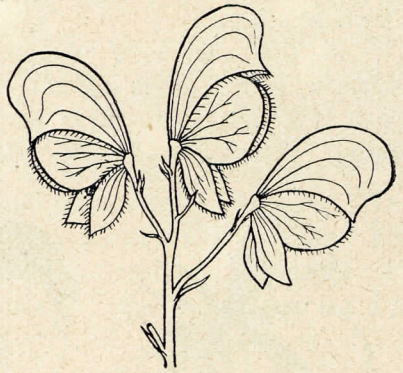
pala), i barwną koronę (corona), złożoną z płatków (petala). Bardzo ważną rzeczą jest symetrja okwiatu. Okwiat niesymetryczny jest zjawiskiem bardzo rzadkiem; przykładem może służyć *Canna* (ryc. 681, *A*). Częściej zdarzają się przypadki, w których jest jedna płaszczyzna symetrji; są to okwiaty grzbieciste (bratek *[Viola tricolor]*, ryc. 681, *B*). Najczęściej okwiat ma dwie lub więcej płaszczyzn symetrji i nazywa się wtedy promienistym (bodziszek *[Geranium]*, ryc. 681, *C*). Inne części kwiatu są zwykle ułożone według tej samej symetrji, co listki okwiatu, ale bynajmniej niezawsze, zwłaszcza słupkowie wyłamuje się często z ogólnego prawidła. Pomimo tego nie mówi się zwykle o symetrji okwiatu, lecz o symetrji kwiatu.

Jest rzeczą niezmiernie ciekawą, że kwiaty grzbieciste nie tworzą się na szczycie pędów. Ciekawą ilustracją tego są pelorje, kwiaty promieniste, które czasem tworzą się na szczytach pędów u roślin, mających normalnie kwiaty grzbieciste

(ryc. 682). Pozornym wyjątkiem są kwiaty tojadu *(Aconitum)* (ryc. 683). Kwiat, znajdujący się tu na szczycie pędu, jest jednak nie szczytowym, lecz bocznym, gdyż jest opatrzony przysadką i podkwiatkami.



Ryc. 682. *Lamium purpureum*. Pelorja na szczycie pędu. — Według PEYRITSCHA.



Ryc. 683. *Aconitum Napellus*. Górna część kwiatostanu.

177. Zapylanie. W przeciwieństwie do roślin nagozalążkowych zapylanie u okrytozalążkowych polega na przenoszeniu pyłku na znamię, nie zaś na zalążki, które są tu ukryte wewnątrz zalążni i niedostępne wszelkim bezpośrednim oddziaływaniom zewnętrznym. Tylko u niewielu okrytozalążkowych pyłek jest przenoszony przez wiatr, tak jak to jest u nagozalążkowych. Najczęściej przenoszą pyłek owady, zbierające w kwiatach nektar lub w braku jego sam pyłek. Rośliny owadopylne różnią się od wiatropylnych urządzeniem swoich kwiatów, dzięki czemu u większości roślin okrytozalążkowych można odrazu domyślić się, jaki jest sposób zapylania w każdym poszczególnym przypadku.

Kwiaty owadopylne posiadają przynajmniej częściowo barwny okwiat, dzięki któremu przywabiają owady. Tę samą czynność spełniają wonne a zarazem bardzo lotne substancje, wytwarzane często przez takie kwiaty. Kwiaty owadopylne zwykle są opatrzone miodnikami. Pyłek ich jest mniej lub więcej lepki i opatrzony na powierzchni różnego kształtu kolcami i innemi wyrostkami, które ułatwiają przyczepianie się jego do ciała owadów.

W przeciwieństwie do tego kwiaty wiatropylne mają niepozorny, zielony lub błonkowaty, okwiat albo nie mają go wcale, co można widzieć u większości naszych drzew liściastych

(leszczyna, brzoza i t. d.) oraz u wszystkich traw, w tej liczbie u zbóż. Kwiaty wiatropylne nie wydzielają wonnych, lotnych substancyj i nie wytwarzają nektaru. Pyłek ich jest sypki, złożony z ziarenek o gładkiej powierzchni. Wytwarza się on w wielkich ilościach, znacznie większych niż w kwiatach owadopylnych, co ma wielkie znaczenie przy zapylaniu przez wiatr, bo tylko nieznaczna część jego trafia na znamiona, daleko mniejsza, niż przy zapylaniu przez owady.

W krajach gorących niektóre kwiaty są zapylane przez drobne ptaki, np. przez kolibry w Ameryce południowej. Ptaki te tak samo jak owady zbierają z kwiatów nektar. W niektórych wyjątkowych przypadkach pyłek jest przenoszony przez ślimaki. U nielicznych wodnych roślin zanurzonych wraz z kwiatami w wodzie (np. u *Zostera marina*) pyłek jest przenoszony przez wodę.

W wielu kwiatach spotyka się różne urządzenia, sprawiające to, że owady nie mogą w nich zbierać nektaru, nie powodując jednocześnie zapylenia. Urządzenia te oraz wogóle stosunek wzajemny kwiatów i owadów jest przedmiotem osobnej gałęzi nauki, t. zw. biologji kwiatów. Tych kwestyj nie będziemy bliżej rozpatrywali, odsyłając interesujących się do książki SZAFERA „Życie kwiatów“ (Lwów 1927). Zaznaczymy tu tylko, że niektórzy badacze poszli za daleko w poszukiwaniu związków między urządzeniem kwiatów a budową ciała i zwyczajami zapylających je owadów. Skutkiem tego w wielu przypadkach przypisywano różnym szczegółom budowy kwiatów znaczenie, którego one z pewnością nie posiadają.

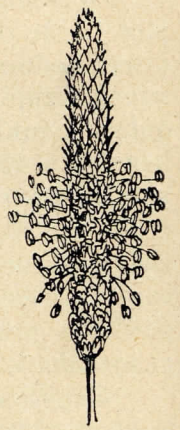
Zapylanie jest nieodzownym środkiem rozmnażania płciowego u okrytozalążkowych, tak samo jak u nagozalążkowych. Jest ono konieczne, aby w zalążkach wytworzyły się zarodki nowych roślin i zalążki zamieniły się w nasiona. Niezawsze jednak zapylenie powoduje ten skutek. Przedewszystkiem jeżeli pyłek pochodzi z rośliny, należącej do innego gatunku, nasiona wykształcają się tylko wtedy, jeżeli jest to gatunek bliski. Następuje wtedy skrzyżowanie dwóch gatunków i powstają mieszańce, zawierające w sobie w formie jawnej lub ukrytej właściwości obu rodziców. Gatunki bardziej od siebie odległe nie dają się skrzyżować i nie wytwarzają nasion, jeżeli jeden z nich zostanie zapylony pyłkiem drugiego. Zapylenie pozostaje często bez skutku także wtedy, jeżeli pyłek pochodzi z tego samego kwiatu. Nie jest to jednak prawidłem ogólnem i jest niemało roślin, których kwiaty tworzą nasiona także przy samozapyleniu, chociaż czasem mniej obficie

niż przy zapyleniu obcym pyłkiem. Rozmnażanie przy pomocy samozapylenia nazywa się autogamją. Są nawet rośliny, które rozmnażają się wyłącznie w ten sposób. Tak dzieje się u roślin o kwiatach klejstogamicznych, które nie otwierają się wcale. Pyłek w nich wypada wprost z pylników na znamię albo nawet kiełkuje w pylniku, skąd łagiewki kierują się do znamienia. Bardzo ciekawy przypadek klejstogamji mamy u jednego z krajowych gatunków fiołka, *Viola mirabilis*, który wytwarza z początku piękne, błękitne, ale bezpłodne kwiaty, później zaś inne, niepozorne, bezpłatkowe, ale pełne kwiaty klejstogamiczne.



Ryc. 684. *Pimpinella Saxifraga.* — *A* Młody kwiat z dojrzałemi pręcikami i nierozwiniętemi szyjkami bez wyraźnych znamion. — *B* Kwiat nieco starszy ze zwiędłemi pręcikami i wykształconemi szyjkami i znamionami. — Według Bonniera i Leclerc du Sablona.

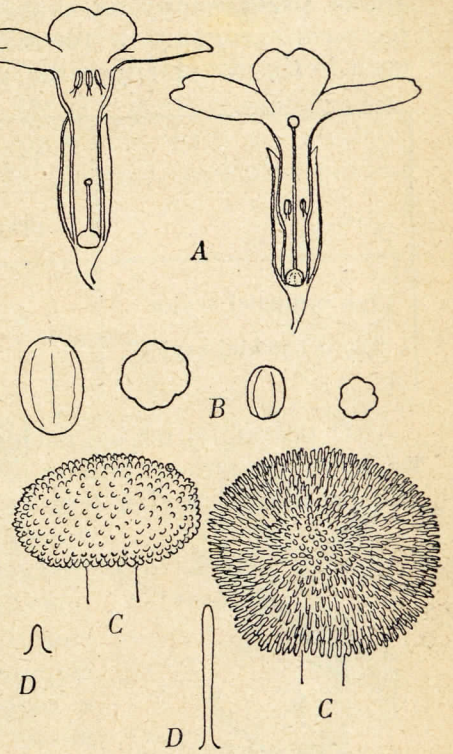
U wielu roślin spotykamy w kwiatach urządzenia, uniemożliwiające samozapylenie albo przynajmniej ułatwiające obcopylność (allogamję). Najważniejszym faktem tego rodzaju jest dichogamja, polegająca na niejednoczesnem wykształceniu pręcików i słupków w kwiatach. Istnieją dwie formy dichogamji: przedprątność (protandrja), w której pręciki wykształcają się wcześniej od słupków, i przedsłupność (protogynja), w której słupki wyprzedzają w rozwoju pręciki. Pierwsza forma jest o wiele częstsza, mamy ją np. u baldaszkowatych *(Umbelliferae)* (ryc. 684) i złożonych *(Compositae)* (ryc. 777). Drugą formę dichogamji można z łatwością obserwować u babki *(Plantago)* (ryc. 685), u której oba stadja rozwojowe kwiatów są widoczne na tym samym kwiatostanie: wcześniejsze (słupkowe) stadjum w górnej części, późniejsze zaś (pręcikowe) w dolnej. Przy dichogamji kwiaty z konieczności są zapylane obcym pyłkiem, bo ich własny pyłek w chwili, kiedy znamię jest gotowe dla zapylenia, nie jest jeszcze wykształcony albo już wysypany i zużyty. Ten obcy



Ryc. 685. *Plantago media.* Kwiatostan. W górnej jego części, z młodych nierozwiniętych kwiatów wysuwają się słupki z wykształconem znamieniem. W dolnych kwiatach szyjka jest już uschnięta, zato pręciki są w pełni rozwoju. — Według Nolla.

pyłek może pochodzić albo z kwiatów tej samej rośliny, albo z innego osobnika tego samego gatunku. Będziemy mieli zatem dwa odmienne przypadki obcopylności: endogamję i eksogamję.

Podobnie jak autogamja w wielu przypadkach nie daje nasion albo je wytwarza w niewielkiej ilości, tak samo w innych znowu endogamja jest bezpłodna albo mało plenna. Przy dichogamji jest rzeczą przypadku, skąd owady przyniosą obcy pyłek, czy z tego samego osobnika, czy z innego; może zatem nastąpić tak samo dobrze endogamja, jak i eksogamja. U niektórych jednak roślin spotykamy urządzenia wykluczające albo przynajmniej utrudniające endogamję. Wykształcają się tu dwa albo trzy odrębne typy osobników o kwiatach inaczej urządzonych. Dwa typy osobników mamy np. u pierwiosnka *(Primula)*, trzy — u krwawnicy *(Lythrum)*.



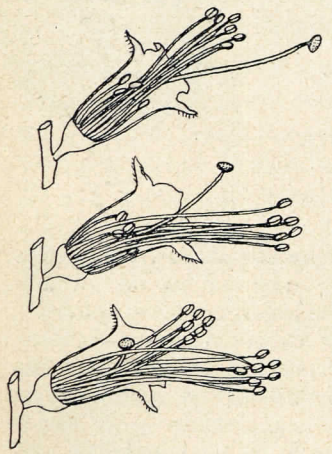
Ryc. 686. *Primula elatior.* Figury prawej połowy odnoszą się do kwiatów o długiej szyjce, figury lewej połowy — do kwiatów o krótkiej szyjce. — *A* Przekrój podłużny kwiatu. — *B* Ziarenko pyłku w widoku i w poprzecznym przekroju. — *C* Znamię. — *D* Włosowaty wyrostek jednej z komórek znamienia. — Według Errery.

U pierwiosnka jeden typ osobników ma kwiaty o długiej szyjce i pręcikach osadzonych nisko w rurce korony, drugi zaś typ ma krótszą szyjkę i pręciki osadzone wysoko (ryc. 686). Znamię w kwiatach jednego typu znajduje się na tym samym poziomie, co pylniki w kwiatach drugiego typu. Oprócz tego są jeszcze różnice w wielkości ziarenek pyłku i w ukształtowaniu znamion, co można widzieć na ryc. 686. Nektar w tych kwiatach wytwarza się na dnie rurki korony. Jeżeli owad siądzie na kwiat o długiej szyjce, to dotknie się pylników przednią częścią ciała. Przelatując następnie na kwiat o krótkiej szyjce, pozostawi pyłek na znamieniu, gdyż szyjka w tym kwie-

cie sięga do tej samej wysokości, na której w kwiecie o długiej szyjce mieściły się pylniki. W podobny sposób pyłek z kwiatów o krótkiej szyjce przylepi się do tylnej części ciała owada i zostanie przeniesiony na znamię kwiatów o długiej szyjce. Skuteczność eksogamji u pierwiosnka jest widoczna z następujących liczb, otrzymanych dla gatunku *Primula elatior*.

	Procentowa ilość zawiązanych owoców	
	przy eksogamji	przy endogamji
Typ o długiej szyjce .	76	7
Typ o krótkiej szyjce .	79	16

U pospolitej na bagnach krwawnicy *(Lythrum salicaria)* są trzy rodzaje osobników, których kwiaty różnią się długością pręcików i szyjek (ryc. 687). Są w tych kwiatach trzy poziomy; do jednego z tych poziomów dochodzą trzy pręciki, do drugiego — pozostałe trzy pręciki, do trzeciego dochodzi szyjka. Zapylenie najłatwiej następuje wtedy, kiedy pyłek pochodzi z tego samego poziomu, na którym mieści się znamię.



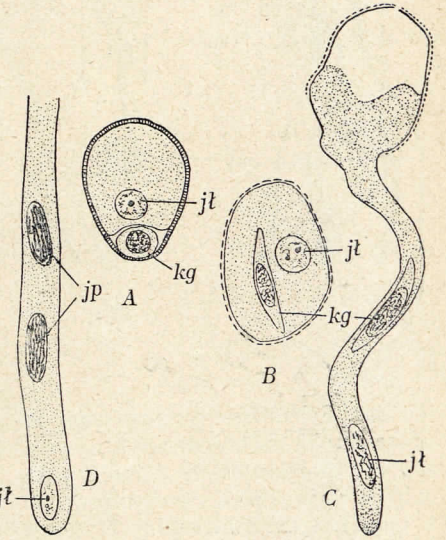
Ryc. 687. *Lythrum salicaria*. Trzy typy kwiatów o pręcikach i szyjkach różnej długości. — Według Kirchnera.

178. Pokolenie haploidalne. Pokolenie haploidalne roślin okrytozalążkowych jest jeszcze bardziej zredukowane niż u nagozalążkowych i składa się z niewielu tylko komórek.

Przedrośle męskie zaczyna się rozwijać w mikrosporze (w ziarenku pyłku) jeszcze przed wysypaniem się pyłku z pylników. Dopiero co wykształcona mikrospora zawiera jedno haploidalne jądro otoczone protoplazmą. Pierwszą przemianą, jaka w niej zachodzi, jest odcięcie nagiej, soczewkowatej komórki generatywnej. Reszta stanowi komórkę łagiewkową (ryc. 688). Komórki przedroślowe, wykształcające się w mikrosporach nagozalążkowych, nie tworzą się tu wcale. W takim

dwukomórkowym stanie pyłek wysypuje się z pylników. Trafiwszy na znamię, mikrospora wytwarza łagiewkę, do której przechodzi prawie cała jej zawartość. Naprzód przechodzi do łagiewki jądro łagiewkowe wraz z otaczającą je protoplazmą, za niem idzie komórka generatywna, zachowując narazie swoją odrębność. Nieco później protoplazma komórki generatywnej zlewa się z protoplazmą łagiewki, jądro zaś jej dzieli się na dwa jądra plemnikowe (ryc. 688, *D*), grające rolę plemników. Widzimy tu dalsze uproszczenia w rozwoju w porównaniu z nagozalążkowemi: brak komórki ściennej, plemniki pozbawione własnej protoplazmy, złożone z samego tylko jądra.

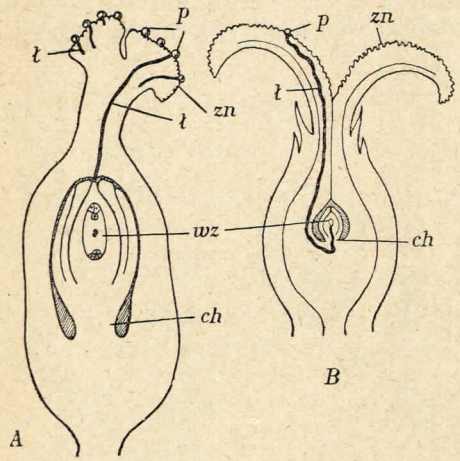
Tak przedstawia się przedrośle męskie. Wrasta ono w szyjkę słupka i kieruje się do zalążni, gdzie wchodzi do jednego z zalążków. Najczęściej przedrośle męskie (łagiewka) wchodzi w okienko zalążka; nazywa się to porogamją (ryc. 689, *A*). W pewnych przypadkach, np. u wielu drzew liściastych (u brzozy, wiązu, orzecha i t. d.), dzieje się inaczej: łagiewka wrasta do zalążka przez osadkę (chalazę); mamy wtedy chalazogamję (ryc. 689, *B*). Czasem zachodzi coś pośredniego między porogamją a chalazogamją: łagiewka wchodzi do zalążka zboku, przebijając osłonki (zdarza się to u wiązu). We wszystkich przypadkach celem, do którego zdąża łagiewka, jest woreczek zalążkowy albo raczej przedrośle żeńskie, które w nim się wytwarza.



Ryc. 688. *Lilium Martagon*. Kolejne stadja kiełkowania mikrospory; *kg* komórka generatywna, *jł* jądro komórki łagiewkowej, *jp* jądra plemnikowe. — Według Strasburgera.

Przedrośle żeńskie okrytozalążkowych jest tak samo jak męskie o wiele prostsze niż u nagozalążkowych. Pierwotne jądro woreczka zalążkowego dzieli się tu tylko trzykrotnie, wytwarzając osiem jąder pochodnych (ryc. 690). Woreczek zalążkowy jednocześnie z tem rośnie i wydłuża się, tworząc w środku dużą wodniczkę. Jądra są z początku zebrane w dwie grupy po cztery na przeciwległych końcach woreczka zalążkowego.

Następnie w części woreczka zalążkowego zwróconej do okienka trzy jądra otaczają się protoplazmą i odcinają się od protoplazmy woreczka, nie wytwarzając jednak wyraźnej błony. Z tych trzech komórek jedna jest nieco większa; jest to komórka jajowa, która ulega zapłodnieniu i wytwarza zygotę, a następnie zarodek nowej rośliny. Dwie pozostałe nie biorą bezpośredniego udziału w rozmnażaniu i noszą nazwę synergid. Z czterech jąder, znajdujących się na przeciwległym końcu woreczka zalążkowego, trzy otaczają się protoplazmą i tworzą trzy nagie komórki, zwane antypodami. Czwarte jądra obu grup kierują się jednocześnie ku środkowi woreczka zalążkowego i łączą się ze sobą, tworząc wtórne jego jądro. W wykształconem w ten sposób przedroślu żeńskiem rodnia jest zredukowana do komórki jajowej. Charakter morfologiczny synergid jest niejasny: są to być może bezpłodne komórki jajowe dwóch innych rodni albo komórki szyjki. Wszystkie inne części przedrośla odpowiadają komórkom wegetatywnym, z wyjątkiem wtórnego jądra woreczka zalążkowego.

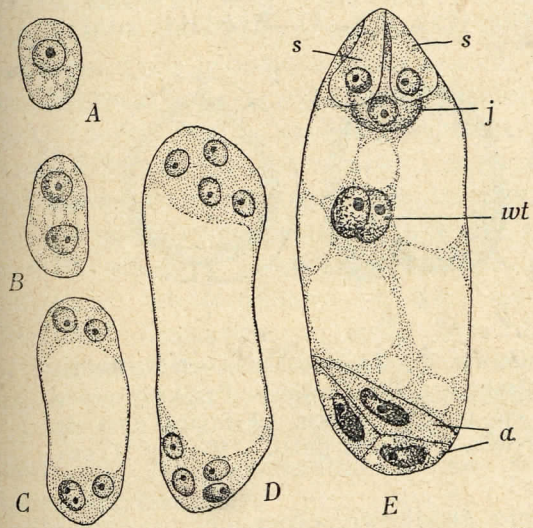


Ryc. 689. Schematyczne przekroje podłużne słupka u *Polygonum Convolvulus (A)* i *Juglans regia (B)* dla pokazania porogamji w pierwszym przypadku i chalazogamji w drugim. W obu figurach: *p* ziarenka, *ł* łagiewki, *wz* woreczki zalążkowe, *ch* osadka zalążków (chalaza), *zn* znamię. Wolna przestrzeń wewnątrz zalążni jest zacieniowana. — Według Strasburgera.

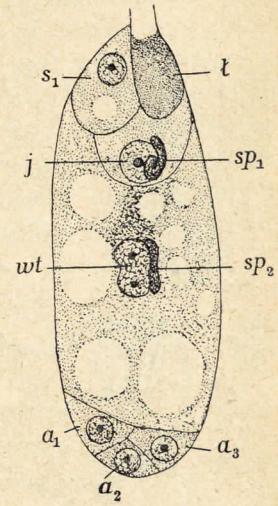
Zapłodnienie odbywa się wtedy, gdy koniec łagiewki dojdzie do tej części woreczka zalążkowego, w której mieści się komórka jajowa. Błona łagiewki na końcu przerywa się i oba jądra plemnikowe przez jedną z synergid wchodzą do woreczka zalążkowego. Następuje podwójne zapłodnienie, zjawisko charakterystyczne dla okrytozalążkowych (ryc. 691). Z dwu powstałych w ten sposób zygot górna, która wzięła początek z komórki jajowej, otacza się błoną i przez podział wytwarza zarodek nowej diploidalnej rośliny. Druga zygota, która tworzy się z wtórnego jądra woreczka zalążkowego, wytwarza bielmo, tkankę odżywczą dla młodej roślinki. U roślin nagozalążkowych już spotkaliśmy się z taką tkanką, lecz tam była

ona innego pochodzenia, powstawała bowiem bezpośrednio z woreczka zalążkowego przez wielokrotny podział jego jądra. Była to tkanka haploidalna, podczas gdy u okrytozalążkowych bielmo jest tkanką triploidalną.

U niektórych roślin okrytozalążkowych, np. u przywrotników *(Alchemilla)*, mniszków *(Taraxacum)* i jastrzębców *(Hieracium)*, nasiona tworzą się często bez zapłodnienia. Dzieje



Ryc. 690. *Paris quadrifolia.* Rozwój przedrośla żeńskiego w woreczku zalążkowym; *j* komórka jajowa, *s* synergidy, *a* antypody, *wt* tworzące się wtórne jądro woreczka zalążkowego. Według Ernsta.



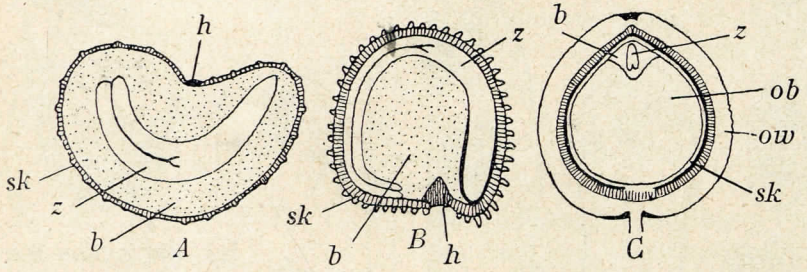
Ryc. 691. *Lilium Martagon.* Podwójne zapłodnienie. Jedno z męskich jąder *(sp_1)* znajduje się obok komórki jajowej, *(j)* drugie zaś *(sp_2)* obok tworzącego się wtórnego jądra woreczka zalążkowego *(wt)*; *ł* koniec łagiewki, s_1 jedna z synergid; a_1, a_2, a_3 — antypody. — Według Guignarda.

się to w ten sposób, że przy powstaniu woreczka zalążkowego redukcja chromatyny nie zachodzi i skutkiem tego przedrośle żeńskie, które zresztą rozwija się normalnie, składa się z komórek diploidalnych. Komórka jajowa ulega podziałowi, tak jakgdyby była zapłodniona, i wytwarza normalny diploidalny zarodek. Takie zjawisko nazywa się apogamją.

179. Nasienie. Nasienie okrytozalążkowych powstaje, tak samo jak u nagozalążkowych, z zalążka i składa się zasadniczo z tych samych części: zarodka, bielma i łupiny.

Zarodek jest opatrzony jednym albo dwoma liścieniami zależnie od tego, do której z obu gromad roślina należy, do jednoliściennych czy dwuliściennych.

Bielmo jest bardzo różnie wykształcone, zależnie od tego, jaką jego część zużył zarodek podczas dojrzewania nasienia. U wielu roślin, np. u krzyżowatych *(Cruciferae)* i motylkowatych *(Papilionaceae)*, rozwijający się zarodek zużytkowuje bielmo całkowicie i wykształcone nasienie nie zawiera go wcale; zapasy pożywienia mieszczą się wtedy w liścieniach. Zarodek zwykle znajduje się w środku nasienia, otoczony przez bielmo ze wszystkich stron (ryc. 692, *A*). Rzadziej zdarza się

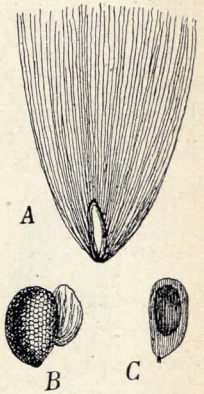


Ryc. 692. *A Papaver somniferum.* Przekrój nasienia. — *B Agrostemma Githago.* Przekrój nasienia. — *C Piper nigrum.* Przekrój owocu. We wszystkich figurach: *ow* powłoka owocu, *sk* łupina nasienia, *b* bielmo, *ob* obielmie, *z* zarodek, *h* znaczek (hile). — Według Harza.

odwrotne położenie: bielmo środkowe, otoczone zgiętym albo zwiniętym zarodkiem (ryc. 692, *B*); ten przypadek jest charakterystyczny dla rzędu *Centrospermae*, o którym będzie mowa w ust. 206. Oprócz bielma niektóre nasiona zawierają jeszcze obielmie (perispermium), również tkankę odżywczą, ale innego pochodzenia: jest to reszta tkanki ośrodka. Tak jest naprzykład w nasionach pieprzu *(Piper)* (ryc. 692, *C*). Normalnie tkanka ośrodka zostaje całkowicie zniszczona i strawiona przez rosnący woreczek zalążkowy.

Łupina nasienia jest pojedyńcza albo podwójna zależnie od tego, czy osłonka w zalążku była pojedyńcza, czy podwójna. Na jej powierzchni, posiadającej często charakterystyczne ornamentacje, można dostrzec t. zw. znaczek (hile), ślad sznureczka, na którym zalążek był umocowany. Mniej wyraźny jest ślad okienka. Łupina składa się z mocnej, nieprzepuszczalnej tkanki i przez to chroni nasienie przed szkodliwemi wpływami zewnętrznemi. Łupina nasienia u niektórych roślin ma części dodatkowe. Wyrastają na niej niekiedy włoski, które

ułatwiają rozsiewanie przez wiatr; można to widzieć np. na nasionach bawełny *(Gossypium)*, wierzby *(Salix)*, topoli *(Populus)* (ryc. 693, *A*). W innych przypadkach tworzą się soczyste wyrostki różnego kształtu i wymiaru, t. zw. elajozomy, których przykładem mogą służyć wyrostki na nasionach jaskółczego ziela *(Chelidonium majus)* (ryc. 693, *B*). Elajozomy odgrywają pewną rolę przy rozsiewaniu nasion, są bowiem zjadane przez mnówki, które przytem roznoszą nasiona w różne strony. Pierwotnem jednak znaczeniem tych tworów, według badań S. Kulczyńskiego[1]), jest wydzielanie płynnej wody przy dojrzewaniu nasion. Dojrzałe nasiona zawierają wody bardzo mało i pozbywają się jej nadmiaru przy pomocy elajozomów. Wreszcie na niektórych nasionach wyrasta ze sznureczka mięsista powłoka, otaczająca nasienie zupełnie lub częściowo, t. zw. osnówka *(arillus)*. Znaczenie jej może być różne, np. u grzybienia *(Nymphaea)* zawiera ona dużo powietrza i umożliwia pływanie nasion na wodzie (ryc. 693, *C*). Z osnówką spotkaliśmy się już poprzednio u cisa pomiędzy nagozalążkowemi.



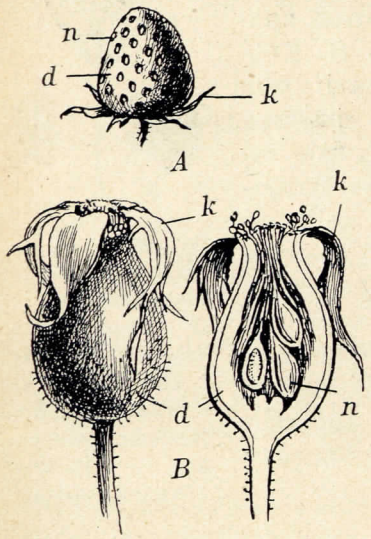
Ryc. 693. *A Populus nigra.* Nasienie z włoskami. — *B Chelidonium majus.* Nasienie z elajozomem. — *C Nymphea alba.* Nasienie z osnówką. — Według Strasburgera.

180. Owoc. Jednocześnie z przemianą zalążków w nasiona ulega daleko idącym przemianom także słupek, a nieraz z nim razem dno kwiatowe i nawet okwiat, który zresztą najczęściej po zapyleniu odpada wraz z pręcikami. Przemiany słupka, o których tu jest mowa, dotyczą właściwie tylko zalążni, gdyż szyjka wraz ze znamieniem zwykle prędko usycha albo odpada. Podczas dojrzewania nasion zalążnia rozrasta się silnie, a jednocześnie jej ścianki grubieją. Powstały w ten sposób twór nazywa się owocem. Zadaniem jego jest ochrona zawartych w nim nasion, do czego służą odpowiednio wykształcone jego ścianki, stanowiące t. zw. owocnię (pericarpium). Owoce są charakterystyczną właściwością okrytozalążkowych, gdyż nagozalążkowe, nie posiadając zamkniętej zalążni, takich urządzeń ochronnych dla swoich nasion wytwarzać nie mogą. Naogół u nagozalążkowych nasiona nie są niczem osłonięte,

[1]) Kilka słów o naturze elajozomów — Kosmos. 1922.

jedynie *Benettitinae* i ze szpilkowych *Pinales* zabezpieczają je przez stulenie owocolistków, co stwarza pozory owoców (szyszki i t. p.).

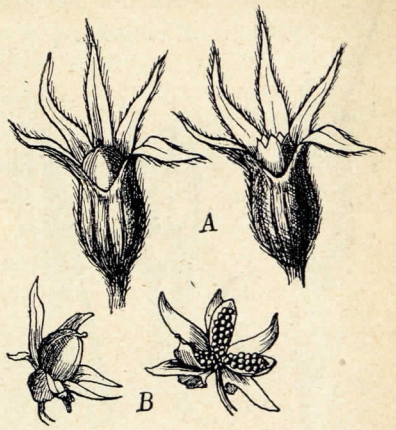
Jak już wspomniano powyżej, w tworzeniu owocu bierze niekiedy udział dno kwiatowe. Dzieje się to przedewszystkiem stale w kwiatach z dolną zalążnią, w których zalążnia jest zrośnięta z wydrążonem dnem kwiatowem, np. u gruszki i jabłoni. W tym przypadku zewnętrzna warstwa owocni powstaje z dna kwiatowego i tylko wewnętrzna ze ścianki zalążni, przyczem granica między obu warstwami nie da się nigdy wytknąć ściśle. W niektórych kwiatach z górną zalążnią dno kwiatowe także bierze wybitny udział w tworzeniu owocu, np. u poziomki *(Fragaria vesca)*, gdzie soczysta część „jagody“ powstaje z dna kwiatowego, zaś ze słupków, które są w tym przypadku liczne, tworzą się drobne ziarenka, niełupki, rozsiane na powierzchni owocu (ryc. 694, *A*). Inaczej wykształca się owoc u róży *(Rosa)*: dno kwiatowe jest u tej rośliny wklęsłe i tworzy po przekwitnieniu kubkowaty zbiornik, w którym mieszczą się niełupki powstałe ze słupków (ryc. 694, *B*). Owoce, utworzone w części przez owocolistki, w części zaś przez dno kwiatowe, noszą nazwę owoców fałszywych albo rzekomych. Owoce w ściślejszem tego słowa znaczeniu powstają tylko z owocolistków.



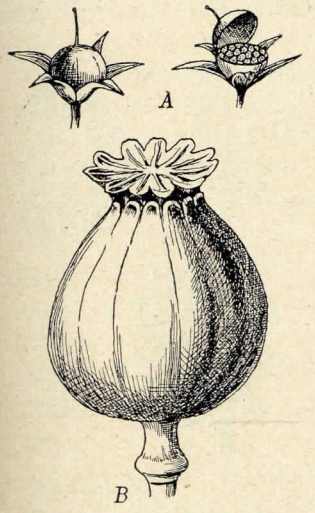
Ryc. 694. Owoce: *A Fragaria vesca*, *B Rosa alba*; *d* dno kwiatowe, *n* niełupki, *k* kielich. — Według Bonniera.

Charakter owocu zależy przedewszystkiem od wykształcenia owocni, która może być soczysta albo sucha. Jeżeli owocnia jest całkowicie soczysta, owoc nazywa się jagodą (bacca), np. u porzeczki *(Ribes)* albo u wina *(Vitis vinifera)*. Jeżeli zaś tylko zewnętrzna warstwa owocni jest soczysta, wewnętrzna natomiast sucha i twarda, owoc nosi nazwę pestkowca (drupa); twarda warstwa owocni wraz z zawartem w niej nasieniem nazywa się pestką. Powszechnie znanym przykładem pestkowca jest śliwka *(Prunus domestica)* i wiśnia *(Prunus cerasus)*.

Owoce suche mają różną postać, zależnie od tego, czy ich owocnia pęka przy dojrzewaniu, czy też nie. Owoce pękające zawierają większą ilość nasion, owoce niepękające zawierają tylko jedno nasienie. Rozpoczniemy przegląd od tych ostatnich. Suchy niepękający owoc o jednem nasieniu nazywa się ogólnie niełupką (achaenium); przykładem jego mogą być np. owoce słonecznika *(Helianthus annuus)*. Niełupki z twardą owocnią pękającą przy uderzeniu nazywają się orzechami lub orzeszkami (nux), np. orzech leszczyny *(Corylus Avellana)*. Osobną odmianą niełupki jest ziarniak (caryopsa), charakterystyczny dla traw *(Gramineae)* wogóle, w szczególności zaś dla zbóż; w nim nasienie jest zrośnięte z owocnią. Przy kiełkowaniu niełupek części zarodka wydostają się nazewnątrz, przerywając przemocą owocnię, co w wielu przypadkach może nastąpić dopiero wtedy, kiedy owocnia stanie się mniej trwała skutkiem gnicia.



Ryc. 695. Torebki: *A Agrostemma Githago*, *B Viola tricolor*. Według Bonniera.



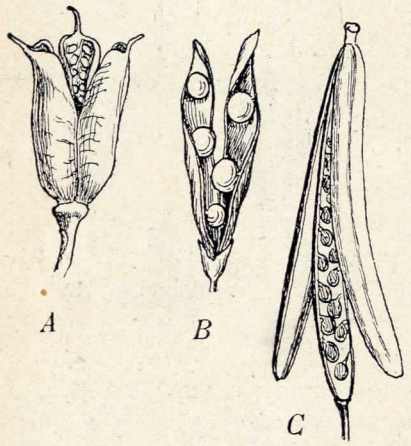
Ryc. 696. Torebki: *A Anagallis arvensis*, *B Papaver somniferum*.

Owoce suche pękające noszą ogólną nazwę torebki (capsula). Sposób otwierania się tych owoców jest bardzo różny: przy pomocy pęknięć odchodzących promienisto od szczytu, przy pomocy okrężnego poprzecznego pęknięcia i wreszcie przy pomocy dziurek. W pierwszym przypadku owocnia na szczycie owocu tworzy ząbki, które odchylają się nazewnątrz (np. u kąkola *[Agrostemma Githago]*, ryc. 695, *A*), albo owocnia poprostu rozpada się na kilka łupin, uwalniając nasiona (np. u bratka *[Viola tricolor]*, ryc. 695, *B*). Rzadziej spotyka się otwieranie torebek przy pomocy okrężnego pęknięcia, jak u kurzyśladu

*

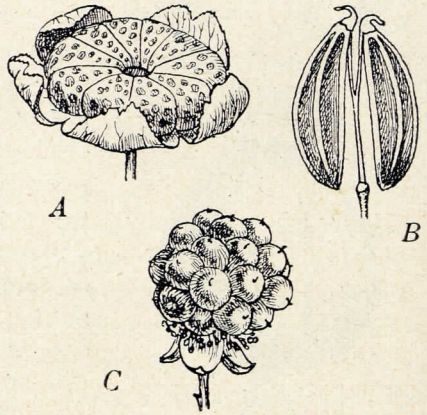
(*Anagallis*, ryc. 696, *A*), albo przy pomocy dziurek, jak u maku (*Papaver*, ryc. 696, *B*).

Niektóre formy suchych pękających owoców mają postać szczególną i dlatego są wyróżniane przez osobne nazwy. Są to przedewszystkiem owoce powstałe z pojedyńczych owocolistków. Jeżeli taki owoc pęka tylko z jednej strony, nazywa się mieszkiem (follicula), (ryc. 697, *A*), jeżeli z dwóch stron — strąkiem (legumen), (697, *B*). Owocem charakterystycznym dla rodziny krzyżowatych *(Cruciferae)* jest łuszczyna (siliqua), powstająca ze słupka złożonego z dwóch owocolistków. Jak już było podane w ust. 176 (ryc. 678, *B*), taki słupek ma fałszywą przegrodę, łączącą oba ścienne łożyska. Otwiera się łuszczyna w ten sposób, że owocnia pęka wpobliżu przegrody i dzieli się na dwie łupiny, które odpadają, pozostawiając na szypułce przegrodę z nasionami (ryc. 697, *C*).



Ryc. 697. *A Delphinium elatum*; mieszek. — *B Pisum sativum*; strąk. — *C Cheiranthus Cheiri*; łuszczyna.

Niektóre suche owoce nie pękają, lecz rozpadają się na części, odpowiadające poszczególnym owocolistkom. Każda taka część zawiera jedno nasienie, otoczone ze wszystkich stron owocnią. Tego rodzaju owoce noszą nazwę rozłupek. Przykładem mogą służyć owoce ślazu *(Altaea)* (ryc. 698, *A*) i baldaszkowatych *(Umbelliferae)* (ryc. 698, *B*). Od rozłupek zupełnie naturalne przejście prowadzi do owoców złożonych, które powstają ze słupkowia złożonego z wielu wolnych owocolistków, przykładem czego może być owoc jeżyny *(Rubus fruticosus)*

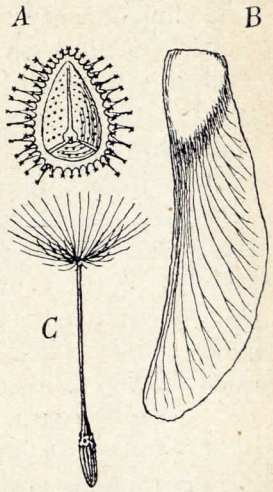


Ryc. 698. Owoce. — *A Malva silvestris.* — *B Carum Carvi.* — *C Rubus fruticosus.* — Według Bonniera.

(ryc. 698, *C*) albo maliny *(R. Idaeus)*, składający się z wielkiej ilości drobnych pestkowców.

Bardzo ciekawe są różne urządzenia w owocach, ułatwiające rozsiewanie nasion. Występują one zresztą także na nasionach, jak to już była o tem mowa w poprzednim ustępie, przeważnie mają jednak swoje siedlisko w owocni.

Soczystość wielu owoców jest jednem z takich urządzeń: soczyste owoce są zjadane chętnie przez ptaki i przy tej sposobności nasiona zostają przenoszone nieraz na wielką odległość. Niektóre rośliny tylko w ten sposób są rozsiewane. Naprzykład jemioła *(Viscum album)* jest roznoszona po drzewach dzięki temu, że ptaki, zjadając jej jagody, czyszczą następnie dzioby o gałęzie i pozostawiają na nich nasiona, które tam umocowują się skutkiem silnej lepkości miąższu jagód. Oczywiście bez pomocy ptaków nasiona jemioły nie dostałyby się nigdy na gałęzie drzew. Ze zwierząt kręgowych oprócz ptaków biorą udział w roznoszeniu owoców także ssaki. Roznoszą one głównie takie owoce, które czepiają się ich sierści przy pomocy haczykowatych wyrostków (ryc. 699, *A*). O udziale mrówek w roznoszeniu nasion była już mowa w poprzednim ustępie.



Ryc. 699. Owoce. — *A Echinospermum Lappula.* — *B Acer platanoides.* — *C Taraxacum officinale.* — Według Bonniera.

Dalej ważnym sposobem rozsiewania nasion jest roznoszenie ich działaniem wiatru. Działanie to jest tem silniejsze, im większa jest powierzchnia roznoszonych owoców lub nasion w porównaniu do ich wagi. Dlatego też bardzo małe wymiary niektórych nasion, np. u storczyków *(Orchideae)*, już są bardzo skutecznym środkiem potęgującym działanie wiatru. Podobny wpływ mają także włoski i skrzydełka, któremi są opatrzone różne owoce i nasiona (ryc. 699, *B* i *C*).

Wreszcie w rozsiewaniu nasion bierze udział także woda, co jest możliwe tylko dzięki specjalnym, wypełnionym powietrzem tkankom, które występują w niektórych owocach i nasionach. O takiej tkance w nasionach grzybienia *(Nymphaea alba)* była już mowa w poprzednim ustępie.

181. Klasyfikacja i historja okrytozalążkowych. Rośliny okrytozalążkowe dzielą się na dwie gromady wyraźnie od siebie odróżniające się: dwuliścienne *(Dicotyledones)* i jednoliścienne *(Monocotyledones)*. Już sama nazwa ich wskazuje na jedną z ważniejszych różnic, dotyczącą liścieni. W większości przypadków można jednak już na pierwszy rzut oka rozpoznać, do której gromady należy dana roślina. Jednoliścienne mają z reguły liście nierozgałęzione, o równoległem unerwieniu. Kształt ich jest przeważnie silnie wydłużony, równowąski albo lancetowaty (ryc. 467 i 468). Na brzegu nie mają one wcięć. Dwuliścienne zaś mają liście rozgałęzione, z pierzastem albo dłoniastem unerwieniem (ryc. 470 i 471). Na brzegu są one często wcinane. Do tego dochodzą różnice w budowie anatomicznej łodygi: u dwuliściennych wiązki są ułożone w jednym okółku, u jednoliściennych — rozrzucone bez widocznego porządku na całym przekroju. Oprócz tego u dwuliściennych częsty jest przyrost wtórny, który u jednoliściennych jest zjawiskiem bardzo rzadkiem, i o ile jest, odbywa się zupełnie inaczej (por. ust. 139 i 142). Wreszcie w budowie kwiatów jest także różnica: liczebność okółków w okwiecie i pręcikowiu jest najczęściej 5 u dwuliściennych i 3 u jednoliściennych.

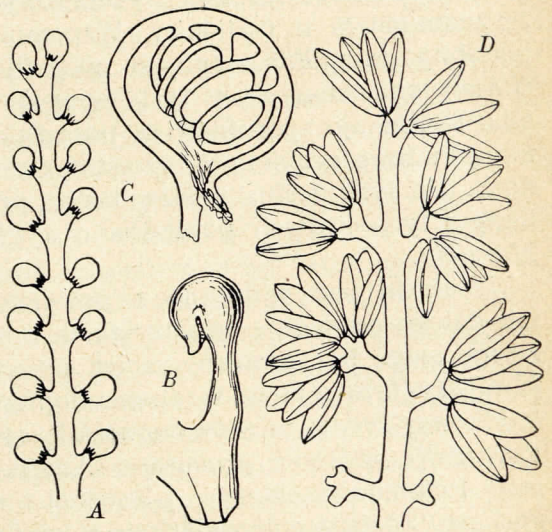
Jednoliścienne stanowią grupę dosyć jednolitą, dwuliścienne zaś wykazują znaczne różnice, skutkiem czego dzieli się je na trzy podgromady: wolnopłatkowe *(Dialypetalae)*, bezpłatkowe *(Apetalae)* i zrosłopłatkowe *(Gamopetalae)*.

Wolnopłatkowe mają okwiat z reguły zróżnicowany na zielony kielich i barwną koronę o wolnych płatkach. Okwiat bezpłatkowych składa się natomiast z jednakowych, przeważnie zielonych lub błonkowatych, rzadziej barwnych listków albo nie wykształca się wcale. Poza tem między wolnopłatkowemi a bezpłatkowemi zachodzi jeszcze ta różnica, że kwiaty wolnopłatkowych są przeważnie obupłciowe, tymczasem u bezpłatkowych są one często jednopłciowe. Obie te podgromady są złączone licznemi formami pośredniemi i mają jako cechy wspólne: podwójną osłonkę na zalążkach oraz pręciki nieprzyrośnięte do okwiatu. Od zrosłopłatkowych odcinają się one natomiast wyraźnie. Dlatego też niektórzy autorzy łączą wolnopłatkowe z bezpłatkowemi w jedną grupę *Archichlamidae*, którą przeciwstawiają zrosłopłatkowym.

Zrosłopłatkowe mają okwiat zawsze zróżnicowany na kielich i koronę o płatkach ze sobą zrośniętych. Pręciki ich są przyrośnięte do korony i zalążki mają tylko jedną osłonkę.

W związku z wykształceniem okwiatu wolnopłatkowe i zrosłopłatkowe są z reguły zapylane przez owady, bezpłatkowe przez wiatr.

Każda z grup powyżej opisanych dzieli się naturalnie na rzędy, rzędy zaś na rodziny. Charakterystyka tych pomniejszych grup, zwłaszcza rzędów, jest bardzo utrudniona nadzwyczajną zmiennością okrytozalążkowych. Zmienności takiej nie wykazywała żadna z poprzednio rozpatrywanych grup świata roślinnego. Zmienność okrytozalążkowych jest tem ciekawa, że dotyczy tylko cech drugorzędnych, szczegółów budowy, podczas gdy ogólny plan jest bardzo jednostajny. Są one pod tym względem podobne do owadów w świecie zwierząt. Skutkiem tego dla wyróżnienia poszczególnych grup okrytozalążkowych trzeba opierać się na przedstawieniu symbolicznem zmienności, objaśnionem w ust. 15 (str. 46—48). Każdą grupę charakteryzują cechy zagęszczenia form (ryc. 36). Na szczęście cechy te są właściwe większości form danej grupy. Będzie to zatem pewnego rodzaju statystyczne traktowanie zagadnienia. Będę podawał także ważniejsze odchylenia od typów.



Ryc. 700. Sporofile *Caytoniales*. — *A* Makrosporofil (owocolistek) z licznemi zalążniami. — *B* Pojedyńcza zalążnia. — *C* Zalążnia w przekroju. — *D* Mikrosporofil (pręcik). — Według H. H. Thomasa.

W dalszym wykładzie będą podane wszystkie rzędy, mające przedstawicieli we florze krajowej. Z rzędów obcokrajowych zostaną uwzględnione tylko ciekawsze. Rodziny będą podane tylko ważniejsze.

Czas powstania i pochodzenie roślin okrytozalążkowych nie są jeszcze ustalone. Najdawniejsze resztki ich pochodzą z pokładów jurajskich Anglji. Thomas znalazł w nich zwęglone szczątki odrębnej grupy okrytozalążkowych, którym nadał nazwę *Caytoniales*. *Caytoniales* są znane tylko z odosobnionych

szczątków. Najważniejsze są sporofile z makrosporangjami (ryc. 700, *A*). Mają one dwa naprzeciwległe szeregi krótkich odgałęzień, na których są osadzone woreczki, zawierające po kilka zalążków (ryc. 700, *B*, *C*). Woreczki te mają u podstawy boczny wyrostek ze stożkowatem wgłębieniem, w którem znaleziono ziarenka pyłku podobne do pyłków sosny. Mamy tu zatem dużą ilość słupków wytworzonych z jednego owocolistka ze znamieniem u podstawy. Wspomniany powyżej pyłek jest podobny do pyłku z innych sporofilów (t. zw. rodzaj *Antholithus*), znalezionych w tych samych pokładach (ryc. 700, *D*). Oba te rodzaje sporofilów są pozbawione płaskiej blaszki, ale mają budowę grzbietowo-brzuszną z różną skórką po obu stronach. Do tych roślin należą także prawdopodobnie palczaste liście z tych samych pokładów o wyglądzie, przypominającym *Marsilia*.

Jak to jest widoczne z powyższego opisu, *Caytoniales* tak daleko odbiegają od wszystkich innych okrytozalążkowych, że nie mogą być uważane za ich przodków. Nie licząc ich, rośliny okrytozalążkowe są znane dopiero od górnych pokładów środkowej kredy, mianowicie zostały stwierdzone w valanginien Portugalji, w lower greensand Anglji, w górnych pokładach serji Potomac w Ameryce północnej i wreszcie w albien Madagaskaru. Zostały one znalezione w kredowych pokładach w wielkiej obfitości, ale znaleziska te mało przyczyniają się do wyświetlenia kwestji pochodzenia omawianej grupy roślin. Są to bowiem rośliny bardzo podobne do form współczesnych i nawet mogą być zaliczone po większej części do istniejących obecnie rodzajów. Przeważają wśród nich dwuliścienne, chociaż nie brak także jednoliściennych. Z dwuliściennych znaleziono z jednej strony wolnopłatkowe z rzędu *Magnoliales*: *Magnolia*, *Liriodendron*, *Sassafras*, *Cinnamomum* i t. d., z drugiej zaś strony bezpłatkowe: wierzby *(Salix)*, topole *(Populus)*, orzechy *(Juglans)*, buki *(Fagus)*, dęby *(Quercus)* i t. d. Zrosłopłatkowych dwuliściennych te najdawniejsze znaleziska nie zawierają. Z jednoliściennych znaleziono liście palm i wąskie, nie dające się bliżej określić liście traw i turzyc. Jest to rzeczą niemożliwą, żeby tak urozmaicona flora zjawiła się odrazu. Musiała ona mieć swoją długą historję, którą być może wyświetlą kiedyś dalsze znaleziska paleontologiczne. Teraz nie pozostaje nic innego, jak tylko stwierdzić brak form pośrednich między okrytozalążkowemi a innemi grupami roślin, w szczególności między okryto- a nagozalążkowemi.

Rozwój rodowy roślin okrytozalążkowych nie jest bliżej znany. Wprawdzie resztki ich są znajdowane w wielkich ilościach, są to jednak przeważnie odciski liści, rzadziej drewno i owoce oraz nasiona. Kwiaty natomiast, na których głównie opiera się systematyka, są wielką rzadkością, co nie jest wcale dziwne ze względu na ich delikatną budowę. Jedyną rzeczą pewną w historji okrytozalążkowych jest późniejsze powstanie zrosłopłatkowych.

Jest rzeczą zastanawiającą, że wśród kopalnych roślin okrytozalążkowych dominują rośliny drzewiaste. Pochodzi to z dwóch przyczyn. Po pierwsze resztki roślin drzewiastych łatwiej zachowują się w skałach osadowych niż resztki ziół. Po wtóre roślin drzewiastych prawdopodobnie było znacznie więcej niż zielnych. Wskazuje na to fakt, że we florze współczesnej rośliny drzewiaste pod względem ilości form górują nad zielnemi. Rośliny drzewiaste stanowią mianowicie 64% wolnopłatkowych, 55% bezpłatkowych i tylko wśród zrosłopłatkowych ilość ich spada poniżej połowy (do 42%)[1]. Tak wielka ilość roślin drzewiastych może wydać się nieprawdopodobną dla nas i wogóle dla mieszkańców strefy umiarkowanej. Rzeczywiście w krajach umiarkowanych roślin drzewiastych jest mało. Tem więcej ich jest w krajach gorących, np. w krajach Malajskich drzewiaste formy stanowią 83% ogólnej ilości gatunków dwuliściennych.

ROZDZIAŁ XXXVII

WOLNOPŁATKOWE

182. Podział na rzędy. Wolnopłatkowe *(Dialypetalae)* można podzielić na 13 rzędów, które dadzą się scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli:

A) Owocolistki wolne. Dno kwiatowe wypukłe albo wklęsłe.
- *a)* Kwiaty o budowie spiralnej. Okwiat niezróżnicowany na kielich i koronę.
  - *α)* Rośliny bez przyrostu wtórnego. *Ranales.*
  - *β)* Rośliny drzewiaste. *Magnoliales.*
- *b)* Kwiaty o budowie okółkowej. Okwiat w tym i następnych rzędach zróżnicowany na kielich i koronę. *Rosales.*

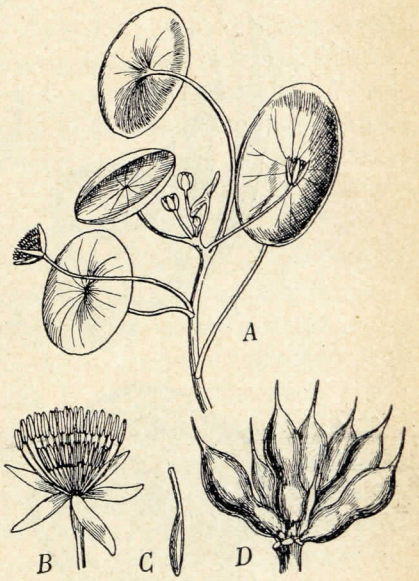
[1]) Powyższe liczby odnoszą się do ilości rodzajów.

B) Owocolistki zrośnięte ze sobą.
- *a)* Łożyska ścienne. Dno kwiatowe wypukłe.
  - *α)* Okółki okwiatu i pręcików 2 lub 4-członowe. *Rhoeadales.*
  - *β)* Okółki okwiatu i pręcików 5-członowe. *Parietales.*
- *b)* Łożysko środkowe.
  - *α)* Pręciki liczne. Dno kwiatowe wypukłe.
    - I. Zrośnięcie owocolistków niezupełne. *Guttiferales.*
    - II. Zrośnięcie owocolistków zupełne. *Malvales.*
  - *β)* Pręciki w takiej samej ilości jak płatki albo w ilości podwójnej.
    - I. W każdym owocolistku tylko jeden albo dwa zalążki.
      1. Jeden okółek pręcików naprzeciwległy płatkom. Dno kwiatowe wypukłe albo wklęsłe. Zalążnia górna albo dolna. *Rhamnales.*
      2. Albo jeden okółek pręcików międzyległych względem płatków, albo dwa okółki.
         * Dno kwiatowe wypukłe. *Geraniales* i *Celastrales.*
         ** Dno kwiatowe wklęsłe.
         † Jeden owocolistek. Zalążnia górna. Dwa okółki pręcików. Kwiatostan nie baldachokształtny. *Thymelaeales.*
         †† Dwa owocolistki. Zalążnia dolna. Jeden okółek pręcików. Kwiatostanem baldach. *Umbelliflorae.*
    - II. W każdym owocolistku nieokreślona ilość zalążków. Zalążnia dolna. *Myrtales.*

183. Ranales. Rząd ten wraz z następnym charakteryzuje się spiralną budową kwiatów. Jest to zjawisko wśród okrytozalążkowych wyjątkowe, a nawet tu zazwyczaj pewne części kwiatu są ułożone w okółki. Są nadto przypadki kwiatów całkowicie okółkowych. Rząd *Ranales* posiada jeszcze inną cechę osobliwą: brak przyrostu wtórnego. Jest to bardzo ciekawe zjawisko, bo dwuliścienne nawet zielne mają z reguły przyrost wtórny bodaj słaby. Ta właściwość *Ranales* zbliża je do jednoliściennych, z któremi łączy je także urządzenie wiązek sitowonaczyniowych w pędach: floem składa się tu tylko z rurek sitowych i komórek towarzyszących, a ksylem nieraz obejmuje go w kształcie podkowy. Częstem zjawiskiem u *Ranales*, podobnie jak i *Magnoliales*, jest jednolitość okwiatu, niezróżnicowanego na kielich i koronę, jak to można widzieć np. u sasanek *(Pulsatilla)*. Poza tem u wolnopłatkowych okwiat jest zwykle zróżnicowany na kielich i koronę.

Główną rodziną rzędu są jaskrowate *(Ranunculaceae)*, pospolite we wszystkich chłodnych krajach, nieliczne natomiast w gorących. Dno kwiatowe jest u nich wypukłe. Tu należą oprócz wspomnianych powyżej sasanek, zawilce *(Anemone)*, jaskry *(Ranunculus)* (ryc. 504), rutewki *(Thalictrum)* (ryc. 661), tojady *(Aconitum)* (ryc. 683).

Do rzędu *Ranales* zalicza się także rodzinę berberysowatych *(Berberidaceae)*. Są to przeważnie rośliny zielne o pojedyńczym owocolistku i okółkowo zbudowanych kwiatach. Ta ostatnia cecha świadczy o tem, że to nie są typowe rośliny danego rzędu. W Polsce rośnie z niej tylko berberys *(Berberis vulgaris)*, krzew, o którym była już mowa poprzednio (por. str. 237—238).

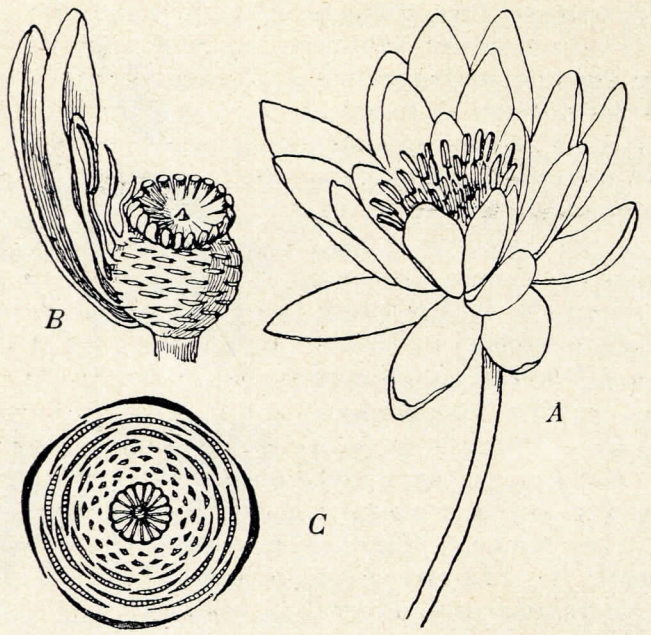


Ryc. 701. *Brasenia purpurea.* — *A* Gałąź z kwiatami. — *B* Kwiat. — *C* Jeden ze słupków. — *D* Owoc złożony z odrębnych owocków. — Według Casparyego.

Do *Ranales* należą nadto dwie rodziny roślin wodnych: rogownicowate *(Ceratophyllaceae)* i grzybieniowate *(Nymphaeaceae)*. Pierwsza z tych rodzin charakteryzuje się prostem urządzeniem kwiatów o pojedyńczym owocolistku. Należy do niej tylko jeden rodzaj rogownica *(Ceratophyllum)*, ciekawy z uwagi na dichotomiczne liście, tak rzadkie u okrytozalążkowych.

Druga z tych rodzin zawiera kilka rodzajów okazałych wodnych roślin, szeroko rozsiedlonych po całym świecie. Mają one kłącza, zakorzeniające się na dnie wód stojących albo wolno płynących. Liście ich mają przeważnie wiotkie ogonki, skutkiem czego blaszki pływają na powierzchni wody. U niektórych tylko form ogonki są o tyle mocne, że wytrzymują ciężar blaszki, która wtedy wysuwa się ponad wodę. Blaszki liści mają charakterystyczny okrągły kształt. Kwiaty również

pływają na powierzchni wody albo wysuwają się ponad nią. W przeciwieństwie do jednostajnego pokroju kwiaty tych roślin wykazują wielką rozmaitość w budowie. W niektórych przypadkach nie odbiegają one zbytnio od typu *Ranales*. Naprzykład u *Brasenia purpurea* składają się z jednego trójczłonowego okółka działek, jednego trójczłonowego okółka płatków, licznych spiralnie ułożonych pręcików i licznych również spiralnie ułożonych a przytem wolnych owocolistków (ryc. 701).



Ryc. 702. *Nymphaea alba*. — *A* Kwiat. — *B* Słupek z kilkoma pręcikami i płatkami oraz ze śladami innych, które zostały oderwane. — *C* Diagramat. — Według KARSTENA i NOLLA.

Wszystko to umocowane na wypukłem dnie kwiatowem. Częściej jednak dno kwiatowe jest wklęsłe. U *Nelumbo* (ryc. 668) okwiat jest złożony z licznych barwnych ułożonych w spiralę listków, a każdy owocolistek jest pogrążony w osobnem wgłębieniu, ale nie jest z dnem kwiatowem zrośnięty. Najczęściej jednak w tej rodzinie owocolistki zrastają się ze sobą i jednocześnie z wklęsłem dnem kwiatowem, na którego zewnętrznej powierzchni są osadzone pozostałe części kwiatu (ryc. 702). Przykładem tego mogą służyć nasze krajowe grzybienie *(Nymphaea)*, u których kwiat posiada poza słupkiem czteroczłonowy okółek działek i liczne, spiralnie ustawione płatki, przechodzące stopniowo w pręciki, również ustawione spiralnie na dnie kwiatowem (ryc. 702). Ponieważ wklęsłe dno kwiatowe jest ściśle zrośnięte z zalążnią słupka, ma się wrażenie, jakgdyby płatki i pręciki były osadzone wprost na zalążni.

Przytoczona powyżej *Brasenia purpurea* jest rośliną bardzo ciekawą ze względu na swoje rozmieszczenie geograficzne. Jest ona szeroko rozpowszechniona w strefie gorącej. W Europie jej niema, ale w pokładach międzylodowcowych znaleziono jej nasiona w wielu miejscach, między innemi w Polsce na brzegu Niemna koło Grodna[1]). Świadczy to o występowaniu tej rośliny w Europie w epoce międzylodowcowej, kiedy klimat w tej części świata był cieplejszy od obecnego. Nowe oziębienie klimatu i wraz z nim nowe nasunięcie lodowca skandynawskiego zniszczyło tę roślinę wraz z innemi formami ciepłej, międzylodowcowej flory.

184. Magnoliales. Są to drzewiaste rośliny cieplejszych krajów. Są między niemi formy stare, sięgające, czasów kredowych (por. str. 584). Pierwotność tej grupy zaznacza się m. i. w tem, że u jednego przedstawiciela jej, u *Drimys*, drewno jest jednolite, bez naczyń właściwych, jak u nagozalążkowych. *Drimys* rośnie w umiarkowanej strefie południowej półkuli. Należy ta roślina do typowej rodziny tego rzędu — do *Magnoliaceae*. Wspomniana rodzina ma dno kwiatowe wypukłe (ryc. 667). Są w tym rzędzie także rośliny o dnie kwiatowem wklęsłem, np. *Calycanthaceae* (ryc. 669), ciekawe z uwagi na całkowicie spiralne ułożenie części kwiatów.

185. Rosales. Rząd ten różni się od obu poprzednich okółkową budową kwiatów i stałem zróżnicowaniem okwiatu na kielich i koronę. Składa się on po większej części z drzew i krzewów (63% ogólnej ilości rodzajów), które w dużej ilości występują także we florze krajowej.

Dno kwiatowe bywa równie często wypukłe, jak wklęsłe. Wypukłe dno kwiatowe mają przedewszystkiem g r u b o s z o w a t e *(Crassulaceae)*, bardzo ciekawa rodzina roślin. Są to sukulenty, zawierające obficie rozwiniętą tkankę wodną i odznaczające się bardzo słabą transpiracją. Rosną one przeważnie w krajach i na stanowiskach bardzo suchych, niektóre jed-

[1]) SZAFER W.: O florze i klimacie okresu międzylodowcowego pod Grodnem. — Sprawozdania Komisji Fizjograficznej. Tom LX (1925).

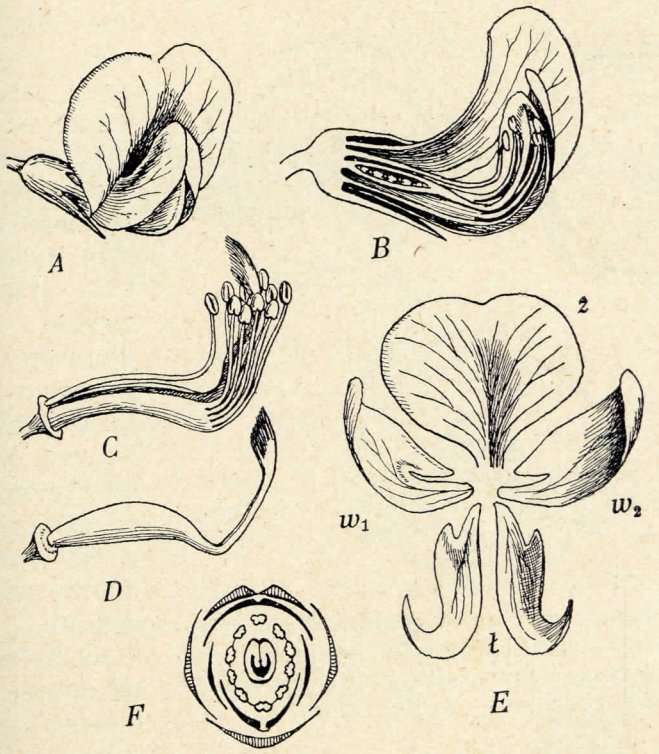
nak gatunki spotykają się tylko w wilgotnych górskich okolicach (np. *Sempervivum montanum, Sedum Rhodiola).* Kwiaty mają budowę nadzwyczajnie prawidłową, opisaną już w ust. 176 na przykładzie rozchodnika ostrego (*Sedum acre*, ryc. 670 i 671). Są one złożone z 5 okółków o tej samej ilości członów: w środku jeden okółek owocolistków, naokoło niego dwa okółki pręcików, jeden okółek płatków i wreszcie okółek działek. Ta prawidłowość budowy jest tem bardziej ciekawa, że ilość członów w okółkach jest bardzo różna u różnych gatunków i wynosi od czterech do trzydziestu kilku; we wszystkich okółkach tego samego kwiatu jest ona jednak zawsze ta sama. Szczególnie godną uwagi jest pełna ilość owocolistków, gdyż okółek owocolistków jest często mniej liczny, niż okółki okwiatu i pręcików. Nie szukając daleko, w tym samym rzędzie mamy trzy rodziny, u których okółki okwiatu i pręcików są pięcioczłonowe, podczas gdy owocolistek jest tylko jeden; są to: motylkowate *(Papilionaceae)* cezalpinjowate *(Caesalpiniaceae)* i mimozowate *(Mimosaceae).*

Wspomniane trzy rodziny mają nietylko jednakowo urządzone słupkowie, ale także podobnie zbudowany owoc, który ma postać strąka (ryc. 697, *B*). Poza tem są one połączone ze sobą formami przejściowemi i stanowią wobec tego pewną całość, skutkiem czego niektórzy autorowie wydzielają je w osobny rząd *Leguminosae* (od legumen — strąk). Kwiaty tych roślin mają dno kwiatowe wypukłe albo tylko słabo wklęsłe. Budowa ich da się wyrazić ogólnym wzorem:

$$K_5C_5A_{5+5}G_1.$$

We florze polskiej spotyka się tylko motylkowate. Rośliny te mają bardzo charakterystyczną koronę o jednej tylko płaszczyźnie symetrji, która zajmuje położenie pionowe (ryc. 703). Płatki są różnej wielkości. Górny, zwany żagielkiem, obejmuje cztery pozostałe. Dwa z nich, położone niżej, t. zw. wioseł ka, obejmują ostatnią parę płatków, które są zlepione brzegami i stanowią t. zw. łódeczkę. Pręciki w kwiatach motylkowatych są zwykle zrośnięte nitkami i to najczęściej w ten sposób, że górny jest wolny, a pozostałych dziewięć tworzy rurkę rozciętą z górnej strony. Motylkowate mają przeważnie dłoniaste albo pojedyńczo-pierzaste liście. Liście te, tak samo jak w obu pozostałych rodzinach z grupy *Leguminosae,* mają listki o równym niewcinanym brzegu, co im nadaje bardzo charakterystyczny wygląd. Przy każdym liściu jest para przylistków, co jest także cechą wspólną dla wszystkich *Leguminosae*

(ryc. 472). Jak to już było opisane w ust. 170 (ryc. 603, *A*), korzenie motylkowatych żyją w symbiozie z bakterjami wiążącemi azot powietrzny, dzięki czemu rośliny te mogą rosnąć na glebach, zawierających bardzo mało związków azotowych. Ma to wielkie znaczenie dla rolnictwa. Wśród motylkowatych jest dużo roślin użytkowych, jako to: groch *(Pisum)*, fasola *(Phaseolus)*, bób *(Faba)*, łubin *(Lupinus)*, koniczyna *(Trifolium)*, lucerna *(Medicago)* i t. d.

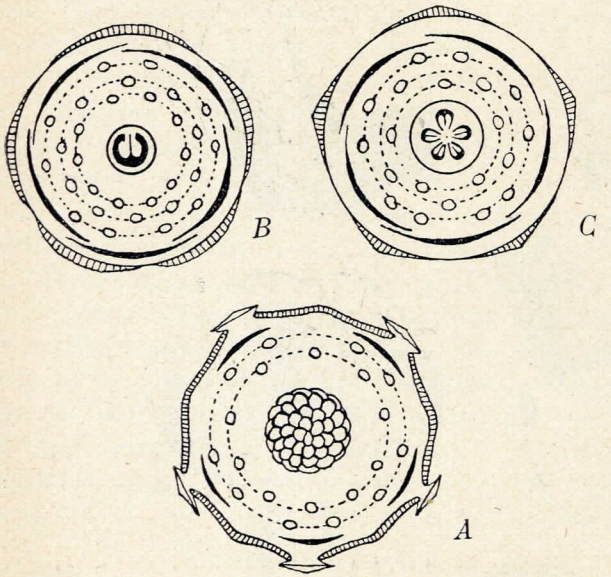


Ryc. 703. *Pisum sativum.* — *A* Kwiat. — *B* Kwiat w przekroju podłużnym. — *C* Kwiat bez kielicha i korony. — *D* Słupek. — *E* Rozłożone płatki: *ż* żagielek, w_1 i w_2 wioseł ka, *ł* łódeczka. — *F* Diagramat kwiatu. — Według Baillona.

Caesalpiniaceae mają, podobnie jak *Papilionaceae*, koronę kwiatową o jednej płaszczyźnie symetrji, ale płatki obejmują się wzajemnie nie z góry nadół, lecz z dołu do góry. *Mimosaceae* wreszcie mają kwiaty o symetrji promienistej. *Caesalpiniaceae* posiadają przeważnie liście pojedyńczo-pierzaste, *Mimosaceae* — podwójnie-pierzaste. Obie te rodziny występują

tylko w krajach gorących, gdzie stanowią bardzo ważny składnik roślinności. Niektóre rośliny, należące do *Mimosaceae*, zasługują na szczególną uwagę. Pewne gatunki mimozy (np. *Mimosa pudica*) mają liście wrażliwe na dotyk, o czem będzie jeszcze mowa w fizjologji. O różnych gatunkach akacyj *(Acacia)* już była mowa poprzednio (ust. 172) ze względu na bardzo ciekawą morfologję ich liści (ryc. 630 i 631).

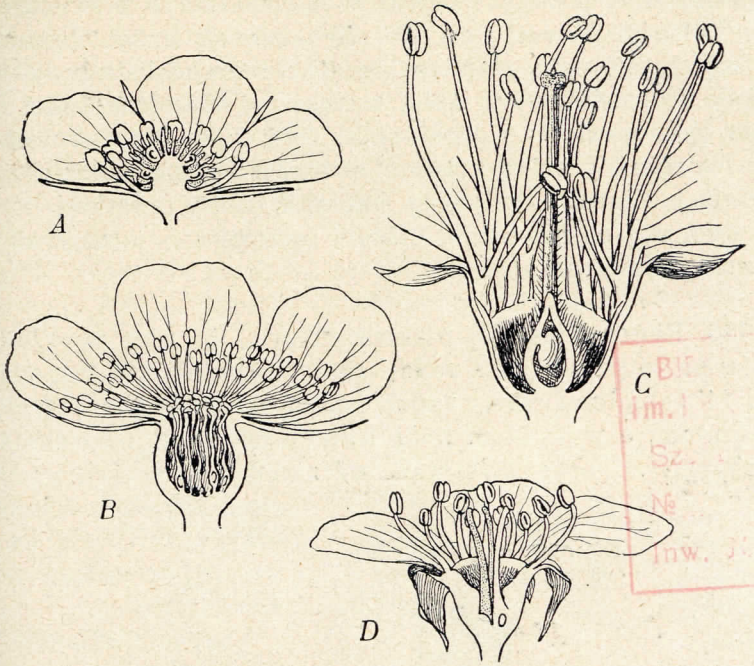
Przechodzimy zkolei do rodziny *Rosaceae*, od której pochodzi nazwa rzędu. W tej rodzinie dno kwiatowe jest przeważnie silnie wklęsłe i owocolistki są z reguły liczne. Owoce są rozmaite, suche i soczyste, nigdy jednak nie mają postaci strąka (ryc. 694). Liście są zwykle złożone, dłoniaste lub pierzaste, o listkach na brzegach wcinanych, po czem odrazu mogą być odróżnione od *Leguminosae*. Podobnie jak w tej ostatniej grupie, liście są opatrzone dobrze rozwiniętemi przylistkami.



Ryc. 704. Diagramaty kwiatów różowatych: *A Potentilla fruticosa*. — *B Prunus padus*. — *C Pirus communis*. W pierwszym przykładzie kielich jest złożony z dwóch okółków. — Według Eichlera.

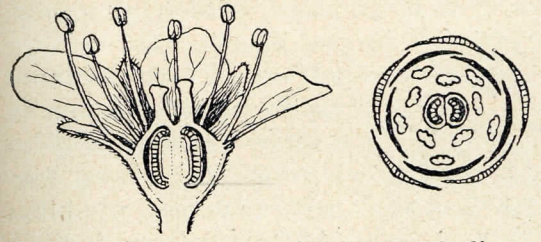
Kwiaty różowatych są zwykle zbudowane z pięcioczłonowych okółków. Kielich składa się z jednego lub dwóch takich okółków; zewnętrzny okółek nazywa się kieliszkiem. Płatków jest pięć. Pręcików jest 2—4 okółków, każdy po 5 lub 10 członów. Wreszcie owocolistków jest ilość nieokreślona albo rzadziej pięć lub jeden (ryc. 704). Dno kwiatowe jest rozmaite: od wypukłego do silnie wklęsłego. Jako przykład dna kwiatowego wypukłego można przytoczyć malinę *(Rubus)* i poziomkę *(Fragaria)* (ryc. 705, *A*). W obu tych przypadkach dno jest wypukłe w środkowej części, na której są osadzone słupki, jest natomiast płaskie na obwodzie, gdzie są umocowane inne

części kwiatu. Przykładów dna kwiatowego wklęsłego mogą dostarczyć rodzaje *Rosa, Prunus* i *Pirus* (ryc. 705, *B—D*).



Ryc. 705. Kwiaty różowatych w przekroju. — *A Fragaria vesca*. — *B Rosa spinosissima*. — *C Prunus communis*. — *D Pirus communis*. — Według Baillona.

W ostatnim z tych rodzajów owocolistki dolną swoją częścią są zrośnięte z dnem kwiatowem i ze sobą. Wogóle zrastanie się owocolistków ze sobą i z dnem kwiatowem jest zjawiskiem rzadkiem zarówno w rodzinie różowatych, jak i w całym rzędzie *Rosales*. Przytem nie odbywa się ono nigdy w zupełności i przynajmniej szyjki pozostają wolne.



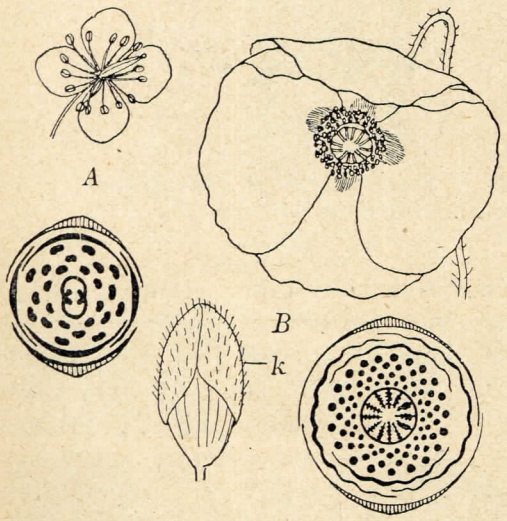
Ryc. 706. *Saxifraga granulata*. Przekrój podłużny kwiatu i jego diagramat. — Według Warminga.

Wśród różowatych jest dużo roślin użytkowych, np. poziomka *(Fragaria vesca)* i inne gatunki tego samego rodzaju, znane pod nazwą truskawek, malina *(Rubus Idaeus)*, śliwka *(Prunus domestica)*, czereśnia *(Prunus avium)*, wiśnia *(Prunus*

cerasus), jabłoń *(Pirus Malus)*, grusza *(Pirus communis)* i wiele innych.

Pozostaje jeszcze powiedzieć słów kilka o niewielkiej rodzinie skalnicowatych *(Saxifragaceae)*, która charakteryzuje się słupkowiem, złożonem z dwóch owocolistków, których zalążnie są zrośnięte ze sobą a także z wklęsłem dnem kwiatowem, pozostawiając wolne szyjki (ryc. 706). Najciekawsze rośliny tej rodziny są to z jednej strony skalnice *(Saxifraga)*, stanowiące charakterystyczny składnik flory górskiej, z drugiej strony porzeczki *(Ribes)*, opracowane monograficznie przez JANCZEWSKIEGO.

186. Rhoeadales. W przeciwieństwie do obu poprzednich rzędów są to przeważnie zioła; rośliny drzewiaste stanowią tu tylko 11% ogólnej ilości rodzajów. *Rhoeadales* charakteryzują się kwiatami o wypukłem dnie kwiatowem oraz owocolistkami, zrośniętemi ze sobą całkowicie od zalążni do szyjek i tworzącemi słupek o ściennych łożyskach. Okółki kwiatowe są przeważnie 2- lub 4-członowe.



Ryc. 707. *A Chelidonium majus.* Kwiat i diagramat jego. — *B Papaver somniferum.* Kwiat rozwijający się, kwiat rozwinięty i jego diagramat; *k* kielich zrzucany przy rozwijaniu się kwiatu.

Najważniejszemi rodzinami tego rzędu są makowate *(Papaveraceae)* i krzyżowate *(Cruciferae)*.

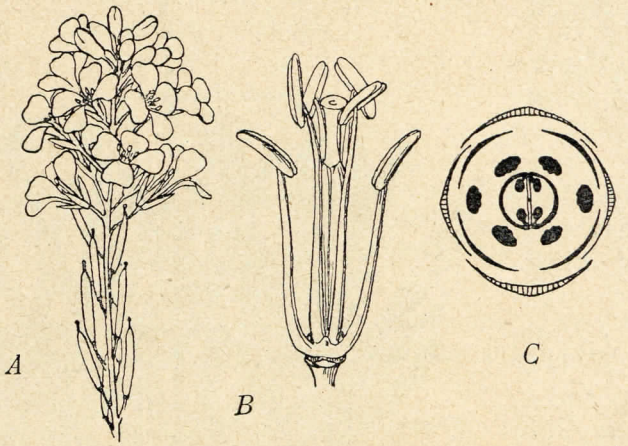
Makowate charakteryzują się okwiatem złożonym z 3 dwuczłonowych okółków, z czego jeden okółek przypada na kielich, dwa zaś na koronę. Przy rozwijaniu się kwiatu kielich opada i kwiat zachowuje tylko koronę. Pręciki są liczne, ułożone w kilka okółków. Owocolistków jest z reguły dwa, rzadziej jak u maku większa ilość. Makowate mają rurki mleczne typu siatkowego.

Jako typ kwiatu makowatych można wziąć pospolite wszędzie jaskółcze ziele *(Chelidonium majus)*, znane powszechnie

z żółtego soku mlecznego (ryc. 707, *A*). Mak *(Papaver)* odbiega od typu nietylko większą ilością owocolistków, ale także blaszkowatem wykształceniem łożysk, które tworzą niekompletne przegrody w zalążni (ryc. 707, *B*). Jeszcze bardziej odbiegają od typu grzbieciste kwiaty kokoryczu *(Corydalis)*.

Jako roślina użytkowa ma duże znaczenie mak *(Papaver somniferum)*, którego biały sok mleczny dostarcza opjum.

Rodzina krzyżowatych *(Cruciferae)* ma kwiaty tak jednostajnej budowy, że rozróżnianie rodzajów opiera się wyłącznie na owocach i nasionach. Kwiaty te składają się z czterech działek, czterech płatków, sześciu pręcików i dwóch owocolistków (ryc. 708). Z sześciu pręcików cztery są dłuższe od pozostałych dwóch: pręcikowie jest „czterosilne“ według tradycyjnego wyrażenia. Zalążnia jest przedzielona „fałszywą“ przegrodą, łączącą oba łożyska, o czem już była mowa w ust. 176. Rozłożenie kwiatu krzyżowatych na okółki jest rzeczą sporną, którą nie będziemy się zajmowali. Owocem jest łuszczyna (ryc. 697, *C*), która przybiera u różnych przedstawicieli bardzo różną postać. Bardzo różna jest także budowa nasienia, zawsze zresztą pozbawionego bielma. Warto wreszcie zaznaczyć, że kwiaty są zawsze zebrane w grono i wyrastają z osi bez przysadek, co jest zjawiskiem rzadkiem.

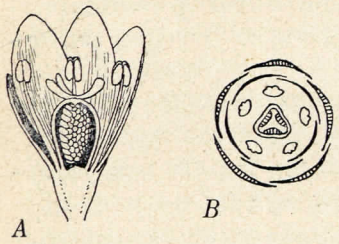


Ryc. 708. *Brassica nigra.* — *A* Kwiatostan z owocami w dolnej części. — *B* Kwiat bez okwiatu. — *C* Diagramat kwiatu.

Niektóre krzyżowate są uprawiane jako warzywa: np. kapusta *(Brassica oleracea)* i rzodkiew *(Raphanus sativus)*. Nasiona pewnych gatunków dostarczają olejów, np. rzepak *(Brassica Napus)*.

*

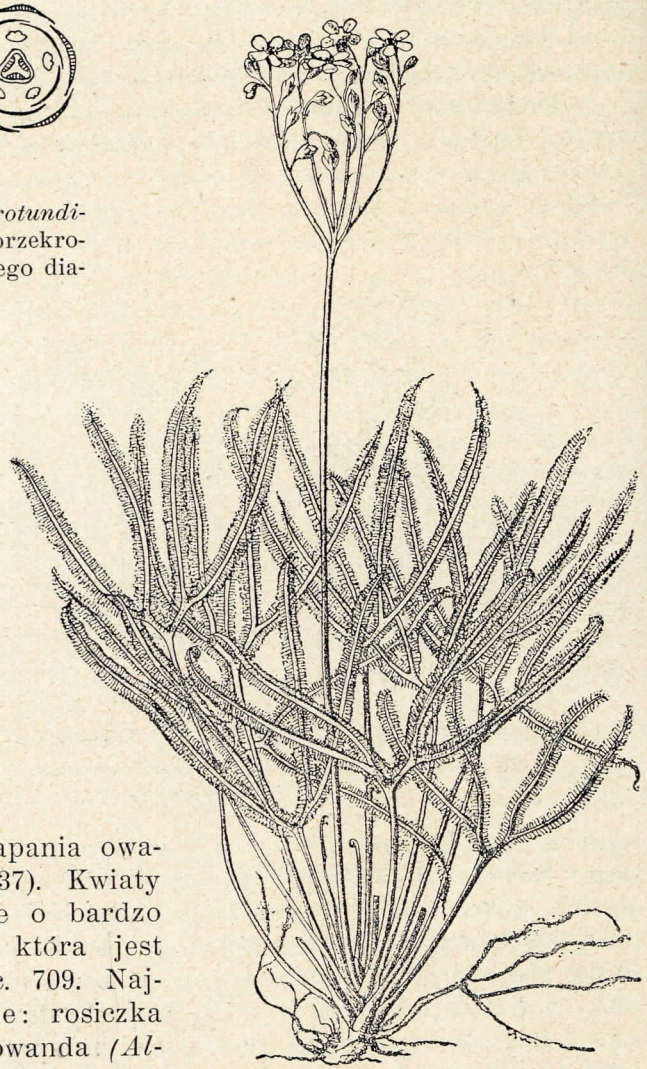
187. Parietales. Rząd ten posiada, tak samo jak *Rhoeadales*, ścienne łożyska, ale okwiat i pręcikowie składają się przeważnie z pięcioczłonowych okółków, zaś owocolistków jest z reguły



Ryc. 709. *Drosera rotundifolia*. — *A* Kwiat w przekroju podłużnym. — *B* Jego diagramat.

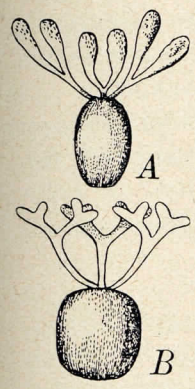
trzy. Są to przeważnie drzewa i krzewy (71%), ale flora polska posiada tylko zioła. Najważniejsze z rodzin krajowych są rosiczkowate *(Droseraceae)* i fiołkowate *(Violaceae)*.

Rosiczkowate są roślinami owadożernemi, których liście mają urządzenia do łapania owadów (ryc. 636, 637). Kwiaty ich są promieniste o bardzo prostej budowie, która jest zrozumiała z ryc. 709. Najważniejsze rodzaje: rosiczka *(Drosera)* i aldrowanda *(Aldrovanda)*, rosnące także w Polsce, oraz muchołówka *(Dionaea)*, występująca tylko w Ameryce północnej.



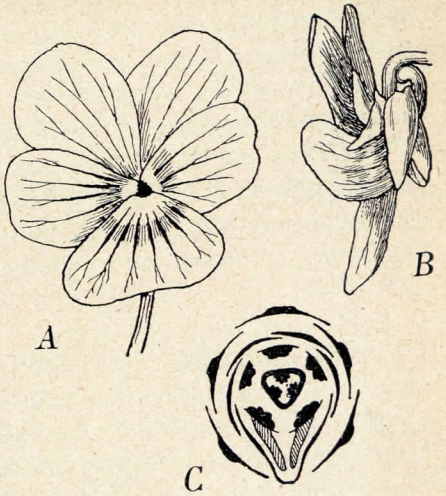
Ryc. 710. *Drosera binata*. — Według Dielsa.

Rosiczki są bardzo ciekawemi roślinami nietylko z powodu swojej ekologji, lecz także z uwagi na ich morfologję i rozmieszczenie geograficzne. Ciekawa jest dichotomja, która wystąpuje u nich czasem w liściach (ryc. 710), często zaś w szyjkach (ryc. 711). Oprócz tego godne jest uwagi ślimakowate zwinięcie młodych liści. Jedno i drugie jest bardzo rzadkie u okrytozalążkowych. Rosiczki rosną przeważnie na południowej półkuli, głównie w Australji. W Europie są tylko trzy gatunki, występujące także w Polsce.



Ryc. 711. *A Drosera capillaris*. Słupek.—*B Drosera schizandra*. Słupek. — Według Dielsa.

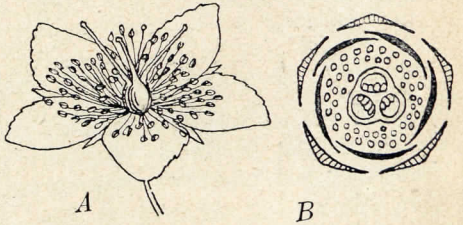
Aldrovanda jest rzadką rośliną bez korzeni, pływającą w wodzie. Łapie ona drobne zwierzęta w sposób przypominający amerykańską *Dionaea*. Do rosiczkowatych jest zbliżona rodzina *Nepenthaceae*, także złożona z roślin owadożernych (ryc. 638).



Ryc. 712. *Viola tricolor*. — *A* Kwiat widziany zprzodu. — *B* Kwiat widziany zboku. — *C* Diagramat.

Fiołkowate mają kwiaty grzbieciste. Dolny płatek jest znacznie większy i u podstawy uwypuklony w ostrogę (ryc. 712). Pręciki są zlepione ze sobą pylnikami; dwa z nich posiadają wyrostki, które wchodzą do ostrogi.

188. Guttiferales. Rząd ten charakteryzuje się silnem pomnożeniem pręcików, które wyrastają naokoło słupka pękami w miejscach, gdzie według ogólnego planu kwiatu powinny być pojedyńcze pręciki, albo nawet bez żadnego określonego związku z innemi częściami kwiatu, tworząc niezależne od nich okółki o dużej ilości członów. To zjawisko spotyka się sporadycznie w wielu innych rzędach, mieliśmy naprzykład



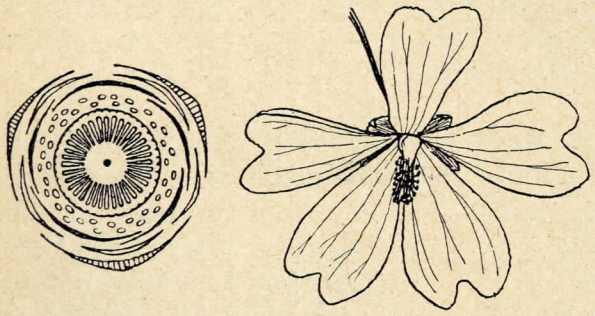
Ryc. 713. *Hypericum perforatum*. — *A* Kwiat. — *B* Diagramat. — Według Baillona.

ten przypadek u makowatych; w rzędzie *Guttiferales* jest to jednak ogólne prawidło. Drugą cechą charakterystyczną omawianego rzędu jest niezupełne zrośnięcie owocolistków, skutkiem czego szyjki są wolne. W rodzinie *Dilleniaceae* owocolistki nie są wcale zrośnięte i należące tu rośliny różnią się od jaskrowatych tylko osnówką na nasionach i drzewiastym pokrojem. Łożyska u *Guttiferales* są środkowe.

Guttiferales są to w ogromnej większości drzewa i krzewy (94% ogólnej ilości rodzajów) właściwe strefie gorącej. We florze krajowej mamy tylko zioła z rodzaju dziurawiec *(Hypericum)*, należące do rodziny dziurawcowatych *(Hypericaceae)* (ryc. 713).

189. Malvales. Ten rząd, podobnie jak poprzedni, odznacza się również silnem pomnożeniem pręcików, które przytem często bywają zrośnięte ze sobą nićmi w rurkę, otaczającą słupek. Owocolistki, w przeciwieństwie do *Guttiferales*, są tu całkowicie ze sobą zrośnięte. Są to przeważnie rośliny podzwrotnikowe, w 64% drzewa i krzewy. Rośliny flory polskiej należą do rodziny ślazowatych *(Malvaceae)* i lipowatych *(Tiliaceae)*. Z podzwrotnikowych rodzin warto wspomnieć o *Bombacaceae*, do których należy sławny afrykański baobab *(Adansonia digitata)*, i o rodzinie *Sterculiaceae*, do której zalicza się drzewo kakaowe *(Theobroma Cacao)*.

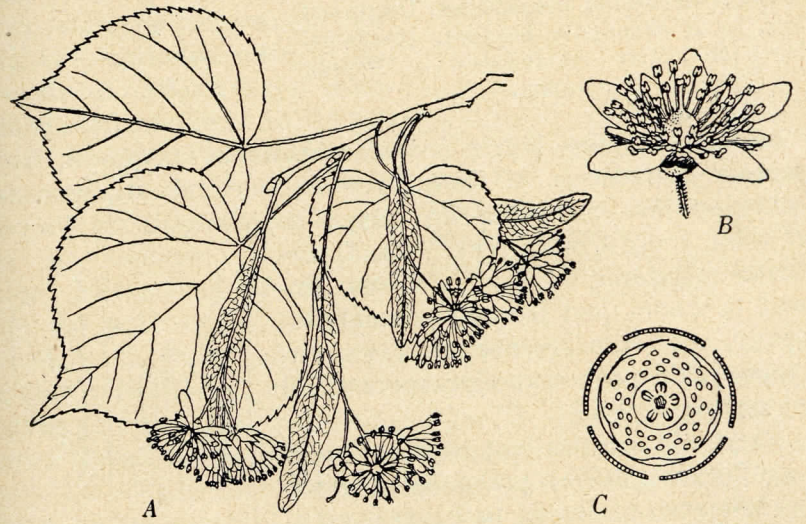
Ślazowate charakteryzują się zrośnięciem pręcików i silnem pomnożeniem owocolistków, które jednak pozostają ułożone w jeden okółek (ryc. 714). Owocolistki są ze sobą zrośnięte, ale przy dojrzewaniu owocu zwykle oddzielają się od siebie i owoc rozpada się na liczne jednonasienne owocki (ryc. 698, *A*). Oprócz kielicha bywa często kieliszek. We florze krajowej są tylko zioła, głównie z rodzaju ślaz *(Malva)*. Z roślin obcokrajowych warto wspomnieć o bawełnie *(Gossypium)*, podzwrotnikowej roślinie, dostarczającej



Ryc. 714. *Malva silvestris*. Kwiat i jego diagramat. Kielich złożony z dwóch okółków, z których zewnętrzny jest 3-listkowy, wewnętrzny 5-listkowy.

nadzwyczajnie cennych włókien. Włókna te wyrastają z łupiny nasion, które tworzą się w torebkach.

Lipowate różnią się od ślazowatych wolnemi pręcikami i ilością owocolistków równą ilości płatków i działek, t. j. 5. We florze polskiej jest tylko jeden rodzaj i to drzewiasty — lipa *(Tilia)* z dwoma gatunkami: lipą drobnolistną *(Tilia parvifolia)*, rozpowszechnioną na całym niżu, i lipą szerokolistną *(Tilia grandifolia)*, rosnącą tylko w południowej jego części (ryc. 715). Kwiatostany lipy są opatrzone dużą podsadką, któ-

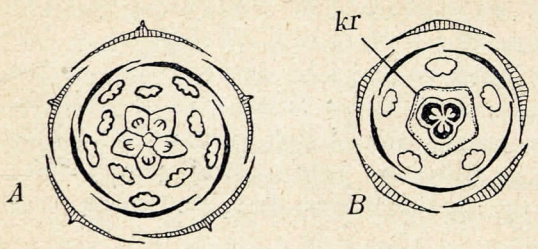


Ryc. 715. *Tilia parvifolia*. — *A* Gałązka z kwiatami. — *B* Kwiat. — *C* — Diagramat.

ra pozostaje podczas dojrzewania owoców i ułatwia rozsiewanie ich przez wiatr. Owocem lipy jest orzeszek, pomimo tego że zalążnia jest pięciokomorowa. Z obcokrajowych lipowatych zasługuje na uwagę juta *(Corchorus olitorius)*, zielna roślina dostarczająca cennych włókien.

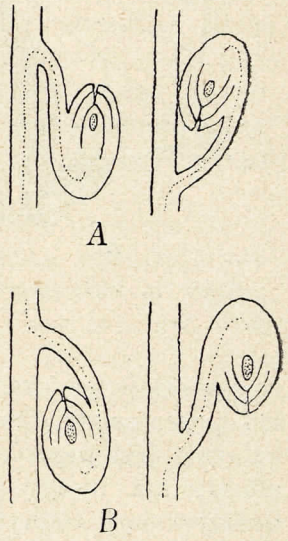
190. Geraniales i Celastrales. Te dwa rzędy stanowią naturalną całość i tylko w sposób sztuczny mogą być wyróżnione. Należą do nich przeważnie rośliny drzewiaste, które stanowią 82% ogólnej ilości rodzajów u *Geraniales* i 97% u *Celastrales*. Charakterystyczną cechą ich są przedewszystkiem pręciki, których jest albo jeden okółek naprzemianległy względem płatków, albo dwa okółki, z których zewnętrzny jest nadległy płatkom, a wewnętrzny naprzemianległy względem nich

(ryc. 716). Owocolistki są zrośnięte ze sobą, najczęściej z jednym albo dwoma zalążkami, osadzonemi na środkowem łożysku; jeżeli są dwa zalążki, to mogą one być umieszczone obok siebie albo jeden nad drugim. Ilość owocolistków jest taka sama jak płatków albo mniejsza. Dno kwiatowe jest wypukłe, rzadko cokolwiek wklęsłe.



Ryc. 716. *A Geranium sanguineum*. Diagramat kwiatu. — *B Staphylea pinnata*. Diagramat kwiatu; *kr* krążek miodnikowy. — Według Eichlera.

Rzędy *Geraniales* i *Celastrales* różnią się od siebie tylko jedną cechą: ułożeniem zalążków, które są zawsze odwrócone. U *Geraniales* są one tak umieszczone, że okienko jest zwrócone do góry i nazewnątrz od łożyska albo wdół i do środka (ryc. 717). U *Celastrales* położenie ich jest odwrotne. Ponieważ ta cecha jest jedyną, podział jest sztuczny, tak samo zresztą jak i wszystkie inne, jakie próbowano przeprowadzić w tej grupie roślin.

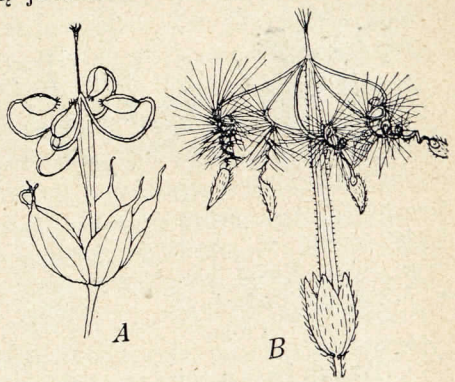


Ryc. 717. Schematyczne przedstawienie zalążków u *Geraniales (A)* i *Celastrales (B)*. — Według Englera.

Rząd *Geraniales* jest reprezentowany we florze polskiej przez same zioła. Najważniejsze rodziny są to bodziszkowate *(Geraniaceae)*, szczawikowate *(Oxalidaceae)*, lnowate *(Linaceae)* i rutowate *(Rutaceae)*.

Wśród bodziszkowatych rodzaj bodziszek *(Geranium)* zasługuje na uwagę ze względu na ciekawe wykształcenie owoców. Szyjka słupka, która u innych roślin usycha, pozostaje tu i wykształca się w mocny „dziobek“, u którego podstawy mieszczą się owocolistki, przekształcone w jednonasienne owocki. Przy dojrzewaniu owocu odłupują się od dziobka pasma sprężystej tkanki, przyrośnięte [illegible] do owocków, drugim do końca dziobka. Pa[illegible]nia wyginają się nazewnątrz i odry[illegible] (ryc. 718, *A*), które przez [illegible] a następnie

opadają na ziemię. U niektórych innych bodziszkowatych, np. u iglicy *(Erodium)* i pelargonji *(Pelargonium)* (ryc. 718, *B*), dzieje się to samo, z tą jednak różnicą, że pasma odłupujące się od dziobka nie wyginają się, lecz skręcają się spiralnie. Owocki w tym przypadku opadają wraz z pasmami, które stanowią jakgdyby ich przedłużenie. Ponieważ pasma wyprostowują się w wilgotnem powietrzu, a skręcają się w suchem, owocek zostaje wświdrowany w ziemię, o ile pasmo zawadzi końcem o jakikolwiek przedmiot.

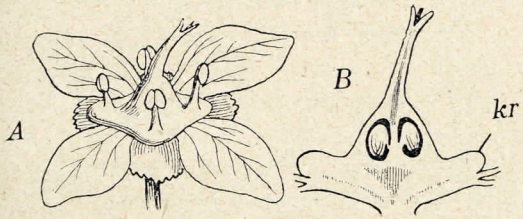


Ryc. 718. *A Geranium columbinum*. Dojrzałe owocki oddzielające się od środkowej kolumny. — *B Pelargonium inquinans*. To samo. — Według Reichego.

Szczawikowate odznaczają się swojemi dłoniastemi albo pierzastemi liśćmi, złożonemi z listków o równym brzegu, na podobieństwo motylkowatych. We florze krajowej mamy tylko jeden, ale zato pospolity w cienistych lasach gatunek: szczawik zajęczy *(Oxalis Acetosella)* z trójlistkowemi liśćmi. Są to przeważnie rośliny południowo-amerykańskie.

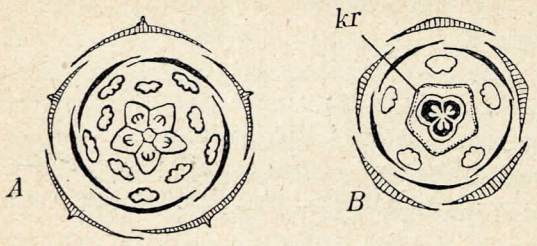
Lnowate dostarczają ważnej rośliny uprawnej, lnu *(Linum usitatissimum)*, uprawianej dla włókien i oleistych nasion.

Wielka rodzina rutowatych ma w Polsce tylko jednego przedstawiciela, którym jest dyptam *(Dictamnus Fraxinella)*, najładniejsza z naszych bylin, charakterystyczna dla stepowych zespołów roślinnych południowej części kraju. Rutowate, w tej liczbie i dyptam, odznaczają się silnie rozwiniętą tkanką wydzielniczą, wytwarzającą olejki eteryczne (por. ryc. 355). W krajach gorących są to przeważnie drzewa, z których zasługują na szczególną uwagę drzewo cytrynowe *(Citrus medica)* i drzewo pomarańczowe *(Citrus Aurantium)*, pochodzące z Indyj Wschodnich.



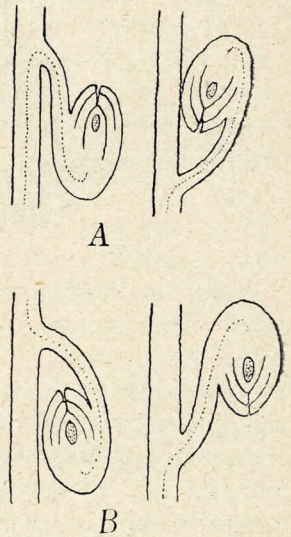
Ryc. 719. *Evonymus europea*. — *A* Kwiat. — *B* Przekrój podłużny przez dno kwiatowe i słupek, *kr* krążek miodnikowy. — Według Loesenera.

(ryc. 716). Owocolistki są zrośnięte ze sobą, najczęściej z jednym albo dwoma zalążkami, osadzonemi na środkowem łożysku; jeżeli są dwa zalążki, to mogą one być umieszczone obok siebie albo jeden nad drugim. Ilość owocolistków jest taka sama jak płatków albo mniejsza. Dno kwiatowe jest wypukłe, rzadko cokolwiek wklęsłe.



Ryc. 716. *A Geranium sanguineum*. Diagramat kwiatu. — *B Staphylea pinnata*. Diagramat kwiatu; *kr* krążek miodnikowy. — Według Eichlera.

Rzędy *Geraniales* i *Celastrales* różnią się od siebie tylko jedną cechą: ułożeniem zalążków, które są zawsze odwrócone. U *Geraniales* są one tak umieszczone, że okienko jest zwrócone do góry i nazewnątrz od łożyska albo wdół i do środka (ryc. 717). U *Celastrales* położenie ich jest odwrotne. Ponieważ ta cecha jest jedyną, podział jest sztuczny, tak samo zresztą jak i wszystkie inne, jakie próbowano przeprowadzić w tej grupie roślin.

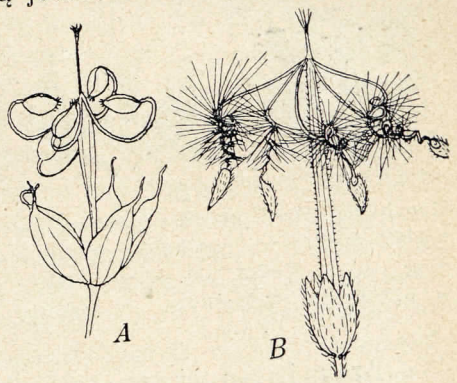


Ryc. 717. Schematyczne przedstawienie zalążków u *Geraniales (A)* i *Celastrales (B)*. — Według Englera.

Rząd *Geraniales* jest reprezentowany we florze polskiej przez same zioła. Najważniejsze rodziny są to bodziszkowate *(Geraniaceae)*, szczawikowate *(Oxalidaceae)*, lnowate *(Linaceae)* i rutowate *(Rutaceae)*.

Wśród bodziszkowatych rodzaj bodziszek *(Geranium)* zasługuje na uwagę ze względu na ciekawe wykształcenie owoców. Szyjka słupka, która u innych roślin usycha, pozostaje tu i wykształca się w mocny „dziobek“, u którego podstawy mieszczą się owocolistki, przekształcone w jednonasienne owocki. Przy dojrzewaniu owocu odłupują się od dziobka pasma sprężystej tkanki, przyrośnięte jednym końcem do owocków, drugim do końca dziobka. Pasma te skutkiem wysychania wyginają się nazewnątrz i odrywają od dna kwiatowego owocki (ryc. 718, *A*), które przez czas pewien pozostają zawieszone w powietrzu, a następnie

opadają na ziemię. U niektórych innych bodziszkowatych, np. u iglicy *(Erodium)* i pelargonji *(Pelargonium)* (ryc. 718, *B*), dzieje się to samo, z tą jednak różnicą, że pasma odłupujące się od dziobka nie wyginają się, lecz skręcają się spiralnie. Owocki w tym przypadku opadają wraz z pasmami, które stanowią jakgdyby ich przedłużenie. Ponieważ pasma wyprostowują się w wilgotnem powietrzu, a skręcają się w suchem, owocek zostaje wświdrowany w ziemię, o ile pasmo zawadzi końcem o jakikolwiek przedmiot.

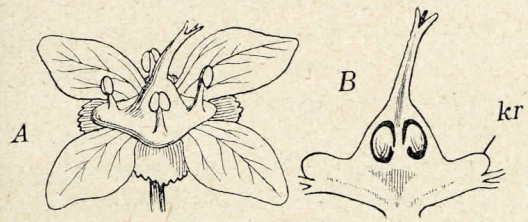


Ryc. 718. *A Geranium columbinum*. Dojrzałe owocki oddzielające się od środkowej kolumny. — *B Pelargonium inquinans*. To samo. — Według Reichego.

Szczawikowate odznaczają się swojemi dłoniastemi albo pierzastemi liśćmi, złożonemi z listków o równym brzegu, na podobieństwo motylkowatych. We florze krajowej mamy tylko jeden, ale zato pospolity w cienistych lasach gatunek: szczawik zajęczy *(Oxalis Acetosella)* z trójlistkowemi liśćmi. Są to przeważnie rośliny południowo-amerykańskie.

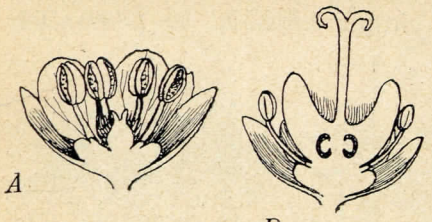
Lnowate dostarczają ważnej rośliny uprawnej, lnu *(Linum usitatissimum)*, uprawianej dla włókien i oleistych nasion.

Wielka rodzina rutowatych ma w Polsce tylko jednego przedstawiciela, którym jest dyptam *(Dictamnus Fraxinella)*, najładniejsza z naszych bylin, charakterystyczna dla stepowych zespołów roślinnych południowej części kraju. Rutowate, w tej liczbie i dyptam, odznaczają się silnie rozwiniętą tkanką wydzielniczą, wytwarzającą olejki eteryczne (por. ryc. 355). W krajach gorących są to przeważnie drzewa, z których zasługują na szczególną uwagę drzewo cytrynowe *(Citrus medica)* i drzewo pomarańczowe *(Citrus Aurantium)*, pochodzące z Indyj Wschodnich.



Ryc. 719. *Evonymus europea*. — *A* Kwiat. — *B* Przekrój podłużny przez dno kwiatowe i słupek, *kr* krążek miodnikowy. — Według Loesenera.

Rząd *Celastrales* we florze polskiej ma przedstawicieli wyłącznie drzewiastych, a to z rodzin trzmielinowatych *(Celastraceae)*, kłokoczkowatych *(Staphyleaceae)* i klonowatych *(Aceraceae)*. Zjawiskiem stałem w tym rzędzie jest wykształcenie krążka miodnikowego, zgrubienia dna kwiatowego między słupkiem a pręcikami, wydzielającego nektar (ryc. 719). Taki krążek wykształca się także u niektórych roślin, należących do poprzedniego rzędu.

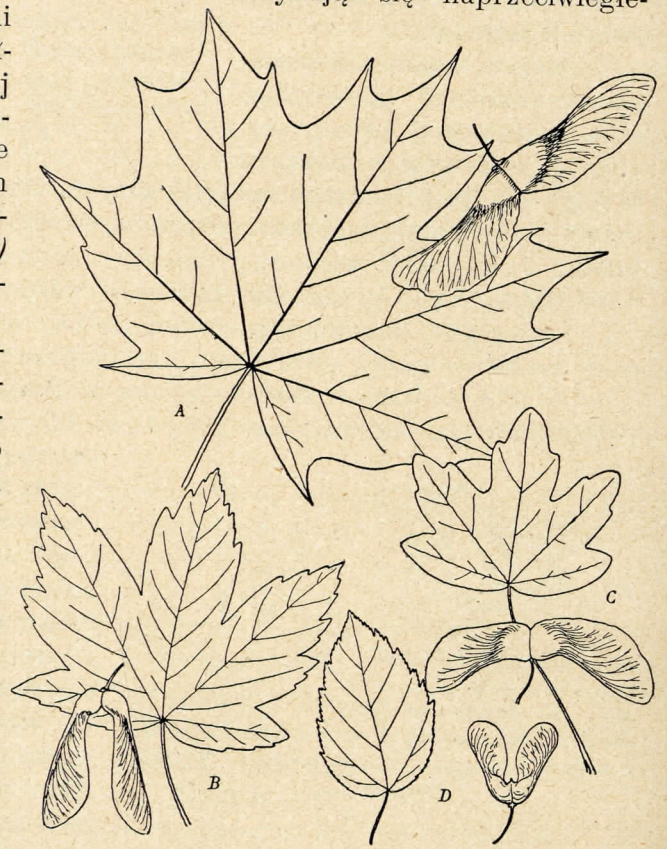


Ryc. 720. *Acer pseudoplatanus.* — Kwiat męski w przekroju podłużnym. — *B* Kwiat obupłciowy także w przekroju podłużnym. — Według Paxa.

Trzmielinowate charakteryzują się naprzeciwległemi pojedyńczemi liśćmi i wykształceniem czerwonej osnówki na nasionach. W Polsce jest tylko jeden rodzaj: trzmielina *(Evonymus)* z trzema gatunkami.

Kłokoczkowate mają liście naprzeciwległe, nieparzysto pierzasto złożone. W Polsce rośnie tylko kłokoczka *(Staphylea pinnata)*, krzew właściwy południowej części kraju.

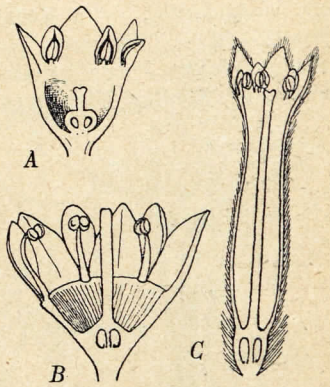
Najważniejszą z rodzin krajowych jest rodzina klonowatych. W tej rodzinie liście są naprzeciwległe, pojedyńcze lub nieparzysto pierzaste. Gatunki krajowe mają liście pojedyńcze, dłoniasto wcinane o charakterystycznem, palczastem unerwieniu. Kwiaty są dwojakiego rodzaju: obupłciowe i pręcikowe ze zmarniałym słupkiem (ryc. 720), oba rodzaje u naszych przedstawicieli na tych samych osobnikach. Owocolistków jest dwa, każdy z nich daje oskrzydloną niełupkę. Krajowe rośliny należą wszystkie do rodzaju klon *(Acer)*; jest ich cztery gatunki, różniące się kształtem liści i owoców: klon zwyczajny *(Acer platanoides)*, jawor *(Acer pseudoplatanus)*, paklon *(Acer campestre)* i klon tatarski *(Acer tataricus)* (ryc. 721). Ostatni gatunek rośnie tylko na Podolu.



Ryc. 721. Klony polskie, ich liście i owoce. — *A Acer platanoides, B Acer pseudoplatanus, C Acer campestre, D Acer tataricum.*

Z roślin obcokrajowych do rzędu *Celastrales* należy między innemi rodzina kasztanowcowatych *(Hippocastanaceae)*, złożona z drzew o palczasto złożonych, naprzeciwległych liściach. Jako drzewo ozdobne, sadzi się u nas często kasztanowiec zwyczajny *(Aesculus Hippocastanum)*.

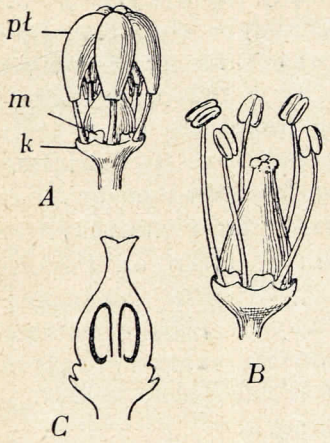
191. Rhamnales. Cechą najbardziej charakterystyczną tego rzędu są nadległe płatkom pręciki. Poza tem kwiat bywa bardzo różnie zbudowany. Różnice te mają swoje źródło w różnem wykształceniu dna kwiatowego, które bywa wypukłe albo wklęsłe, zrośnięte z zalążnią albo niezrośnięte. Krążek miodnikowy jest zawsze wyraźnie wykształcony i wyściela wewnętrzną powierzchnię dna kwiatowego, jeżeli dno jest wklęsłe. Owocolistków jest 2 albo 3, każdy z jednym albo dwoma zalążkami. Małą ilością zalążków i pręcików zbliża się ten rząd do dwóch poprzednich. Do tego rzędu należą prawie wyłącznie rośliny drzewiaste (97% ogólnej ilości rodzajów). Można wyróżnić w nim dwie rodziny: szakłakowate *(Rhamnaceae)* i winorośłowate *(Vitaceae)*.



Ryc. 722. Kwiaty szakłakowatych w przekroju podłużnym: *A Rhamnus Frangula, B Noltea africana, C Cryptandra leucophracta.* — Według Weberbauera.

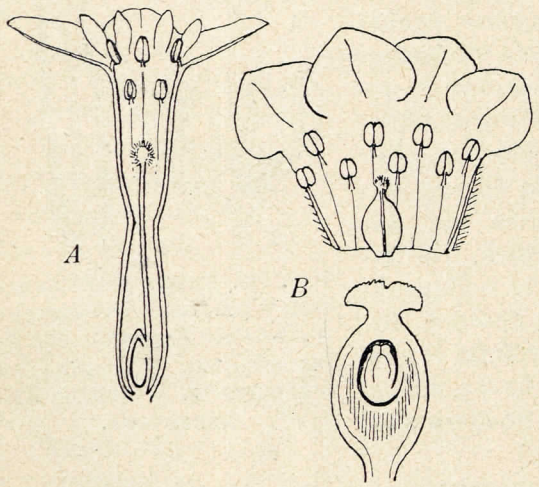
Szakłakowate charakteryzują się dnem kwiatowem silnie wklęsłem, najczęściej zrośniętem z zalążnią (ryc. 722). W każdej z dwóch komór zalążni znajduje się pojedyńczy zalążek. We florze krajowej mamy z tej rodziny dwa krzewy, należące do rodzaju szakłak *(Rhamnus)*.

Rodzina winorośloватych charakteryzuje się wypukłem dnem kwiatowem i dwoma zalążkami w każdej komorze zalążni. Są to rośliny pnące się, właściwe krajom o cieplejszym klimacie. Najważniejszą rośliną jest winorośl *(Vitis vinifera)*, o której już była mowa z powodu sympodjalnej budowy jej pędów i morfologji jej wąsów (ryc. 619). Kwiaty tej rośliny w stanie rozwiniętym są pozbawione płatków, które zrastają się ze sobą końcami i opadają przy rozwijaniu się kwiatu (ryc. 723). Owoce winorośli nie dojrzewają w naszym klimacie.



Ryc. 723. *Vitis vinifera.* — *A* Rozwijający się kwiat; *pł* płatki, *k* kielich, który tu jest niewyraźnie wykształcony, *m* miodniki. — *B* Kwiat rozwinięty. — *C* Przekrój podłużny słupka i dna kwiatowego. — Według Eichlera.

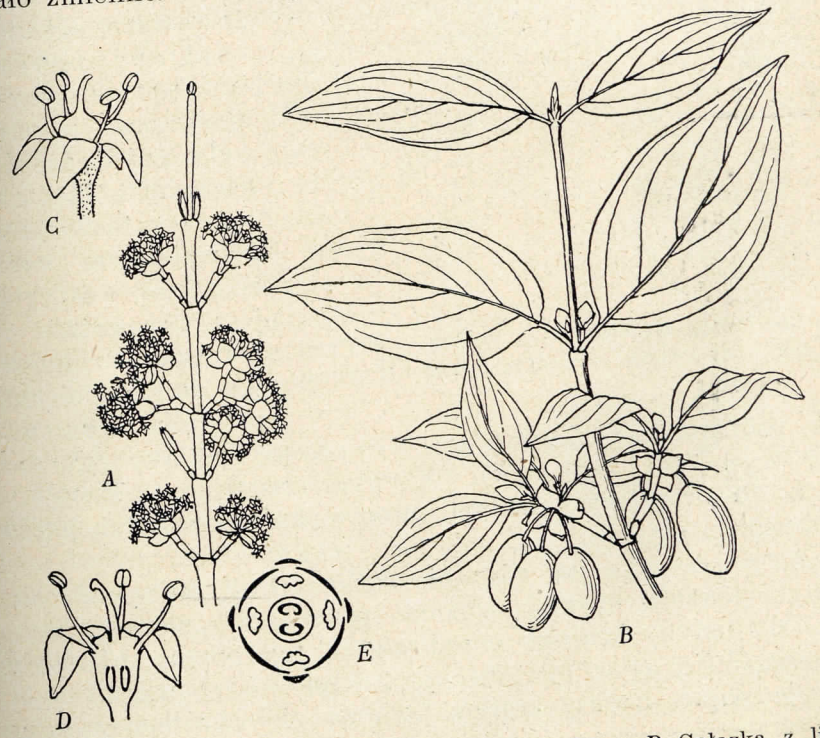
192. Thymelaeales. Jest to mała, ale bardzo ciekawa grupa roślin, łącząca się z trzema poprzedniemi rzędami przez pojedyńcze zalążki. Owocolistek jest pojedyńczy, umieszczony na dnie głębokiego, kubkowatego albo rurkowatego dna kwiatowego, ze ściankami tego dna niezrośnięty. Na brzegu dna jest umieszczony okółek działek i naprzemianległy względem niego okółek płatków, nieco niżej na wewnętrznej powierzchni są osadzone dwa okółki pręcików. Wszystkie okółki są przeważnie 4-członowe. Są to prawie wyłącznie drzewa i krzewy (91% wszystkich rodzajów).



Ryc. 724. Kwiaty wawrzynkowatych: *A Gnidia carinata.* Przekrój podłużny kwiatu. — *B Daphne Mezereum.* Kwiat rozcięty z jednej strony i przekrój podłużny słupka. — *A* według Gilga, *B* według Warminga.

Najważniejszą rodziną są wawrzynkowate *(Thymelaeaceae)*, rozpowszechnione na całym świecie. Z polskich przedstawicieli tej rodziny najważniejsze są dwa krzewy, należące do rodzaju wawrzynek *(Daphne)*: wilcze łyko *(Daphne Mezereum)* i wawrzynek główkowy *(Daphne Cneorum)*. Obie te rośliny są pozbawione płatków, które w omawianym rzędzie, podobnie jak u *Rhamnales*, są słabo rozwinięte i często nie wykształcają się wcale (ryc. 724). Zamiast płatków działki są tu barwne. Wilcze łyko jest dosyć pospolite na całym obszarze Polski i rzuca się w oczy wczesną wiosną swojemi czerwonemi kwiatami, które rozwijają się przed liśćmi. Wawrzynek główkowy rośnie tylko w południowej części kraju w stepowych i półstepowych zespołach roślinnych; kwitnie znacznie później od wilczego łyka, już po zjawieniu się liści. Obie te rośliny mają lancetowate liście, przypominające liście wawrzynu, skąd pochodzi ich nazwa.

193. Umbelliflorae. Jest to ostatni rząd wolnopłatkowych z ograniczoną ilością zalążków w owocolistkach: w każdym owocolistku jest tylko jeden zalążek. Cechy tego rzędu są mało zmienne. Kielich jest bardzo słabo wykształcony, często



Ryc. 725. *Cornus mas.* — *A* Gałązka z kwiatami. — *B* Gałązka z liśćmi i owocami. — *C* Kwiat. — *D* Kwiat w podłużnym przekroju. — *E* Narys.

niema go wcale. Pręcików jest jeden okółek, międzyległy względem płatków. Owocolistków jest przeważnie dwa, zrośniętych ze sobą i z wklęsłem dnem kwiatowem; zalążnia jest zatem dolna. Górna powierzchnia zalążni jest przekształcona w miodnikowy krążek. Wreszcie ostatnia cecha charakterystyczna: kwiatostanem jest baldach prosty lub złożony. Są to przeważnie rośliny zielne (23% roślin drzewiastych).



Ryc. 726. *Panax Ginseng.* — *A* Pokrój. — *B* Przekrój podłużny kwiatu. — Według Reina i Harmsa.

Do tego rzędu należą trzy rodziny: dereniowate *(Cornaceae)*, araljowate *(Araliaceae)* i baldaszkowate *(Umbelliferae)*; wszystkie mają swoich przedstawicieli także we florze polskiej.

Dereniowate są to prawie wyłącznie drzewa i krzewy o pojedyńczych liściach. Okółki kwiatowe są 4-członowe, z wyjątkiem owocolistków, których jest przeważnie 2. Owocem — jagoda. We florze polskiej są tylko dwa gatunki rodzaju dereń *(Cornus)*: dereń pospolity *(Cornus mas)* (ryc. 725) i świdwa *(Cornus sanguinea)*. Pierwszy z nich, dostarczający jadalnych owoców, kwitnie wcześnie przed rozwinięciem się liści.

Araljowate są również roślinami drzewiastemi, ale o innym pokroju, bo mają złożone, przeważnie palczaste liście (ryc. 726). Jedyny krajowy przedstawiciel tej rodziny, bluszcz *(Hedera Helix)* (por. ryc. 591), jest o tyle nietypowy, że liście ma pojedyńcze. Kwiaty araljowatych są pięciokrotne, owocem jest jagoda.

Największą rodziną tego rzędu są baldaszkowate, łatwe do rozpoznania po swoim pokroju: są to zioła z liśćmi bogato rozczłonkowanemi na drobne odcinki, z kwiatami zebranemi w złożone baldachy, to znaczy takie, u których w miejscu kwiatów są osadzone drobne baldachy drugiego rzędu (ryc. 727). Owocem jest rozłupka, rozpadająca się na dwie niełupki, które pozostają zawieszone na rozwidlonem przedłużeniu szypułki.



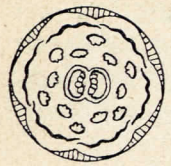
Ryc. 727. *Carum Carvi.* — *A* Pokrój rośliny. — *B* Kwiat. — *C* Przekrój podłużny kwiatu. — *D* Owoc.

194. Myrtales. W przeciwieństwie do czterech poprzednich rzędów u *Myrtales* każdy owocolistek zawiera wielką, nieokreśloną ilość zalążków. Dno kwiatowe w tym rzędzie, tak samo jak w dwóch poprzednich, jest zawsze wklęsłe i zalążnia przeważnie z niem zrośnięta. Pręcików z reguły są dwa okółki, rzadziej większa ilość. Są to przeważnie drzewa i krzewy (67% ogólnej ilości rodzajów). We florze polskiej mamy tylko rośliny zielne.

Najważniejsze rodziny krajowe są: krwawnicowate *(Lythraceae)*, wodnoorzechowate *(Hydrocaryaceae)* i wiesiołkowate *(Oenotheraceae)*.

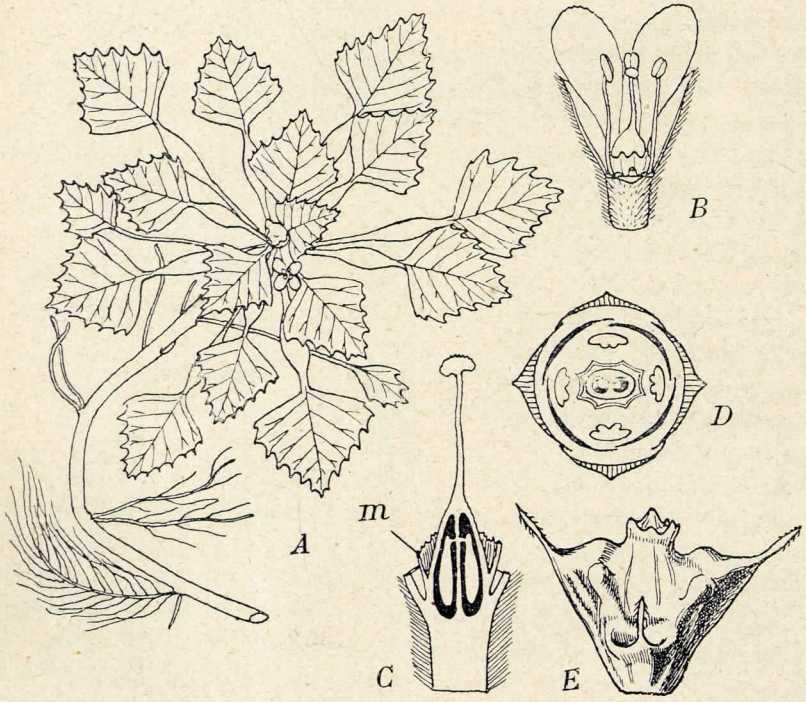
Krwawnicowate mają zalążnię wolną i niepełny okółek owocolistków. Do nich należy między innemi krwawnica pospolita *(Lythrum Salicaria)*, sławna ze swoich trójpostaciowych kwiatów (ryc. 687). Kwiaty te są sześciokrotne o wzorze

(ryc. 728): $K_6 C_6 A_{6+6} G_{(2)}$. Dno kwiatowe jest u nich kubkowate, o cienkich ściankach, podobne na pierwszy rzut oka do zrosłodziałkowego kielicha. Pręciki są na niem osadzone głęboko u podstawy, płatki w górnej części, działki na samym brzegu.



Ryc. 728. *Lythrum Salicaria*. Diagramat kwiatu. Według EICHLERA.

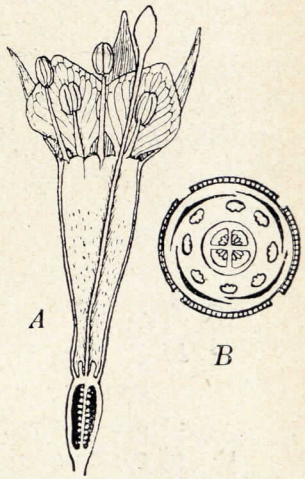
Wodnoorzechowate zawierają jeden tylko rodzaj: wodny orzech *(Trapa)* (ryc. 729). Są to jednoroczne wodne rośliny, których długie pędy, zakorzenione na dnie, wytwarzają na szczycie rozetkę pływających liści z rombowatą blaszką i długiemi nabrzmiałemi ogonkami. Te nabrzmienia zawierają obszerne przestwory międzykomórkowe, dzięki czemu górna część pędu z rozetką liści, kwiatami i owocami utrzymuje się na powierzchni wody. Na podwodnej części pędu liście wyrastają tylko przejściowo, natomiast obficie wytwarzają się korzenie. Kwiaty są zbudowane według wzoru: $K_4 C_4 A_4 G_{(2)}$.



Ryc. 729. *Trapa natans*. — *A* Górna część pędu z rozetką liściową i kwiatami. — *B* Kwiat z odciętą z jednej strony częścią okwiatu i pręcikowia. — *C* Przekrój podłużny dna kwiatowego i słupka; *m* miodnik. — *D* Diagramat kwiatu. — *E* Orzech. — *A* według WETTSTEINA, *B*—*D* według RAIMANNA.

Zalążnia ich zawiera po jednym zalążku w każdej komorze, co jest rzeczą wyjątkową w rzędzie *Myrtales*. Dno kwiatowe jest wklęsłe, zrośnięte tylko z dolną częścią zalążni. Naokoło zalążni znajduje się miodnik w kształcie kołnierzyka zazębionego na brzegu. Bardzo charakterystyczny jest owoc, mający postać dużego orzecha opatrzonego dwoma kolcami.

Wiesiołkowate charakteryzują się 4-krotnemi kwiatami z dolną zalążnią złożoną z 4 owocolistków. Wzór kwiatowy jest: $K_4 C_4 A_{4+4} G_{\overline{(4)}}$. Dno kwiatowe czasem przedłuża się ponad zalążnią (ryc. 730). Najważniejsze rodzaje: wierzbówka *(Epilobium)*, rosnąca dziko w Polsce, zawleczony z Ameryki wiesiołek *(Oenothera)* i hodowana często jako roślina ozdobna *Fuchsia*. O wiesiołku będzie jeszcze mowa w fizjologji z powodu bardzo ciekawej zmienności mutacyjnej. Poza tem warto wspomnieć o czartawie *(Circaea)* ze względu na bardzo ciekawą budowę kwiatów, złożonych z 2-członowych okółków o wzorze: $K_2 C_2 A_2 G_{\overline{(2)}}$.



Ryc. 730. *Fuchsia ampliata*. — *A* Przekrój podłużny kwiatu. — *B* Diagramat. — Według RAIMANNA.

Z obcokrajowych przedstawicieli omawianego rzędu najważniejszą jest rodzina mirtowatych *(Myrtaceae)*, charakteryzująca się dolną zalążnią i licznemi pręcikami. Są to rośliny drzewiaste, właściwe cieplejszym krajom. Głównym terenem rozsiedlenia ich jest Australja, gdzie stanowią one ważny składnik lasów. Największą rolę odgrywa tam rodzaj eukaliptus *(Eucalyptus)* z 200 gatunkami, wśród których są największe drzewa na świecie *(Eucalyptus amygdalina* dochodzi do 120 *m* wysokości przy 50 *m* obwodu u podstawy). Drugim ośrodkiem rozmieszczenia rodziny jest Ameryka południowa. W Europie rośnie tylko mirt *(Myrtus communis)*.

ROZDZIAŁ XXXVIII

BEZPŁATKOWE

195. Podział na rzędy. Bezpłatkowe *(Apetalae)* dzielą się na 14 rzędów, które można scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli.

A) Woreczki zalążkowe w dużej ilości w każdym zalążku. Drzewa o łuskowatych okółkowych liściach, podobne do skrzypów. *Verticillatae.*

B) Woreczki zalążkowe pojedyńcze. Pokrój roślin nie przypomina skrzypów.

a) Drzewa z kwiatami zebranemi w kotki. Okwiat słabo wykształcony albo niema go wcale. *Amentiferae.*

α) Zalążnia 2- lub 3- komorowa ze środkowem łożyskiem i 1 lub 2 zalążkami w każdej komorze. *Fagales.*

β) Zalążnia jednokomorowa.

I. Liczne zalążki osadzone na dwóch ściennych łożyskach. *Salicales.*

II. Jeden zalążek osadzony na dnie komory.

1. Liście nieparzysto pierzaste. Kwiaty z okwiatem. *Juglandales.*

2. Liście pojedyńcze. Okwiatu niema.

* Kwiaty często obupłciowe. Nasiona z obielmiem. *Piperales.*

** Kwiaty rozdzielnopłciowe. Obielmia niema. *Myricales.*

b) Rośliny drzewiaste albo zielne z kwiatami o wyraźnym, często barwnym okwiecie. Kwiatostany różne, ale nie w formie kotków.

a) Zalążnia górna.

I. Nasiona z zarodkiem położonym w środku i otoczonym przez bielmo albo bez bielma.

1. Zalążnia jednokomorowa.

* Kwiaty rozdzielnopłciowe, z zielonym okwiatem. *Urticales.*

** Kwiaty obupłciowe, z barwnym okwiatem.

† Jeden owocolistek, zalążki w ilości od 1 do wielu na ściennem łożysku. *Proteales.*

†† Trzy owocolistki, zalążek jeden, osadzony na dnie komory zalążniowej. *Polygonales.*

2. Zalążnia trójkomorowa. *Tricoccae.*

I. Nasiona z bielmem położonem w środku i otoczonem przez zgięty zarodek. *Centrospermae.*

β) Zalążnia dolna.

I. Łożysko kolumnowe. Zielone pasorzyty. *Santalales.*

II. Łożysko środkowe albo ścienne. Rośliny samożywne.

1. Bezlistne rośliny z silnie zgrubiałą łodygą. *Opuntiales.*

2. Pędy ulistnione. *Aristolochiales.*

196. Verticillatae. Do tego rzędu należy jeden tylko rodzaj *Casuarina.* Są to drzewa i krzewy rosnące głównie w Australji. Kwiaty ich są rozdzielnopłciowe, jednopienne, skupione w kłosy. Kwiaty męskie są opatrzone niepozornym, dwulistnym okwiatem i jednym pręcikiem, żeńskie kwiaty są pozbawione okwiatu. Słupek jest złożony z dwóch owocolistków, dwukomorowy; jedna z komór jest pusta, druga z dwoma zalążkami. Owocem orzech. Niezmiernie charakterystyczny jest pokrój tych roślin, przypominający skrzypy przez łuskowaty kształt liści i ich okółkowe ułożenie na pędach. Bardzo ciekawa jest u nich cytologja rozmnażania. Woreczki zalążkowe tworzą się w zalążkach w wielkiej ilości, rozwija się do końca tylko jeden z nich. Zapylanie odbywa się przy pomocy wiatru, zapłodnienie przez chalazogamję. *Verticillatae* stanowią odrębny typ bezpłatkowych, niespokrewniony z żadnym innym rzędem.

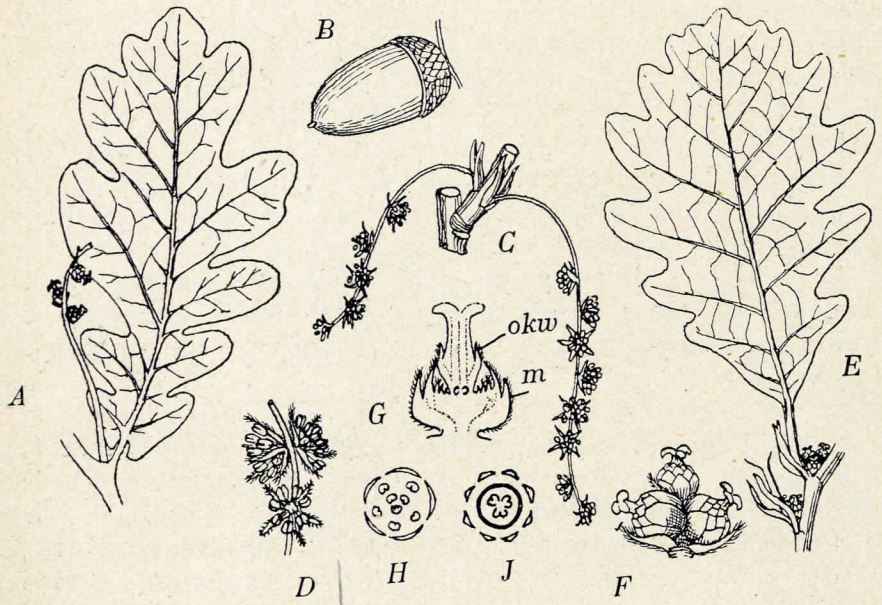
197. Fagales. Jest to pierwszy z pięciu rzędów, charakteryzujących się drzewiastym pokrojem i kłosokształtnemi kwiatostanami o wiotkiej osi. Takie kwiatostany noszą, jak wiadomo, nazwę kotków albo bazi *(amenta).* Wspomniane cztery rzędy, a mianowicie: *Fagales, Salicales, Juglandales, Piperales* i *Myricales,* stanowią wśród bezpłatkowych odrębną grupę, zwaną *Amentiferae.* Poza formą kwiatostanów grupa ta charakteryzuje się sposobem zapylania, które odbywa się przeważnie przy pomocy wiatru, oraz sposobem zapłodnienia, które często odbywa się przez chalazogamję. Do *Amentiferae* możnaby było zaliczyć także *Verticillatae,* gdyby temu nie stał na przeszkodzie ich bardzo odrębny pokrój i wielka ilość woreczków zalążkowych.

Od innych rzędów grupy *Amentiferae Fagales* dają się wyróżnić budową słupka, który składa się z 2 albo 3 owocolistków i posiada 2- lub 3- komorową zalążnię ze środkowem łożyskiem i 1 lub 2 zalążkami w każdej komorze. Owocem jest orzech. Kwiaty są rozdzielnopłciowe, męskie i żeńskie na tych samych okazach, ale w osobnych kwiatostanach. Okwiat jest

niepozorny albo nie wykształca się wcale. Zapylanie odbywa się przy pomocy wiatru. Liście są pojedyńcze.

Do tego rzędu należą dwie rodziny, mające licznych przedstawicieli we florze polskiej: bukowate *(Fagaceae)* i brzozowate *(Betulaceae)*.

Bukowate charakteryzują się trójkomorową zalążnią z dwoma zalążkami w każdej komorze i wytwarzaniem miseczki *(cupula)* naokoło owoców. We florze polskiej mamy dwa rodzaje: dąb *(Quercus)* i buk *(Fagus)*.

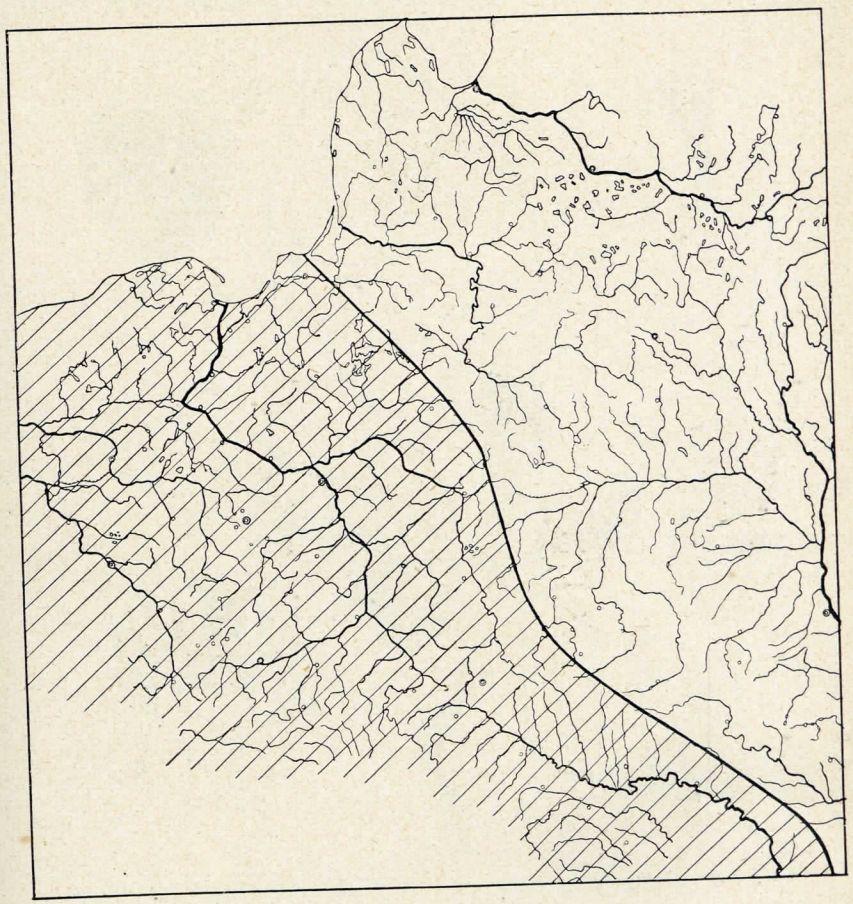


Ryc. 731. *A—B Quercus pedunculata.* — *A* Liść i kwiatostan żeński. — *B* Owoc (żołądź). — *C—J Quercus sessiliflora.* — *C* Kwiatostany męskie. — *D* Część kwiatostanu męskiego cokolwiek powiększona. — *E* Gałązka z liściem i żeńskiemi kwiatostanami. — *F* Grupa żeńskich kwiatów. — *G* Przekrój podłużny żeńskiego kwiatu; *okw* okwiat, *m* miseczka. — *H* Diagramat kwiatu męskiego. — *J* Diagramat kwiatu żeńskiego. — Według Strasburgera.

Dąb (ryc. 731) posiada kwiaty pręcikowe zebrane w luźne kotki, zwieszające się wdół pod własnym ciężarem. Kwiaty te mają okwiat złożony z 5 listków i zmienną ilość pręcików. Kwiaty żeńskie są również zebrane w kotki, ale w znacznie mniejszej ilości (po kilka). Ich dno kwiatowe u podstawy zalążni wytwarza liczne łuskowate wyrostki, które zrastają się i tworzą miseczkę, okrywającą dolną część owocu (żołędzia). Ponad zalążnią widoczny jest niepozorny okwiat, złożony

z nieokreślonej ilości listków, co świadczy o tem, że zalążnia jest dolna.

Flora polska zawiera dwa gatunki dębu: długoszypułkowy *(Quercus pedunculata)* (ryc. 731, *A—B*) i krótkoszypułkowy *(Quercus sessiliflora)* (ryc. 731, *C—J*). Pierwszy z nich ma kwiatostany żeńskie, osadzone na długiej osi, i bardzo krótkie ogonki liściowe, a nadto liście o przytępionej,

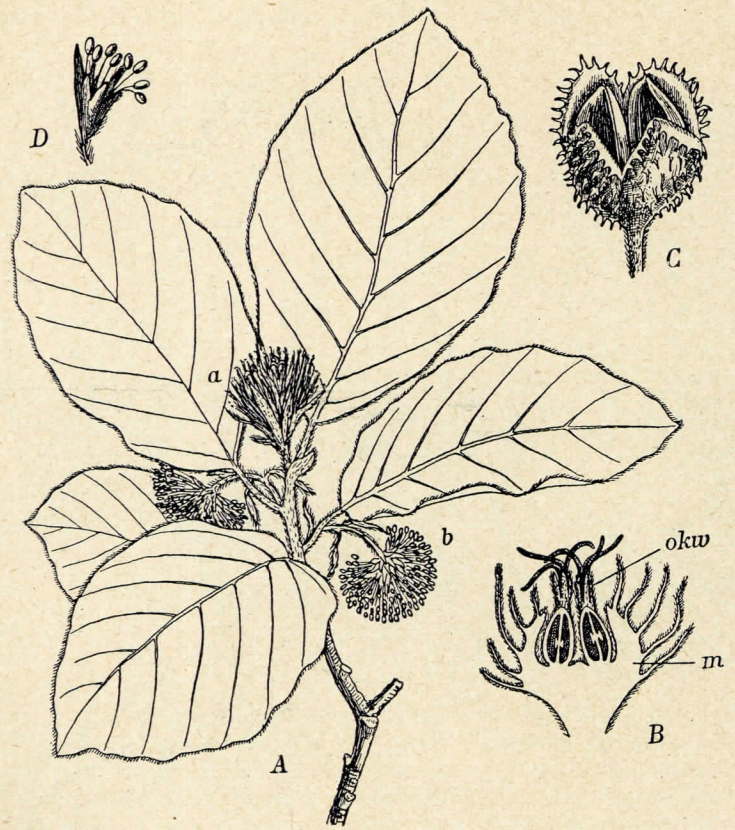


Ryc. 732. Rozmieszczenie geograficzne dębu krótkoszypułkowego *(Quercus sessiliflora)* w Polsce. — Według Szafera.

często nieco sercowatej podstawie. Drzewo to jest rozpowszechnione na całym niżu. Drugi gatunek, dąb krótkoszypułkowy *(Quercus sessiliflora)*, ma kwiatostany żeńskie osadzone na krótkiej nóżce i nieco dłuższe ogonki liściowe niż poprzedni gatunek; liście jego mają klinowato zaostrzoną podstawę. Dąb

krótkoszypułkowy osiąga w Polsce swój kres wschodni i we wschodniej części kraju nie rośnie (ryc. 732).

Buk różni się od dębu przedewszystkiem formą kwiatostanów, które nie są kłosami, lecz wierzchotkami (ryc. 733). Wierzchotka żeńska składa się tylko z dwóch kwiatów skutkiem zaniku szczytowego kwiatu. Oba te kwiaty są otoczone wspólną, w górnej części czterodzielną miseczką. Wierzchotka męska jest obficie rozgałęziona i zawiera wielką ilość kwiatów.



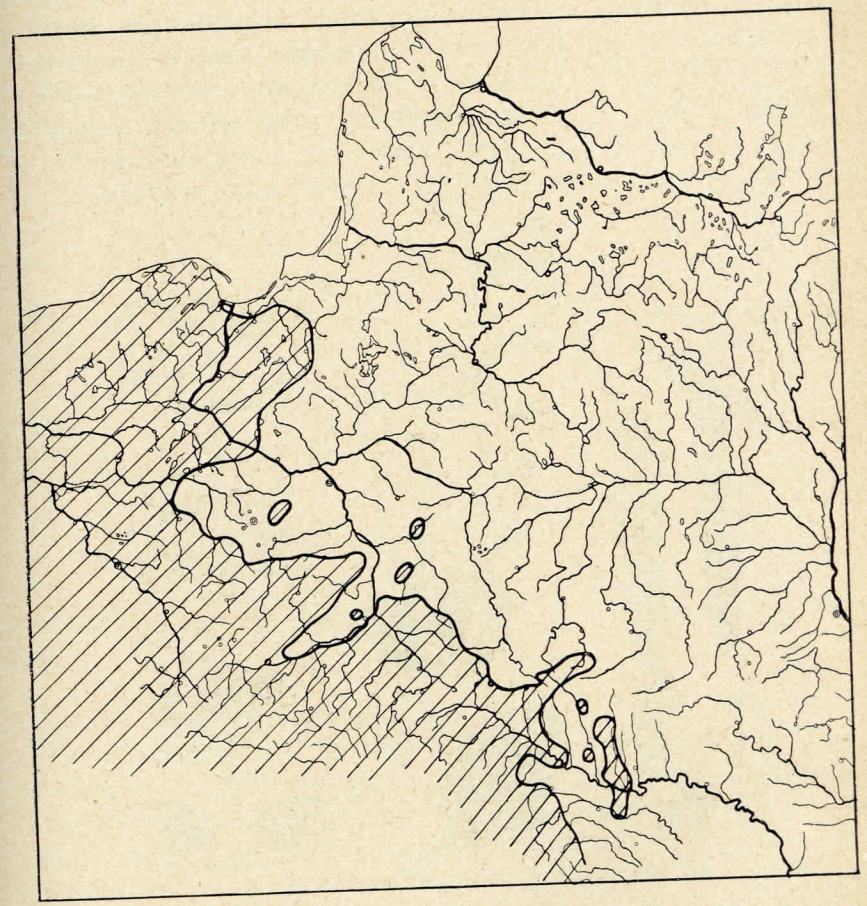
Ryc. 733. *Fagus silvatica.* — *A* Gałązka z liśćmi i kwiatostanami; *a* kwiatostan żeński, *b* — męski. — *B* Przekrój podłużny żeńskiego kwiatostanu; *m* miseczka, *okw* okwiat. — *C* Dojrzałe owoce z otwartą miseczką. — *D* Kwiat męski. — Według Schachta i Prantla.

Buka mamy tylko jeden gatunek *(Fagus silvatica).* W Polsce to drzewo osiąga swój kres wschodni (ryc. 734) i rośnie w wilgotniejszych częściach niżu oraz w niższych częściach Karpat, tworząc tam wraz z jodłą t. zw. regiel dolny. Bardzo podobne

do regla dolnego bukowo-jodłowe lasy pokrywają główne pasmo gór Świętokrzyskich.

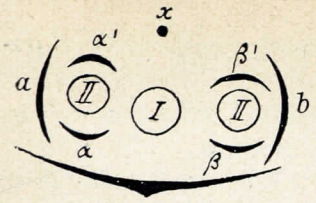
Z roślin obcokrajowych warto wspomnieć o kasztanie *(Castanea vesca),* dostarczającym jadalnych owoców.

Druga rodzina omawianego rzędu, brzozowate, charakteryzuje się dwukomorową zalążnią z pojedyńczemi zalążkami



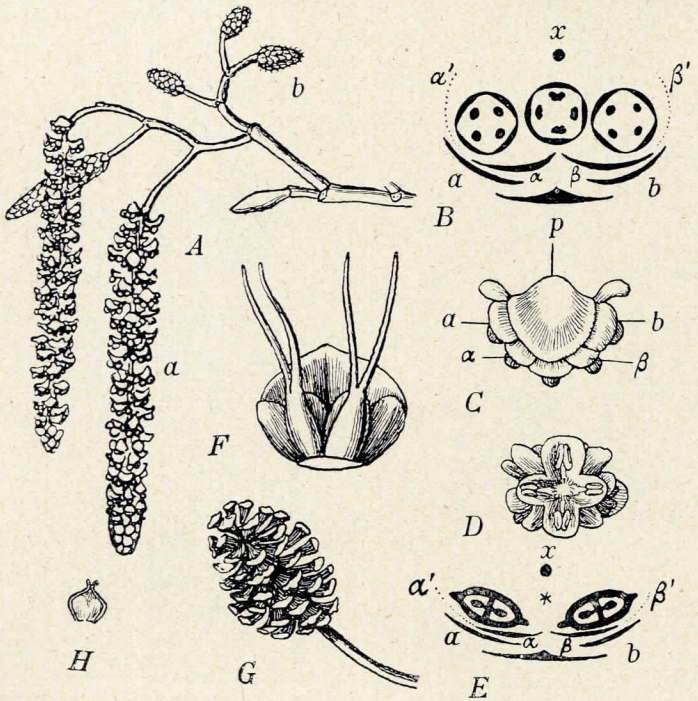
Ryc. 734. Rozmieszczenie geograficzne buka *(Fagus silvatica)* w Polsce. — Według Kulczyńskiego.

w każdej komorze i brakiem miseczki przy owocach. Kwiatostany w tej rodzinie mają postać kotków o złożonej budowie. Składają się one nie z pojedyńczych kwiatów, jak u dębów, lecz z trójkwiatowych dwupromienistych wierzchotek, osadzonych w pachwinach łuskowatych podsadek (ryc. 735). Każda taka



Ryc. 735. Diagramat wierzchotki u brzozowatych; *p* podsadka, *x* oś kotka; *I* kwiat szczytowy, *II* kwiaty boczne; *a* i *b* przysadki osadzone na głównej osi; *α*, *α'*, *β* i *β'* przysadki osadzone na bocznych osiach.

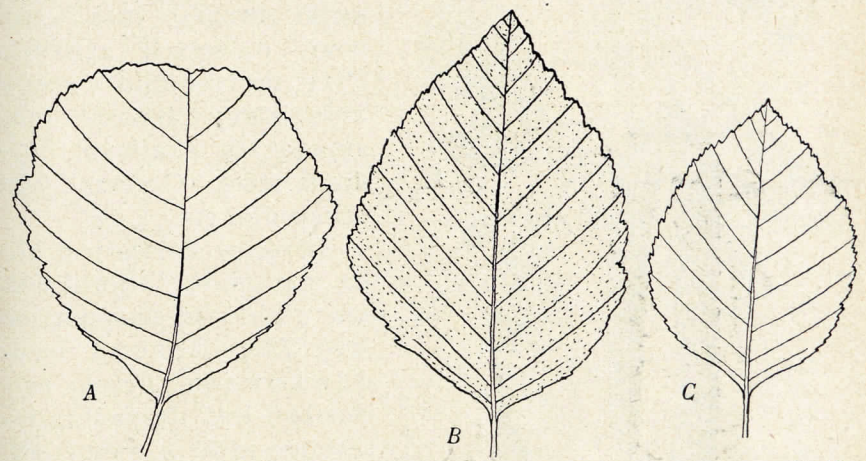
wierzchotka oprócz podsadki ma 6 przysadek: dwie na głównej osi wierzchotki (ryc. 735, *a* i *b*) i cztery na bocznych osiach, po dwie przy każdym bocznym kwiecie (ryc. 735, *α*, *α'* *β* i *β'*). Z pachwin pierwszych dwóch przysadek wyrastają boczne kwiaty wierzchotki. Cztery ostatnie przysadki są płonne, bez kwiatów w pachwinach. Ten zasadniczy plan wierzchotek w poszczególnych przypadkach ulega różnym zmianom skutkiem zaniku niektórych kwiatów albo przysadek.



Ryc. 736. *Alnus glutinosa*. — *A* Gałązka z kotkami męskiemi *(a)* i żeńskiemi *(b)*. — *B* Diagramat wierzchotki męskiej; *x* oś kotka, *p* podsadka, *a*, *b*, *α* i *β* przysadki; niewykształcone przysadki *α'* i *β'* są oznaczone punktowanemi linjami. — *C* Wierzchotka męska widziana z zewnątrz w położeniu odwróconem (kwiatami wdół); te same oznaczenia co w diagramacie. — *D* To samo widziane od wewnątrz. — *E* Diagramat wierzchotki żeńskiej; gwiazdka oznacza niewykształcony kwiat szczytowy, poza tem te same oznaczenia co w *B*. — *F* Wierzchotka żeńska widziana od wewnątrz; widoczna jest podsadka i cztery przysadki. — *G* Szyszka. — *H* Owoc. — Według Strasburgera.

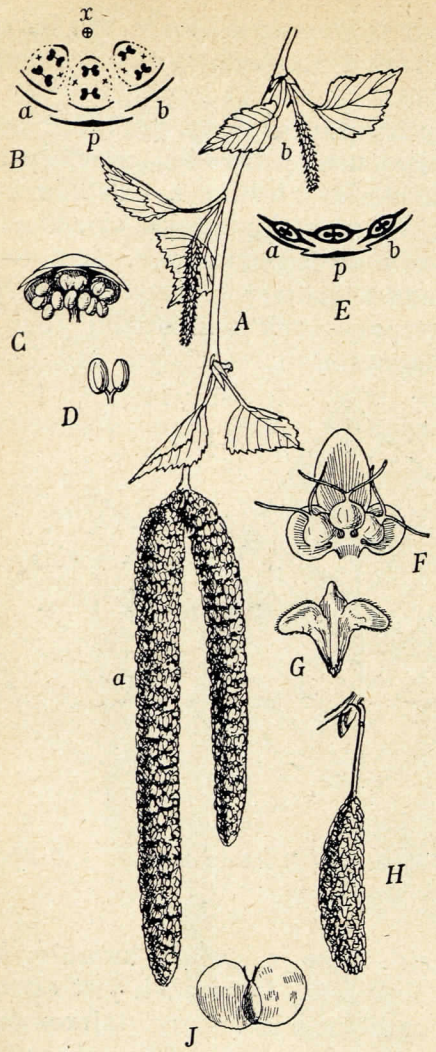
Cztery rodzaje tej rodziny są reprezentowane we florze polskiej: brzoza *(Betula)*, olsza *(Alnus)*, grab *(Carpinus)* i leszczyna *(Corylus)*.

Rozpoczniemy przegląd tych form od olszy, ponieważ budowa kwiatów i kwiatostanów jest u niej bardziej przejrzysta (ryc. 736). Kwiaty męskie mają okwiat złożony z 4 listków i 4 pręciki nadległe tym listkom. Wierzchotka męska składa się z trzech kwiatów: szczytowego i dwóch bocznych. Jest ona opatrzona czterema przysadkami z ogólnej teoretycznej ilości sześciu skutkiem zaniku dwóch przysadek najbardziej zbliżonych do osi kotka (*α'* i *β'* w diagramie teoretycznym, ryc. 735).



Ryc. 737. Liście olsz. — *A Alnus glutinosa*. — *B Alnus incana*. — *C Alnus viridis*.

Wierzchotka żeńska składa się tylko z dwóch kwiatów, bo kwiat szczytowy nie rozwija się wcale. Przysadek jest cztery, tak samo jak przy wierzchotkach męskich. Przy dojrzewaniu owoców przysadki przyrastają do podsadki i tworzą się w ten sposób łuski owocowe z pięcioma ząbkami na brzegu. Kotki żeńskie przy dojrzewaniu drewnieją i przybierają postać niewielkich owalnych szyszek. Owocem jest drobny orzeszek. W Polsce rosną trzy gatunki olszy: olsza czarna *(Alnus glutinosa)*, olsza szara *(Alnus incana)* i olsza kosa *(Alnus viridis)* (ryc. 737). Pierwszy z tych gatunków jest pospolity na niżu nad brzegami wód i na podmokłych gruntach. Drugi rośnie nad wodami w niższych położeniach Karpat oraz na niżu wzdłuż rzek, wypływających z Karpat (np. wzdłuż całej Wisły). Ostatni gatunek jest wysokogórską rośliną Karpat wschodnich.



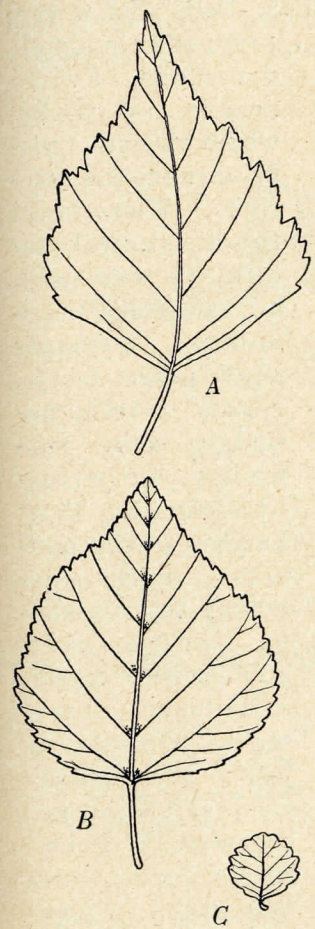
Ryc. 738. *Betula verrucosa.* — *A* Gałązka z kotkami męskiemi (*a*) i żeńskiemi (*b*). — *B* Diagramat wierzchotki męskiej; krzyżyki oznaczają niewykształcone pręciki, kropkowane linje — niewykształcone listki okwiatu, poza tem oznaczenia są te same co na ryc. 735. — *C* Wierzchotka męska widziana od spodu (w przypuszczeniu, że kotek zwiesza się wdół). — *D* Pręcik. — *E* Diagramat wierzchotki żeńskiej. Oznaczenia te same co w *B*. — *F* Wierzchotka żeńska widziana od wewnątrz. — *G* Łuska owocowa. — *H* Dojrzały kwiatostan żeński. — *J* Orzeszek z dwoma skrzydełkami. — Według STRASBURGERA.

Brzoza różni się od olszy następującemi cechami (ryc. 738). Kwiaty męskie mają tylko dwa listki okwiatu i dwa pręciki. Pręciki są dwudzielne. Wierzchotki męskie i żeńskie są trójkwiatowe i mają tylko dwie przysadki (*a* i *b*). Przysadki w wierzchotkach żeńskich przyrastają do podsadki, tworząc łuski owocowe o trzech ząbkach. Przy dojrzewaniu owoców kwiatostany żeńskie rozsypują się skutkiem opadania łusek. Orzeszek jest oskrzydlony.

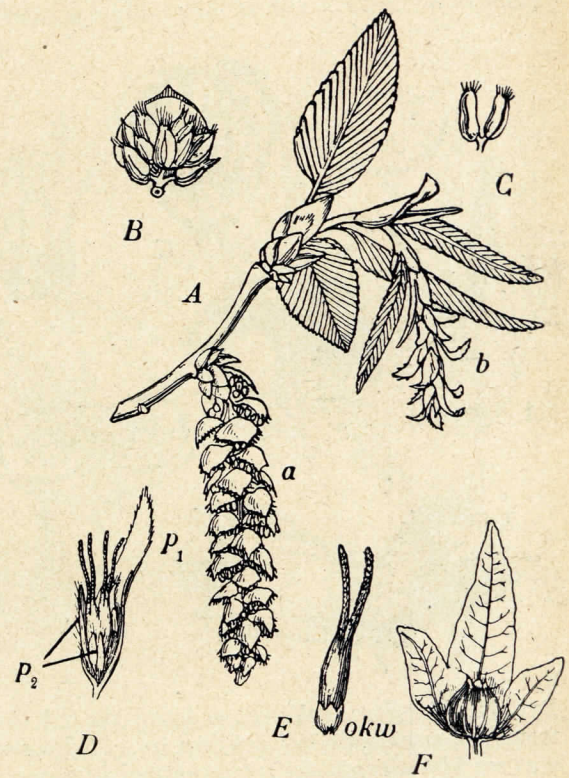
Brzóz w Polsce jest kilka gatunków. Najważniejsze z nich są następujące (ryc. 739). Brzoza brodawkowata *(Betula verrucosa)* jest drzewem, dorastającem 20 *m* wysokości, o białej łuszczącej się okrężnie korze i zwisłych cienkich gałęziach. Młode gałązki są nagie z wydatnemi przetchlinkami. Liście są w zarysie trójkątne. Gatunek ten jest pospolity na całym niżu i w niższych położeniach Karpat. Bardzo zbliżony do niego jest endemiczny dla Polski gatunek: brzoza ojcowska *(Betula oycoviensis)*, rosnąca tylko koło Hawerni w dolinie Ojcowskiej. Jest to krzew o drobnych liściach, dorastający 3 *m* wysokości. Dalej trzeba

wymienić brzozę omszoną *(Betula pubescens)*, która jest drzewem podobnem do brzozy brodawkowatej, lecz niższem od niej, o młodych gałązkach omszonych, bez wystających przetchlinek, o liściach jajowatych. Brzoza omszona jest rzadsza od brodawkowatej.

Pod względem geograficznym najciekawszym gatunkiem jest brzoza karłowata *(Betula nana)* (ryc. 739, *C*). Jest to niski



Ryc. 739. Liście brzóz. — *A Betula verrucosa.* — *B Betula pubescens.* — *C Betula nana.*

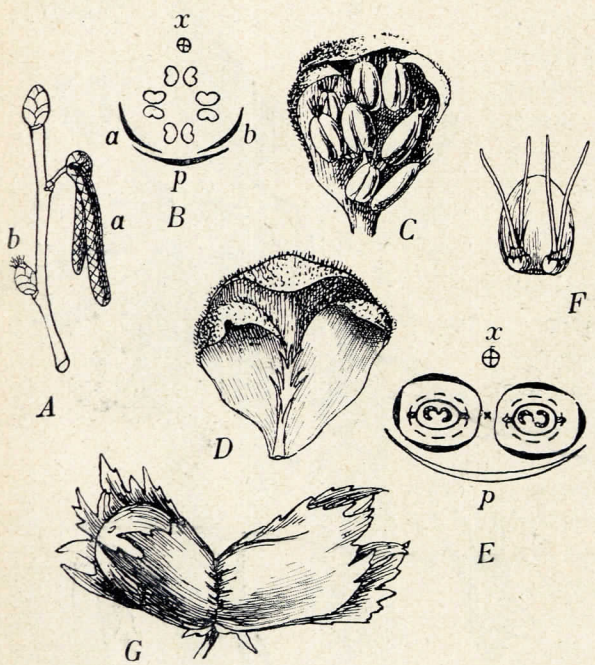


Ryc. 740. *Carpinus Betulus.* — *A* Gałązka z męskim (*a*) i żeńskim (*b*) kwiatostanem. — *B* Wierzchotka męska zredukowana do szczytowego kwiatu. — *C* Pręcik. — *D* Wierzchotka żeńska; p_1 podsadka, p_2 przysadki. — *E* Kwiat żeński; *okw* okwiat. — *F* Owoc z okrywą. — Według STRASBURGERA.

krzew, rosnący na torfowiskach, pospolity na północy w tundrze. W Polsce rośnie obecnie tylko w okolicach Grodna, Chełmna i Dzisny. Podczas epoki lodowej krzew ten był w wielu miej-

scach w Polsce równie pospolity, jak obecnie na północy. Świadczą o tem liczne szczątki bardzo charakterystycznych, okrągłych, drobnych liści, znalezione w pokładach lodowcowych w okolicach Krystynopola przez SZAFERA i w Ludwinowie pod Krakowem przez ŻMUDĘ, ostatnio także w innych miejscowościach.

Grab (ryc. 740) ma wierzchotki męskie zredukowane do jednego szczytowego kwiatu bez przysadek. Podsadka w tym przypadku staje się przysadką. Kwiaty męskie są pozbawione okwiatu i mają dwudzielne pręciki. Wierzchotki żeńskie są dwukwiatowe, ze wszystkiemi sześcioma przysadkami, wymaganemi przez teorję. Kwiaty żeńskie posiadają słabo rozwinięty, ale wyraźny okwiat. Przy każdym owocu podczas dojrzewania tworzy się trójdzielna okrywa przez zrośnięcie trzech najbliższych przysadek. Okrywa ta jest przyrośnięta z jednej tylko strony do owocu. W Polsce rośnie jeden gatunek graba: *Carpinus Betulus*. Jest to duże drzewo, kwitnące jednocześnie z rozwinięciem liści.

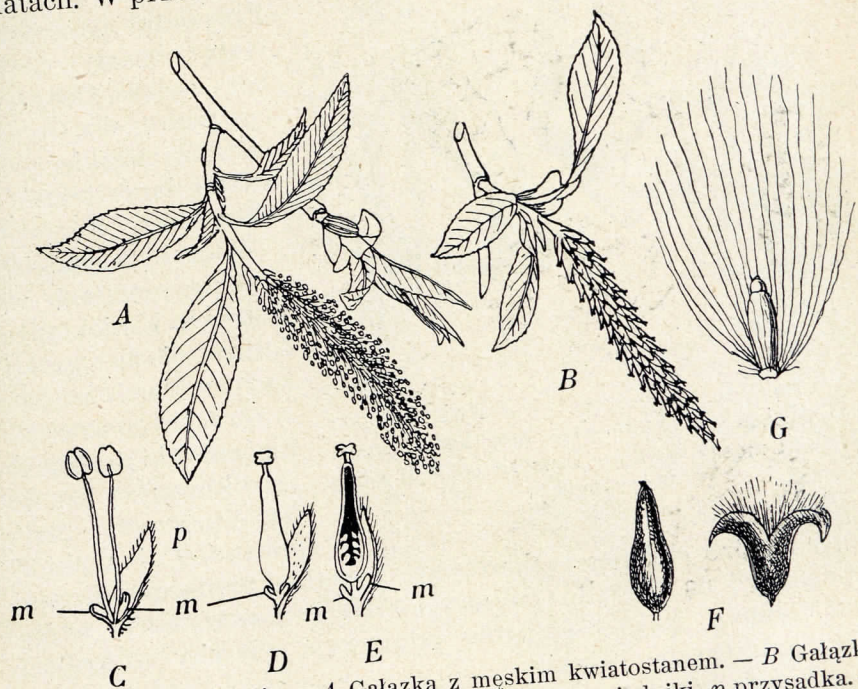


Ryc. 741. *Corylus Avellana*. — *A* Gałązka z kwiatostanami męskiemi (*a*) i żeńskim (*b*). — *B* Diagramat męskiej wierzchotki zredukowanej do szczytowego kwiatu; oznaczenia te same co w ryc. 735. — *C* Męska wierzchotka widoczna od wewnątrz. — *D* Jej podsadka z dwiema przysadkami. — *E* Diagramat żeńskiej wierzchotki; gwiazdka oznacza niewykształcony kwiat szczytowy. — *F* Żeńska wierzchotka widziana od wewnątrz. — *G* Owoce z okrywami. — Według STRASBURGERA.

Leszczyna (ryc. 741) różni się od graba zamkniętą okrywą owocu oraz obecnością dwóch przysadek przy męskich wierzchotkach, zredukowanych zresztą tak samo do szczytowego kwiatu. Żeńskie kwiatostany mają oś silnie skróconą i skutkiem

tego są bardzo podobne do pączków liściowych, od których można je odróżnić po czerwonych znamionach, wysuwających się z pomiędzy łusek. W Polsce rośnie tylko jeden gatunek: *Corylus Avellana*. Jest to krzew, kwitnący przed rozwinięciem liści.

198. Salicales. Do tego rzędu należą drzewa i krzewy o pojedyńczych, skrętoległych liściach i rozdzielnopłciowych kwiatach. W przeciwieństwie do obu poprzednich rzędów kwiaty

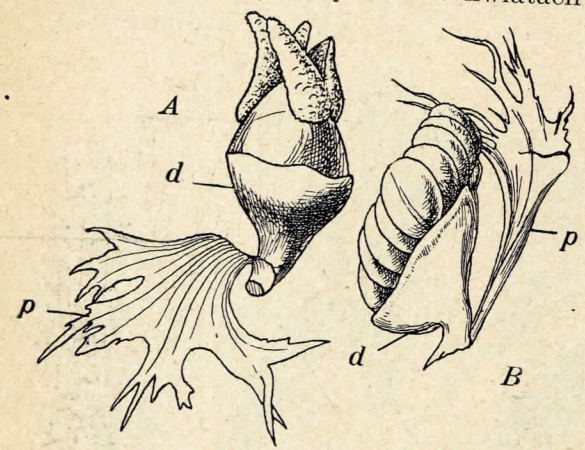


Ryc. 742. *Salix fragilis*. — *A* Gałązka z męskim kwiatostanem. — *B* Gałązka z żeńskim kwiatostanem. — *C* Kwiat pręcikowy; *m* miodniki, *p* przysadka. — *D* Kwiat żeński. — *E* To samo w przekroju. — *F* Torebka. — *G* Nasienie. — Według STRASBURGERA.

męskie i żeńskie tworzą się na różnych osobnikach. Kotki składają się z pojedyńczych kwiatów, osadzonych w pachwinach przysadek. Kwiaty są pozbawione okwiatu, ale zato są opatrzone wyrostkami dna kwiatowego różnego kształtu, wydzielającemi niekiedy nektar. Słupek składa się z dwóch owocolistków; zalążnia jest jednokomorowa z licznemi zalążkami na dwóch ściennych łożyskach. Owocem jest torebka. Nasiona są opatrzone puchem, wyrastającym ze znaczka (to znaczy z miejsca przyczepienia sznureczka do zalążka).

Do tego rzędu należy tylko jedna rodzina wierzbowatych *(Salicaceae)* z dwoma rodzajami: wierzbą *(Salix)* i topolą *(Populus)*.

Wierzby, licznie reprezentowane we florze polskiej, charakteryzują się przedewszystkiem wykształceniem dna kwiatowego, które wytwarza jeden lub dwa małe poduszeczkowate miodniki, skutkiem czego zapylanie kwiatów odbywa się przez owady (ryc. 742). Pręcików w kwiatach męskich jest ilość niewielka, zwykle dwa. Przysadki kwiatów mają brzeg równy, bez wcięć. Charakterystyczne dla wierzb są także wąskie, przeważnie lancetowate liście.



Ryc. 743. *Populus nigra.* — *A* Kwiat żeński; *p* przysadka, *d* kubkowate dno kwiatowe. — *B* Kwiat męski; te same oznaczenia. — Według Wettsteina.

Wierzby rosną głównie na gruntach wilgotnych. U niektórych form młode gałęzie są cienkie i wiotkie, a zarazem mocne. Takie gatunki dostarczają wikliny; są to: *Salix purpurea, Salix viminalis* i niektóre inne. Bardzo ciekawe są karłowate wierzby, rosnące w krainie alpejskiej i na dalekiej północy *(Salix herbacea, Salix reticulata* i inne). Największą rolę odgrywają wierzby w krajach podbiegunowych.

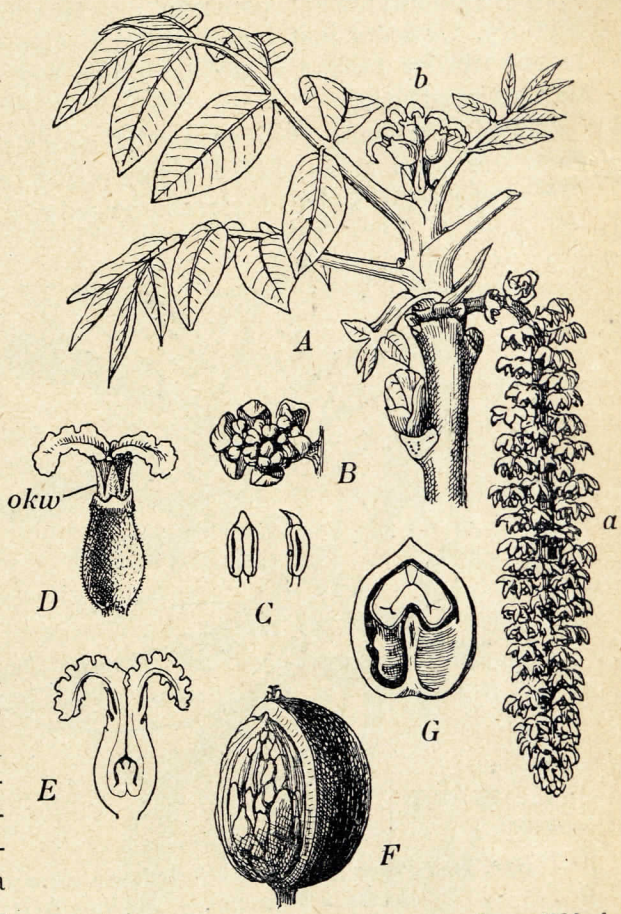
Topole różnią się od wierzb szerokiemi liśćmi, kubkowatem wykształceniem dna kwiatowego, licznemi pręcikami w kwiatach męskich i wciętemi na brzegu podsadkami (ryc. 743). Kwiaty nie wytwarzają nektaru i skutkiem tego są zapylane przez wiatr.

Flora polska liczy trzy gatunki topoli: białą *(Populus alba)*, czarną *(Populus nigra)* i osikę *(Populus tremula)*. Oprócz tego często jest hodowana przy drogach topola włoska *(Populus italica)*, pochodząca z Europy południowej, bardzo zbliżona do topoli czarnej i różniąca się od niej tylko wąską kolumnową koroną.

199. Juglandales. Są to wiatropylne drzewa o skrętoległych, nieparzysto pierzastych liściach i rozdzielnopłciowych,

jednopiennych kwiatach. Słupek składa się z dwóch owocolistków i posiada dolną jednokomorową zalążnię z pojedyńczym prostym zalążkiem, osadzonym na dnie komory. Kotki są złożone z pojedyńczych kwiatów, żeńskie są przytem skąpokwiatowe. Okwiat jest niepozorny, ale wyraźny zarówno w kwiatach męskich, jak i żeńskich. Owocem jest pestkowiec.

Do tego rzędu należy tylko jedna rodzina orzechowatych *(Juglandaceae)*, nie mająca we florze polskiej dziko rosnących przedstawicieli. Najważniejszym rodzajem jest *Juglans*, z którego często w Polsce hoduje się *Juglans regia*, orzech włoski, pochodzący z południowowschodniej Europy (ryc. 744). Duża pestka jego soczystych owoców ma mocną łupinę, złożoną z dwóch połówek i wrastającą do środka pomiędzy liścienie zarodka. Nasienie jest bezbielmowe, z pofałdowanemi liścieniami, zawierającemi dużo oleju.

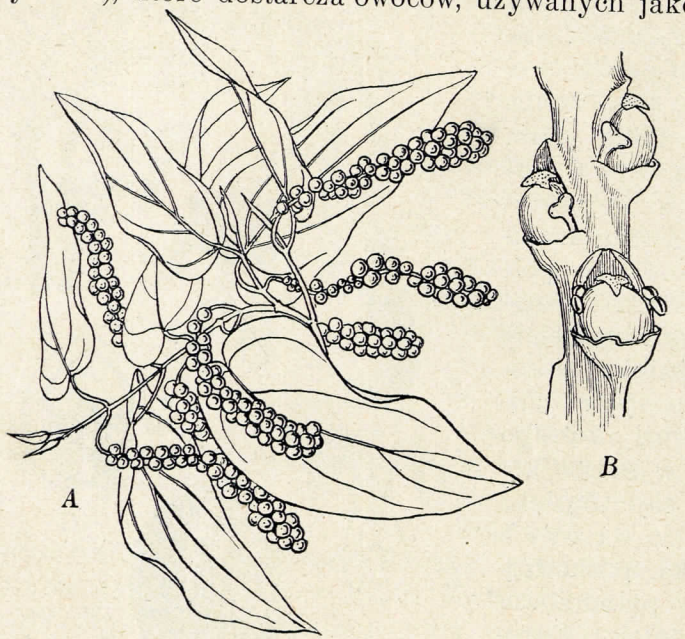


Ryc. 744. *Juglans regia.* — *A* Gałązka z liśćmi i kwiatostanami męskim (*a*) i żeńskim (*b*). — *B* Kwiat męski. — *C* Pręcik. — *D* Kwiat żeński; *okw* okwiat. — *E* Przekrój jego. — *F* Owoc z usuniętą częściowo soczystą zewnętrzną jego częścią; widoczna jest nierówna powierzchnia pestki. — *G* Przekrój pestki. — Według Wossidlo.

200. Piperales. Do tego rzędu należą podzwrotnikowe rośliny drzewiaste i zielne o pojedyńczych liściach, z kwiatami

pozbawionemi okwiatu i zebranemi w kotki. W przeciwieństwie do wszystkich poprzednich rzędów kwiaty często są obupłciowe. Słupek składa się z 2—3 owocolistków z jednokomorową zalążnią i pojedyńczym prostym zalążkiem, osadzonym na dnie komory. Owocem jest jagoda albo pestkowiec. Nasiona są opatrzone oprócz bielma w obielmie (ryc. 692, *C*), co jest zjawiskiem bardzo rzadkiem.

Najważniejszą rodziną są pieprzowate *(Piperaceae)*. Jako przykład może służyć drzewo pieprzowe *(Piper nigrum*, ryc. 745), które dostarcza owoców, używanych jako przy-



Ryc. 745. *Piper nigrum*. — *A* Gałązka z owocami. — *B* Część kotka z kwiatami. — Według Baillona.

prawa pod nazwą pieprzu. Jest to roślina dziko rosnąca na archipelagu Malajskim i hodowana wszędzie w krajach gorących. Kwiaty jej są obupłciowe z dwoma pręcikami. Godne są uwagi jej pędy kwiatowe o sympodjalnej budowie.

201. Myricales. Do woskowicowatych *(Myricaceae)*, jedynej rodziny tego rzędu, należą nieliczne rośliny obce. W Polsce rośnie tylko woskownica *(Myrica gale)*, występująca jedynie nad Bałtykiem.

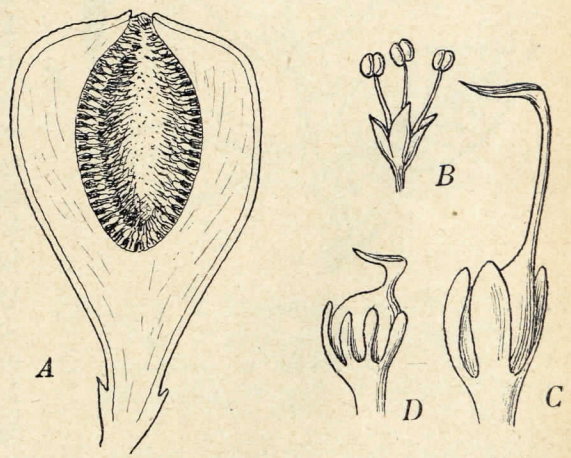
202. Urticales. Do tego rzędu należą przeważnie drzewa i krzewy (77% ogólnej ilości rodzajów). Kwiaty są przeważnie

rozdzielnopłciowe, wiatropylne, zebrane w wierzchotkowe kwiatostany albo pojedyńcze. Okwiat jest zielony albo błoniasty, 3—6-listkowy. Pręciki są w tej samej ilości, co listki okwiatu, osadzone naprzeciwko nich. Słupek jest złożony z 1 albo 2 owocolistków z górną jednokomorową zalążnią o pojedyńczym zalążku. Owocem jest orzech albo pestkowiec. Charakterystyczną cechą rzędu są także często spotykane cystolity (ryc. 5).

Do tego rzędu należą cztery zbliżone do siebie rodziny: morwowate *(Moraceae)*, konopiowate *(Cannabaceae)*, wiązowate *(Umaceae)* i pokrzywowate *(Urticaceae)*, których wzajemne stosunki można uwidocznić przy pomocy następującej tabeli:

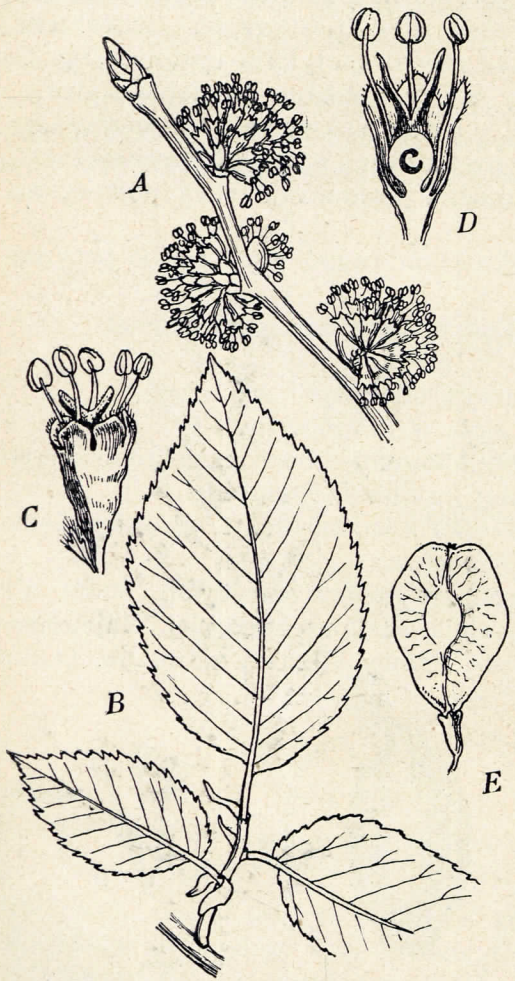
A) Owocolistków 2, skutkiem czego szyjek albo przynajmniej znamion 2.
  a) Drzewa z gałęzistemi naczyniami mlecznemi. *Moraceae.*
  b) Rośliny bez naczyń mlecznych.
    α) Dwupienne zioła. *Cannabaceae.*
    β) Drzewa z obupłciowemi albo rozdzielnopłciowemi jednopiennemi kwiatami. *Ulmaceae.*
B) Owocolistków 1, szyjka i znamię też 1. Rośliny zielne lub drzewiaste. *Urticaceae.*

Najważniejsza jest rodzina morwowatych, która nie ma ani jednego przedstawiciela we florze polskiej. Najciekawszym rodzajem jej jest *Ficus*, liczący kilkaset gatunków. O nim była już mowa w ust. 170 z powodu niezwykłych korzeni powietrznych, właściwych niektórym gatunkom (ryc. 593). Niezwykłe są także kwiatostany w tym rodzaju. Wszystkie szypułki kwiatowe łączą się tu w jednolite gruszkowate ciało, wydrążone na szczycie. Na wewnętrznej powierzchni takich ciał są gęsto osadzone kwiaty obu płci albo tylko jednej: w jed-



Ryc. 746. *Ficus Carica*. — *A* Przekrój podłużny kwiatostanu. — *B* Kwiat męski. — *C* Kwiat żeński z długą szyjką. — *D* kwiat żeński z krótką szyjką. — Według Solms-Laubacha.

nych męskie, w innych żeńskie (ryc. 746). Zapylanie odbywa się przy pomocy owadów, co jest zjawiskiem wyjątkowem w rzędzie *Urticales*. Dzieje się to w ten sposób, że pewne błonkówki składają jaja w zalążniach i przytem dokonują zapylenia. Larwy zjadają część kwiatów, reszta zaś rozwija się normalnie i wytwarza owoce, które mają postać drobnych orzeszków. U pewnej części gatunków kwiaty żeńskie są dwojakiego rodzaju: jedne mają krótką szyjkę bez uwypukleń na komórkach znamienia, inne zaś mają długą szyjkę z normalnie wykształconem znamieniem. Ponieważ kwiaty są ustawione gęsto obok siebie, owad swojem krótkiem podkładełkiem może dosięgnąć zalążni tylko w kwiatach o krótkich szyjkach. To też jajeczka są składane do tych tylko kwiatów. Takie kwiaty nie wydają wogóle nigdy owoców i służą tylko za pożywienie dla larw. Szyjka w żeńskich kwiatach rodzaju *Ficus* jest zakończona jednem tylko znamieniem, które dziwnie sterczy w jedną stronę; pochodzi to stąd, że drugie znamię zanikło. *Ficus* należy do najbardziej pożytecznych roślin. Kwiatostany jednego z jego gatunków, drzewa figowego *(Ficus Carica)*, są jadalne („figi"). Liczne inne gatunki, np. *Ficus elastica*, dostarczają kauczuku.



Ryc. 747. *Ulmus campestris*. — *A* Gałązka z kwiatami. — *B* Gałązka z liśćmi. — *C* Kwiat. — *D* Kwiat w przekroju. — *E* Owoc. — Według STRASBURGERA.

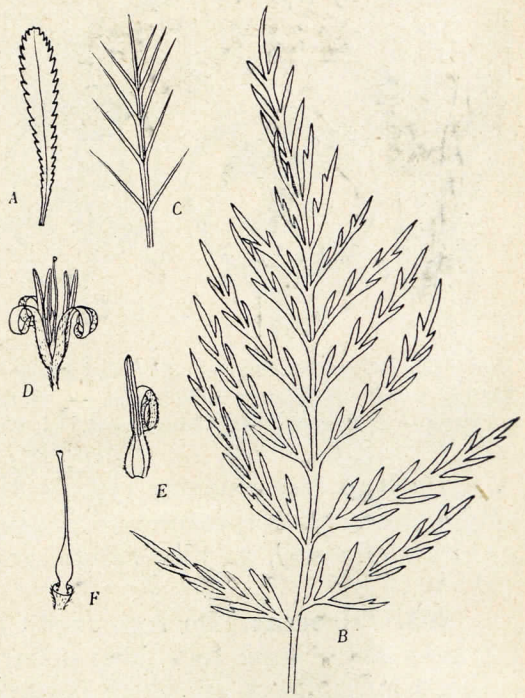
Poza rodzajem *Ficus* warto wspomnieć jeszcze o rodzaju *Morus*, a w szczególności o gatunku *Morus alba* (drzewo morwowe), którego liście służą do żywienia jedwabników.

Do rodziny konopiowatych należą tylko dwa rodzaje: konopie *(Cannabis)* i chmiel *(Humulus)*.

Z rodziny wiązowatych we florze polskiej rosną trzy gatunki wiązu *(Ulmus)*. Kwiaty tych drzew zjawiają się wcześnie przed rozwinięciem się liści. Są one przeważnie obupłciowe, co jest rzadkie w rzędzie *Urticales*. Owocem jest oskrzydlony orzeszek (ryc. 747).

Rodzina pokrzywowatych charakteryzuje się między innemi częstem występowaniem włosków parzących (por. ryc. 324, ust. 102). Do niej oprócz pokrzyw *(Urtica)* należy m. in. rami *(Boehmeria nivea)* wschodnio-azjatycka roślina, dostarczająca cennych włókien.

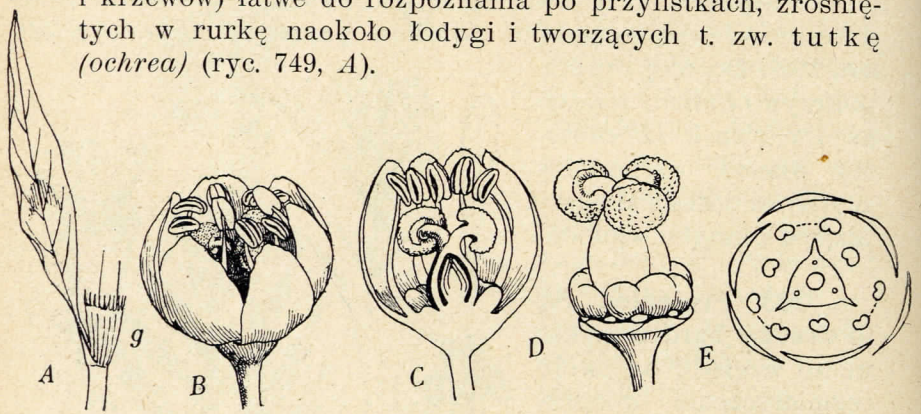
203. Proteales. Są to drzewa bardzo ciekawe ze względu na swoje rozmieszczenie geograficzne: rosną one wyłącznie na południowej półkuli, głównie w południowej Afryce i w Australji. Ich kseromorficznie zbudowane skórkowate liście są często bardzo rozmaicie pocięte. Kwiaty mają postać i budowę bardzo różną od kwiatów poprzednich sześciu rzędów: są one obupłciowe i mają barwny okwiat (ryc. 748). Okwiat składa się z 4 wolnych albo u podstawy zrośniętych listków. Pręciki są w tej samej ilości, nadległe względem listków okwiatu i najczęściej do nich przyrośnięte. Owocolistek jest pojedyńczy z różną ilością zalążków.



Ryc. 748. *Proteaceae*. — *A* Liść *Banksia serrata*. — *B* Liść *Grevillea robusta*. — *C* Liść *Hakea suaveolens*. — *D* Kwiat *Persoonia lanceolata*. — *E* Listek okwiatu z pręcikiem tejże rośliny. — *F* Słupek. — Według ENGLERA.

Do tego rzędu należy tylko jedna rodzina: *Proteaceae*. Najważniejsze rodzaje: *Hakea, Banksia, Grevillea.*

204. Polygonales. W tym rzędzie kwiaty są także obupłciowe (tylko 20% rodzajów rozdzielnopłciowe). Okwiat jest barwny albo zielony, zwykle z 2 trójlistkowych okółków złożony. Pręcików przeważnie 2 lub 3 trójczłonowe okółki. Słupek złożony z trzech owocolistków, o górnej jednokomorowej zalążni, zawierającej jeden prosty zalążek osadzony na dnie. Owocem jest orzeszek. Są to przeważnie zioła (37% drzew i krzewów) łatwe do rozpoznania po przylistkach, zrośniętych w rurkę naokoło łodygi i tworzących t. zw. tutkę *(ochrea)* (ryc. 749, *A*).



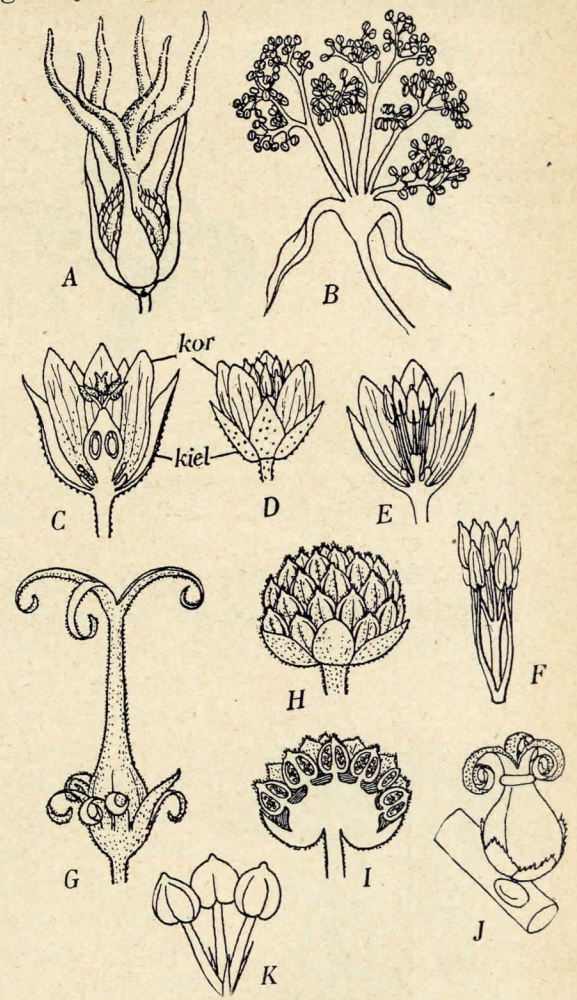
Ryc. 749. *Polygonaceae.* — *A Polygonum.* Kawałek pędu z liściem i tutką (*g*). — *B—E Rheum officinale.* — *B* Kwiat. — *C* Przekrój podłużny kwiatu. — *D* Słupek. — *E* Diagramat. — Według Luerssena i Eichlera.

Do tego rzędu należy tylko jedna rodzina: rdestowate *(Polygonaceae)*. Najważniejsze rodzaje: rdest *(Polygonum)*, szczaw *(Rumex)*, gryka *(Fagopyrum)*, rabarbar *(Rheum)*.

205. Tricoccae. Do tego rzędu należą przeważnie drzewa i krzewy (83% ilości rodzajów) o bardzo różnym pokroju, od roślin o normalnych szerokich liściach do bezlistnych sukulentów. Bardzo rozmaita jest także budowa kwiatów, o czem daje pewne pojęcie ryc. 750. Zawsze jednak kwiaty są rozdzielnopłciowe i mają słupek złożony z trzech owocolistków, z górną trójkomorową zalążnią i 1—2 zalążkami w każdej komorze, osadzonemi na środkowem łożysku. Owoc jest zwykle rozłupką, rozpadającą się na trzy części. Ważną cechą jest częste, chociaż nie powszechne występowanie gałęzistych mlecznych naczyń.

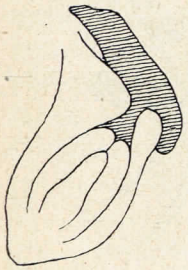
Najważniejszą rodziną tego rzędu są ostromleczowate *(Euphorbiaceae)*. Do ogólnej charakterystyki rzędu niewiele można dodać. Okwiat jest przeważnie pojedyńczy, bez jaskrawego zabarwienia, rzadziej jest zróżnicowany na kielich i koronę (ryc. 750, *C—F*), często jest silnie zredukowany (ryc. 750, *J—K*) aż do zupełnego zaniku. Pręciki są w ilości różnej: jeden okółek (ryc. 750, *K*) lub dwa (ryc. 750, *F*), czasem w ilości bardzo wielkiej, dochodzącej u rącznika *(Ricinus)* do tysiąca! W ostatnim przypadku tak wielka ich ilość tworzy się skutkiem rozgałęzienia pierwotnej, stosunkowo małej ilości. Ciekawą jest rzeczą w tej rodzinie wykształcenie t. zw. obturatora przy zalążkach. Jest to wyrostek łożyska, przylegający do okienka (ryc. 751). Odgrywa on ważną rolę przy zapłodnieniu, odżywiając łagiewkę, która przezeń wchodzi do zalążka.

Osobno trzeba omówić bardzo ważny rodzaj ostromlecz *(Euphorbia)*. Szczególnie ciekawe są je-

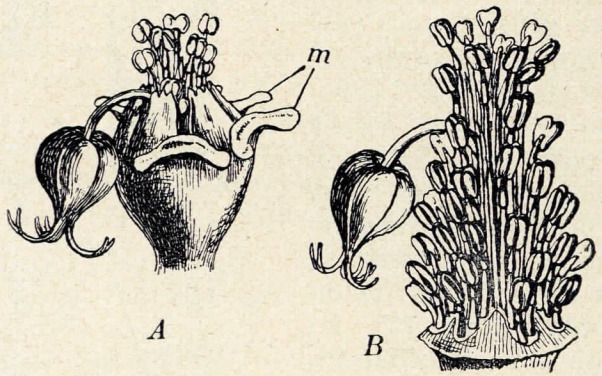


Ryc. 750. Kwiaty *Euphorbiaceae.* — *A - B Ricinus communis.* — *A* Kwiat żeński. — *B* Kwiat męski w przekroju z licznemi rozgałęzionemi pręcikami. — *C—F Jatropha Curcas.* — *C* Kwiat żeński w przekroju podłużnym; *kiel* kielich, *kor* korona. — *D* Kwiat męski. — *E* Kwiat męski w przekroju. — *F* Pręcikowie złożone z wewnętrznego okółka zrośniętego i zewnętrznego wolnego. — *G—I Mabaea fistulifera.* — *G* Kwiat żeński. — *H* Kwiat męski. — *I* Kwiat męski w przekroju. — *J—K Sebastiana brasiliensis.* — *J* Kwiat żeński. — *K* Kwiat męski. — Według Sachsa i Paxa.

go kwiatostany, t. zw. cyatja, przypominające żywo obupłciowe kwiaty (ryc. 752). W środku takiego kwiatostanu znajduje się kwiat żeński bez okwiatu na długiej szypułce, wyginającej się w jedną stronę. Naokoło niego są liczne kwiaty

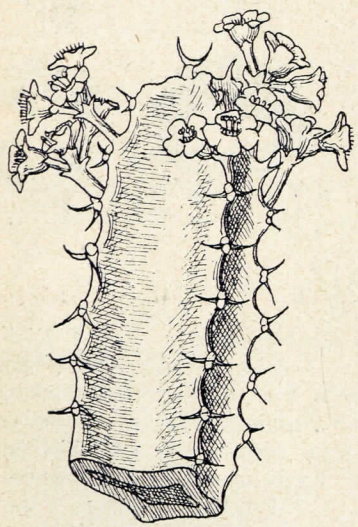


Ryc. 751. *Euphorbia.* — Zalążek z obturatorem w przekroju. — Według Paxa.



Ryc. 752. *Euphorbia Lathyris.* — *A* Cyatjum; *m* miodniki. — *B* To samo bez okrywy. — Według Baillona.

męskie, z których każdy składa się z jednego pręcika również bez okwiatu. Kwiat żeński robi wrażenie słupka, a kwiat męski wrażenie pojedyńczego pręcika. Że są to jednak kwiaty, dowodzi tego obecność przy każdym z nich osobnego okwiatu u niektórych gatunków ostromlecza. W kwiatach pręcikowych gatunków, nie posiadających okwiatu, można dokładnie oznaczyć miejsce, gdzie się kończy szypułka a zaczyna się pręcik, po charakterystycznem zgrubieniu. Cyatjum jest otoczone okrywą złożoną z 5 zrośniętych w dolnej części listków. Na tej okrywie, naprzemian z jej listkami, są osadzone miodniki charakterystycznego kształtu. Cyatja są zebrane w złożone, wielopromieniste wierzchotki podobne do baldachów (ryc. 238, *B*). Ostromlecze posiadają gałęziste naczynia mleczne. Jest ich około 600 gatunków, z czego kilkanaście rośnie w Polsce. Są to zielne i drzewiaste rośliny bardzo różnego pokroju. Krajowe gatunki są zielne. Niektóre podzwrotnikowe

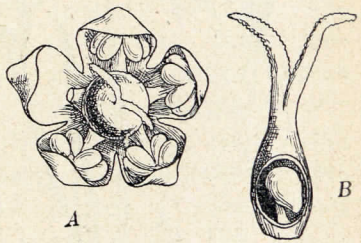


Ryc. 753. *Euphorbia resinifera.* Według Berga i Schmidta.

formy są bardzo podobne do kaktusów swojemi grubemi, bezlistnemi pędami (ryc. 753).

Wśród ostromleczowatych jest dużo roślin pożytecznych. Gatunki rodzaju *Hevea* i niektórych innych dostarczają kauczuku. Inni przedstawiciele rodziny, np. rącznik *(Ricinus communis)*, dostarczają olejów. *Manihot utilissima* dostarcza korzeniowych bulw, obfitujących w skrobię, a odgrywających pod zwrotnikami, zwłaszcza w Ameryce południowej, rolę podobną do roli ziemniaków w krajach umiarkowanych.

206. Centrospermae. Rząd ten charakteryzuje się budową nasienia, w którem bielmo zajmuje środek i jest otoczone zgiętym zarodkiem (ryc. 692, *B*). Ta cecha jest bardzo stała w omawianym rzędzie. Budowa kwiatów u *Centrospermae* jest bardzo rozmaita i można u nich prześledzić stopniowe przejście od bezpłatkowych wiatropylnych do owadopylnych kwiatów z okwiatem zróżnicowanym na kielich i koronę. Kwiaty są przeważnie obupłciowe i mają z reguły górną zalążnię. Wśród *Centrospermae* przeważają rośliny zielne, które stanowią 81% ogólnej ilości rodzajów.



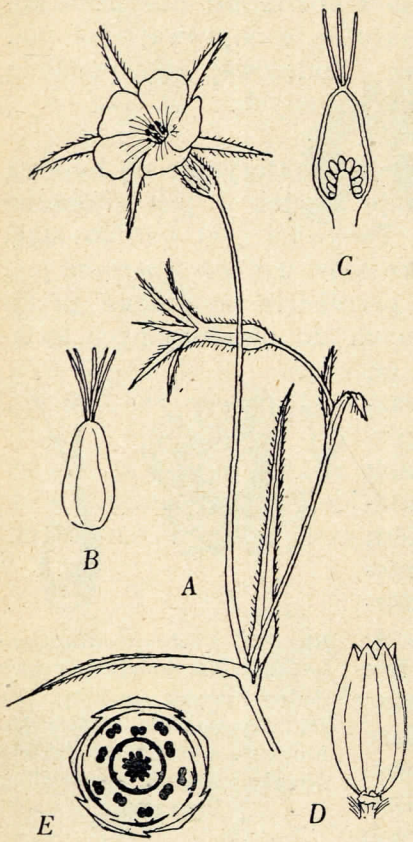
Ryc. 754. *A Chenopodium rubrum.* Kwiat widziany z góry (jeden pręcik odcięty). — *B Chenopodium capitatum.* Słupek z wyciętą od przodu ścianką zalążni. — Według Volkensa.

Najważniejsze rośliny tego rzędu są komosowate *(Chenopodiaceae)* i gwoździkowate *(Caryophyllaceae)*. Reprezentują one dwa krańcowe typy w budowie kwiatów.

Komosowate mają kwiaty z zielonym albo błonkowatym okwiatem, pręcikami nadległemi jego listkom i słupkiem złożonym z dwóch owocolistków, z jednokomorową zalążnią, zawierającą pojedyńczy zalążek (ryc. 754). Owocem jest niełupka albo orzeszek. Są to przeważnie stepowe i pustynne rośliny, często kseromorficznie zbudowane. Dużo jest wśród nich halofitów, np. solirodek *(Salicornia herbacea)*, o którym była już mowa w ust. 172 (ryc. 628). We florze polskiej są to przeważnie ruderalne rośliny z rodzajów komosa *(Chenopodium)* i łoboda *(Atriplex)*. Z roślin użytkowych należy do tej rośliny burak *(Beta vulgaris)*.

Gwoździkowate mają kwiaty o budowie zupełnie podobnej do typowych kwiatów wolnopłatkowych. Tylko budowa nasienia i przejściowe formy utrzymują tę rodzinę wśród bez-

płatkowych. Kwiaty gwoździkowatych mają wyraźny kielich i koronę, złożone każdy z jednego 5-członowego okółka. Pręcików są z reguły dwa okółki. Słupek składa się z 5, 3 albo 2 owocolistków; ilość ich można poznać po ilości szyjek, które są zawsze wolne. Zalążnia jest jednokomorowa albo w dolnej części podzielona na tyle komór, ile jest owocolistków. Łożysko jest kolumnowe, zalążki liczne. Owocem jest torebka, otwierająca się na szczycie ząbkami. Bardzo charakterystyczne dla tych roślin są naprzeciwległe wąskie liście z równym brzegiem. Jako przykład można przytoczyć gwoździk *(Dianthus)*, kąkol *(Agrostemma Githago)* (ryc. 755).

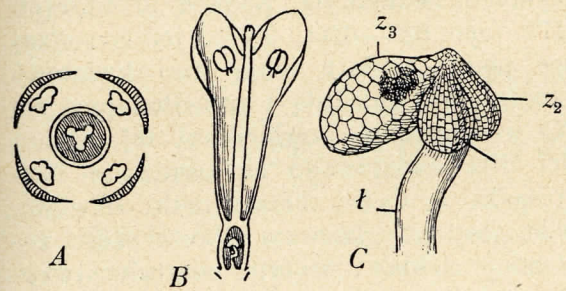


Ryc. 755. *Agrostemma Githago.* — *A* Pokrój rośliny. — *B* Słupek. — *C* Słupek w podłużnym przekroju. — *D* Torebka. — *E* Diagramat.

207. Santalales. Są to przeważnie podzwrotnikowe rośliny drzewiaste albo zielne (52% drzewiastych), charakteryzujące się słupkiem, złożonym z 2—5 owocolistków z dolną jednokomorową zalążnią i kolumnowem łożyskiem. Zalążki są osadzone tylko na szczycie łożyska. Charakterystyczne jest nadto niezupełne wykształcenie zalążków, które są pozbawione osłonek, a niekiedy nawet całkowicie złączone z łożyskiem. Kwiaty są obupłciowe albo rozdzielnopłciowe. Okwiat jest zielony albo barwny. Pręciki są nadległe jego listkom i mniej lub więcej z niemi zrośnięte. Zapylenie odbywa się przez wiatr albo przez owady. Rośliny, należące do tego rzędu, są przeważnie częściowemi pasorzytami, to znaczy mają ciałka zieleni i przyswajają dwutlenek z powietrza, ale oprócz tego czerpią pożywienie z innych roślin, do których wpuszczają ssawki.

Najważniejsze tego rzędu rodziny są: sandałowate *(Santalaceae)* i gązewnikowate *(Loranthaceae)*.

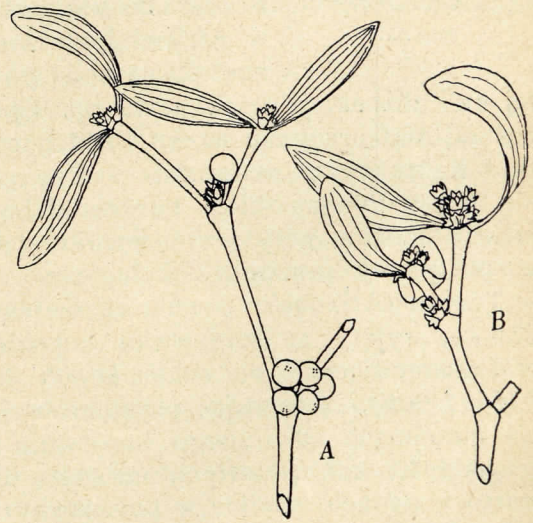
Z rodziny sandałowatych rosną u nas tylko półpasorzytne zioła z rodzaju leniec *(Thesium)*, przysysające się swojemi korzeniami do korzeni innych roślin. Budowa kwiatów jest zupełnie typowa dla tej rodziny (ryc. 756). Zalążki są pozbawione osłonek, ale oddzielają się wyraźnie od łożyska. Owocem jest orzeszek.



Ryc. 756. *Thesium alpinum.* — *A* Diagramat kwiatu. — *B* Przekrój podłużny kwiatu. — *C* Szczyt łożyska z zalążkami silnie powiększony; *ł* łożysko; z_1, z_2, z_3 zalążki, z których tylko ostatni jest zapłodniony i rozwija się w nasienie. — Według Hieronymusa, Le Maout'a i Decaisne'a.

Gązewnikowate są wszystkie półpasorzytami, ale czepiają się nie korzeni żywiciela, lecz jego powietrznych pędów. Sposób umocowywania się ich został już szczegółowo opisany w ust. 171 (ryc. 601). Teraz pozostaje tylko opisać kwiaty. Różnią się one od kwiatów sandałowatych tem, że zalążki zlewają się z łożyskiem, łożysko zaś większą częścią swojej powierzchni zrasta się ze ściankami zalążni. Owocem jest jagoda. O rozsiewaniu tych roślin przy pomocy ptaków była mowa w ust. 180.

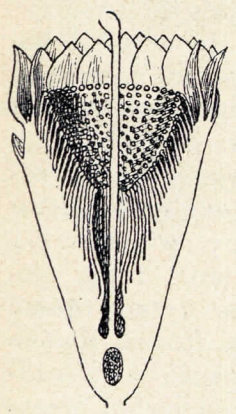
W Polsce spotyka się cztery gatunki tych roślin: trzy gatunki jemioły *(Viscum)*, z których najważniejszym jest jemioła pospolita *(Viscum album)* (ryc. 757) i jeden bardzo rzadki gatunek gązewnika *(Loranthus europaeus)*. Wszystkie te cztery gatunki są dwupienne. Jemioła ma zimotrwałe liście i 4-krotne kwiaty z pręcikami zrośniętemi z listkami okwiatu od nitek do pylników.



Ryc. 757. *Viscum album.* Żeński okaz z jagodami (*A*) i kwiatami (*B*).

Gązewnik traci liście na zimę; jego kwiaty są 6-krotne z pręcikami przyrośniętemi do okwiatu tylko dolną częścią nitek.

208. Opuntiales. Są to rośliny skrajnie kseromorficzne o bardzo grubych, soczystych, bezlistnych pędach, o których była już mowa w ust. 172 (ryc. 624—626). Tylko jeden rodzaj *Peireskia* ma ulistnione pędy. Kwiaty mają dno kwiatowe wklęsłe, dolną częścią zrośnięte z zalążnią i przedłużające się ponad nią (ryc. 758). Na wewnętrznej powierzchni tej górnej części dna kwiatowego są osadzone liczne pręciki a wyżej liczne listki okwiatu. Okwiat jest cały barwny albo w części zewnętrznej zielony; w tym ostatnim przypadku od listków barwnych do zielonych są stopniowe przejścia. Zalążnia jest jednokomorowa, z licznemi zalążkami na kilku ściennych łożyskach. Owoce są soczyste. Nasiona dojrzewają bardzo szybko i nieraz kiełkują wewnątrz owocu.



Ryc. 758. *Pilocereus Houlletii*. — Przekrój podłużny kwiatu. — Według SCHUMANNA.

Do tego rzędu należy tylko jedna rodzina kaktusowatych *(Cactaceae)*, charakterystyczna dla amerykańskich pustynnych obszarów. Najważniejsze rodzaje są: *Cereus, Opuntia, Rhipsalis* i *Echinocactus*. Poza Ameryką tylko jeden gatunek, *Rhipsalis Cassyta*, rośnie dziko, a mianowicie w Afryce. Poza tem dużo innych człowiek zawlókł za sobą po cieplejszych krajach całej kuli ziemskiej: dzięki temu np. *Opuntia* stała się pospolitą rośliną nad brzegami morza Śródziemnego.

Kaktusowate są bardzo wytrzymałe na suszę. Tłumaczy się to przedewszystkiem bardzo słabą transpiracją. Jako ilustrację można przytoczyć wyniki doświadczeń, wykonanych w pustynnej pracowni ekologicznej Instytucji CARNEGIE'GO w Tucson (Arizona): pewien egzemplarz *Echinocactus* o wadze 37.3 *kg*, wyjęty ze stanowiska i pozbawiony korzeni, stracił w 6 następujących po sobie latach 3.443, 2.080, 1.535, 1.400, 1.165, 1.28 *kg*, zachowując przytem swoją żywotność. W stopniu nie mniejszym od słabego parowania przyczyniają się do wytrzymałości kaktusowatych na suszę wielkie zapasy wody zawarte w pędach, wielkie w porównaniu do nieznacznej ich powierzchni.

209. Aristolochiales. Do tego rzędu należy jedna tylko rodzina: kokornakowate *(Aristolochiaceae)*. Są to przeważnie rośliny ciepłych krajów. W Polsce rosną tylko kopytnik *(Asarum europaeum)* i kokornak *(Aristolochia sipho)*.

ROZDZIAŁ XXXIX

ZROSŁOPŁATKOWE

210. Podział na rzędy. Zrosłopłatkowe *(Gamopetalae)* dzielą się na 9 rzędów, które można scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli:

A) Dwa albo więcej okółków pręcików.
- *a)* Pręciki w dwóch okółkach, umocowane na dnie kwiatowem niezależnie od korony. Płatki czasem wolne. *Ericales.*
- *b)* Pręciki w dwóch albo trzech okółkach, przyrośnięte do korony. Płatki zawsze zrośnięte. *Ebenales.*

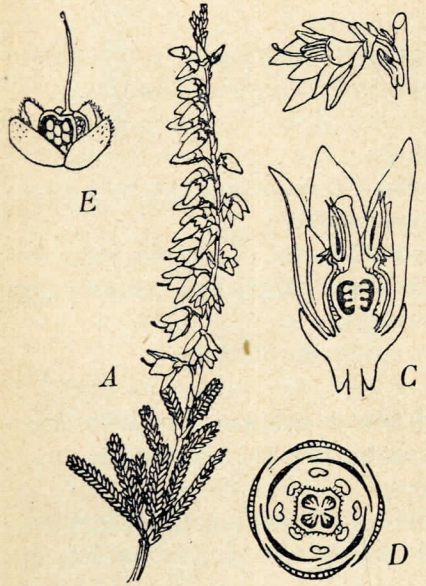
B) Jeden okółek pręcików.
- *a)* Pręciki nadległe płatkom.
  - *α)* Szyjka jedna. Zalążki liczne, osadzone na kolumnowem łożysku. *Primulales.*
  - *β)* Szyjek tyle, ile owocolistków. Zalążnia jednokomorowa z pojedyńczym zalążkiem, osadzonym na dnie. *Plumbaginales.*
- *b)* Pręciki międzylegle względem płatków.
  - *α)* Zalążnia górna.
    - I. Kwiaty promieniste z pełnym okółkiem pręcików. Liście naprzeciwległe z równym brzegiem. *Contortae.*
    - II. Kwiaty grzbieciste z niepełnym okółkiem pręcików. Liście skrętoległe, wcinane na brzegu. *Tubiflorae.*
  - *β)* Zalążnia dolna.
    - I. Kwiaty rozdzielnopłciowe. Pręciki mniej lub więcej złączone ze sobą pylnikami. *Cucurbitales.*
    - II. Kwiaty obupłciowe (obok nich mogą być jeszcze żeńskie).
      1. Pręciki wolne. Liście naprzeciwległe. *Rubiales.*

2. Pręciki zrośnięte pylnikami. Liście skrętoległe. *Synantherae.*

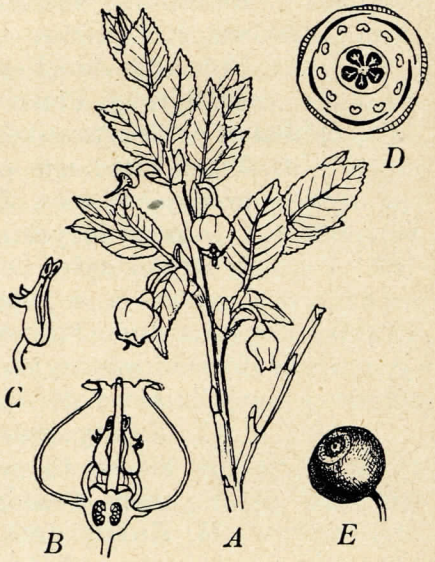
211. Ericales. Rząd ten stanowi przejście od wolnopłatkowych do zrosłopłatkowych przez dosyć częste niezrastanie się płatków i przez swoje pręciki, osadzone bezpośrednio na dnie kwiatowem. Wszystkie inne zrosłopłatkowe tylko wyjątkowo mają płatki wolne; pręciki ich są z reguły przyrośnięte do korony. Kwiaty u *Ericales* są złożone z 4- albo 5-członowych okółków według jednego z wzorów:

$$\left\{\begin{array}{l} K_4\ C_4\ A_{4+4}\ G_{(4)} \\ K_5\ C_5\ A_{5+5}\ G_{(5)} \end{array}\right.$$

Zalążnia jest górna albo dolna o tylu komorach, ile jest owocolistków, z licznemi zalążkami na środkowem łożysku. Do tego rzędu należą przeważnie krzewy albo małe drzewa (58%).



Ryc. 759. *Calluna vulgaris.* — *A* Pęd. — *B* Kwiat. — *C* Przekrój podłużny. *D* Diagramat. — *E* Owoc. — Według Benthama.



Ryc. 760. *Vaccinium Myrtillus.* — *A* Pęd z kwiatami. — *B* Kwiat w przekroju podłużnym. — *C* Pręcik. — *D* Diagramat. — *E* Owoc. — Według Benthama.

Największą rodziną są wrzosowate *(Ericaceae)*, najobficiej reprezentowane we florze południowej Afryki, mające także licznych przedstawicieli we florze polskiej. Są to rośliny o kseromorficznych, lancetowatych albo igiełkowatych liściach.

Występują jednak równie często w klimacie suchym, jak i wilgotnym, często na stanowiskach bardzo wilgotnych, jakiemi są torfowiska. Jako przykład można przytoczyć wrzos *(Calluna vulgaris)* (ryc. 759) i borówkę czernicę *(Vaccinium Myrtillus)* (ryc. 760). Wrzos ma kwiaty czterokrotne, z kielichem dłuższym od korony i górną zalążnią. Owocem jego jest torebka. Borówka ma kwiaty 5-krotne z dolną zalążnią. Pylniki jej są opatrzone parą wyrostków i otwierają się przy pomocy okrągłego otworu na szczycie każdej połowy; obie te cechy są często spotykane w tej rodzinie. Owocem borówki jest jagoda.

We florze krajowej jest reprezentowana z tego rzędu jeszcze rodzina gruszyczkowatych *(Pirolaceae)*, charakteryzująca się bardzo drobnemi zalążkami, osadzonemi na silnie rozrośniętem łożysku. Do niej należy między innemi bezzieleniowa korzeniówka *(Monotropa Hipopitys)*, o której była już mowa w ust. 171 (ryc. 605).

212. Ebenales. Są to wyłącznie podzwrotnikowe drzewa. Kwiaty ich mają zawsze zrośnięte płatki. Pręciki, w ilości dwóch, trzech i nawet większej ilości okółków, są przyrośnięte do korony. Niektóre formy tego rzędu dostarczają bardzo cennego drzewa, np. różne gatunki rodzaju *Diospyros* dają drzewo hebanowe, od czego pochodzi nazwa rzędu.

213. Primulales. Rząd ten jest łatwy do scharakteryzowania. Kwiaty są złożone z czterech okółków o jednakowej ilości członów, przeważnie o 5 członach:

$$K_{(5)}\ C_{(5)}\ A_5\ G_{(5)}.$$

Pręciki są nadległe płatkom. Zalążnia jest jednokomorowa z kolumnowem łożyskiem i licznemi zalążkami (ryc. 676). Szyjka jest pojedyńcza.

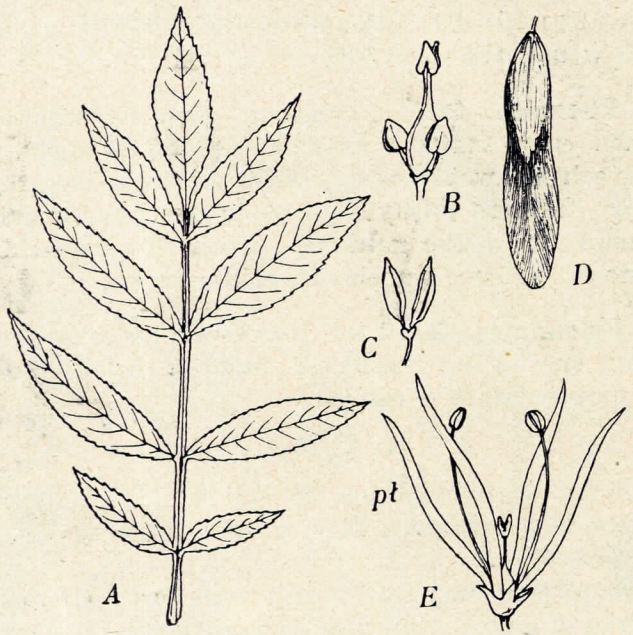
Najważniejszą rodziną tego rzędu są pierwiosnkowate *(Primulaceae)*. Głównym rodzajem jest pierwiosnek *(Primula)*, o którym już była mowa poprzednio, między innemi w ust. 177 z powodu dwupostaciowości kwiatów (por. ryc. 582, 662, 686). Pierwiosnkowate są roślinami zielnemi, mającemi licznych przedstawicieli we florze polskiej.

214. Plumbaginales. Jest to niewielka grupa roślin przeważnie zielnych, różniąca się od poprzedniego rzędu budową słupka, który składa się tak samo z pełnego okółka owocolistków, ale z 5 wolnemi szyjkami i jednokomorową zalążnią o pojedyńczym zalążku osadzonym na dnie.

Jedyna rodzina tego rzędu, ołownikowate *(Plumbaginaceae)*, ma we florze polskiej dwóch przedstawicieli z rodzaju zawciąg *(Armeria)*.

215. Contortae. Są to rośliny zielne albo drzewiaste (drzewiaste stanowią 53% ogólnej ilości rodzajów) o naprzeciwległych liściach z równym, niewcinanym brzegiem. Kwiaty są promieniste, z taką samą ilością pręcików, ile jest płatków. Pręciki są przyrośnięte do korony naprzemianlegle względem płatków. Słupek jest złożony z dwóch owocolistków i posiada górną zalążnię.

Najważniejsze rodziny tego rzędu są to: oliwkowate *(Oleaceae)*, goryczkowate *(Gentianaceae)*, toinowate *(Apocynaceae)* i trojeściowate *(Asclepiadaceae)*.



Ryc. 761. *A—D Fraxinus excelsior.* — *A* Liść. — *B* Kwiat obupłciowy. — *C* Kwiat męski. — *D* Owoc ze skrzydełkiem. — *E Fraxinus Ornus.* Kwiat obupłciowy; *pł* płatki.

Oliwkowate posiadają ustaloną budowę kwiatów, która da się przedstawić wzorem:

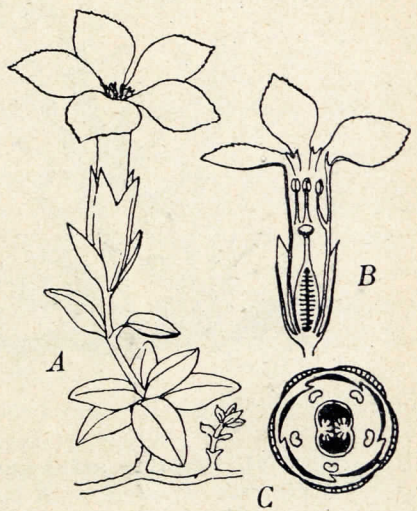
$$K_{(4)}\,C_{(4)}\,A_2\,G_{(2)}.$$

Niepełny okółek pręcików jest rzeczą nienormalną dla rzędu, do którego zalicza się tę rodzinę. Oliwkowate są prawie wszystkie drzewiaste.

Flora polska ma tylko nielicznych przedstawicieli, z których najważniejszym jest jesion *(Fraxinus excelsior)*, wysokie drzewo, dochodzące do 35 *m* wysokości (ryc. 761). Roślina ta ma niektóre cechy wyjątkowe dla rzędu, do którego należy. Przedewszystkiem liście jej są nieparzysto-pierzaste, z ząbkowanemi na brzegach listkami. Następnie oprócz kwiatów obupłciowych są jeszcze kwiaty męskie. Wreszcie, rzecz zupełnie niezwykła, kwiaty nie mają wcale okwiatu. Ta ostatnia cecha nie jest jednak właściwa wszystkim formom jesionu i pewne



Ryc. 762. *Olea europaea.* — *A* Pęd z kwiatami. — *B* Przekrój podłużny kwiatu. — *C* Przekrój poprzeczny zalążni. — *D* Pestkowiec. — *E* Pestkowiec z odciętą z jednej strony miękką powłoką dla uwidocznienia pestki. — Według Wossidlo.



Ryc. 763. *Gentiana verna.* — *A* Pokrój rośliny. — *B* Kwiat w przekroju podłużnym. — *C* Diagramat. — Według Wossidlo.

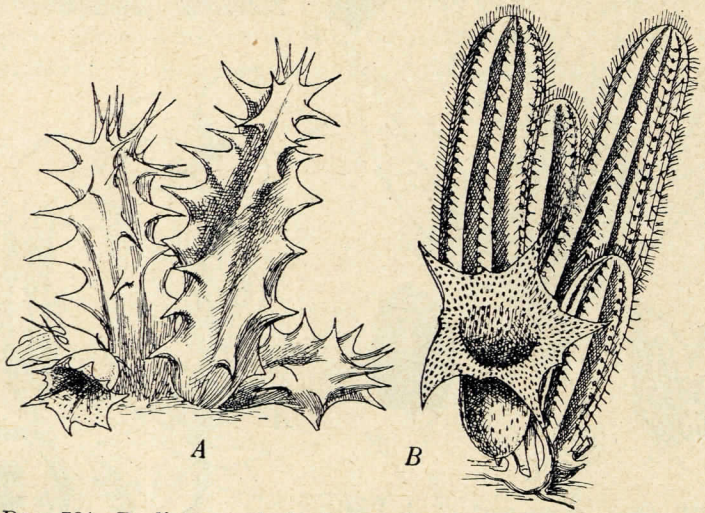
gatunki mają normalny okwiat, np. południowo-europejski jesion mannowy (*Fraxinus Ornus*, ryc. 761, *E*). Owocem jesionów jest oskrzydlona niełupka.

Z roślin obcokrajowych zasługuje na szczególną uwagę drzewo oliwkowe *(Olea europaea)*, uprawiane od niepamiętnych czasów nad morzem Śródziemnem. Roślina ta ma zarówno liście, jak i kwiaty zupełnie typowe dla rodziny oliwkowatych (ryc. 762). Owocem jest pestkowiec, którego soczysta powłoka zawiera bardzo ceniony płynny tłuszcz, t. zw. oliwę. Oprócz tego warto wspomnieć o powszechnie hodowanym

pachnącym bzie *(Syringa vulgaris)*, pochodzącym z południowo-wschodniej Europy.

Rodzina goryczkowatych składa się przeważnie z ziół; charakteryzuje się zalążnią o ściennych łożyskach i pełnym okółkiem pręcików. Najważniejszym rodzajem jest goryczka *(Gentiana)*, której liczne gatunki wraz ze skalnicami *(Saxifraga)* stanowią główną ozdobę szaty roślinnej gór (ryc. 763).

Toinowate i trojeściowate są to przeważnie podzwrotnikowe drzewa, nawiasem mówiąc bardzo liczne, charakteryzujące się obecnością gałęzistych naczyń mlecznych. Nie-



Ryc. 764. Bezlistne sukulenty z rodziny *Asclepiadaceae*. — *A Heurnia Penzigii*. — *B Tavaresia Barklyi*. — *A* według Wettsteina, *B* według Botanical Magazine.

które z nich dostarczają kauczuku. Do toinowatych należy między innemi powszechnie znany śródziemnomorski oleander *(Nerium Oleander)*. Trojeściowate różnią się od toinowatych pyłkiem zlepionym w grudki na podobieństwa storczyków, o których będzie mowa później. Niektóre trojeściowate mają postać bezlistnych sukulentów bardzo podobnych do kaktusów (ryc. 764). Flora polska liczy tylko po jednym przedstawicielu tych rodzin: barwinek *(Vinca minor)* z rodziny toinowatych i ciemiężyk *(Vincetoxicum officinale)* z rodziny trojeściowatych.

216. Tubiflorae. Do tego rzędu należą liczne rodziny o różnych cechach. Skutkiem tego niepodobna podać takiej

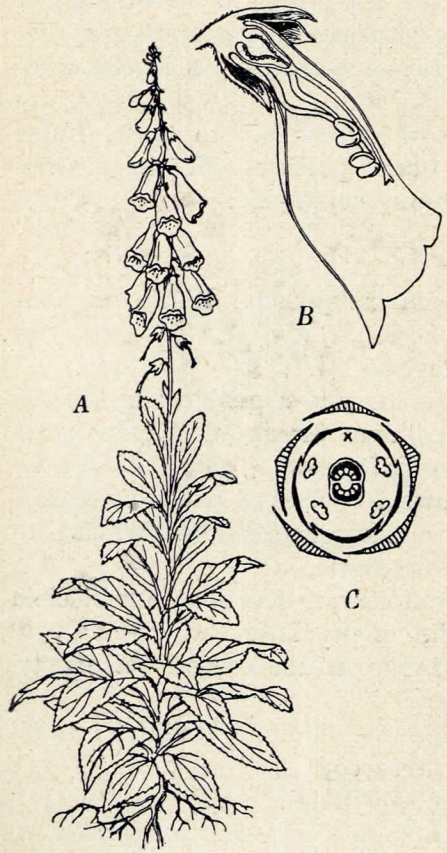
charakterystyki, która stosowałaby się do wszystkich przedstawicieli. To, co mówiło się w rozdz. II o trudnościach klasyfikacji naturalnej, znajduje w tym rzędzie jaskrawą ilustrację. Ograniczając się do typowych przedstawicieli, można rząd ten scharakteryzować w sposób następujący. Należą do niego rośliny przeważnie zielne (we florze polskiej wyłącznie zielne; ogółem ziół jest w nim 60% według ilości rodzajów) o skrętoległych liściach z wcięciami na brzegach. Kwiaty są grzbieciste z niezupełnym okółkiem pręcików. Słupek składa się z dwóch owocolistków i ma górną zalążnię.

Rozpatrzymy tylko ważniejsze rodziny i to takie, które mają swoich przedstawicieli we florze polskiej. Można je scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli:

A) Kwiaty pięciokrotne.
- *a)* Owocolistki o licznych zalążkach. Liście naprzemianległe.
  - *α)* Zalążnia dwukomorowa.
    - I. Kwiaty wszystkie boczne z grzbiecistą koroną i niepełnym okółkiem pręcików. Wiązki kollateralne. *Scrophulariaceae.*
    - II. Kwiaty szczytowe i boczne, z promienistą koroną i pełnym okółkiem pręcików. Wiązki bikollateralne. *Solanaceae.*
  - *β)* Zalążnia jednokomorowa. Korona grzbiecista z niepełnym okółkiem pręcików.
    - I. Dwa ścienne łożyska. Bezzieleniowe pasorzyty. *Orobanchaceae.*
    - II. Łożysko kolumnowe. Zielone rośliny owadożerne. *Lentibulariaceae.*
- *b)* Owocolistki z dwoma zalążkami.
  - *α)* Owoc rozłupka, złożona z czterech orzeszków.
    - I. Korona grzbiecista z niepełnym okółkiem pręcików. Kwiaty w dwupromienistych wierzchotkach. Liście naprzeciwległe. *Labiatae.*
    - II. Korona promienista z pełnym okółkiem pręcików. Kwiaty zebrane w skrętki. Liście naprzemianległe. *Borragaceae.*
  - *β)* Owoc torebka. Korona promienista z pełnym okółkiem pręcików. Kwiaty pojedyńcze albo w dwupromienistych wierzchotkach. Liście naprzemianległe. *Convolvulaceae.*

B) Kwiaty czterokrotne, promieniste, z pełnym okółkiem pręcików. Liście naprzemianległe. *Plantaginaceae.*

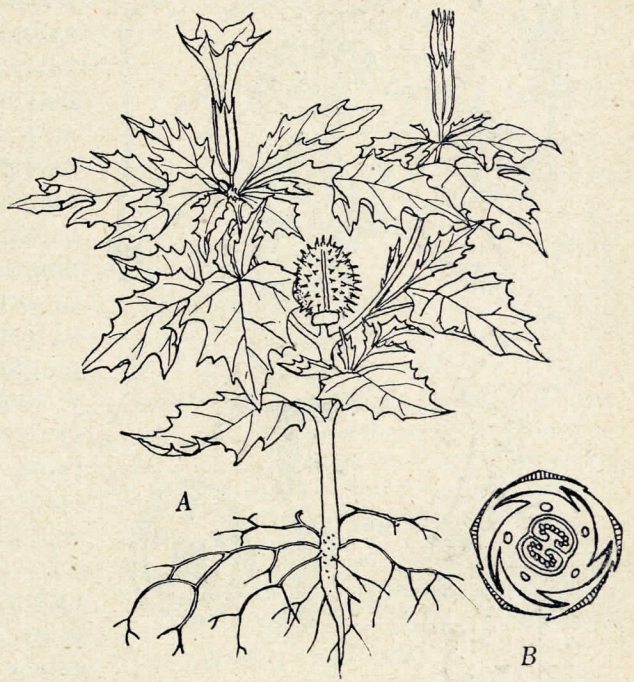
Rodzina trędownikowatych *(Scrophulariaceae)* jest jedną z najbardziej typowych rodzin rzędu *Tubiflorae*. Bardzo ciekawą jej cechą jest brak kwiatów szczytowych. Kwitnienie w kwiatostanach zaczyna się od dołu i postępuje ku górze (ryc. 765). Ta cecha odróżnia już na pierwszy rzut oka tę rodzinę od następnej, od psiankowatych *(Solanaceae)*, u których pędy i ich gałęzie mają wzrost ograniczony i są zakończone kwiatem (ryc. 766). Trędownikowate mają skutkiem tego kwiatostany groniaste, psiankowate — kwiatostany wierzchotkowate. Jak to widać z tabeli, psiankowate odchylają się budową kwiatów od typu właściwego rzędowi *Tubiflorae*, są jednak do niego zaliczane skutkiem istnienia form przejściowych między niemi a trędownikowatemi. Mianowicie u psiankowatych jest plemię *Salpiglossidae* z grzbiecistą koroną i 4 lub 2 pręcikami, poza tem zresztą podobne do typowych przedstawicieli rodziny, z drugiej zaś strony wśród trędownikowatych jest podrodzina *Pseudosolaneae* z koroną promienistą i 5 pręcikami, ale poza tem podobna do typowych trędownikowatych. Do wspomnianej podrodziny *Pseudosolaneae* należą między innemi powszechnie znane dziewanny *(Verbascum)*.



Ryc. 765. *Digitalis purpurea.* — *A* Pokrój rośliny. — *B* Przekrój podłużny kwiatu. — *C* Diagramat. — Według Wettsteina.

Rodzina trędownikowatych ma licznych przedstawicieli we florze krajowej. Z nich warto wspomnieć o przetacznikach *(Veronica)*, mających tylko 2 pręciki, oraz o świetlikach *(Euphrasia)* i pszeńcach *(Melampyrum)*, mających koronę dwuwargową i prowadzących życie półpasorzytnicze na podobieństwo leńca *(Thesium)*. Naparstnica *(Digitalis purpurea)* jest jedną z najważniejszych roślin lekarskich, dostarczając środków pobudzających działalność serca (ryc. 765).

Rodzina psiankowatych jest słabo reprezentowana we florze krajowej. Są to przeważnie rośliny południowo-amerykańskie. Najważniejszym rodzajem jest psianka *(Solanum)*, licząca około 1000 gatunków, w tem kilka uprawianych, wśród których pierwsze miejsce zajmują ziemniaki *(Solanum tuberosum)*, rosnące dziko w Andach. Do tej rodziny należy także tytoń *(Nicotiana Tabacum)*, również pochodzący z południowej Ameryki.



Ryc. 766. *Datura Stramonium.* — *A* Pokrój rośliny. — *B* Diagramat kwiatu. — Według Wettsteina.

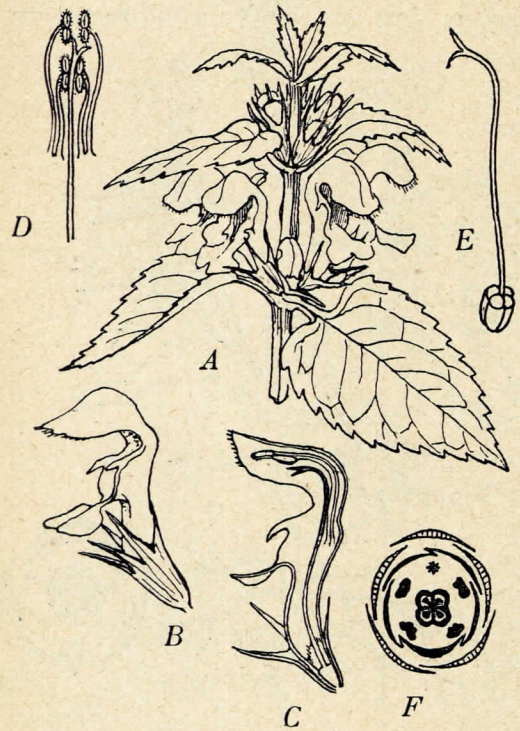
O bezzieleniowych pasorzytach z rodziny zarazowatych *(Orobanchaceae)* była już mowa w ust. 171. We florze polskiej są reprezentowane dwa rodzaje: zaraza *(Orobanche)* (ryc. 600) i łuskiewnik *(Lathraea)*.

Bardzo ciekawe rośliny owadożerne, należące do rodziny pływaczowatych *(Lentibulariaceae)*, były już opisane w ust. 172 i 173. We florze polskiej są dwa rodzaje: tłustosz *(Pinguicula)* (ryc. 635) i pływacz *(Utricularia)* (ryc. 647).

Omówione poprzednio cztery rodziny miały owocolistki opatrzone licznemi zalążkami. Trzeba teraz zająć się rodzinami, w których każdy owocolistek ma tylko dwa zalążki. Jest to przedewszystkiem rodzina wargowych *(Labiatae)*, o tyle

*

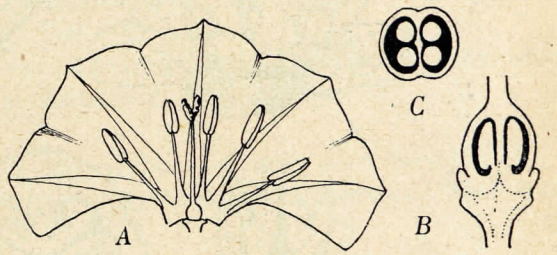
tylko nietypowa dla rzędu *Tubiflorae*, że jej liście o brzegach wcinanych są naprzeciwległe. Rośliny te można poznać z łatwością po ich pokroju, na który składają się nietylko naprzeciwległe liście, lecz także czworokątna łodyga i dwuwargowa korona, spotykana coprawda także u trędownikowatych (ryc. 767). Pręcików jest zwykle 4, z czego dwa są krótsze („dwusilne“), rzadziej jest ich tylko dwa. Budowa zalążni jest niezmiernie charakterystyczna. Jest to zasadniczo dwukomorowa zalążnia ze środkowem łożyskiem. Każda z komór zostaje podzielona na dwie części skutkiem wrastania ścianki zalążni do środka, pomiędzy zalążki. Powstają w ten sposób w zalążni cztery komory z pojedyńczym zalążkiem w każdej z nich. Komory te wyraźnie zaznaczają się na powierzchni zalążni mniej lub więcej głębokiemi brózdami. Owoc przy dojrzewaniu rozpada się według tych brózd na cztery orzeszki. Charakterystyczne dla wargowych są także kwiatostany: kwiaty są skupione w gęste dwupromieniste wierzchotki osadzone w kątach liści, co stwarza pozory okółkowego układu. Wargowe wytwarzają często olejki eteryczne; można to stwierdzić z łatwością np. na macierzance *(Thymus Serpyllum)*. Flora polska ma licznych przedstawicieli tej rodziny i to wyłącznie zielnych; formy drzewiaste są w niej zresztą wogóle rzadkie. Jako przykład można przytoczyć miętę *(Mentha)*, jasnotę *(Lamium)*, szałwję *(Salvia)*, dąbrówkę (*Ajuga*, ryc. 607).



Ryc. 767. *Lamium album*. — *A* Szczyt kwitnącego pędu. — *B* Kwiat. — *C* Przekrój podłużny kwiatu. — *D* Pręciki i szyjka widziane zprzodu. — *E* Słupek. — *F* Diagramat; gwiazdka oznacza zanikły pręcik. — Według Wossidlo.

Rodzina buraczn ikowatych *(Borragaceae)* jest mniej typowa dla rzędu *Tubiflorae*, gdyż posiada koronę promienistą z pełnym okółkiem pręcików. Zalicza się ją jednak do tego rzędu ze względu na budowę zalążni, taką samą jak u wargowych, i ze względu na występujące u niej niekiedy grzbieciste kwiaty (np. u żmijowca *[Echium]*). Bardzo charakterystyczną cechą tej rodziny jest ułożenie kwiatów w skrętkę (ryc. 664). Godnem uwagi jest nadto szorstkie uwłosienie.

Rodzina powojowatych *(Convolvulaceae)* również odbiega silnie od typu, właściwego rzędowi *Tubiflorae*, promienistą budową swoich kwiatów. Łączy się ona jednak z tym rzędem za pośrednictwem buraczn ikowatych, gdyż niektóre jej rodzaje (np. *Falkia*) mają taką samą jak buraczn ikowate budowę zalążni i tworzą owoc rozpadający się na cztery orzeszki. Typową formą powojowatych są pnące się zioła z pojedyńczemi kwiatami i dużą lejkowatą koroną, płytko wcinaną na brzegu (ryc. 768). We florze polskiej mamy dwa gatunki powoju *(Convolvulus)* i kilka gatunków bezzieleniowego pasorzyta, kanianki *(Cuscuta)* (ryc. 639).



Ryc. 768. *Convolvulus scammonia*. — *A* Korona rozcięta i wyprostowana ze słupkiem pośrodku. — *B* Zalążnia w przekroju podłużnym. — *C* Zalążnia w przekroju poprzecznym. Według Warminga.

Ostatnia wreszcie rodzina babkowatych *(Plantaginaceae)* ma czterokrotne kwiaty z promienistą koroną i pełnym okółkiem pręcików. Kwiaty są zebrane w kłosy (ryc. 660, *A*). Rodzina ta luźnie tylko łączy się z rzędem *Tubiflorae*. Niektórzy autorowie czynią z niej osobny rząd *Plantaginales*. Flora polska liczy kilka gatunków głównego jej rodzaju babki *(Plantago)*.

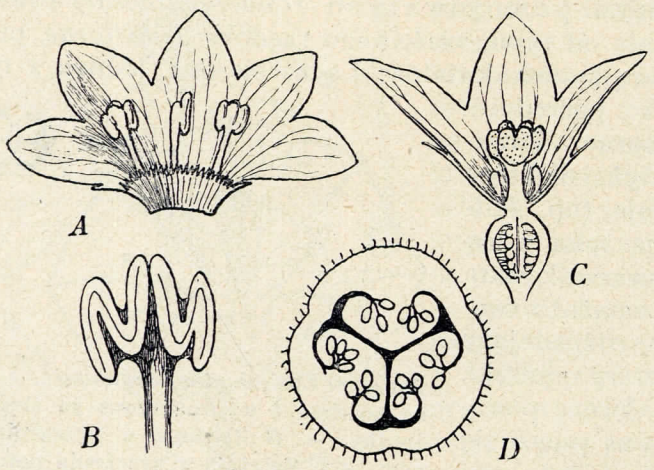
Flora podzwrotnikowa liczy poza tem wiele innych rodzin, przeważnie z grzbiecistemi kwiatami, jak *Gesneriaceae, Acanthaceae, Bignoniaceae* i t. d.

217. Cucurbitales. Najwybitniejszą cechą charakterystyczną *Cucurbitales* jest rozdzielnopłciowość kwiatów, co jest u zro-

słopłatkowych poza tym rzędem rzeczą wyjątkową. Budowa kwiatów da się przedstawić wzorami (ryc. 769):

$$\left\{\begin{array}{l} K_{(5)}\,C_{(5)}\,A_{(5)} \\ K_{(5)}\,C_{(5)}\,\underline{G_{(5)}} \end{array}\right.$$

Pręciki zwykle są w ten sposób zrośnięte, że się tworzą trzy grupy, dwie po dwa pręciki i piąty wolny. Pylniki są zwykle silnie pofałdowane. Zalążnia jest dolna, jednokomorowa, z trzema ściennemi łożyskami, które wrastają prawie do środka



Ryc. 769. *Citrullus Colocynthis.* — *A* Korona kwiatu męskiego rozcięta i wyprostowana dla pokazania trzech grup pręcików, z których dwie pochodzą ze zrośnięcia dwóch pręcików, trzecia zaś jest pojedyńczym pręcikiem. — *B* Grupa dwóch zrośniętych pręcików; widoczne są dwa osobne pylniki. — *C* Przekrój podłużny kwiatu żeńskiego. — *D* Przekrój poprzeczny zalążni. — Według Bonniera.

i rozgałęziają się, stwarzając pozory trójkomorowej zalążni ze środkowem łożyskiem. Owoce są soczyste. Są to przeważnie zioła, pnące się przy pomocy przeobrażonych w wąsy specjalnych odgałęzień pędów.

Do tego rzędu należy tylko jedna rodzina dyniowatych *(Cucurbitaceae)*, szeroko rozpowszechniona w krajach gorących. Flora polska liczy tylko jeden gatunek: przestęp biały *(Bryonia dioica)*. Liczne formy tej rodziny są uprawiane dla jadalnych owoców: dynia *(Cucurbita Pepo)*, ogórek *(Cucumis sativus)*, melon *(Cucumis Melo)* i inne.

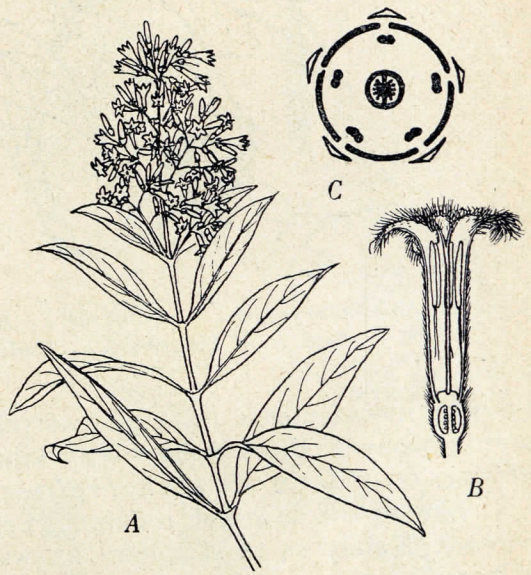
218. Rubiales. Rząd ten charakteryzuje się kwiatami, które są przeważnie 4—5-krotne i mają słabo rozwinięty kielich,

wolne pręciki w tej samej co płatki albo mniejszej ilości oraz słupek złożony z 2—5 owocolistków o dolnej zalążni. Są to przeważnie drzewa i krzewy (72% ogólnej ilości rodzajów) o naprzeciwległych, rzadziej okółkowych liściach.

Najważniejsze rodziny tego rzędu można scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli:

A) Każdy kwiat ma osobną szypułkę.
  a) Pełny okółek pręcików.
    α) Kwiaty promieniste. Owocolistków 2. Liście o równym brzegu. *Rubiaceae.*
    β) Kwiaty często grzbieciste. Owocolistków 3—5. Liście o wcinanym brzegu. *Caprifoliaceae.*
  b) Niepełny okółek pręcików. Owocolistków 3. Kwiaty bez symetrji. *Valerianaceae.*
B) Kwiaty grzbieciste, bez osobnych szypułek, zebrane w koszyk. Owocolistków 2. *Dipsacaceae.*

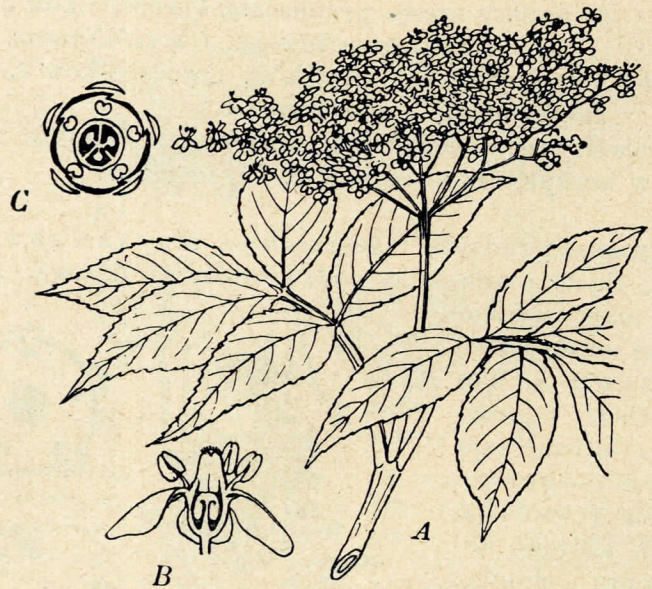
Największą rodziną tego rzędu są marzanowate *(Rubiaceae)*. Są to przeważnie podzwrotnikowe drzewa. Niektóre z nich mają wielkie znaczenie praktyczne, np. drzewo kawowe *(Coffea)*, którego nasiona dostarczają kawy, i drzewo chinowe (*Cinchona*, ryc. 770), którego kora zawiera chininę. Flora polska ma z tej rodziny tylko zioła z okółkowemi liśćmi, należące głównie do rodzaju przytulja *(Galium)*.



Ryc. 770. *Cinchona Ledgeriana.* — *A* Pokrój. — *B* Kwiat w przekroju podłużnym. — *C* Diagramat. — Według Strasburgera.

Niewielka rodzina przewiertniowatych *(Caprifoliaceae)* bardzo mało się różni od marzanowatych. We florze polskiej jest reprezentowana przez kilka krzewów, których przykładem może służyć bez czarny *(Sambucus nigra)* (ryc. 771).

Rodzina kozłkowatych *(Valerianaceae)* ma koronę z jedną płaszczyzną symetrji. Ponieważ jednak pręciki, których jest zwykle 3, są rozmieszczone w ten sposób, że z jednej strony wspomnianej płaszczyzny symetrji jest ich 2, a z drugiej 1, kwiat staje się niesymetrycznym (ryc. 772). Do tego jeszcze przyczynia się budowa zalążni, w której z trzech komór rozwija się tylko jedna z pojedyńczym zalążkiem. Owocem jest orzeszek. Bardzo ciekawy jest kielich, który w czasie kwitnienia jest słabo rozwinięty i dopiero później rozrasta się, przy-



Ryc. 771. *Sambucus nigra.* — *A* Pokrój. — *B* Kwiat w przekroju podłużnym. — *C* Diagramat. — Według Wossidlo.

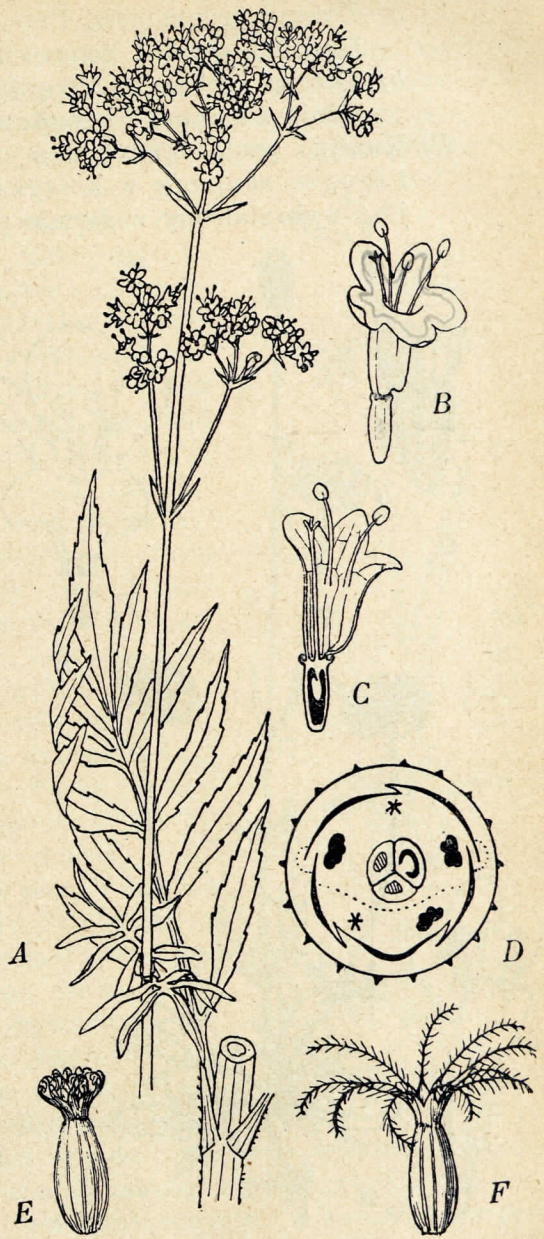
bierając nieraz postać pęka pierzastych włosków na podobieństwo złożonych. Flora polska liczy kilka gatunków, należących głównie do rodzaju kozłek *(Valeriana)*.

Bardzo ciekawa jest rodzina szczeciowatych *(Dipsacaceae)*. Kwiaty są tu skupione na wspólnem dnie kwiatowem w koszyk, otoczony okrywą z zielonych listków (ryc. 773). Koszyk taki bardzo żywo przypomina kwiatostany złożonych. Bliższe zbadanie wykazuje jednak poważne różnice. Kwiaty mają 5 często szczeciniastych działek, pięciopłatkową grzbiecistą koronę, 4 wolne pręciki i słupek złożony z dwóch owocolistków, ale z zalążnią jednokomorową i jednozalążkową. Każdy

kwiat jest otoczony u podstawy kieliszkiem, który powstaje przez zrośnięcie kilku przysadek. Owocem jest niełupka. Flora polska ma kilkunastu przedstawicieli, należących głównie do rodzajów szczeć *(Dipsacus)*, driakiew *(Scabiosa)* i świerzbnica *(Knautia)*.

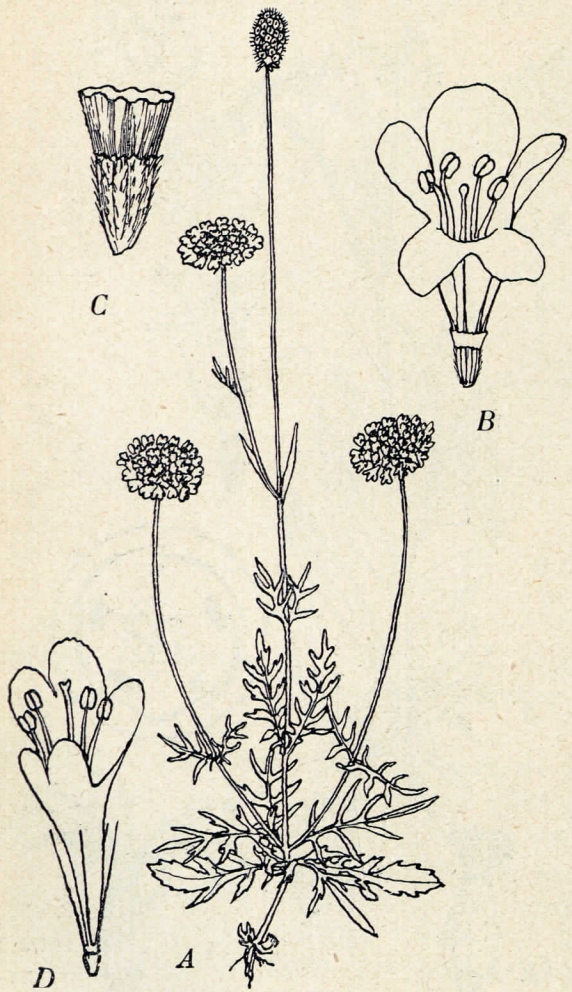
219. Synantherae. Są to przeważnie (we florze polskiej wyłącznie) rośliny zielne (drzewiastych jest 23%), o skrętoległych liściach. Kwiaty ich są z reguły 5-krotne, wszystkie obupłciowe albo w części żeńskie, promieniste lub grzbieciste, często skupione w koszykach. Okółek pręcików jest pełny, okółek owocolistków zwykle niepełny. Najbardziej charakterystyczną cechą są pręciki złączone ze sobą pylnikami. Zalążnia jest dolna, różnie urządzona.

Najważniejsze rodziny tego rzędu są to dzwonkowate *(Campanulaceae)*, lobeljowate *(Lobeliaceae)* i złożone *(Compositae)*. Różnice i podobieństwa, zachodzące między niemi, można uwidocznić przy pomocy następującej tabeli:



Ryc. 772. *Valeriana officinalis.* — *A* Pokrój. — *B* Kwiat. — *C* Kwiat w przekroju podłużnym. — *D* Diagramat. — *E* Owoc niedojrzały. — *F* Owoc dojrzały. — Według Strasburgera.

A) Każdy kwiat ma osobną szypułkę nawet w bardzo gęstych kwiatostanach. Kielich normalny. Zalążki liczne.
a) Korona promienista. Pręciki wolne. Zalążnia 3 albo 5-krotna, o tyluż komorach. *Campanulaceae.*
b) Korona grzbiecista. Pręciki zrośnięte pylnikami. Zalążnia 2-krotna, 2-komorowa. *Lobeliaceae.*
B) Kwiaty promieniste albo grzbieciste, albo jedne i drugie, skupione w koszykach. Kielicha niema albo jest wykształcony w formie puchu. Zalążnia 2-krotna, 1-komorowa z pojedyńczym zalążkiem. *Compositae.*

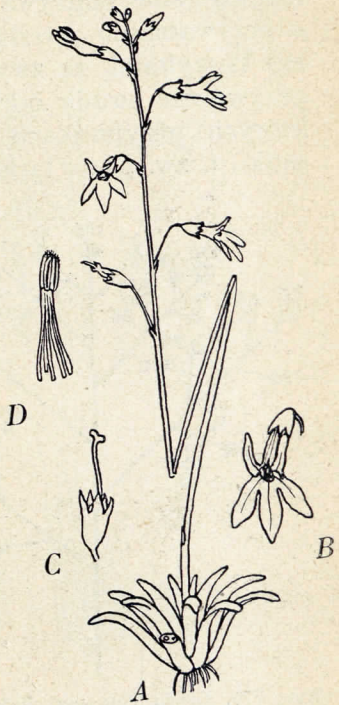


Ryc. 773. *Scabiosa ochroleuca.* — *A* Pokrój. — *B* Pojedyńczy kwiat z kieliszkiem. — *C* Kieliszek osobno. — *D* Kwiat osobno. — Według STRASBURGERA.

Dzwonkowate skutkiem niezrastania się pręcików stanowią nietypową formę omawianego rzędu. Łączą się one jednak ściśle z lobeljowatemi, gdyż niektóre rodzaje mają zrośnięte pylniki, inne znowu dwukomorową zalążnię. Flora polska liczy sporo gatunków, należących przeważnie do rodzaju dzwonek *(Campanula)*, o charakterystycznych, dużych, błękitnych kwiatach. Owocem dzwonków jest torebka, otwierająca się okrągłemi dziurkami. Jest rzeczą ciekawą, że dziurki tworzą się w górnej części torebki, jeżeli torebka jest zwisła, natomiast tworzą się w dolnej części, jeżeli jest wzniesiona do góry. W ten sposób nasiona we

wszystkich przypadkach wysypują się z torebek stopniowo, co zapobiega gromadzeniu się ich w jednem miejscu wpobliżu rośliny macierzystej.

Lobeljowate mają tylko jednego przedstawiciela we florze polskiej: lobelję jeziorną *(Lobelia Dortmanna)*. Jest to rzadka roślina wodna, występująca tylko na północy: w kilkunastu miejscach na Pomorzu, a nadto w Świtezi (ryc. 774).

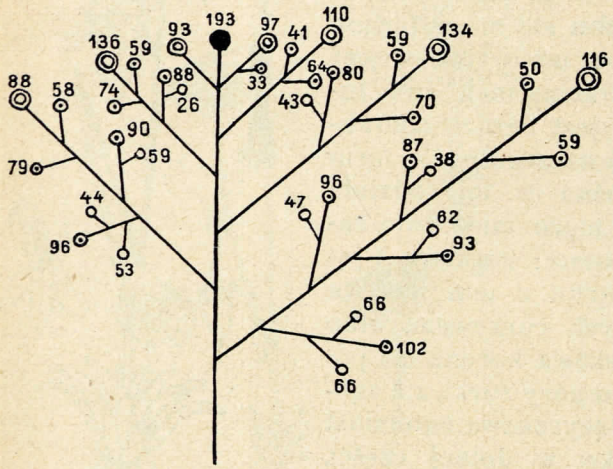


Ryc. 774. *Lobelia Dortmanna.* — *A* Pokrój. — *B* Kwiat. — *C* Kwiat bez korony i pręcików. — *D* Pręciki. — Według BENTHAMA.

Rodzina złożonych jest największą rodziną świata roślinnego, liczącą z górą 900 rodzajów i 13 tysięcy gatunków. Bardzo charakterystyczna jest dla niej budowa kwiatów i kwiatostanów. Kielicha w kwiatach niema wcale albo wykształca się on w formie puchu, złożonego z mniej lub więcej licznych włosków, szczecinek lub łusek. Forma puchu jest bardzo charakterystyczna dla poszczególnych form i grup, jakie można w tej rodzinie wyróżnić. Korona może mieć dwie zasadniczo różne postaci: rurkową i języczkową. W związku z tem nazywa się kwiaty złożonych rurkowemi albo języczkowemi. Rurkowa korona ma postać rozszerzonej u góry rurki, z 5 ząbkami na brzegu. Języczkowa natomiast jest rurkową tylko w dolnej części, wyżej zaś przechodzi w płaski, odgięty w bok języczek z 3 albo 5 ząbkami na końcu. Języczkowa korona w stadjum początkowem ma postać rurki, która jest rozcięta wzdłuż z wyjątkiem małego kawałka dolnego. Dopiero przy zakwitaniu rozwija się ona i rozpłaszcza. Pręciki mają krótkie nitki, umocowane w górnej części korony na jej wewnętrznej stronie. Pylniki są ze sobą zrośnięte, tworząc rurkę, przez którą przechodzi szyjka. Słupek jest dwukrotny, co ujawnia się w dwudzielności szyjki. Zalążnia jednak jest jednokomorowa, z pojedyńczym zalążkiem. Znamię, w znaczeniu powierzchni, do której przylepiają się ziarenka pyłku, znajduje się na wewnętrznej stronie odnóg szyjki. Zajmuje ono tam całą powierzchnię

albo tworzy tylko dwa paski po brzegach. Owocem jest niełupka z pozostającym albo nawet rozrastającym się na jej szczycie puchem. Dzięki niemu owoce złożonych są z łatwością roznoszone przez wiatr.

Niemniej charakterystyczne są dla złożonych kwiatostany. Drobne ich kwiaty są skupione na wspólnem dnie kwiatowem tak gęsto, że kwiatostan robi wrażenie pojedyńczego kwiatu. Ekologicznie odgrywa on zresztą rolę kwiatu, o ile chodzi np. o przywabianie owadów. Kwiatostany takie, zwane jak wiadomo koszykami, są zwykle duże i okazałe, łatwiej przeto mogą przywabiać owady od drobnych, pojedyńczych kwiatów. W niektórych przypadkach przy poszczególnych kwiatach są przysadki, t. zw. plewinki; przeważnie jednak ich niema. Prawie zawsze natomiast koszyk jest otoczony okrywą (involucrum), złożoną z suchych, plewowatych albo rzadziej zielonych liści. Okrywa stanowi jakgdyby kielich, ochraniający ten „złożony“ kwiat.



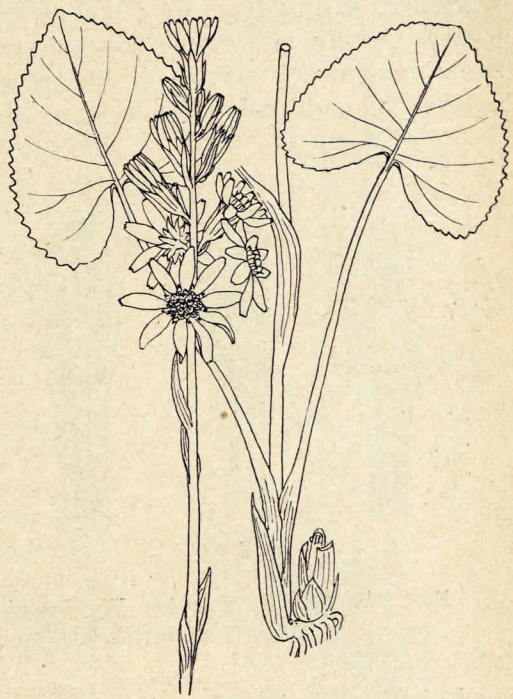
Ryc. 775. *Inula Conyza.* Schemat kwiatostanu z podaniem ilości kwiatów w poszczególnych koszykach według pewnego okazu wziętego na chybił trafił.

Bardzo ciekawą jest forma wzrostu złożonych. Wzrost łodygi i jej gałęzi jest ograniczony skutkiem tego, że na szczycie tworzy się koszyk. Jak to już było wyjaśnione w ustępie 175 (ryc. 666), najpierw rozwija się koszyk szczytowy na głównej łodydze, potem na najbliższej gałęzi, następnie na drugiej zkolei i t. d. To samo dzieje się na gałęziach drugiego rzędu. Powstaje w ten sposób wielopromienista wierzchotka, która zwykle ma bardzo charakterystyczny wygląd, gdyż wszystkie gałęzie dorastają do tego poziomu, na którym znajduje się szczytowy koszyk głównej łodygi. Tego rodzaju kwiatostan niesłusznie jest nazywany baldachogronem.

Wykształcenie koszyków na różnych gałęziach kwiatostanu jest niejednakowe: szczytowy koszyk zawiera więcej kwiatów

niż sąsiednie koszyki boczne. Najbliższy koszyk boczny ma zawsze najmniej kwiatów, następne coraz więcej i dalsze koszyki zwykle dochodzą do tej samej ilości kwiatów, co koszyk szczytowy. To samo powtarza się na każdej bocznej gałęzi i na wyrastających z niej gałęziach dalszych rzędów. Czasem różnice te są bardzo duże i opisana prawidłowość w wykształceniu koszyków występuje bardzo jaskrawo. Wymowną ilustracją tego jest ryc. 775, przedstawiająca budowę kwiatostanu w pewnym okazie *Inula Conyza.*

Opisana powyżej wierzchotkowa budowa kwiatostanu utrzymuje się w całej rodzinie nawet wtedy, kiedy boczne gałęzie nie dorastają do tego samego poziomu, co główna łodyga, i kiedy skutkiem tego kwiatostan przybiera postać wiechy (np. u bylicy *[Artemisia]*). Jedynie w rodzaju języcznik *(Ligularia)* kwiatostan jest zasadniczo odmienny i ma postać zwykłego grona, w którem zakwitanie odbywa się od dołu i postępuje ku górze.

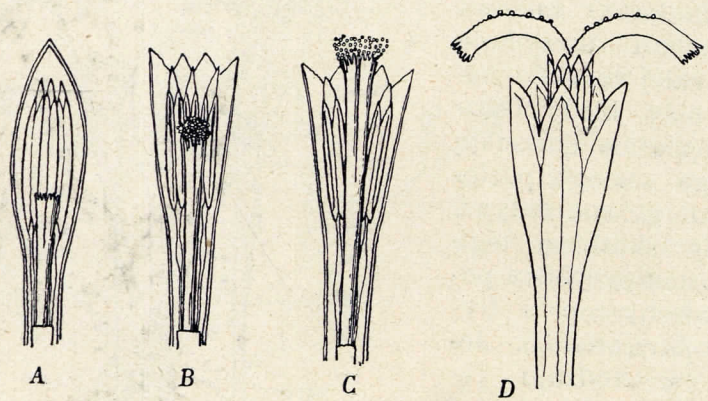


Ryc. 776. *Ligularia sibirica.* Kwiatostan i liście odziomkowe. — Według Reichenbacha.

Ostatni zakwita nie koszyk szczytowy, ale górny, osadzony bezpośrednio pod szczytem (ryc. 776). Ale nawet w tym przypadku wykształcenie koszyków podlega ogólnemu prawidłu: koszyk szczytowy, jakkolwiek zakwita jeden z ostatnich, zawiera najwięcej kwiatów, następny ma ich najmniej, dalsze coraz więcej. Mamy tu ciekawy przypadek korelacji w rozwoju rośliny.

Zapylanie u złożonych odbywa się, poza nielicznemi wyjątkami, przy współudziale owadów. Jest ono bardzo utrudnione skutkiem tego, że pylniki otwierają się po stronie wewnętrznej i pyłek wysypuje się do wnętrza wąskiej rurki pylnikowej; grozi mu zatem pozostanie w tej rurce bez możności

zapylenia znamion. Temu zapobiega wymiatanie pyłku przez wydłużającą się szyjkę słupka. W czasie, kiedy pyłek zaczyna wysypywać się z pylników, szyjka ma stulone obie odnogi i rosnąc, zaczyna wsuwać się do rurki pylnikowej (ryc. 777). Przy pomocy odstających włosków, pokrywających zewnętrzną powierzchnię odnóg szyjki albo osadzonych pękiem na szczycie tych odnóg, szyjka wymiata pyłek z rurki pylnikowej nazewnątrz, gromadząc go u wylotu rurki albo unosząc jeszcze wyżej. Owady, zbierające nektar, zmiatają go i przenoszą na znamiona innych starszych kwiatów, w których szyjka wysunęła się ponad rurkę pręcików i odsłoniła znamiona skutkiem

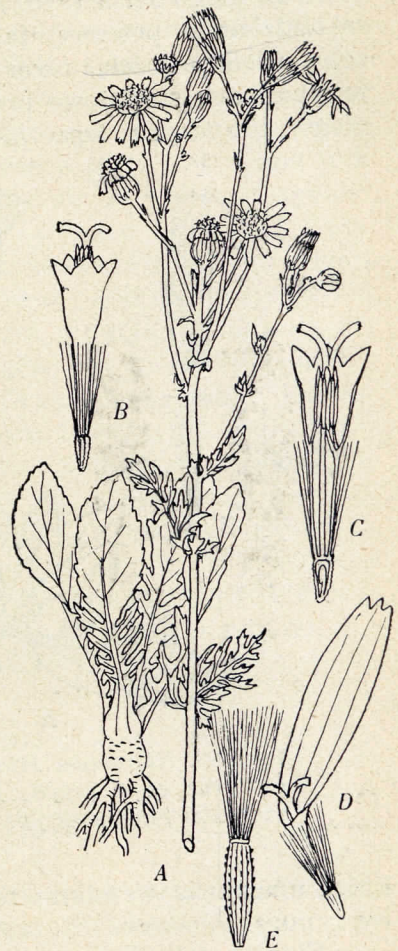


Ryc. 777. *Senecio cruentus.* Wymiatanie pyłku z rurki pylnikowej przez szyjkę. Według HOFFMANNA.

rozchylenia odnóg. Mamy tu zatem kwiaty wyraźnie przedprątne. U niektórych gatunków (np. u chabrów *[Centaurea]*) wymiatanie pyłku z rurki pylnikowej odbywa się nie przez wzrost szyjki, lecz przez raptowne obsuwanie się wdół pylników, które następuje skutkiem kurczenia się nitek pod działaniem dotknięcia. W przyrodzie wywołują to zjawisko owady, wpuszczając swoje części pyszczkowe do rurki korony w poszukiwaniu nektaru. Pyłek skutkiem tego zostaje wymieciony wprost na ciało owada. O tych ruchach pręcików będzie jeszcze mowa w fizjologji.

Złożone dzielą się na dwie podrodziny: rurkowe *(Tubiflorae)* i języczkowe *(Liguliflorae)*. U pierwszych koszyki składają się z samych tylko kwiatów rurkowych albo zawierają w środku kwiaty rurkowe a po brzegach w jednym lub kilku rzędach kwiaty języczkowe (ryc. 778). W drugiej podrodzinie

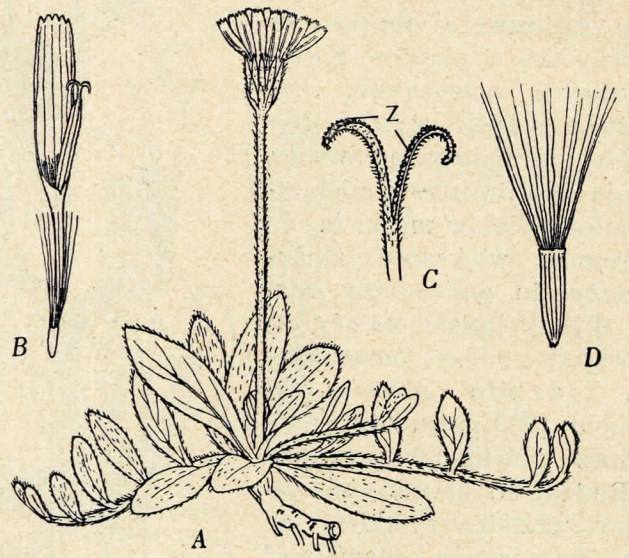
wszystkie kwiaty są języczkowe (ryc. 779). Trzeba przytem zauważyć, że kwiaty języczkowe w obu przypadkach nie są jednakowe. Kwiaty języczkowe w podrodzinie rurkowych są zawsze pozbawione pręcików, a nieraz mają także słupek nierozwinięty i są wówczas bezpłodne. Nadto języczek w tym przypadku ma na końcu tylko trzy ząbki skutkiem zaniku dwóch płatków. W przeciwieństwie do tego w podrodzinie języczkowych kwiaty języczkowe są zawsze obupłciowe i mają wszystkie 5 płatków. Kwiaty rurkowe są obupłciowe, czasem jednak słupek w nich nie wykształca się należycie; wtedy nie wydają one owoców i spełniają czynności kwiatów męskich.



Ryc. 778. *Senecio Jacobaea.* — *A* Pokrój. — *B* Kwiat rurkowy. — *C* Kwiat rurkowy w przekroju podłużnym. — *D* Kwiat języczkowy. — *E* owoc. — Według SCHLECHTERDAHLA.

Ogromna większość złożonych należy do podrodziny rurkowych. Między innemi należy do niej największy rodzaj omawianej rodziny, starzec *(Senecio)*, liczący około 1200 gatunków, z tego we florze polskiej 25 (ryc. 666 i 778). Rodzaj to niezmiernie interesujący, przedewszystkiem ze względu na wielką rozmaitość w wykształceniu pędów: są tu formy zielne i drzewiaste, kseromorficzne o drobnych liściach albo o grubych, soczystych łodygach, i formy cieniste o wielkich, delikatnych liściach, pędy prosto stojące i pnące się, nagie i gęsto owłosione i t. d., niema tylko epifitów. Ciekawe jest także rozmieszczenie geograficzne gatunków starca: zasięg tego rodzaju obejmuje wszystkie lądy. Występują starce przytem na wszelkich możliwych stanowiskach: od wybrzeży morskich do najwyższych szczytów, od pustyń do gęstych lasów i bagien; nie rosną tylko w wodzie.

Podrodzina języczkowych charakteryzuje się poza kształtem korony jeszcze obecnością siatkowatych naczyń mlecznych. Na szczególną uwagę zasługuje w niej rodzaj jastrzębiec *(Hieracium)* ze względu na ogromną zmienność należących do niego form (ryc. 779). Poszczególne gatunki jego nie są oddzielone przerwą, jak to powinno być, lecz łączą się ze sobą wielką ilością form pośrednich, stanowiących w wielu przypadkach stopniowe przejście od jednego gatunku do drugiego. Przyczyną tego niezwykłego zjawiska jest apogamja,



Ryc. 779. *Hieracium Pilosella.* — *A* Pokrój. — *B* Kwiat. — *C* Górna część szyjki; *Z* znamiona na wewnętrznej powierzchni ramion szyjki. — *D* Owoc. — Według Bonniera.

która umożliwia wszelkim mieszańcom rozmnażanie bez zmiany typu.

Flora polska liczy wielu przedstawicieli tej rodziny. Z podrodziny rurkowych można wymienić naprzykład następujące rodzaje: stokrotka *(Bellis)*, aster *(Aster)*, szarotka *(Leontopodium)*, oman *(Inula)*, rumianek *(Matricaria)*, krwawnik *(Achillea)*, złocień *(Chrysanthemum)*, bylica *(Artemisia)*, starzec *(Senecio)*, języcznik *(Ligularia)*, oset *(Carduus)*, ostrożeń *(Cirsium)*, chaber *(Centaurea)* i inne. Z podrodziny języczkowych zasługują na uwagę rodzaje: podróżnik *(Cichorium)*, mniszek *(Taraxacum)*, sałata *(Lactuca)*, jastrzębiec *(Hieracium)* i inne.

Niektóre gatunki złożonych są hodowane dla celów utylitarnych, np. słonecznik *(Helianthus annuus)*, albo dla ozdoby, jak astry *(Callistephus chinensis)*, georginje *(Dahlia variabilis)*, cinerarje *(Senecio cruentus)* i inne.

Z punktu widzenia morfologji ogólnej bardzo ciekawe są kwiaty języczkowe u złożonych. Są one w podrodzinie *Tubiflorae* ułożone często w jeden okółek, stanowią przeto doskonały materjał do badania okółkowego układu liści i gałęzi w pędach. Porównując ze sobą różne okółki, można wykazać, że najczęstsza liczebność członów w nich jest równa jednej z liczb szeregu Fibonacci'ego (por. str. 267) albo iloczynowi takiej liczby przez 2^n. Jest to t. zw. prawo Ludwiga. Pędy wegetatywne dają mało materjału dla uzasadnienia tego prawa z powodu zbyt małej liczebności liści w okółkach (przeważnie 2, 3 i 4). Lepszego materjału dostarczają okółki kwiatowe (por. str. 552), ale nawet w nich ilość członów jest stosunkowo mała; już liczba 8 jest dosyć rzadka *(Dryas octopetala)*, jeszcze rzadsza jest 13-tka (płatki u *Helleborus*), wyższych liczb z szeregu Fibonacci'ego nie stwierdzono. Natomiast w okółkach kwiatów języczkowych liczby 13 i 21 są bardzo pospolite (np. w rodzajach *Senecio* i *Chrysanthemum*), a spotyka się także 34 (np. u *Bellis perennis*) i nawet dalsze wyrazy szeregu (u słonecznika). Powyższe dane dotyczą tylko koszyków szczytowych, koszyki boczne nie stosują się do prawa Ludwiga.

ROZDZIAŁ XL.

JEDNOLIŚCIENNE

220. Podział na rzędy. Jednoliścienne *(Monocotyledones)* dzielą się na 8 rzędów, które można scharakteryzować przy pomocy następującej tabeli:

A) Owocolistki wolne. Unerwienie liści równoległe. *Helobiae.*

B) Owocolistki zrośnięte.

a) Kwiatostany mniej lub więcej rozpierzchłe, o cienkich osiach. Unerwienie liści równoległe, tylko u *Scitamineae* pierzaste.

α) Kwiaty z okazałym barwnym okwiatem, nie otoczone łuskowatemi przykwiatkami.

I. Okwiat promienisty. Okółki pręcików pełne.

1. Wszystkie listki okwiatu barwne. Zalążki odwrócone. Nasiona z mięsistem bielmem otaczającem zarodek. *Liliiflorae.*
2. Zewnętrzne listki okwiatu zielone, wewnętrzne barwne. Zalążki proste. Nasiona z mącznistem bielmem i zarodkiem przylegającym do niego zboku. *Enantioblastae.*

II. Okwiat grzbiecisty albo niesymetryczny. Okółki pręcików niepełne.
1. Pręciki wolne. Unerwienie liści pierzaste. *Scitamineae.*
2. Pręciki zrośnięte ze słupkiem. Unerwienie liści równoległe. *Gynandrae.*

β) Kwiaty bez okwiatu albo z bardzo niepozornym okwiatem, otoczone łuskowatemi przykwiatkami. *Glumiflorae.*

b) Kwiatostany gęste, kłosokształtne, z grubą osią, w której często kwiaty są zagłębione.
a) Liście o unerwieniu pierzastem albo dłoniastem. *Spadiciflorae.*
β) Liście o unerwieniu równoległem. *Pandanales.*

221. Helobiae. Rząd ten odgrywa wśród jednoliściennych podobną rolę, jak *Ranales*, *Magnoliales* i *Rosales* pomiędzy dwuliściennemi: owocolistki są tu z reguły wolne. Urządzenie kwiatów poza tem jest odmienne od kwiatów wspomnianych rzędów dwuliściennych. Ułożenie części ich jest okółkowe, poza nielicznemi przypadkami, kiedy pręciki i owocolistki występują w dużej ilości i są wtedy ułożone spiralnie. Okółki są przeważnie 3-członowe. Są to wodne albo błotne rośliny, mające wiele osobliwości morfologicznych, pozostających w związku z tym sposobem życia.

Najważniejsze rodziny tego rzędu są następujące: żabieńcowate *(Alismaceae)*, łączniowate *(Butomaceae)*, żabiścickowate *(Hydrocharitaceae)* i rdestnicowate *(Potamogetonaceae)*. Wzajemne ich stosunki można uwidocznić przy pomocy następującej tabeli:

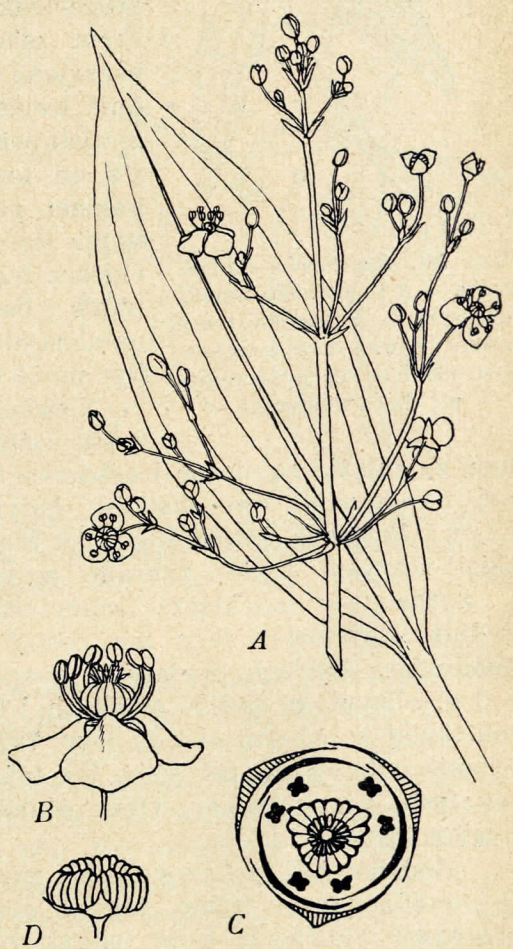
A) Okwiat barwny, okazały, przeważnie zróżnicowany na kielich i koronę.
a) Owocolistki wolne. Zalążnia górna.
α) Zalążki pojedyńcze, osadzone na częściach owocolistków, zwróconych ku środkowi kwiatu. *Alismaceae.*

β) Zalążki liczne, osadzone na całej wewnętrznej powierzchni owocolistków. *Butomaceae.*
b) Owocolistki zrośnięte. Zalążnia dolna. *Hydrocharitaceae.*

B) Okwiat drobny, błoniasty, czasem niema go wcale. Owocolistki wolne. *Potamogetonaceae.*

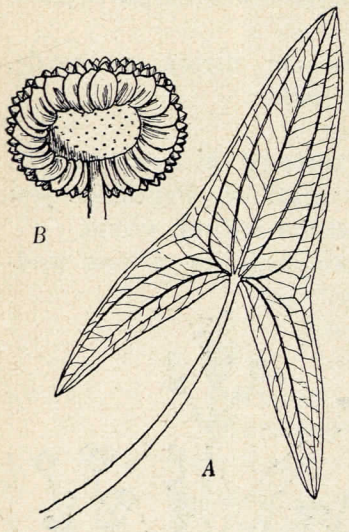
Żabieńcowate mają okwiat złożony z 3 sztywnych i mocnych działek i z 3 delikatnych płatków. Pręcików jest ilość rozmaita. Owocolistki również w ilości różnej, wolne.

Jako przykład można przytoczyć pospolite u nas wodne rośliny: żabieńca *(Alisma Plantago)* (ryc. 780) i strzałkę wodną *(Sagittaria sagittifolia)* (ryc. 645 i 781). Obie te rośliny rosną zakorzenione na dnie zbiorników ze stojącą albo wolno płynącą wodą. Liście są zebrane w rozetkę i łodyga, uwieńczona kwiatostanem, jest bezlistna. U żabieńca liście są lancetowate. U strzałki pierwsze liście są wstęgowate, wiotkie, całkowicie zanurzone w wodzie, dalsze są sztywne, wysuwają się ponad wodę i mają strzałkowatą blaszkę na długim ogonku. Pomiędzy temi formami liści są zresztą także pośrednie. Blaszka liściowa strzałki wodnej, pomimo odmiennego kształtu, ma zasadniczo tak samo typowe dla jednoliściennych unerwienie, jak blaszka żabiścieku. Nerwy tak samo odchodzą



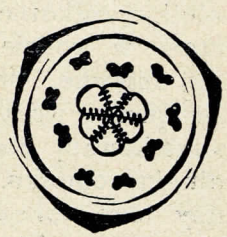
Ryc. 780. *Alisma Plantago.* — *A* Kwiatostan i liść. — *B* Kwiat. — *C* Diagramat. — *D* Owoc. — Według Wossidlo.

od nasady ogonka i schodzą się na szczycie blaszki; tylko kilka nerwów kieruje się do trójkątnych wyrostków u podstawy blaszki, ale one odchodzą także od tego samego miejsca. Kwiatostany, mające postać wiechy z okółkowo ułożonemi gałęziami, wysuwają się ponad wodę. Zapylanie odbywa się przez owady. Kwiaty żabieńca mają jeden 6-krotny okółek pręcików, który powstał przez rozszczepienie z normalnego 3-krotnego. Owocolistki są liczne, z pojedyńczym zalążkiem w każdym z nich, ustawione w okółek na płaskiem dnie kwiatowem. Owoc jest złożony z niełupek. Kwiaty strzałki różnią się od kwiatów żabieńca zróżnicowaniem płciowem: dolne w kwiatostanie są żeńskie, górne — męskie. Oprócz tego dno kwiatowe jest wypukłe i bardzo liczne owocolistki są na niem ułożone w kilka okółków albo być może spiralnie. Pręciki są liczne.



Ryc. 781. *Sagittaria sagittifolia.* — *A* Unerwienie blaszki liściowej. — *B* Owoc widziany zboku; pewna część owocków jest usunięta dla uwidocznienia dna kwiatowego.

Niewielka rodzina łączniowatych różni się od poprzedniej tylko tem, że zalążki są liczne i osadzone na całej prawie wewnętrznej powierzchni owocolistków. Jedyny krajowy gatunek, łączeń *(Butomus umbellatus)*, ma równowąskie, soczyste liście, zebrane w rozetkę i wyrastające z kłącza zakorzenionego w dnie. Kwiatostan jego ma postać przypominającą baldach. Kwiaty są obupłciowe, z 9 pręcikami w dwóch okółkach i 6 owocolistkami w jednym okółku (ryc. 782). Zapylanie odbywa się, tak samo jak u żabieńcowatych, przez owady. Owoc składa się z mieszków.

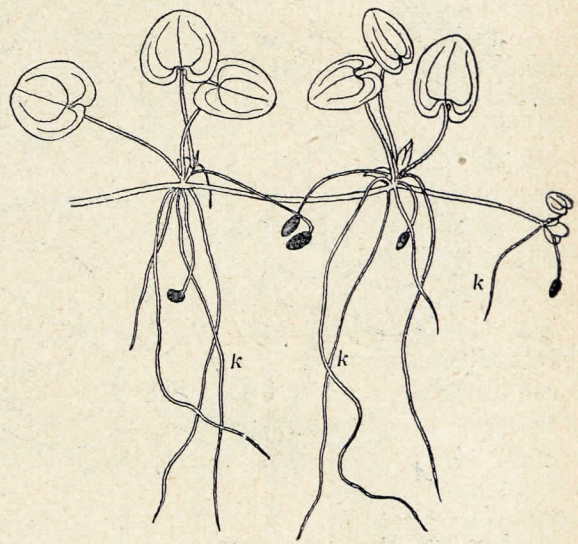


Ryc. 782. *Butomus umbellatus.* Diagramat kwiatu. — Według Warminga.

Rodzina żabieńcowatych ma kwiaty urządzone tak samo, jak w obu poprzednich rodzinach, z tą jednak różnicą, że owocolistki są ze sobą zrośnięte, tworząc dolną jednokomorową zalążnię ze ściennemi łożyskami, które niekiedy silnie wystają i schodzą się w środku zalążni. Połączenie owocolistków jest jednak niezupełne, bo szyjki pozostają wolne. Szyjki te są zwykle dwudzielne. Kwiaty są zawsze dwupienne. Kwiatostany są otoczone okrywą, złożoną z dwóch (rzadziej jednego) błonkowatych liści, zwykle zrośniętych ze sobą.

We florze polskiej mamy z tej rodziny czterech przedstawicieli: żabiścieka *(Hydrocharis Morsus ranae)*, osokę *(Stratiotes aloides)*, przesiąkrę *(Hydrilla verticillata)* i moczarkę albo elodeę *(Elodea canadensis)*. Ostatnia z tych roślin pochodzi z Ameryki północnej. Wszystkie te cztery rośliny nie umocowują się na dnie i pływają swobodnie w wodzie.

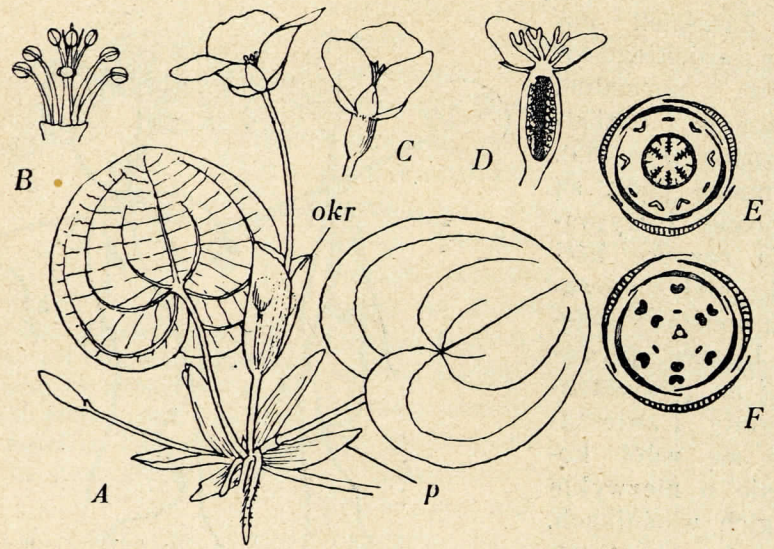
Żabiściek ma pędy dwojakiego rodzaju: normalne, ulistnione i bezlistne rozłogi (ryc. 783). Normalne pędy są skrócone i wytwarzają rozetkę liści o okrągłej, sercowato u podstawy wciętej blaszce, pływającej na powierzchni wody, i zwieszające się wdół korzenie o niezwykle długich włośnikach. U podstawy ogonka są dwa duże błonkowate przylistki. Z pachwin tych liści wyrastają długie, bezlistne rozłogi, które wytwarzają na końcu znowu takie same skrócone, ulistnione pędy. W jesieni rozłogi wytwarzają na końcu osobne śpiące pączki, które odrywają się i spadają na dno. Po przezimowaniu w szlamie pączki te rozwijają się i wypływają na powierzchnię. Kwiaty są rozdzielnopłciowe, dwupienne, owadopylne (ryc. 784). Kwiatostany wyrastają z pachwin liści; męskie są 3-kwiatowe, żeńskie 1-kwiatowe. Okwiat jest jednakowy w męskich i żeńskich kwiatach, złożony z 3 działek i 3 płatków. Pręcikowie w męskich kwiatach jest złożone z 4 trzykrotnych okółków. Pręciki są częściowo ze sobą zrośnięte, częściowo mają niewykształcone pylniki. Słupek jest



Ryc. 783. *Hydrocharis Morsus ranae.* Część rośliny z rozłogami, korzeniami (*k*) i zimowemi pączkami (oznaczonemi czarną barwą). — Według A. Arber.

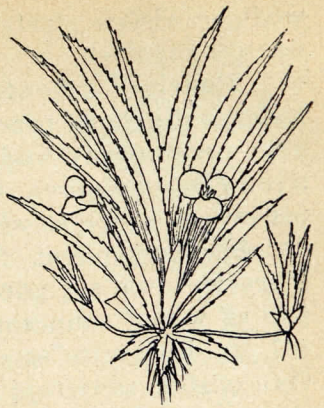
złożony z 6 owocolistków i ma 6 dwudzielnych szyjek. Zalążnia jest opatrzona 6 silnie wystającemi blaszkowatemi łożyskami, dzielącemi ją na 6 komunikujących się ze sobą komór.

Osoka ma kwiaty bardzo podobne do kwiatów żabiścieku i podobną budowę narządów wegetatywnych, tylko liście jej nie są okrągłe, lecz równowąskie, o piłkowanym brzegu i rozłogi są stosunkowo krótkie (ryc. 785). Pączki zimowe nie tworzą się, lecz cała roślina opada na zimę na dno i wypływa z nastaniem wiosny na powierzchnię.

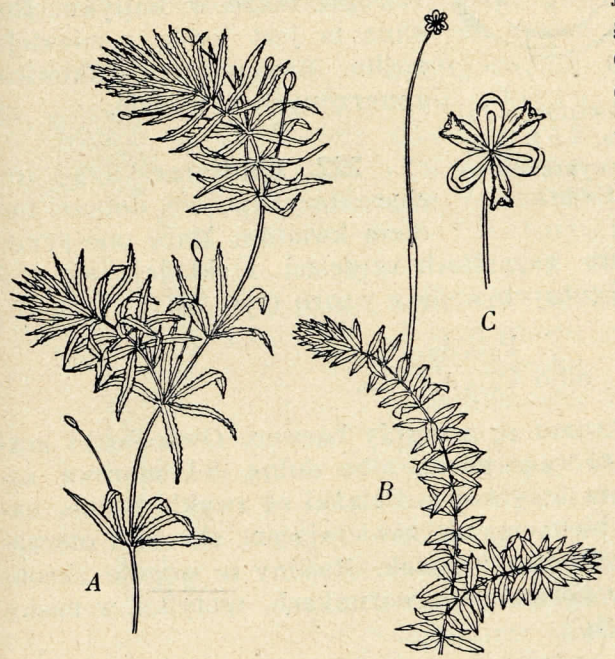


Ryc. 784. *Hydrocharis Morsus ranae.* — *A* Męski osobnik kwitnący; *p* przylistki, *okr* okrywa kwiatostanu. — *B* Kwiat męski bez okwiatu. — *C* Kwiat żeński. — *D* Przekrój podłużny żeńskiego kwiatu. — *EF* Diagramaty kwiatów męskiego i żeńskiego. — Według WETTSTEINA.

Przesiąkra i moczarka mają morfologję odmienną. Pędy tych dwóch roślin są wydłużone, z okółkowemi, wąskiemi, na brzegu drobno ząbkowanemi liśćmi. Pędy te nie mają korzeni i pływają swobodnie w wodzie. Skróconych pędów ani rozłogów niema (ryc. 786). Obie te rośliny są bardzo zbliżone do siebie i niekiedy są łączone w jeden rodzaj *Udora*. Kwiaty ich są drobne, zapylane przez wiatr. Dzieje się to w ten sposób, że kwiaty żeńskie wysuwają się z wody, zaś męskie odrywają się i pływają swobodnie na powierzchni wody. Tego zjawiska w Polsce obserwować nie można, bo rosną u nas tylko żeńskie osobniki. Kwiaty męskie były obserwowane tylko poza granicami Europy. Rozmnażanie tych roślin w naszym kraju odbywa się tylko wegetatywnie przez rozpadanie się pędów na części. Co się tyczy budowy kwiatów, to one różnią się od kwiatów żabiścieku i osoki przedewszystkiem słupkowiem, które składa się tylko z 3 owocolistków i ma zalążnię o łożyskach niewystających, z małą ilością zalążków. Pręcików jest u przesiąkry 3, u moczarki 9. Przesiąkrę w Polsce spotyka się bardzo rzadko; znaleziono ją tylko w niektórych jeziorach w okolicach Wilna. Poza tem rośnie ona w bardzo rozproszonych stanowiskach w północnej Europie: na Litwie, w Prusach Książęcych, w Niemczech koło Szczecina i w jednem miejscu w Anglji. Główny jej zasięg rozciąga się gdzie indziej: w południowo-wschodniej Azji, środkowej Afryce i Australji. Mało roślin ma tak silnie rozerwany zasięg. Moczarka jest, jak to już było podane, rośliną północno-amerykańską. W swojej ojczyźnie tworzy ona nietylko osobniki męskie i żeńskie, ale także obupłciowe. Do Europy zostały zawleczone tylko osobniki żeńskie. Tu rozmnożyła się ona w wielu miejscach w zastraszający sposób, po-



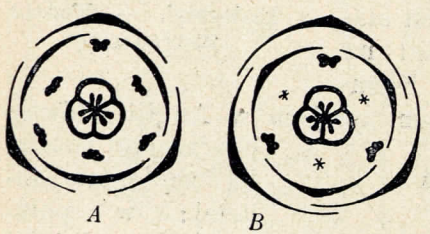
Ryc. 785. *Stratiotes aloides.* — Kwitnąca roślina z rozłogami. — Według BENTHAMA.



Ryc. 786. *A Hydrilla verticillata.* — Żeński okaz. — *B—C Elodea canadensis.* — *B* Żeński okaz. — *C* Kwiat żeński; widoczne są w nim trzy rozdwojone na końcach szyjki i nierozwinięte trzy pręciki (staminodja). — Według CASPARY'EGO.

wodując wielkie straty w gospodarstwach rybnych i w żegludze po kanałach.

Rodzina rdestnicowatych ma bardzo niepozorne kwiaty, zapylane przez wiatr albo, jeżeli są zanurzone w wodzie, przez prądy wody. Najważniejszym rodzajem jest rdestnica *(Potamogeton)*, której liczne gatunki występują nieraz masowo w stojących albo wolno płynących wodach, umocowane do dna korzeniami. Kwiaty u rdestnicy są ułożone w kłos, który wysuwa się ponad powierzchnię wody, podczas gdy liście są w niej zanurzone albo pływają na jej powierzchni (ryc. 467, *B*). Kwiaty te są obupłciowe, 4-krotne, o wzorze: $P_4 A_4 G_4$. Owocolistki zawierają po jednym zalążku. Ciekawem zjawiskiem morfologicznem są silnie rozwinięte języczki na liściach, o czem już była mowa w ust. 136. Do tej rodziny należą nadto prawie wszystkie, bardzo nieliczne rośliny nasienne, żyjące w morzu, między innemi tasiemnica *(Zostera marina)*, rosnąca także w Bałtyku. Roślina ta jest jedną z niewielu roślin nasiennych całkowicie zanurzonych w wodzie.



Ryc. 787. Diagramaty kwiatów u *Liliiflorae*. — *A Lilium*. — *B Iris;* gwiazdki oznaczają niewykształcone pręciki. — Według Eichlera.

222. Liliiflorae. Rząd ten charakteryzuje się dobrze budową kwiatów. Mają one symetrję promienistą we wszystkich częściach i składają się z 5 albo 4 okólków 3-krotnych według wzoru (ryc. 787):

$$P_{3+3}\, A_{3+3}\, G_{(3)}.$$
albo $$P_{3+3}\, A_3 \quad G_{(3)}.$$

Oba okółki okwiatu są z reguły barwne. Owocolistki zrastają się ze sobą, tworząc górną albo dolną, 3-komorową zalążnię ze środkowem łożyskiem. Zalążki są zwykle liczne, nasiona z mięsistem bielmem, nie zawierającem skrobi i otaczającem położony w środku zarodek. Rośliny te wogóle skrobi nie tworzą wcale w normalnych warunkach, nietylko w nasionach, ale i w liściach.

Najważniejsze rodziny tego rzędu są następujące: liljowate *(Liliaceae)*, amarylkowate *(Amaryllidaceae)*, kosaćcowate *(Iridaceae)* i sitowate *(Juncaceae)*. Ich wzajemny stosunek można określić przy pomocy następującej tabeli:

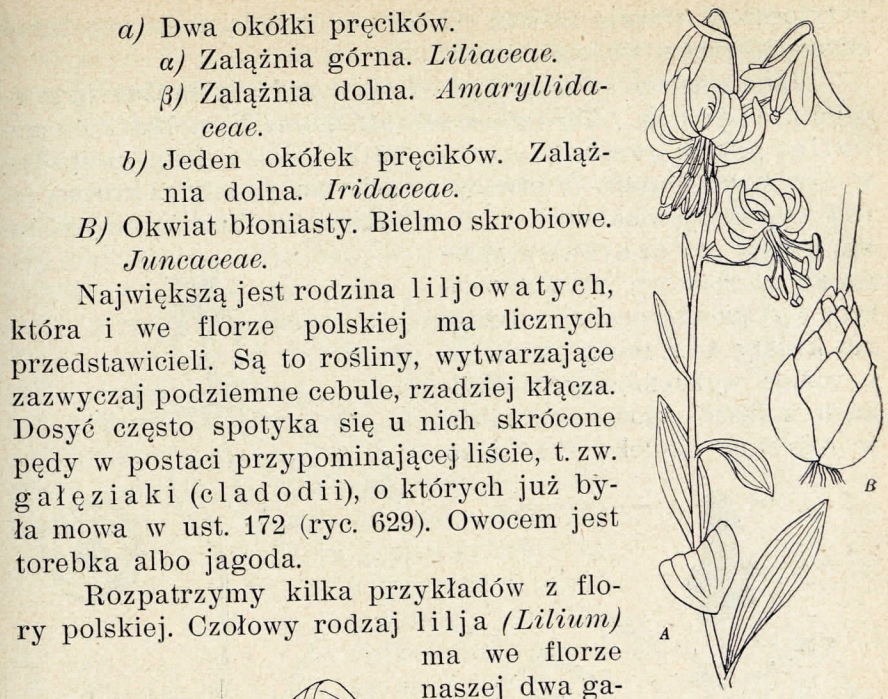
A) Okwiat barwny. Bielmo bez skrobi.

a) Dwa okółki pręcików.
α) Zalążnia górna. *Liliaceae.*
β) Zalążnia dolna. *Amaryllidaceae.*
b) Jeden okółek pręcików. Zalążnia dolna. *Iridaceae.*

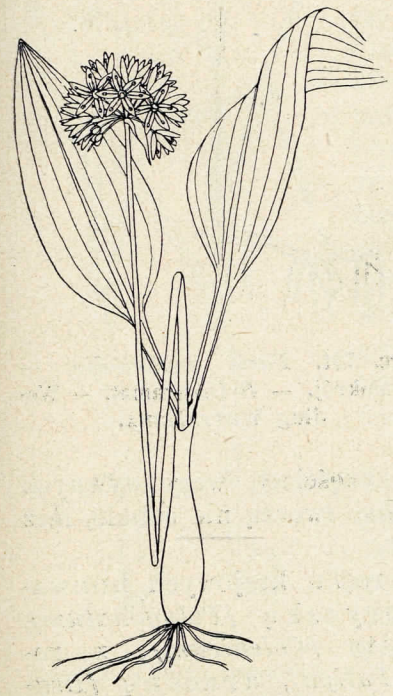
B) Okwiat błoniasty. Bielmo skrobiowe. *Juncaceae.*

Największą jest rodzina liljowatych, która i we florze polskiej ma licznych przedstawicieli. Są to rośliny, wytwarzające zazwyczaj podziemne cebule, rzadziej kłącza. Dosyć często spotyka się u nich skrócone pędy w postaci przypominającej liście, t. zw. gałęziaki (cladodii), o których już była mowa w ust. 172 (ryc. 629). Owocem jest torebka albo jagoda.

Rozpatrzymy kilka przykładów z flory polskiej. Czołowy rodzaj lilja *(Lilium)* ma we florze naszej dwa gatunki, liljęzłotogłów *(Lilium Martagon)* (ryc. 788) i liljębulwkowatą *(Lilium bulbiferum)*, oba z czerwonemi kwiatami, ułożonemi w grona. Z tych dwóch gatunków pierwszy jest szeroko rozpowszechniony w lasach całej Polski z wyjątkiem północy; drugi spotyka się tylko na Orawie. Dalej zasługuje na uwagę rodzaj czosnek *(Allium)*, z którego flora polska liczy kilkanaście gatunków. Czosnek różni się od lilji głównie swoim baldachowatym kwiatostanem. Najciekawszym gatunkiem jest czosnek niedźwiedzi *(Allium ursinum)* (ryc. 789) charakterystyczny dla cienistych lasów, towarzyszący zwykle bukowi. Oba



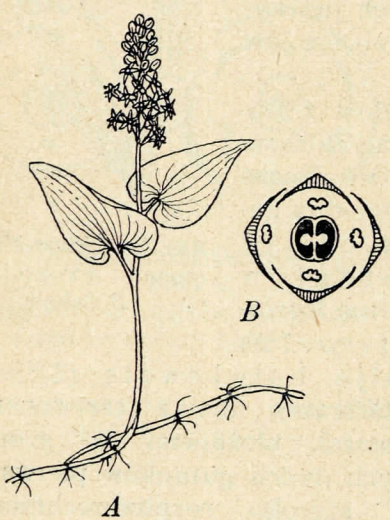
Ryc. 788. *Lilium Martagon*. — *A* Pokrój. — *B* Cebula.



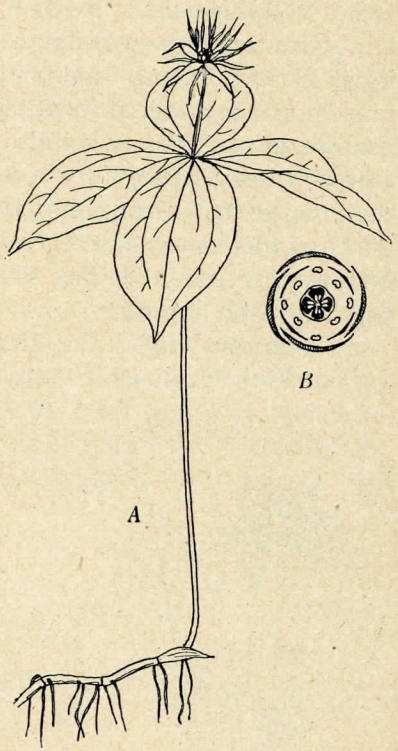
Ryc. 789. *Allium ursinum*. — Według Benthama.

przytoczone rodzaje tworzą cebule pod ziemią, a czasem i nad ziemią. Owocem ich jest torebka.

Jako postaci odbiegające od typu rodziny można przytoczyć majownik *(Majanthemum bifolium)* (ryc. 790) i czworolist *(Paris quadrifolia)* (ryc. 791), jeden i drugi pospolity w cienistych lasach. Pierwszy z nich ma kwiaty 2-krotne, co jest wogóle zjawiskiem bardzo rzadkiem; u dwuliściennych takie kwiaty ma czartawa *(Circaea)* z rodziny wiesiołkowatych *(Oenotheraceae)*. Drugi ma kwiaty 4-krotne z okwiatem o różnie wykształconych okółkach, z liśćmi ułożonemi także w 4-krotny okółek; rzadki to



Ryc. 790. *Majanthemum bifolium.* — *A* Pokrój. — *B* Diagramat kwiatu. — Według Benthama.



Ryc. 791. *Paris quadrifolia.* — *A* Pokrój. — *B* Diagramat. — Według Wettsteina.

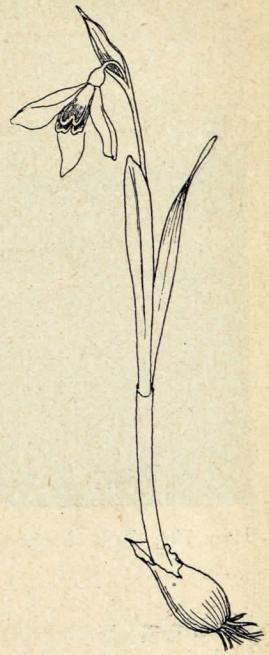
przypadek jednakowej budowy w częściach wegetatywnych i rozrodczych. Majownik i czworolist tworzą nie cebule, lecz kłącza. Owocem ich jest jagoda.

Poza tem warto przytoczyć z roślin krajowych konwalję *(Convallaria majalis)*, kokoryczkę *(Polygonatum)*, szparaga *(Asparagus)*, zimowita *(Colchicum)*; z roślin obcokrajowych: tulipana *(Tulipa)*, dracenę *(Dracaena)*, aloesa *(Aloë)*. Tulipany są ozdobą stepów. Aloesy (ryc. 627) są charakterystycznemi dla afrykańskiej flory su-

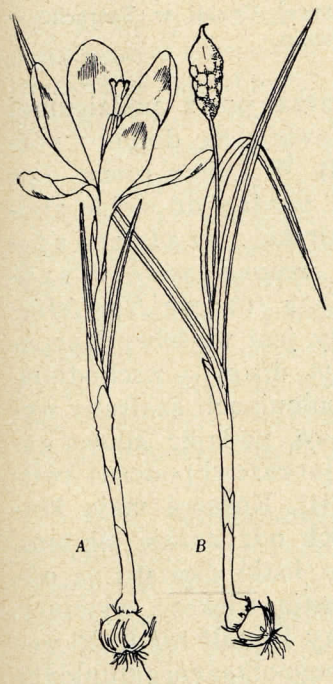
kulentami. Draceny są sławne ze swoich form drzewiastych (*Dracaena Draco*, drzewo smocze na wyspach Kanaryjskich).

Niektóre liljowate są hodowane do celów utylitarnych, jak np. szparag, czosnek; inne dla ozdoby, jak lilje, tulipany.

Amarylkowate różnią się od liljowatych tylko dolną zalążnią. Są to w ogromnej większości rośliny krajów gorących. Najciekawsze z nich są agawy *(Agave)*, rośliny o wielkich, grubych i soczystych liściach, zebranych w rozetki. Kwitną one tylko raz w życiu po kilkunastu albo kilkudziesięciu latach, wypuszczając wysoki pęd kwiatowy, poczem giną. Agawy są właściwe Ameryce, niektóre gatunki ich zaaklimatyzowały się jednak we wszystkich cieplejszych krajach. Flora krajowa liczy tylko 3 gatunki amarylkowatych, z których najpospolitszym jest przebiśnieg *(Galanthus nivalis)*, kwitnący bardzo wcześnie na wiosnę (ryc. 792). W kwiatach tej rośliny wewnętrzny okółek okwiatu jest złożony z mniejszych listków niż okółek zewnętrzny; listki te nie są czysto białe, jak zewnętrzne, lecz nieco zielonkawe. Niektóre amarylkowate są hodowane jako rośliny ozdobne, np. narcyzy, agawy.



Ryc. 792. *Galanthus nivalis.* — Według Benthama.



Ryc. 793. *Crocus scepusiensis.*—*B* Roślina kwitnąca. — *A* Roślina po przekwitnieniu, z liśćmi i owocem.

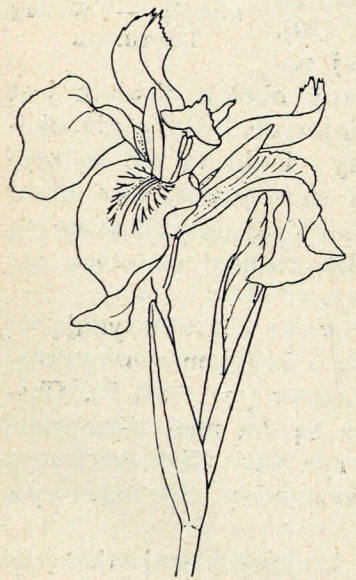
Kosaćcowate charakteryzują się dolną zalążnią i brakiem wewnętrznego okółka pręcików (ryc. 787, *B*). Charakterystyczne są dla nich liście mieczowate (por. ryc. 640). Niektóre formy mają kwiaty grzbieciste, np. mieczyk *(Gladiolus)*.

Z roślin krajowych najważniejsze są rodzaje: szafran *(Crocus)* i kosaciec *(Iris)*. Szafran jest rośliną



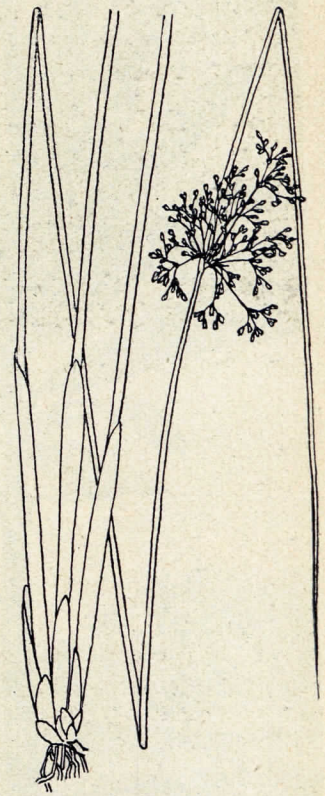
Ryc. 794. Pole kwitnącego szafranu na Toporowej Cyrhli w Tatrach. — Według fotografji Steckiego.

kwitnącą wcześnie na wiosnę. Wypuszcza on z podziemnej bulwy z początku tylko kwiat; liście zjawiają się dopiero później (ryc. 793). W Polsce rosną dwa jego gatunki bardzo do siebie zbliżone, oba górskie: szafran spiski *(Crocus scepusiensis)* i szafran Heuffela *(Crocus Heuffelianus)*. Pierwszy jest właściwy Karpatom zachodnim, drugi — wschodnim. Na halach i połoninach szafrany występują masowo, nadając liljowe zabarwienie krajobrazowi podczas kwitnienia (ryc. 794). Kosaćce mają kłącza. Kwiaty ich odznaczają się tem, że zewnętrzne listki okwiatu są odgięte wdół i mają większe wymiary oraz nieco inny kształt niż listki wewnętrzne. Najpospolitszym gatunkiem jest kosaciec żółty *(Iris Pseudacorus)*, rosnący na bagnach (ryc. 795). Liczne gatunki kosaćca są hodowane jako rośliny ozdobne dla pięknych kwiatów.



Ryc. 795. *Iris Pseudacorus.* Kwiat.

Rodzina sitowatych swojemi nikłemi kwiatami i mącznistem bielmem różni się wyraźnie od wszystkich innych rodzin omawianego rzędu. Swoim pokrojem rośliny te zbliżają się do traw. Liście są wąskie, płaskie albo walcowate. W Polsce występują dwa rodzaje: sit *(Juncus)* i kosmatka *(Luzula)*. Sity rosną na podmokłych miejscach, kosmatki na suchszych, ale cienistych stanowiskach. Sity mają pokrój kseromorficzny: bardzo wąskie, często walcowate lub pochwiaste liście z grubym nabłonkiem (ryc. 796). Stoi to w rażącej sprzeczności z wilgotnością ich siedliska. Kosmatki mają liście szersze, cienkie, opatrzone na brzegach długiemi włoskami, skąd pochodzi ich nazwa.

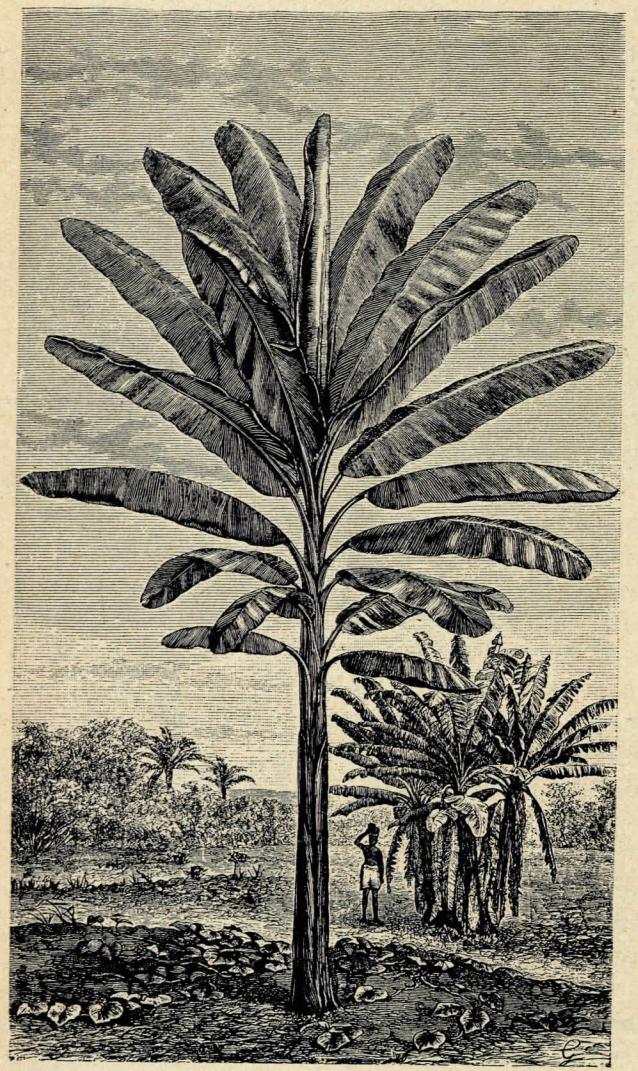


Ryc. 796. *Juncus effusus.* Pokrój. — Według Benthama.

223. Enantioblastae. Rząd ten jest zbliżony do poprzedniego i różni się od niego prostemi (nieodwróconemi) zalążkami i nasionami, które zawierają mączniste (skrobiowe) bielmo i przylegający do niego zboku zarodek. Poza tem okwiat u tych roślin jest zwykle zróżnicowany na kielich i koronę. Są to wyłącznie rośliny krajów gorących. Najważniejsze rodziny: *Bromeliaceae*, do których należą bardzo ciekawe epifity (patrz ryc. 584, 585 i 589) i *Commelinaceae*, do których należy wszędzie hodowana *Tradescantia*, tak często używana do różnych badań anatomicznych i fizjologicznych.

224. Scitamineae. Rząd ten, podobnie jak poprzedni, jest właściwy wyłącznie krajom gorącym. Charakteryzuje się on przedewszystkiem pierzastem unerwieniem liści, rzadkiem u jednoliściennych. Przez środek liścia przebiega gruby nerw środkowy, od którego po obu stronach odchodzą pod kątem prostym albo ostrym nerwy boczne, kończące się na brzegu liści. Te boczne nerwy łączą się ze sobą poprzecznemi, słabszemi nerwami, które w pewnych przypadkach, np. u bananów, są tak słabe, że nie mogą zapobiec rozrywaniu się blaszki liścio-

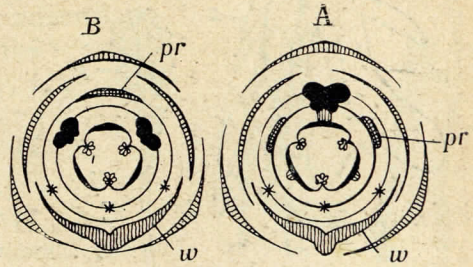
wej na łatki, złączone ze sobą tylko środkowym nerwem (ryc. 797). Kwiaty w rzędzie *Scitamineae* są grzbieciste albo asymetryczne, z okwiatem zwykle zróżnicowanym na kielich i koronę. Pręcikowie jest zawsze mniej lub więcej zredukowane. Naprzykład w rodzaju *Canna* (ryc. 681, *A*) tylko jeden pręcik jest normalnie wykształcony i wytwarza pyłek, reszta zamieniona w prątniczki o wyglądzie płatków; nawet w tym jedynym pręciku tylko połowa pylnika wytwarza pyłek, druga zaś ma postać prątniczka. Zalążnia jest dolna.



Ryc. 797. Banany *(Musa sapientium)*. Blaszki liściowe niektórych liści są porozrywane wpoprzek na łatki, złączone ze sobą tylko środkowym nerwem. — Według PECHUEL-LOESCHE.

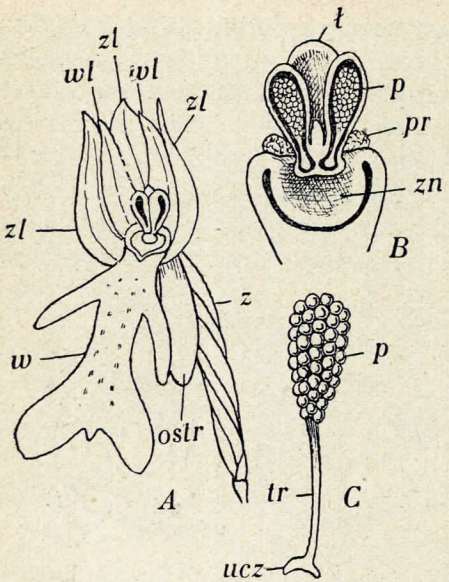
Najważniejszą rodziną tego rzędu są *Musaceae*, z których na szczególną uwagę zasługują banany *(Musa)*. Są to olbrzymie zioła, mające wygląd drzew. Ich olbrzymie liście, sięgające kilku metrów wysokości, splatają się dolną częścią swoich długich ogonków, tworząc coś w rodzaju pnia. Bezlistna kwiatowa łodyga wyrasta wśród nich, wychylając nazewnątrz kwiatostan. Owoce niektórych gatunków są jadalne i dla nich rośliny te są hodowane w gorących krajach.

225. Gynandrae. Rząd ten zawiera jedną tylko rodzinę storczyków *(Orchidaceae)*, która pod względem rozmaitości form stoi wśród nasiennych na pierwszem miejscu po złożonych, licząc zgórą 400 rodzajów i około 8000 gatunków. Kwiaty tych roślin są grzbieciste, ułożone w grono. Okwiat jest barwny i składa się z dwóch 3-krotnych okółków. Jeden z listków wewnętrznego okółka, zwany warżką (labellum), wyróżnia się swojemi wymiarami i kształtem od innych listków okwiatu. Bardzo często warżka jest uwypuklona u podstawy, tworząc ostrogę, w której gromadzi się nektar. W kwiatach nierozwiniętych warżka jest zwrócona ku górze, w stronę osi kwiatostanu. Później skutkiem spiralnego skręcenia dna kwiatowego kwiat obraca się o 180° i warżka zostaje skierowana wdół, a więc w stronę przeciwną do osi kwiatostanu. Pręcikowie jest zredukowane najczęściej do jednego pręcika. Jeżeli będziemy sprowadzali kwiat storczyków do normalnego typu jednoliściennych, urzeczywistnionego w kwiatach liljowatych, to ten jedyny pręcik będzie odpowiadał temu pręcikowi zewnętrznego okółka, który znajduje się po przeciwnej stronie kwiatu od warżki. Oprócz tego pręcika dwa najbliższe pręciki wewnętrznego okółka wykształcają się jako prątniczki (ryc. 798, *A*). W pewnych nielicznych przypadkach wykształcają się dwa pręciki zamiast jednego, a to z wewnętrznego okółka (ryc. 798, *B*). Wyjątkowo ilość pręcików wzrasta do 3 i nawet pięciu. W dalszym opisie kwiatu storczyków ograniczymy się do najczęstszego przypadku z pojedyńczym pręcikiem. Pręcik ten jest zrośnięty nitką z szyjką słupka, skutkiem czego pylnik jego znajduje się bezpośrednio ponad znamieniem (ryc. 799). Pyłek w komorach pylnika jest zlepiony w maczugowatą masę, t. zw. pyłkowinę (pollinium), opatrzoną w trzonek i na dolnym końcu tegoż w lepką blaszkę, t. zw. uczepkę. Pyłkowina jest zbyt ciężka, ażeby zapylanie



Ryc. 798. *A Epipactis*. Diagramat kwiatu; *w* warżka, *pr* prątniczki; gwiazdkami są oznaczone niewykształcone pręciki. — *B Cypripedium*. Diagramat kwiatu; te same oznaczenia. — Według EICHLERA.

mogło się odbywać przy pomocy wiatru. To też storczyki są zapylane przez owady. Pyłkowiny przylepiają się im uczepką do głowy i są w ten sposób przenoszone z kwiatu na kwiat, trafiając przytem na znamiona. Słupek storczyków składa się z trzech owocolistków, które zrastają się ze sobą i z wklęsłem dnem kwiatowem, tworząc dolną zalążnię z trzema ściennemi łożyskami. Jak to już było podane powyżej, przy rozwijaniu się kwiatu dno kwiatowe wraz z zalążnią skręca się spiralnie, obracając kwiat o 180°. Zalążki są bardzo liczne. Owocem jest torebka. Nasiona są bardzo drobne, bezbielmowe, z niewykształconym zarodkiem. Kiełkowanie ich w naturalnych warunkach odbywa się tylko przy współudziale pewnych grzybów. Korzenie storczyków tworzą z grzybami mykorhizę.



Ryc. 799. *Orchis militaris*. *A* Kwiat widziany od przodu i zarazem trochę zboku. — *B* Kwiat widziany od przodu po odjęciu wszystkich listków okwiatu z wyjątkiem warżki. — *C* Pyłkowina. We wszystkich figurach: *w* warżka, *wl* dwa wewnętrzne listki okwiatu poza warżką, *zl* zewnętrzne listki okwiatu, *ostr* ostroga, *z* zalążnia, *p* pyłkowiny, *ł* łącznik pylnika, *zn* znamię, *pr* prątniczki, *tr* trzonek pyłkowiny, *ucz* uczepka tejże. — Według Berga i Schmidta.

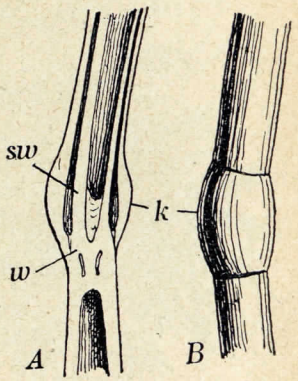


Ryc. 800. *Orchis militaris*. — Według Benthama.

Ogromna większość storczyków żyje w wilgotnych podzwrotnikowych lasach, tylko nieznaczna ich część zamieszkuje zimniejsze okolice. Podzwrotnikowe storczyki żyją często na drzewach jako epifity i w związku z tem posiadają różne osobliwości morfologiczne, jak powietrzne korzenie, absorbujące wodę deszczową (ryc. 588), bulwy powietrzne, służące jako zbiorniki wody i t. p. W krajach zimniejszych storczyki rosną zawsze na ziemi, wytwarzając charakterystyczne podziemne bulwy (ryc. 599 i 800) albo kłącza (ryc. 583). Niektóre storczyki są pozbawione zieleni i żyją jako roztocze w leśnej glebie, obfitującej w próchnicę, np. gniazdosz *(Neottia Nidus avis)* i żłobik *(Corallorhiza innata)* (ryc. 583).

Dla swoich pięknych kwiatów liczne storczyki są często hodowane w szklarniach, szczególnie w Anglji. Znaczenie praktyczne ma tylko wanilja *(Vanilia planifolia)*, której dojrzałe owoce są używane jako przyprawa.

226. Glumiflorae. Rośliny, należące do tego rzędu, są nazywane pospolicie „trawami“. Mają one istotnie pewien charakterystyczny wspólny pokrój, pochodzący z wąskich, wydłużonych liści o równoległem unerwieniu i niepozornych kwiatów. Nauka rozróżnia tu dwie odrębne rodziny, z których tylko jedna zachowuje nazwę traw *(Gramineae)*, druga natomiast otrzymała nazwę ciborowatych *(Cyperaceae)*. Kwiaty w obu tych rodzinach są zawsze skupione w kłosy, które w większości przypadków układają się w rozmaite kwiatostany drugiego rzędu: kłosy złożone, grona, wiechy i t. d. Okwiatu niema albo jest on zredukowany do szczecinek lub drobnych błonkowatych listków. Kwiaty są ukryte pomiędzy szczególnemi, łuskowatemi przykwiatkami, które nadają kwiatostanom charakterystyczny wygląd.



Ryc. 801. *Triticum sativum*. — *A* Kawałek pędu z węzłem i kolankiem. — *B* To samo w przekroju podłużnym; *n* węzeł, *k* zgrubienie pochwy (kolanko), *sw* strefa wzrostowa międzywęźla. Według Hackela.

Rozpatrzmy z początku dokładniej trawy. Nawet nie mając kwiatów, można je po narządach wegetatywnych odróżnić od ciborowatych. Łodyga ich jest walcowata. Międzywęźla są zwykle puste, węzły zawsze pełne. Tak zbudowanej łodydze nadano specjalną nazwę źdźbła. Od węzłów odchodzą pojedyńczo liście, ułożone w dwa naprzemianległe szeregi (według ułamka $^1/_2$, ryc. 256). Liście mają budowę bardzo ciekawą, opisaną już w ust. 136 (ryc. 467, *A*). Składają się one z długiej pochwy, obejmującej międzywęźle na znacznej przestrzeni, a nieraz okrywającej nawet dalsze międzywęźla z ich pochwami. Pochwa ta jest rozcięta ze strony przeciwległej blaszce, która odchodzi od pochwy bez pomocy ogonka. Na granicy między pochwą a blaszką oddziela się od liścia błonkowaty (rzadko zielony) języczek (ligula), przylegający do łodygi. Pochwy liściowe

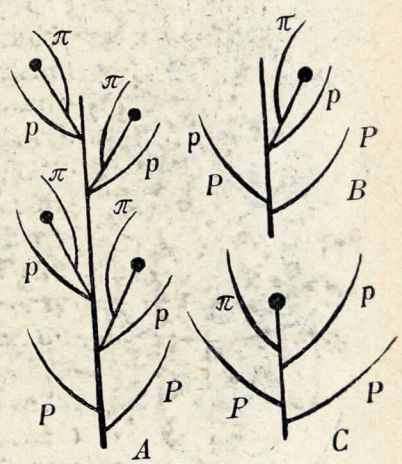
zawierają dużo tkanki mechanicznej i przyczyniają się wydatnie do wzmocnienia pędu. Szczególnie w dolnej części pochwa jest mocno zbudowana, tworząc charakterystyczne zgrubienie, t. zw. kolanko (ryc. 801). Czasem uważa się kolanko za węzeł, ale jest to mylne, węzeł bowiem nie jest zgrubiały i mieści się bezpośrednio pod kolankiem. Mechaniczne znaczenie pochwy liściowej u traw jest bardzo duże, gdyż ponad każdym węzłem międzywęźla zachowują strefę wzrostową, złożoną z delikatnej tkanki twórczej. Dzięki tym strefom pędy traw mogą wznawiać swój wzrost w razie potrzeby, np. dla wyprostowania się, jeżeli jakakolwiek przyczyna ułoży je w położeniu poziomem. Pewna część podzwrotnikowych traw (bambusy) ma łodygi drzewiaste, jakkolwiek bez przyrostu wtórnego (ryc. 802). Pędy traw rozgałęziają się tylko w dolnej i górnej części. Dolne rozgałęzienia tworzą nieraz gęste sploty, t. zw. darń. Górne rozgałęzienia tworzą kwiatostan. Wszystkie te rozgałęzienia, tak samo jak liście, są ułożone w dwa naprzemianległe pionowe szeregi po obu stronach pędu.



Ryc. 802. *Bambusa arundinacea.* — Według Bonniera.

Zasadniczym kwiatostanem traw jest niewielkich rozmiarów kłos, zwany kłoskiem (spicula) (ryc. 803). Na osi kłoska są osadzone w dwa naprzemianległe rzędy łuskowate

przysadki. Dwie dolne nie mają w pachwinie kwiatów i noszą nazwę plew (glumae). One otaczają kłosek z dwóch stron i ochraniają go we wcześniejszych stadjach rozwojowych. Przysadki, mające w pachwinach kwiaty, noszą nazwę dolnych plewek (paleae inferiores). Każdy kwiat ma oprócz tego podkwiatek, zwany plewką górną (palea superior) (ryc. 804). Ten podkwiatek jest osadzony na szypułce kwiatowej od strony osi kłoska a więc po stronie przeciwnej do dolnej plewki i ma dwa wystające grzbiety; położenie jego jest typowe dla jednoliściennych (por. ryc. 803, *A*). Plewki otaczają kwiat z dwóch stron i służą mu ochroną, rozchylając się tylko podczas kwitnienia. Wszystkie te części kłoska są w naturze do siebie silnie zbliżone, daleko bardziej niż to jest przedstawione dla lepszej wyrazistości na schemacie (ryc. 803). Koniec osi kłoska zwykle wysuwa się ponad górny kwiat. Dzieje się to nawet wtedy, kiedy kłosek zawiera tylko jeden kwiat (ryc. 803, *B*). Niezawsze to jednak tak bywa i jest osobna grupa traw, u których kłosek zawiera jeden szczytowy kwiat (ryc. 803, *C*). W tym przypadku kłosek staje się właściwie pojedyńczym kwiatem. Ponieważ jednak istnieją formy przejściowe od jednokwiatowego kłoska z bocznym kwiatem do takiego pojedyńczego kwiatu, uważa się go także za kłosek.



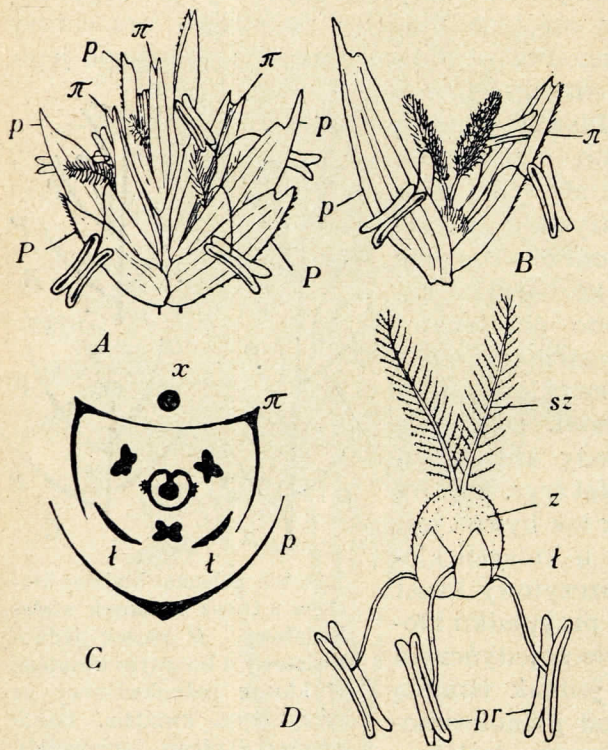
Ryc. 803. Schemat budowy kłosków u traw: *A* kłosek wielokwiatowy, *B* kłosek jednokwiatowy z bocznym kwiatem, *C* kłosek jednokwiatowy ze szczytowym kwiatem. Oznaczenia: *P* plewy (przysadki), *p* plewki dolne (przysadki), *π* plewki górne (podkwiatki).

Kłoski mają niewielkie rozmiary, ale, gromadząc się w wielkiej ilości na górnych rozgałęzieniach pędów, tworzą duże kwiatostany złożone. Te kwiatostany są zasadniczo tak samo dwuboczne jak kłoski i odznaczają się brakiem podsadek. Ważniejsze formy kwiatostanów złożonych będą przytoczone poniżej podczas przeglądu ważniejszych roślin, należących do tej rodziny.

Kwiaty traw są obupłciowe. Okwiat ich jest zredukowany do dwóch drobnych łuszczek (lodiculae) (ryc. 804, *D*). Pręcików jest 3; nitki ich z początku są krótkie, później, przy rozwijaniu się kwiatu, rosną szybko i stają się bardzo wiotkie,

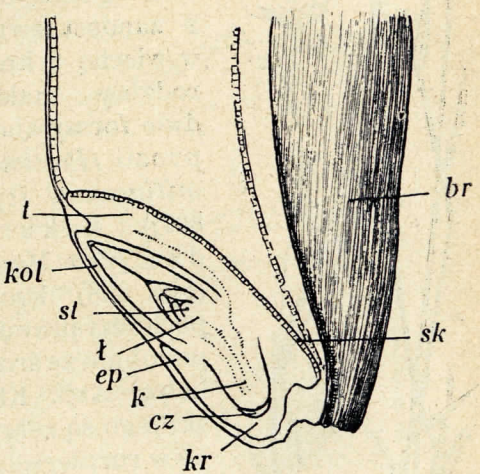
*

skutkiem czego pylniki zwieszają się wdół pod własnym ciężarem. Słupek składa się z jednokomorowej zalążni, zawierającej pojedyńczy zalążek, i z dwóch piórkowatych szyjek, których cała prawie powierzchnia funkcjonuje jako znamię. Sądząc według ilości szyjek, słupek powstaje z dwóch owocolistków. Zapylanie odbywa się przez wiatr. Owocem jest ziarniak, to znaczy niełupka z nasieniem zrośniętem z owocnią. Nasienie zawiera mączniste bielmo z zarodkiem, przylegającym do niego zboku (ryc. 805). Zarodek ma budowę bardzo złożoną. Można w nim rozróżnić następujące części. Jego krótka łodyżka jest zakończona z jednej strony stożkiem wzrostowym, z drugiej strony korzeniem. Stożek wzrostowy jest otoczony kilkoma pochwiastemi liśćmi, z których zewnętrzny nosi nazwę koleoptile. Koleoptile jest pierwszym liściem, jaki wyrasta przy kiełkowaniu. Różni się ono od następnych liści brakiem zieleni i szczególną wrażliwością na działanie światła, o czem jeszcze będzie mowa w fizjologji. Korzeń ma, jak zwykle, swoją czapeczkę, ale oprócz tego jest otoczony osobną pochwą, t. zw. koleorhizą, którą przebija przy kiełkowaniu. Od strony zewnętrznej do łodygi jest przyrośnięty drobny listek, zwany epiblastem. U niektórych traw, np. u ostnicy *(Stipa)*, jest on zresztą silnie rozwinięty. Wreszcie od strony wewnętrznej, to znaczy od strony bielma, łodyga zarodka łączy się z dużym, blaszkowatym tworem, t. zw. tarczką (scutellum). Tarczka przylega bezpośrednio do bielma swoją szczególnie wykształconą zewnętrzną skórką, złożoną z palisadowych komórek. Ta skórka odgrywa bardzo ważną rolę przy kiełkowaniu, wydzielając fermenty, które powodują przemianę skrobi w glikozę. Trudno jest powiedzieć, która z opisanych powyżej części zarodka jest liścieniem. Niektórzy autorzy uważają za liścień tarczkę, inni — koleoptile, inni jeszcze — epiblast. Kwestja ta jest dotychczas nierozstrzygnięta.



Ryc. 804. *Triticum sativum.* — *A* Kłosek. — *B* Pojedyńczy kwiat z plewkami. — *C* Diagramat kwiatu z plewkami. — *D* Kwiat bez plewek. Oznaczenia: *x* oś kłoska, *P* plewy, *p* dolna plewka, *π* górna plewka, *ł* łuszczki, *z* zalążnia, *sz* szyjki, *pr* pręciki. — Według Bonniera.

Bielmo traw zawiera wielkie ilości skrobi. Zewnętrzna część jego, złożona z jednej lub kilku warstw komórek, nie zawiera skrobi. Nazywa się ona warstwą aleuronową (por. str. 29, ryc. 22).



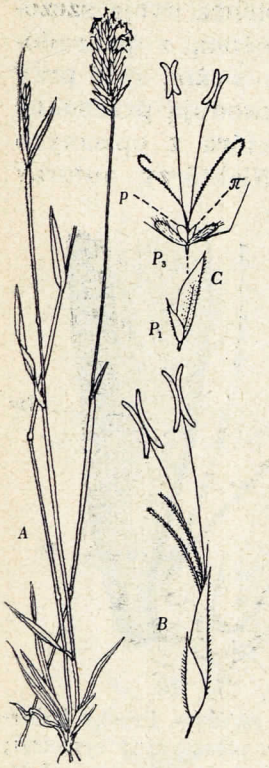
Ryc. 805. *Triticum sativum.* Przekrój ziarniaka według jego płaszczyzny symetrji; *br* boczna ściana bróżdy, *t* tarczka, *sk* zewnętrzna skórka tarczki, *ł* łodyga zarodka, *kol* koleoptile, *st* stożek wzrostowy łodygi, *k* korzeń, *cz* czapeczka korzeniowa, *kr* koleorhiza, *ep* epiblast. — Według Strasburgera.

Trawy odgrywają w przyrodzie bardzo ważną rolę, stanowiąc wraz z turzycami główną część składową zielonego runa, pokrywającego ziemię. Niemniej ważną rolę odgrywają one w gospodarstwie człowieka, zwłaszcza w strefie umiarkowanej. Należą do nich zboża, które dostarczają jednego z głównych środków pokarmowych, jakim jest mąka. Części wegetatywne rozmaitych dziko rosnących traw dostarczają paszy dla zwierząt domowych. Niektóre trawy mają użytek specjalny, np. bambusy *(Bambuseae)* dostarczają budulca, trzcina cukrowa *(Saccharum officinarum)* służy do wyrobu cukru.

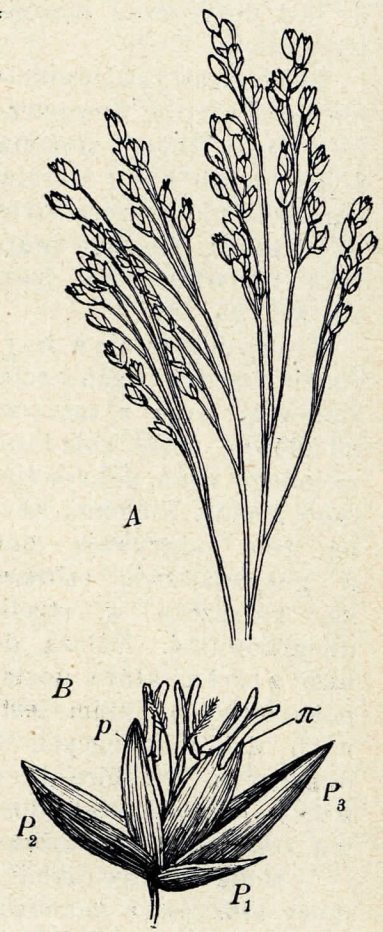
Rodzina traw dzieli się na dwie podrodziny według budowy kłosków, a mianowicie na *Panicoideae* i *Poaeoideae*. *Panicoideae* mają kłoski z pojedyńczym szczytowym kwiatem i kilkoma plewami (ryc. 803, *C*). *Poaeoideae* nie mają kwiatu szczytowego w swoich kłoskach, które mogą być poza tem jedno- lub wielokwiatowe (ryc. 803, *A* i *B*); oś kłoska przedłuża

się tu ponad górnym kwiatem. Plewy w tej drugiej podrodzinie są zwykle w ilości dwóch.

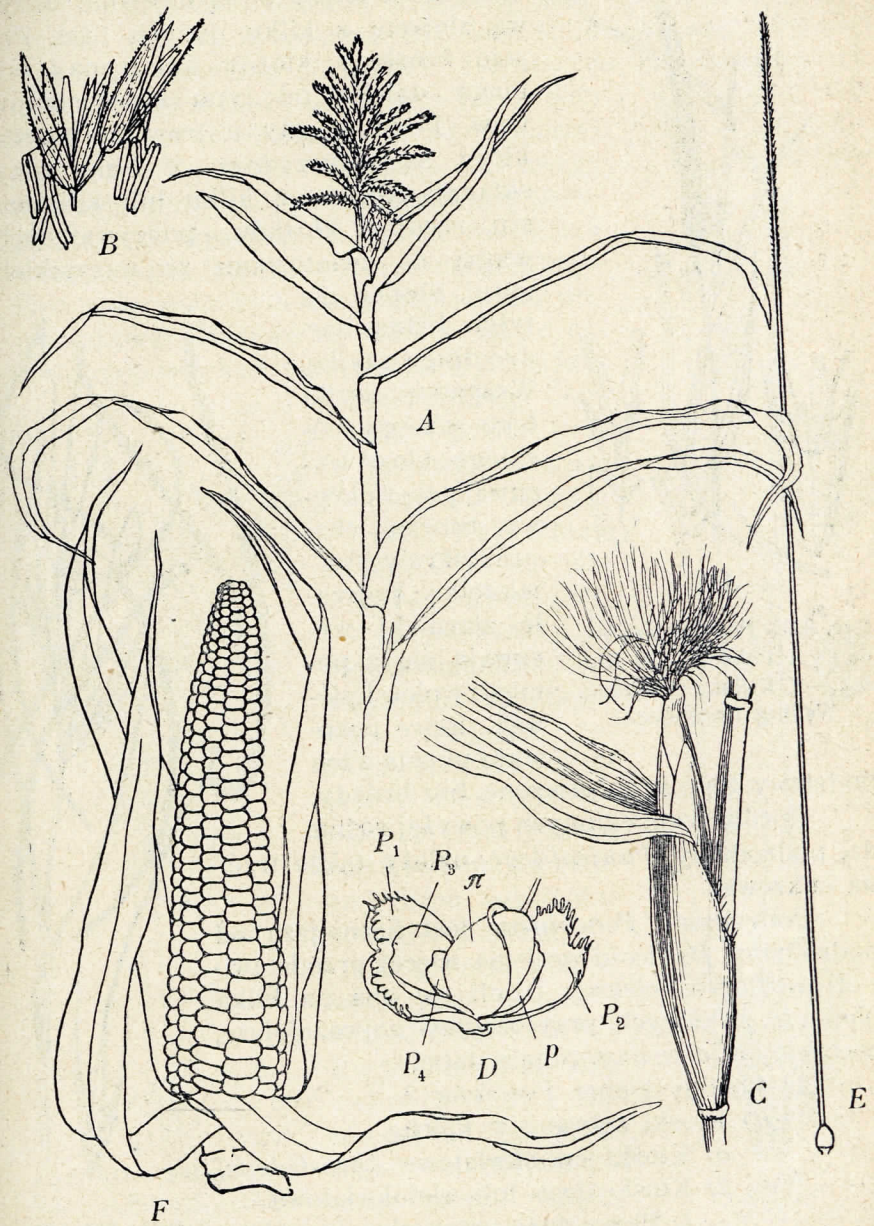
Podrodzina *Panicoideae* jest skąpo reprezentowana we florze polskiej i wogóle w strefie umiarkowanej. Najpospolitszą z dziko rosnących u nas traw tego typu jest tomka wonna *(Anthoxanthum odoratum)* (ryc. 806). Plew jest tu 4, z tego dwie górne ościste. Pręcików jest tylko 2 zamiast zwykłych 3. Kłoski są zebrane w wiechę o krótkich gałęziach. Do tej podrodziny należą dwie formy zbóż: proso *(Panicum miliaceum)* (ryc. 807)) i kukurydza *(Zea Mays)* (ryc. 808). Proso pochodzi prawdopodobnie ze środkowej Azji. Kłoski jego są zebrane w rozpierzchłą wiechę. Budowę kłosków można łatwo zrozumieć z ryciny 807, *B*. Ziarna są okrągłe, bez bróżdy. Kukurydza pochodzi ze środkowej Ameryki, gdzie jest uprawiana od niepamiętnych czasów, ale nigdzie dziko nie rośnie. Jest to prawdopodobnie mutacja rosnącej w Meksyku dziko trawy *Euchlaena mexicana*. Kukurydza jest pod wieloma względami formą, odbiegającą od opisanego powyżej typu rodziny traw. Jej wysoka 2—3-metrowa łodyga jest pełna. Kwiaty są rozdzielnopłciowe, zebrane w osobnych kwiatostanach. Kwiaty męskie tworzą jednokwiatowe kłoski o 4 plewach i są ułożone w wiechę



Ryc. 806. *Anthoxanthum odoratum*. — *A* Pokrój rośliny. — *B* Kłosek. — *C* Kłosek z rozsuniętemi czterema plewami (P_1—P_4); *p* dolna plewka, *π* górna plewka. — Według Bonniera.

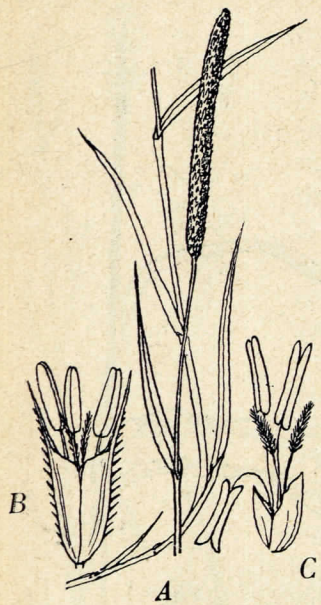


Ryc. 807. *Panicum miliaceum*. — *A* Wiecha. — *B* Kłosek; P_1, P_2 i P_3 trzy plewy, *p* i *π* plewki. Według Neesa.

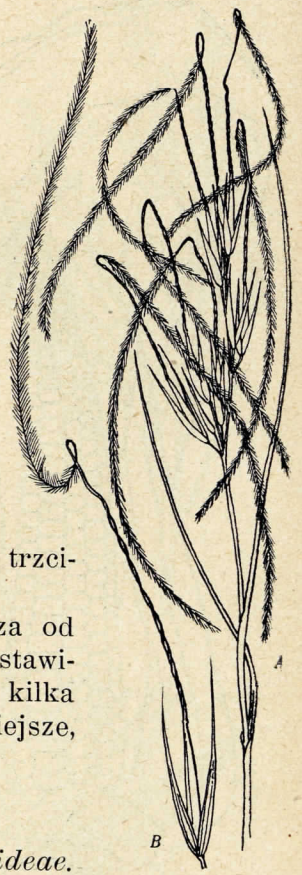


Ryc. 808. *Zea Mays*. — *A* Pokrój rośliny. — *B* Dwa męskie kłoski. — *C* Żeński kłos. — *D* Żeński kłosek; P_1—P_4 plewy, *p* i *π* plewki. — *E* Słupek. — *F* Owocostan. — Według Neesa, Maout i Decaisne'a.

na szczycie łodygi. Jednokwiatowe kłoski żeńskie z 4 plewami są zebrane w grube kłosy, mieszczące się w pachwinach dolnych liści. Kłosy te są otoczone okrywą, złożoną z kilku dużych liści. Postać żeńskich kłosów kukurydzy odbiega daleko od typu kwiatostanów traw. Podczas gdy u traw normalnie kłosy są dwurzędowe, u kukurydzy składają się one z kilku lub kilkunastu rzędów kłosków, pokrywających grubą oś kwiatostanu ze wszystkich stron. Słupek ma tylko jedną bardzo długą szyjkę. Wszystkie szyjki tego samego żeńskiego kłosa wysuwają się z okrywy, tworząc charakterystyczną miotełkę. Dojrzałe ziarniaki wysuwają się z pomiędzy plew i plewek, które pozostają ukryte u ich podstawy. Są one spłaszczone, bez brózdy.



Ryc. 809. *Phleum pratense.* — *A* Pokrój. — *B* Kłosek. — *C* Kwiat z plewkami. Według BENTHAMA.



Ryc. 810. *Stipa pennata.* — *A* Wiecha. — *B* Kłosek owocujący.

Oprócz wymienionych powyżej roślin do podrodziny *Panicoideae* należy także trzcina cukrowa.

Podrodzina *Poaeoideae* jest liczniejsza od podrodziny *Panicoideae* i ma więcej przedstawicieli we florze polskiej. Dzieli się ona na kilka plemion, z których przytoczymy najważniejsze, zestawiając je w następującą tabelę:

A) Rośliny zielne. Pręcików 3.

a) Kłoski zebrane w wiechę.

α) Kłoski jednokwiatowe. *Agrostideae.*

β) Kłoski dwu- lub wielokwiatowe.

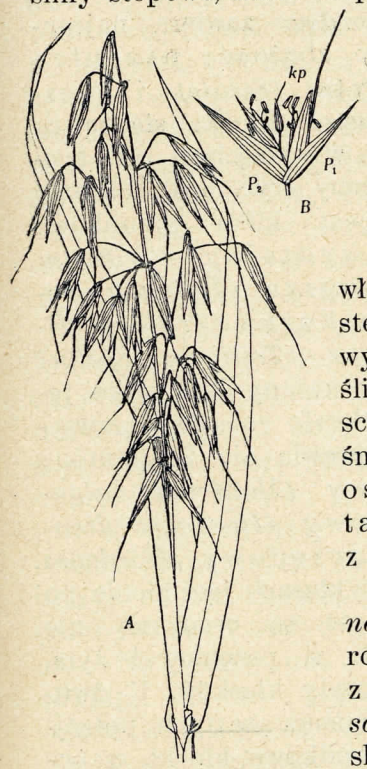
I. Plewy duże, przewyższające plewki dolnego kwiatu i często obejmujące cały kłosek. Ości plewek odchodzą od ich grzbietu. *Aveneae.*

II. Plewy nie przewyższają plewek dolnego kwiatu. Ości plewek odchodzą od ich szczytu. *Festuceae.*

b) Kłoski zebrane w złożony kłos. *Hordeae.*

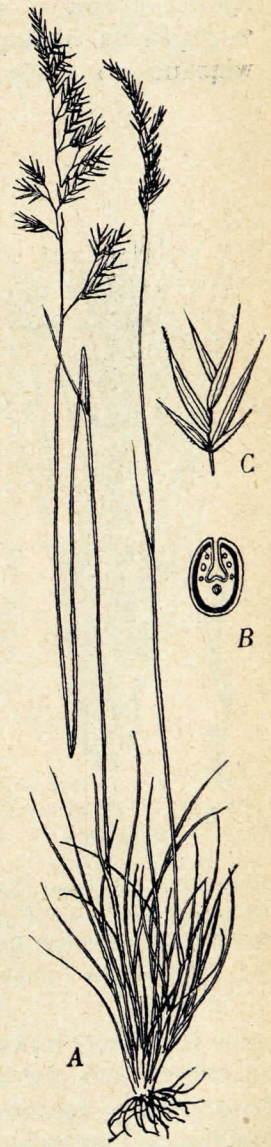
B) Rośliny drzewiaste. Pręcików 6. *Bambuseae.*

Jako przykład plemienia *Agrostideae* przytoczymy tymotkę *(Phleum pratense)* (ryc. 809) i ostnicę pierzastą *(Stipa pennata)* (ryc. 810). Tymotka zasługuje na uwagę ze względu na swój kwiatostan, który przypomina z wyglądu kłos. Jest to jednak wiecha, tylko bardzo gęsta, o bardzo krótkich gałęziach. Tymotka jest pospolitą trawą łąkową. Ciekawe są ostnice. Są to rośliny stepowe, które stepom nadają charakterystyczny wygląd przez swoje nadzwyczajnie długie, wiotkie ości. Najważniejszą z ostnic jest pierzasta *(Stipa pennata)* z owłosionemi ośćmi, występująca w stepowych zespołach roślinnych także w Polsce. Oprócz niej rośnie u nas jeszcze ostnica włosowata *(Stipa capillata)* z nagiemi ośćmi.



Ryc. 811. *Avena sativa.* — *A* Pokrój. — *B* Pojedyńczy kłosek z rozsuniętemi plewami i plewkami; *kp* kwiat płonny, P_1, P_2 plewy. — Według BONNIERA.

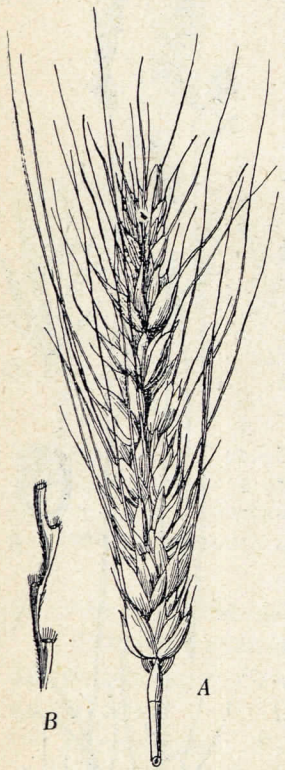
Z plemienia *Aveneae* jako przykład rozpatrzymy owies zwyczajny *(Avena sativa)* (ryc. 811). Kłoski są u owsa dwukwiatowe, co jest cechą bardzo częstą w tem plemieniu. Owies jest powszechnie uprawiany. Ziarna jego zawierają



Ryc. 812. *Festuca ovina.* — *A* Pokrój. — *B* Przekrój liścia. — *C* Kłosek. Według WETTSTEINA.

substancje wzmacniające organizmy zwierzęce, nie wyłączając ludzkich. Dlatego też używa się go coraz więcej jako pożywienia dla niemowląt i nawet dla dorosłych.

Jako przykład plemienia *Festuceae* można przytoczyć kostrzewę owczą *(Festuca ovina)* (ryc. 812). Jest to pospolita trawa o szczeciniastych liściach, bardzo ciekawa ze względu na wielką zmienność. Poszczególne jej formy są przywiązane do ściśle określonych zespołów roślinnych. Do tego plemienia należy wiele cennych traw pastewnych, np. różne gatunki kostrzewy *(Festuca)*, w tej liczbie i owcza, liczne gatunki wykliny *(Poa)* i stokłosy *(Bromus)*, kępkówka *(Dactylis glomerata)* i inne.

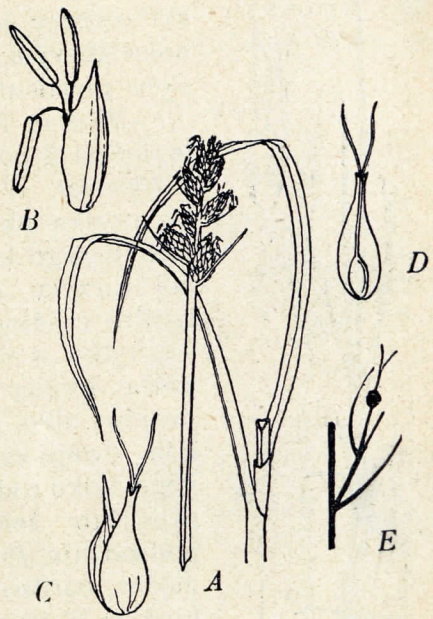


Ryc. 813. *Triticum sativum*. — *A* Kłos. — *B* Część osi kłosu. — Według Bonniera.

Plemię *Hordeae* zawiera najcenniejsze rośliny zbożowe: pszenicę *(Triticum)*, żyto *(Secale)* i jęczmień *(Hordeum)*. Kłoski siedzą tu w dwu rzędach w wycięciach osi, tworząc kłos złożony (ryc. 813). Pszenic uprawianych jest kilka gatunków: pszenica zwyczajna *(Triticum vulgare)*, samopsza *(Triticum monococcum)*, płaskurka *(Triticum dicoccum)*, orkisz *(Triticum Spelta)* i inne. Żyta uprawiany jest tylko jeden gatunek: *Secale cereale*. Jęczmienia wreszcie uprawia się 3 gatunki: czterorzędowy *(Hordeum vulgare)*, dwurzędowy *(Hordeum distichon)* i sześciorzędowy *(Hordeum hexastichon)*. W kłosach jęczmienia po obu stronach osi są osadzone nie pojedyńcze, jak u pszenicy i żyta, lecz potrójne rzędy kłosków. U dwurzędowego jęczmienia w tych potrójnych rzędach wykształcają się tylko środkowe kłoski, u pozostałych zaś dwóch gatunków — wszystkie. Cztero- i sześciorzędowy jęczmień różni się formą kłosa. Kłoski jęczmienia są jednokwiatowe, żyta — 2-kwiatowe, pszenicy 2—5-kwiatowe.

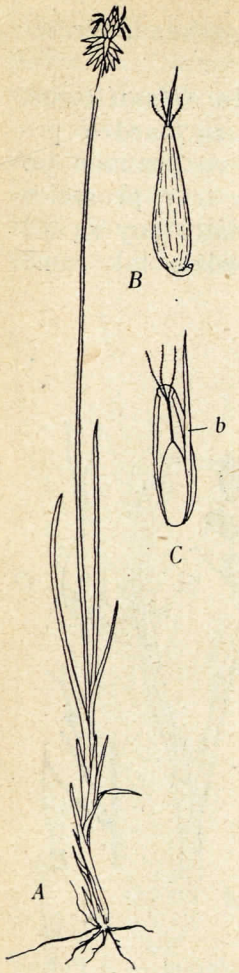
Plemię *Bambuseae* pod wieloma względami różni się od innych traw. Łodygi ich są drzewiaste i nieraz obficie rozgałęzione (ryc. 802). Liście są czasem opatrzone ogonkami. Wreszcie kwiaty ich zawierają nie 3, lecz 6 pręcików.

Przejdźmy teraz do drugiej rodziny rzędu *Glumiflorae*, do ciborowatych. Rośliny te z wyglądu są bardzo podobne do traw, mogą być jednak z łatwością rozpoznane po trójkątnych łodygach, po liściach ułożonych w trzy prostnice oraz po zamkniętych pochwach liściowych. Kwiatostany są też odmienne od kwiatostanów traw: są to wprawdzie tak samo kłosy, ale nie dwuboczne, lecz wielorzędowe i pozbawione podkwiatków przy kwiatach. Kwiaty ciborowatych, w przeciwieństwie do traw, są przeważnie rozdzielnopłciowe. Okwiat składa się ze szczecinek albo nie wykształca się wcale. Pręcików jest 3. Słupek ma jednokomorową zalążnię z pojedyńczym zalążkiem i 2- albo 3-dzielną szyjkę. Owocem jest orzeszek, w którym nasienie nie jest zrośnięte z owocnią.



Ryc. 814. *Carex vulpina*. — *A* Pokrój rośliny. — *B* Kwiat męski z przysadką. — *C* Kwiat żeński z przysadką i pęcherzykiem. — *D* Pęcherzyk w podłużnym przekroju dla pokazania ukrytego w nim słupka. — *E* Schemat budowy dolnej części kłosa, złożonej z żeńskich kwiatów.

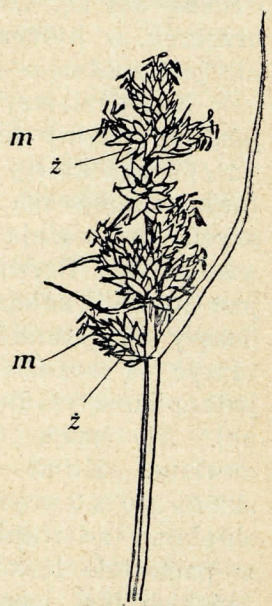
Najważniejszym rodzajem tej rodziny jest turzyca *(Carex)*, której liczne gatunki w miejscach wilgotniejszych przeważają nad trawami. We florze polskiej jest to najliczniejszy rodzaj, liczący 90 gatunków. Kwiaty turzyc są rozdzielnopłciowe, jednopienne (rzadko dwupienne). Nie mają one wcale okwiatu. Kwiat pręcikowy składa się z 3 pręcików, kwiat słupkowy ze słupka (ryc. 814). Każdy kwiat jest osadzony w pachwinie łuskowatej przysadki. Oprócz tego w kwiatach żeńskich jest jeszcze jeden przykwiatek, wykształcony w formie pęcherzyka, otaczającego słupek. Pęcherzyk ten zazwyczaj jest wyciągnięty w dwuzębny dziobek, z którego wysuwa się szyjka. Ażeby wyjaśnić charakter morfologiczny pęcherzyka, trzeba wziąć pod uwagę obecność szczeciniastego wyrostka



Ryc. 815. *Carex microglochin.* — *A* Roślina z przekwitłemi kwiatami żeńskiemi, które są widoczne w dolnej części kwiatostanu, odchylone wdół. Kwiaty męskie dopiero zakwitają. — *B* Kwiat żeński z pęcherzykiem. — *C* Pęcherzyk rozcięty; *b* boczna oś kwiatostanu. — Według KÜKENTHALA.

u podstawy słupka. Wyrostek ten zwykle jest słabo rozwinięty i ukryty w pęcherzyku: tylko u turzycy drobnozadziorkowej *(Carex microglochin)* jest on tak długi, że się wysuwa z pęcherzyka (ryc. 815). Jest to nic innego, jak boczna oś kwiatostanu, na której jest osadzony kwiat żeński w pachwinie osobnej przysadki. Tą przysadką jest właśnie pęcherzyk (patrz schemat ryc. 814, *E*). Kwiat żeński turzycy jest zatem w istocie swojej jednokwiatowym kłoskiem na podobieństwo kłosków plemienia *Agrostideae* u traw.

Według formy kwiatostanu turzyce dzielą się na 3 podrodzaje: *Psyllophora, Vignea* i *Eucarex*. W pierwszym z tych podrodzajów kwiatostan składa się tylko z pojedyńczego szczytowego kłosa. Tak jest np. u wspomnianej turzycy drobnozadziorkowej (ryc. 815), bardzo rzadkiej rośliny, występującej w Polsce tylko w okolicach Wilna. Kłos taki zawiera kwiaty obu rodzajów albo, u gatunków dwupiennych, jednego tylko rodzaju: męskie lub żeńskie. Do podrodzaju *Psyllophora* należy bardzo mało gatunków. W drugim z omawianych podrodzajów, u *Vignea*, kłosy są liczne i zebrane w kłos złożony. Nie mają one podsadek albo co najwyżej bardzo słabo wykształcone i zawierają oba rodzaje kwiatów. Przykładem może służyć pospolita u nas na mokradłach turzyca lisia *(Carex vulpina)* (ryc. 816). Wreszcie w podrodzaju *Eucarex* kłosy są zebrane w grono



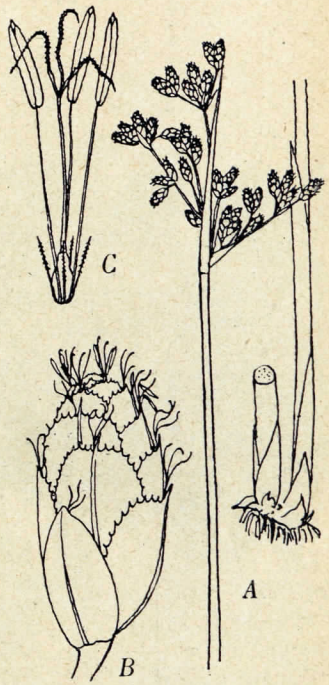
Ryc. 816. *Carex vulpina.* Kwiatostan; *m* męska część kłosów, *ż* część żeńska. — Według BONNIERA.

i wsparte wyraźnemi podsadkami. Są one jednopłciowe: szczytowy kłos i ewentualnie także najbliższe górne są męskie, pozostałe, osadzone niżej — żeńskie. Jako przykład można przytoczyć pospolitą turzycę leśną *(Carex silvatica)* (ryc. 817).

Poza turzycami warto wspomnieć o sitowiu *(Scirpus)*, którego flora polska liczy około 20 gatunków. Są to rośliny podmokłych miejsc, rosnące często wprost w wodzie nad brzegami jezior, stawów i t. d. Odznaczają się one kwiatami obupłciowemi, z okwiatem złożonym



Ryc. 817. *Carex silvatica.* Pokrój; *m* kłos męski, *ż* kłosy żeńskie. — Według BONNIERA.



Ryc. 818. *Scirpus lacustris.* — *A* Pokrój. — *B* Kłosek. — *C* Kwiat. — Według BENTHAMA.

ze szczecinek. Jako przykład można przytoczyć sitowie jeziorne *(Scirpus lacustris)* (ryc. 818). Wysokie, bezlistne pędy tej rośliny są zakończone rozpierzchłym wierzchotkowym kwiatostanem, podobnym do wiechy, a złożonym z kłosków. W tych kłoskach kwiaty są osadzone w pachwinach spiralnie ustawionych, łuskowatych przysadek. U podstawy pędy są otoczone pochwiastemi liśćmi.

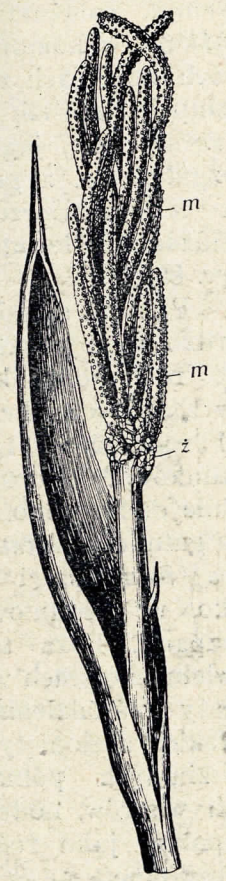
227. Spadiciflorae charakteryzują się postacią swoich kwiatostanów. Kwiatostany te są kłosokształtne, bardzo gęste, często z grubą osią, opatrzone zwykle okrywą, złożoną z jednego lub kilku dużych liści. Kwiaty są przeważnie rozdzielno-



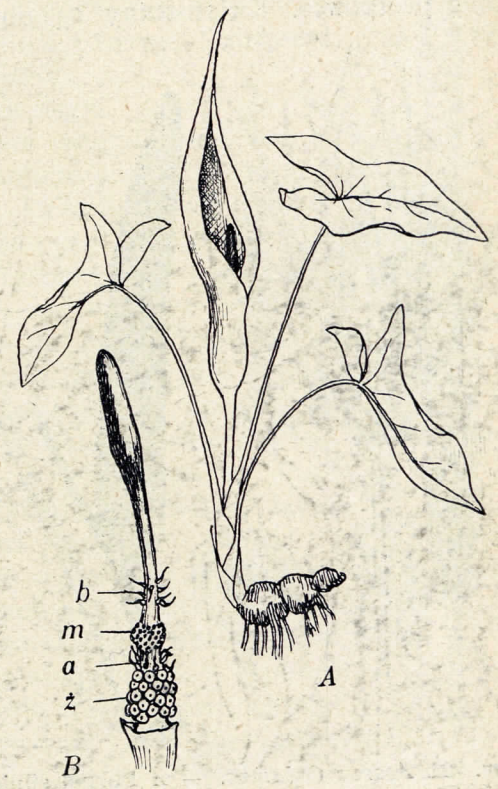
Ryc. 819. Afrykańska sawanna z palmami *(Hyphaene)*. — Według Dielsa.

płciowe, z mniej lub więcej zredukowanym okwiatem, często zagłębione w osi kwiatostanu. Liście mają u tych roślin pierzaste albo dłoniaste unerwienie, co jest rzeczą nienormalną dla jednoliściennych. Najważniejsze rodziny tego rzędu są to: palmy *(Palmae)*, obrazkowate *(Araceae)* i rzęsowate *(Lemnaceae)*.

Rodzina palm składa się z drzew o pniach nierozgałęzionych, często wy-



Ryc. 820. *Barcella odora*. Kwiatostan z okrywą. Nieliczne większe kwiaty w dolnej części kwiatostanu są żeńskie *(ż)*, reszta są męskie *(m)*. — Według Wettsteina.



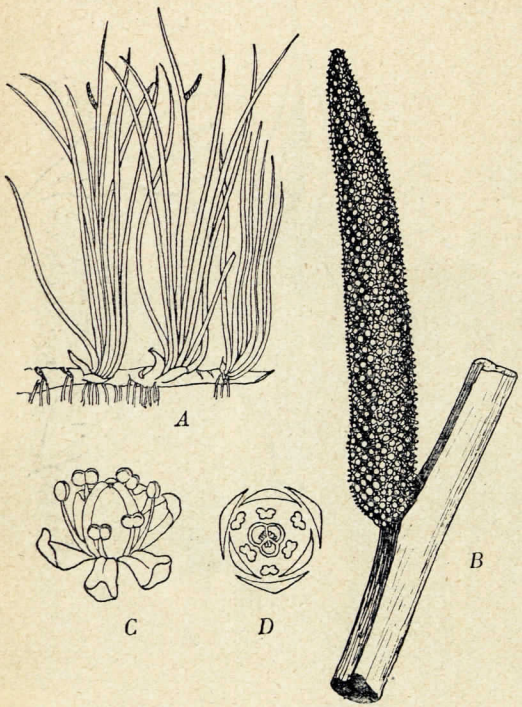
Ryc. 821. *Arum maculatum*. — *A* Pokrój. — *B* Kwiatostan bez okrywy; *m* kwiaty męskie, *ż* kwiaty żeńskie, *a* i *b* zmarniałe kwiaty. — Według Bonniera.

niosłych, nie mających przyrostu na grubość. Wielkie ich liście są zebrane w pęk na szczycie (ryc. 819). Podobny pokrój mają, jak to już widzieliśmy, drzewiaste paprocie i sagowce. Blaszka liściowa zwykle rozrywa się pomiędzy nerwami i liście

stają się pierzasto albo dłoniasto dzielne. Kwiaty są zbudowane według wzorów

$$\left\{ \begin{matrix} P_{3+3}\ A_{3+3} \\ P_{3+3}\ G_{(3)} \end{matrix} \right.$$

Okwiat jest drobny, o rozmaitem zabarwieniu. Zalążnia jest górna, trójkomorowa z pojedyńczemi zalążkami w komorach. Bardzo często się zdarza, że zalążki w dwóch komorach zanikają albo nawet zanikają same komory i słupek staje się jednokomorowym i jednozalążkowym. Owoce są soczyste, jagody albo pestkowce. Kwiatostany są obficie rozgałęzione, z gęsto na ich powierzchni osadzonemi kwiatami (ryc. 820).



Ryc. 822. *Acorus Calamus*. — *A* Pokrój silnie pomniejszony. — *B* Kwiatostan. — *C* Kwiat. — *D* Diagramat kwiatu. — Według Luerssena.

Palmy stanowią bardzo ważny składnik roślinności krajów gorących, licząc 200 rodzajów i 1500 gatunków. W Europie rośnie dziko tylko jeden gatunek, *Chamaerops humilis*, i to tylko w południowej Hiszpanji. Poza tem w wielu miejscach wybrzeży śródziemnomorskich, zasłoniętych od zimnych północnych wiatrów, hoduje się palmy jako rośliny ozdobne.

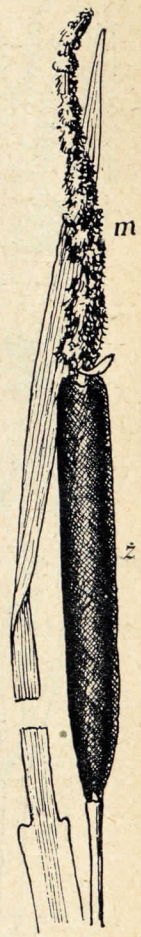
Palmy należą do najcenniejszych roślin użytkowych i są wszędzie w krajach gorących hodowane w wielkich ilościach. Zwłaszcza cenne są ich owoce, zawierające dużo cukru, skrobi a często także olejów. Jako przykład można przytoczyć palmę daktylową *(Phoenix dactylifera)*, uprawianą w północnej Afryce w suchym, pustynnym klimacie, oraz palmę kokosową *(Cocos nucifera)*, wymagającą wilgotniejszego klimatu i hodowaną głównie w nadmorskich okolicach, zwłaszcza na wyspach.

Druga rodzina rzędu *Spadiciflorae*, obrazkowate, składa się z roślin zielnych, wśród których jest dużo epifitów i lian, czepiających się drzew swojemi przybyszowemi korzeniami (ryc. 590). Okwiat jest bardziej zredukowany niż u palm, często niema go wcale. Kwiatostany obrazkowatych są to nierozgałęzione, proste kłosy o grubej osi. Owoce są soczyste.

Obrazkowate są bardzo typowemi składnikami wilgotnych podzwrotnikowych lasów. Flora polska liczy 5 gatunków, a mianowicie: 3 gatunki obrazków *(Arum)*, tatarak *(Acorus Calamus)* i czermień *(Calla palustris)*.

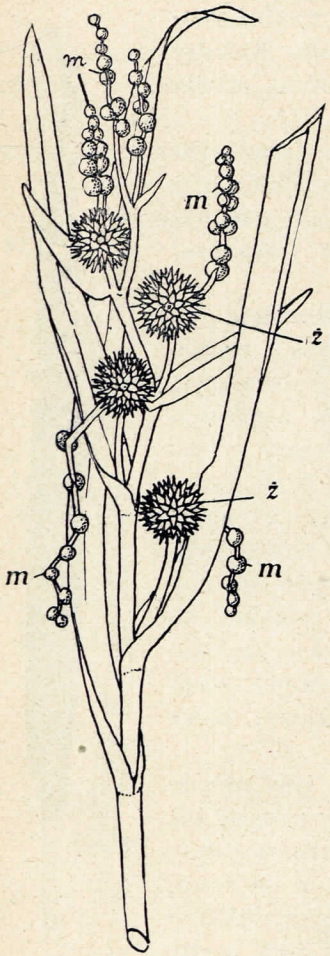
Z obrazków najważniejszym gatunkiem są obrazki plamiste *(Arum maculatum)*, rosnące w kilku miejscach w południowej Polsce (ryc. 821). Liście tej rośliny są strzałkowate z pierzastem unerwieniem. Kwiatostan jest otoczony okrywą, z której wysuwa się tylko górna jego buławowato rozszerzona część, pozbawiona kwiatów. Kwiaty są osadzone tylko na dolnej części grubej osi kłosa, w dole żeńskie, nieco wyżej — męskie. Górne kwiaty męskie i górne żeńskie są zmarniałe. Kwiaty są bez okwiatu, męskie złożone z 3—4 pręcików, żeńskie — z jednokrotnego słupka o jednokomorowej zalążni, zawierającej kilka zalążków. Owoc — czerwona jagoda.

Tatarak jest rośliną o pokroju dla obrazkowatych nietypowym z powodu swoich wąskich, mieczowatych liści z równoległem unerwieniem (ryc. 822). Kwiaty jego są obupłciowe, o typowej dla jednoliściennych budowie. Okwiat jest błoniasty, bez wyraźnego zabarwienia. Kłos jest gęsto pokryty kwiatami na całej swojej powierzchni. Nie jest on niczem osłonięty, gdyż jego okrywa ma postać wąskiego liścia, który ustawia się w przedłużeniu łodygi, spychając go cokolwiek wbok. Owoce w naszym klimacie nigdy nie dojrzewają i roślina rozmnaża się tylko wegetatywnie dzięki długim, płożącym się kłączom. Tatarak jest szeroko rozpowszechniony w Polsce w miejscach podmokłych. Nazwa jego pochodzi stąd, że mieli go przynieść do Polski Tatarzy. Kłącze jego zawiera olejki eteryczne.



Ryc. 823. *Typha latifolia*. Pokrój; *m* męska część kwiatostanu, *ż* żeńska jego część.

Czermień ma również kwiaty obupłciowe, opatrzone okwiatem, ale okrywa jego otacza kwiatostan w podobny sposób jak u obrazków.



Ryc. 824. *Sparganium ramosum*. Pokrój; *m* męskie kwiatostany, *ż* żeńskie. — Według Bonniera.

Rodzina rzęsowatych zawiera wodne rośliny o bardzo silnie zredukowanych pędach, o których już była mowa w ust. 173 (ryc. 648). Drobne te rośliny pływają na powierzchni wód stojących, często w ogromnych ilościach. Kwiaty ich są równie silnie zredukowane jak narządy wegetatywne. W naszym klimacie kwitną one bardzo rzadko, rozmnażają się zato bardzo szybko w drodze wegetatywnej. Najważniejszy rodzaj — rzęsa *(Lemna)*.

228. Pandanales. Rząd ten różni się od poprzedniego tylko liśćmi, które są równowąskie, o równoległem unerwieniu. Trzy rodziny należą do niego: *Pandanaceae*, rogożowate *(Typhaceae)* i jeżogłówkowate *(Sparganiaceae)*.

Pandanaceae są niewielką rodziną podzwrotnikową, złożoną z drzew, wytwarzających u podstawy swoich pni silne korzenie wspierające (ryc. 592).

Rogożowate zawierają tylko jeden rodzaj: pałkę *(Typha)*. Są to zioła rozpowszechnione po bagnach na całym świecie. Walcowaty ich kwiatostan jest w górnej części męski, w dolnej — żeński (ryc. 823). Kwiaty z pękami włosów zamiast okwiatu.

Jeżogłówkowate są również bagiennemi roślinami zielnemi, które jednak występują tylko w krajach zimniejszych. Jedyny rodzaj, jeżogłówka *(Sparganium)*, jest łatwy do rozpoznania po kulistych kwiatostanach (ryc. 824). Kwiaty są opatrzone okwiatem.

CZĘŚĆ DRUGA

FIZJOLOGJA

BIBLIOTEK... Zygm... Aug...
Sz...
№
Inw...

ROZDZIAŁ I

ZADANIA I METODY FIZJOLOGJI ROŚLIN

229. Zadania i podział fizjologji roślin. Obserwując jakąkolwiek roślinę, odnosi się z początku wrażenie, że nie ulega ona żadnym zmianom, jeżeli nie liczyć ruchów wykonywanych biernie pod działaniem wiatru i temu podobnych zjawisk, jakie można obserwować również na otaczających martwych przedmiotach. Bliższe jednak obserwacje wykazują, że rośliny ulegają nieustannym przemianom i to takim, jakich nigdy się nie widzi w ciałach nieożywionych. A więc można stwierdzić przez dłuższą obserwację, że rośliny zwolna ale stale powiększają swoje wymiary, zmieniając jednocześnie swój kształt — zjawisko zwane wzrostem. Niektóre rośliny, np. czułek *(Mimosa pudica)*, stulają liście pod działaniem dotknięcia albo sparzenia. Wszystkie bez wyjątku rośliny pobierają z otoczenia różne substancje (wodę, dwutlenek węgla, sole mineralne i t. d.), z których tworzą inne, bardziej złożone (skrobię, białka i t. d.). Wszystkie takie zjawiska odbywają się poza roślinami tylko w zwierzętach. Mają one jeszcze to do siebie, że w każdym osobniku odbywają się tylko do pewnego czasu i prędzej czy później ustają. Całokształt ich jest ujmowany pojęciem życia, ustanie ich nazywa się śmiercią.

Fizjologja zajmuje się badaniem scharakteryzowanych powyżej zjawisk, którym nadaje się nazwę życiowych albo fizjologicznych. Badanie to ma za cel, poza opisem przebiegu zjawisk życiowych, ustalenie związków przyczynowych, zachodzących pomiędzy niemi, oraz między niemi a zjawiskami otoczenia.

Pewne zjawiska fizjologiczne są związane z określonemi częściami rośliny. Takie zjawiska są ujmowane nazwą czynności fizjologicznych. W związku z tem odnośnym częściom rośliny nadaje się nazwę narządów (organów).

Liczne zjawiska fizjologiczne są podobne do procesów, które mogą być wykonane sztucznie poza istotami żyjącemi, np. przemiana skrobi na cukier gronowy. Podobieństwo wprawdzie nie jest zupełne, gdyż sztuczne scukrzenie skrobi wymaga ogrzewania w obecności kwasu, tymczasem fizjologiczny proces tego rodzaju odbywa się w roślinie w temperaturze pokojowej pod działaniem nie kwasów, lecz ciał innej natury, t. zw. fermentów. Jednakże można wykazać, że rola fermentów jest analogiczna do roli kwasów w scukrzaniu sztucznem, gdyż jedne i drugie przyśpieszają proces ten swoją obecnością, nie biorąc w nim pozornie udziału; jedne i drugie są katalizatorami. Większość jednak zjawisk fizjologicznych nie dała się odtworzyć sztucznie poza rośliną, jak np. przerabianie dwutlenku węgla i wody na cukry przy współudziale światła i chlorofilu albo wytwarzanie złożonych ciał białkowych ze związków prostszych. Nie mając możności sprowadzenia wielu zjawisk fizjologicznych do znanych ze świata nieorganicznego zjawisk fizycznych i chemicznych, dawniejsi badacze przypuszczali, że zjawiska fizjologiczne odbywają się pod działaniem osobnej siły żywotnej, nie istniejącej w świecie nieorganicznym. W szczególności przypuszczano, że związki chemiczne, z których składają się organizmy roślinne i zwierzęce, nie mogą być otrzymane środkami laboratoryjnemi *(in vitro)* z substancyj martwej przyrody. Nazywano te związki „organicznemi“ w przeciwstawieniu do „nieorganicznych“, właściwych martwej przyrodzie. Powstała stąd t. zw. teorja witalistyczna, która w zmienionej formie jest podtrzymywana jeszcze dzisiaj przez niektórych badaczy. Śmiertelny cios tej teorji wymierzył w r. 1823 Wöhler, dokonując syntezy mocznika, substancji wytwarzanej w ciele zwierząt, niespotykanej w martwej przyrodzie. Dalsze prace chemików wykazały, że zasadniczo każda substancja zawarta w organizmach może być otrzymana sztucznie przez połączenie pierwiastków. Trudności, które trzeba przytem przezwyciężyć, są tylko natury technicznej. Emilowi Fischerowi udało się otrzymać syntetycznie nawet prostsze cukry i ciała białkowe. Zasadniczej różnicy między związkami „organicznemi“ i „nieorganicznemi“ niema. Poza postępami chemji, badania ściśle fizjologiczne przyczyniły się także niemało do obalenia teorji witalistycznej, tłumacząc różne zjawiska fizjologiczne przy pomocy ogólnych praw fizyki i chemji. Jakkolwiek dotychczas większość zjawisk fizjologicznych nie dała się jeszcze sprowadzić do zjawisk fizycznych i chemicznych, teorja witalistyczna została porzucona przez większość

badaczy i to głównie ze względów metodycznych. Gdyby nawet działała w organizmach jakaś szczególna „siła żywotna“, nie występująca w martwej przyrodzie, nie jesteśmy w stanie zbadać jej inaczej, jak tylko stosując metody badania fizycznego i chemicznego, jedyne, jakie mamy w swojem rozporządzeniu. Nie pozostaje nic innego, jak prowadzić badania fizjologiczne tak, jakgdyby w organizmie nie działały żadne inne czynniki oprócz czynników fizycznych i chemicznych, znanych z martwej przyrody. Przeciwstawieniem teorji witalistycznej jest teorja mechanistyczna, nieuznawana obecnie tylko przez nielicznych badaczy zoologów, np. przez Driescha.

Zjawiska fizjologiczne, obserwowane w roślinach, są trojakiego rodzaju. Są to przedewszystkiem zjawiska wzrostu, powodujące różne przemiany kształtu i budowy roślin. Część fizjologji, która się niemi zajmuje, nazywa się fizjologją rozwoju. Nazwa ta pochodzi stąd, że całokształt przemian, którym osobnik ulega w ciągu swojego życia, jest ujmowany nazwą rozwoju (ewolucji), szeroko spopularyzowaną przez Darwina i Spencera. Fizjologja rozwoju zajmuje się także rozmnażaniem, które jest właściwie tylko szczególnem stadjum rozwoju osobniczego, stadjum początkowem dla nowych osobników. Te nowe osobniki są w mniejszym lub większym stopniu podobne do macierzystych, skutkiem przekazywania z pokolenia na pokolenie tej samej organizacji komórki, będącej podstawą dziedziczności. Ponieważ następujące po sobie pokolenia nie są w zupełności do siebie podobne, a nawet wśród osobników tego samego pokolenia występują pewne różnice, koniecznem jest zbadanie zmienności, zjawiska występującego obok dziedziczności. Badanie zjawisk zmienności doprowadziło do teorji, według której wszystkie istniejące obecnie odrębne formy organizmów, a w tej liczbie także rośliny, pozostają ze sobą w genetycznym związku. Wszystkie te formy (gatunki i odmiany) powstały w ubiegłych epokach geologicznych jedne z drugich, albo z innych, obecnie wygasłych form, przez powolną albo raptowną przemianę. Ta teorja, wypowiedziana na początku XIX wieku przez Lamarcka i St. Hilaire'a, została w pół wieku później ugruntowana przez Darwina i ochrzczona mianem teorji ewolucyjnej albo transformizmu. Należy ona także do fizjologji rozwoju, jakkolwiek zajmuje się przemianami, które po większej części nie dają się obserwować bezpośrednio. Można ją nazwać fizjologją rozwoju rodowego albo filogenetycznego

w przeciwstawieniu do fizjologji rozwoju osobniczego, o której była mowa poprzednio.

Drugim rodzajem zjawisk fizjologicznych, obserwowanych u roślin, są ruchy. W przeciwieństwie do zwierząt rośliny tylko wyjątkowo posiadają zdolność zmiany miejsca. Jak widzieliśmy w pierwszej części tej książki, tylko wiciowce, śluzowce oraz część siemieniowców i rozprątków porusza się samorzutnie. Poza tem zdolność tę posiadają tylko komórki rozrodcze i to niezawsze. Częstsze od ruchów lokomocyjnych są u roślin ruchy poszczególnych narządów, przy których roślina pozostaje w miejscu. Większość roślin jednak i takich ruchów nie wykonuje, jeżeli nie liczyć ruchów powodowanych przez wzrost. Część fizjologji, która zajmuje się ruchami, druga zrzędu, nosi oczywiście nazwę fizjologji ruchów.

Trzecim rodzajem zjawisk fizjologicznywh są zjawiska odżywiania i przemiany materji i energji. Życie w roślinach, tak samo jak w zwierzętach, musi być podtrzymywane ciągłym dopływem materji i energji z zewnątrz. To zasilanie organizmów materją i energją nosi nazwę odżywiania. Zarówno materja jak i energja w roślinach ulega daleko idącym przemianom. Pobrane z zewnątrz substancje, t. zw. pokarmy, roślina przerabia, wytwarzając z nich inne, zwykle bardziej złożone. Nazywa się to przyswajaniem albo asymilacją. Energję pobiera roślina z otoczenia w formie energji promienistej, którą magazynuje w złożonych związkach organicznych w formie energji chemicznej, albo wprost pobiera z otoczenia ze związkami organicznemi, jako energję chemiczną. Ten ostatni rodzaj energji jest energją potencjalną, która jest uwalniana w miarę potrzeby przez utlenienie albo rozkład zawierających ją substancyj organicznych. Są to procesy oddychania i fermentacji. Zarówno w tych procesach, jak i we wszelkich innych zjawiskach fizjologicznych, przemianom materji towarzyszą przemiany energji, tworząc nierozerwalną całość, która tylko dla jasności wykładu dzieli się na części. Otrzymujemy w ten sposób trzeci dział fizjologji: fizjologja odżywiania i przemiany materji i energji.

Oprócz podanego powyżej podziału fizjologji można zastosować do niej podziały, oparte na innych zasadach. Można przedewszystkiem podzielić fizjologję roślin na ogólną i szczegółową. Podział taki ma swoje uzasadnienie w tem, że przebieg zjawisk fizjologicznych zależy nietylko od czynników zewnętrznych (warunków otoczenia), ale i od czynników

wewnętrznych, tkwiących w samej roślinie. Otóż czynniki wewnętrzne mają różną naturę u różnych form i skutkiem tego w tych samych warunkach to samo zjawisko przebiega u różnych roślin różnie, np. w tych samych warunkach różne rośliny przyswajają różne ilości dwutlenku węgla na jednostkę powierzchni liści. Takie osobliwości poszczególnych form nazywają się ich cechami fizjologicznemi. Cechy te mają niemniejsze znaczenie od cech morfologicznych, pod pewnemi względami nawet większe, np. w rozważaniach geograficznych i przy zastosowaniach praktycznych. Ponieważ jednak cechami fizjologicznemi zajmowano się dotąd mało, podział fizjologji na ogólną i szczegółową w praktyce nie da się przeprowadzić i dlatego oba te działy będziemy traktowali wspólnie.

Inny jeszcze podział fizjologji da się przeprowadzić, opierając się na czynnikach zewnętrznych, działających na rośliny. Czynniki te mogą być bardzo różne w różnych krajach i stanowiskach zależnie od zmian klimatu i podłoża. Ponieważ badania fizjologiczne wymagają złożonych przyrządów, przeprowadza się je przeważnie w zamkniętych lokalach pracowni fizjologicznych, gdzie rośliny umieszcza się nieraz w osobnych naczyniach, pod kloszami i wogóle w ograniczonej, zamkniętej przestrzeni. Stwarza się przez to warunki szczególne, odmienne od warunków naturalnych albo rzadko w naturze spotykane. Skutkiem tego wyniki badań laboratoryjnych grzeszą pewną jednostronnością i nie dają możności sądzenia o życiu roślin w naturze. Wyłania się zatem konieczność osobnej gałęzi fizjologji, zajmującej się specjalnie życiem roślin w przyrodzie, w warunkach naturalnych. Ten dział fizjologji nosi nazwę ekologji. Ekologja jest nauką bardzo jeszcze młodą. Rozwojowi jej stoją na przeszkodzie poważne trudności techniczne, gdyż wymaga ona pracowni, umieszczonych poza miastami wśród naturalnej roślinności i opatrzonych w specjalne urządzenia, przystosowane do używania na otwartem powietrzu.

Dla bliższego zapoznania się z zagadnieniami i wynikami fizjologji roślin należy uciec się do specjalnie temu tematowi poświęconych książek. Z literatury naukowej polskiej można polecić książkę Godlewskiego starszego p. t. „Myśli przewodnie fizjologji roślin“, 2 tomy (Warszawa 1923—1930) oraz Niklewskiego „Fizjologję roślin. Przemiana materji“ (Poznań 1933). Dla bliższego zaznajomienia się z ekologją roślin może służyć „Ekologja roślin“ autora tej książki (Lwów 1932). Z literatury obcej zasługują na szczególną uwagę 3 dzieła. Jedno jest niemieckie: Jost und Benecke „Pflanzenphysiologie“

(4 wydanie, t. I [1924], t. II [1923]). Drugie dzieło, francuskie, jest pióra MOLLIARDA. Wchodzi ono w skład encyklopedji naukowej, wydawanej w Paryżu przez firmę księgarską Octave Doin i ma się składać z 8 części, które ukazują się jako osobne książki. Najlepszym może podręcznikiem fizjologji roślin jest dzieło KOSTYCZEWA i WENTA p. t. „Lehrbuch der Pflanzephysiologie“ (2 tomy, 1926—1933).

Specjalnie zagadnieniom chemicznym w fizjologji roślin jest poświęcone wielkie dwutomowe dzieło CZAPEKA „Biochemie der Pflanzen“ (3 wydanie [niezmienione], t. I 1922, t. II 1925).

Dla pogłębienia wiadomości z fizjologji roślin bardzo może być pożytecznem klasyczne dzieło PFEFFERA „Pflanzenphysiologie“ (2 wydanie, t. I 1897, t. II 1904). Jest to rzecz napisana ciężko, niedostępna dla początkujących, zresztą już przestarzała.

230. Metody fizjologji roślin. Jak już zaznaczyłem w poprzednim ustępie, fizjologja posługuje się temi samemi metodami, co fizyka i chemja. Są to metody indukcyjne, polegające na sprawdzaniu drogą obserwacyj i doświadczeń wniosków, wysnutych z pewnych założeń albo przy ich pomocy. Takie założenia noszą nazwę hipotez. Fizjologja, tak samo jak każda inna nauka doświadczalno-przyrodnicza, jest z hipotez zbudowana. Hipotezy są wytworami wolnej myśli ludzkiej i w przeciwstawieniu do twierdzeń matematycznych nie mogą być dowodzone, lecz są sprawdzane. Jeżeli zostanie stwierdzony jakikolwiek fakt niezgodny z którymkolwiek wnioskiem, wysnutym przy pomocy danej hipotezy, hipoteza musi być odrzucona albo w odpowiedni sposób zmieniona. Potwierdzenie natomiast jej przez nowe fakty nie daje jeszcze gwarancji jej prawdziwości. Obszerny wykład teorji badania indukcyjnego znajdzie czytelnik w podręcznikach logiki, np. w dziele SIGWARTA „Logik“.

Szerokie zastosowanie w badaniach fizjologicznych znalazły w ostatnich czasach metody statystyczne, pozwalające ujmować wyniki licznych obserwacyj przy pomocy niewielu liczb. Szczegółowy wykład tych metod może czytelnik znaleźć w dziele:

G. U. YULE „Wstęp do teorji statystyki“. Tłumaczenie z angielskiego, Warszawa 1921.

Najrozmaitsze metody i przyrządy fizyczne i chemiczne znalazły zastosowanie w fizjologji roślin. Szczegółowe ich zestawienie można znaleźć w wielotomowem dziele, wydawanem

przez ABDERHALDENA przy współudziale wielu specjalistów p. t. „Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden“. Jest to drugie wydanie podobnego dzieła o mniejszym zakresie: „Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden“.

Praktyczne wskazówki do wykonywania prostszych doświadczeń fizjologicznych można znaleźć w książkach:

F. DARWIN and F. H. ACTON „Practical physiology of plants“. Cambridge.

L. BRAUNER „Pflanzenphysiologisches Praktikum“ 2 części. — Jena. Gustav Fischer 1829—32.

ROZDZIAŁ II

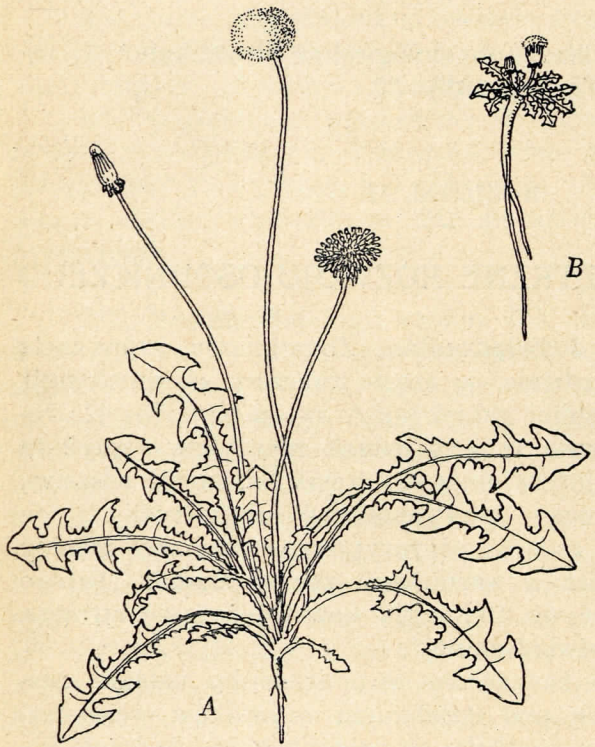
CZYNNIKI ZEWNĘTRZNE ROZWOJU OSOBNICZEGO

231. Morfologja doświadczalna. Zagadnienia, które będą traktowane w tym rozdziale, są często zaliczane do morfologji, a mianowicie do odrębnej gałęzi jej, t. zw. morfologji doświadczalnej. Nazwa ta jest jednak niewłaściwa, gdyż ta szczególna „morfologja“ zajmuje się czemś innem niż właściwa morfologja. Zamiast tego, żeby opisywać formy roślin i ich przemiany, bada ona związki przyczynowe, zachodzące między ukształtowaniem roślin a warunkami zewnętrznemi. Dlatego też należy ją zaliczyć do fizjologji, nawet jeżeli się utrzyma nazwę „morfologji doświadczalnej“.

Jak to już było zaznaczone w poprzednim ustępie, rozwój roślin odbywa się pod działaniem czynników wewnętrznych, mających swoje siedlisko w protoplazmie i jądrach komórek, a nadto pod działaniem czynników zewnętrznych, pochodzących z otoczenia. W tym rozdziale zajmiemy się czynnikami zewnętrznemi, pozostawiając czynniki wewnętrzne do następnego rozdziału. Otóż osobniki tego samego gatunku, hodowane w różnych warunkach, rozwijają się różnie i przybierają odmienną postać i odmienną budowę anatomiczną.

Najciekawszym przykładem tego jest wpływ górskiego klimatu, zbadany dokładnie przez BONNIERA. BONNIER brał nasiona, pochodzące od tej samej rośliny macierzystej, i połowę ich wysiewał na niżu w okolicach Paryża, drugą zaś połowę wysiewał w Alpach (na Aiguille de Tour) na wysokości 2300 *m* nad poziomem morza lub w Pirenejach (na Col de la Paloume) na wysokości 2400 *m*. Podobnie postępował on z ro-

ślinami trwałemi, dzieląc każdy okaz na dwie części. Zostały w ten sposób stworzone dwie kultury roślin, posiadających taką samą organizację wewnętrzną, ale rosnących w odmiennych warunkach klimatycznych. Wpływ klimatu okazał się bardzo wybitny i rośliny tego samego gatunku miały wygląd bardzo różny (ryc. 825). Okazy wyhodowane w górach miały pędy nadziemne krótsze, o drobniejszych liściach i bardziej jaskrawych kwiatach. Korzenie ich były w stosunku do pędów nadziemnych silniej rozwinięte niż u roślin niżowych. Wystąpiły także zmiany w budowie anatomicznej: liście roślin górskich miały silniej rozwiniętą tkankę palisadową i liczniejsze szparki.



Ryc. 825. *Taraxacum officinale.* — *A* Okaz wyhodowany na niżu. — *B* Okaz wyhodowany w górach, przedstawiony w tej samej skali. Według Bonniera.

Podobne zmiany w morfologji wewnętrznej i zewnętrznej roślin, zachodzące pod wpływem warunków zewnętrznych, utrzymują się dopóty, dopóki działają te warunki. Z nastaniem nowych warunków następują nowe zmiany w ukształtowaniu i budowie anatomicznej roślin. Zmiany te nie są dziedziczne i w potomstwie, o ile jest ono hodowane w innych warunkach, ujawniają się w słabszym stopniu i zawsze znikają w dalszych pokoleniach. Ponieważ stwierdzono w wielu przypadkach zmiany dziedziczne, wywołane oczywiście nie przez warunki zewnętrzne, lecz przez inne przyczyny, nadano nietrwałym zmianom, powodowanym przez warunki zewnętrzne, osobną nazwę m o d y f i k a c y j.

Modyfikacje mogą dotyczyć zresztą nietylko cech morfologicznych, lecz także cech fizjologicznych. Naprzykład zboża, hodowane na północy, skracają swój okres wegetacyjny i przeniesione do cieplejszego kraju stopniowo w ciągu paru pokoleń przedłużają go pod działaniem odmiennych warunków klimatycznych.

W dalszych ustępach tego rozdziału rozpatrzymy pokolei działanie różnych czynników osobno, a mianowicie: światła, siły ciężkości, ciepła, wilgotności, czynników mechanicznych, chemicznych i wreszcie czynników biotycznych.

Dla bliższego zapoznania się z zagadnieniami morfologji doświadczalnej można skorzystać z książki Goebela: „Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen“ (Lipsk i Berlin, Teubner, 1908).

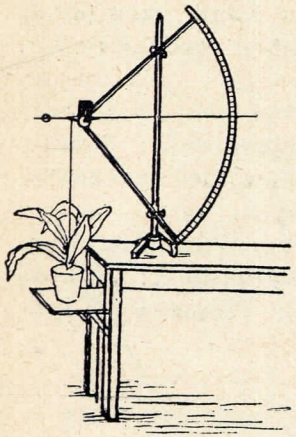
232. Wzrost. Zasadniczem zjawiskiem, badanem przez fizjologję rozwoju, jest w z r o s t. Jest to powiększenie wymiarów rośliny skutkiem powiększenia wymiarów komórek, albo skutkiem pomnożenia ich ilości, albo wreszcie przez jedno i drugie jednocześnie.

Wzrost u roślin jest umiejscowiony w pewnych częściach ich ciała. Każda część rośliny przechodzi osobno od innych tak zwany w i e l k i o k r e s w z r o s t u, rosnąc z początku coraz prędzej, potem po osiągnięciu pewnego maksymum szybkości coraz wolniej aż do zupełnego ustania wzrostu. Naprzykład Sachs stwierdził na pewnym korzeniu bobu *(Vicia Faba)*, że wydłużenia części korzenia o długości 1 *mm*, położonej tuż ponad stożkiem wzrostu, wyniosły w następujących po sobie dniach:

Dnie	1	2	3	4	5	6	7	8
Wydłużenia w *mm*	1.8	3.7	17.5	16.5	17.0	14.0	7.0	0

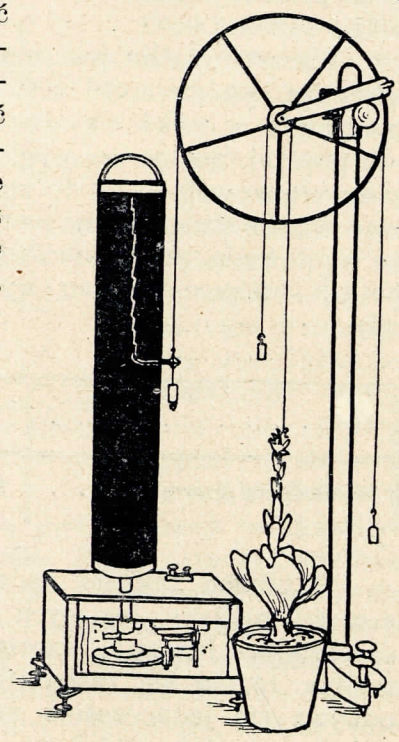
Skutkiem takiego sposobu wzrostu roślina składa się z części młodych, będących w stanie wzrostu, i z części starszych, które już swój wzrost zakończyły. Pod tym względem rośliny różnią się zasadniczo od zwierząt, u których wzrost odbywa się jednocześnie we wszystkich częściach ciała i po dojściu do dojrzałości we wszystkich częściach mniej więcej jednocześnie ustaje.

Wzrost u roślin odbywa się powoli i tylko w wyjątkowych przypadkach może być śledzony bezpośrednio nieuzbrojonem okiem. Szybkość jego mierzy się stosunkiem przyrostu, który nastąpił w jednostce czasu, do pierwotnej długości rosnącej części ciała rośliny albo poprostu przyrostem w jednostce czasu. Najszybszy wzrost mają łagiewki niektórych roślin okrytozalążkowych, np. u łagiewek *Impatiens Haukeri* stwierdzono szybkość 220% na minutę. Bardzo szybko rosną grzyby, np. u *Mucor stolonifer* szybkość wzrostu dochodzi do 118% na minutę. Rośliny wyższe rosną znacznie wolniej: szybkość wzrostu u nich zwykle nie przekracza 1% na minutę. Tylko wyjątkowo zdarzają się przypadki szybkiego wzrostu, np. nitki pręcikowe traw rosną z szybkością 60% na minutę.



Ryc. 826. Auksanometr dźwigniowy. — Według Detmera.

Powolność wzrostu wymaga użycia odpowiednich przyrządów. Do tego celu może służyć przedewszystkiem mikroskop, który przytem umieszcza się zwykle w położeniu poziomem. Oprócz tego istnieją przyrządy, służące specjalnie do badania wzrostu, t. zw. auksanometry. Są to rozmaite mechaniczne albo optyczne urządzenia, które powiększają przesunięcia części roślin, powodowane przez wzrost. Najprostszą formą auksanometru jest nierównoramienna dźwignia, której krótsze ramię jest połączone z rośliną (ryc. 826). Koniec dłuższego ramienia wykonuje wtedy przesunięcia tyle razy większe od przesunięć rośliny, ile razy dłuższe ramię jest większe od krótszego. Najsilniejsze powiększenia dają się otrzymać przy pomocy



Ryc. 827. Automatyczny auksanometr. — Według Detmera.

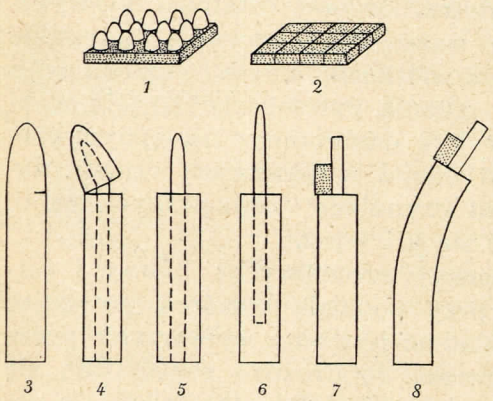
auksanometrów optycznych. W tych przyrządach roślina obraca lusterko, w którem odbija się skala obserwowana przy pomocy lunety. Indyjskiemu fizjologowi Bose'mu udało się skonstruować auksanometry, powiększające wiele miljonów razy. Zarówno mechaniczne, jak i optyczne auksanometry mogą być przystosowane do automatycznego zapisywania (ryc. 827).

233. Substancje wzrostowe. Badania ostatnich lat wykazały, że w procesach wzrostu ważną rolę odgrywają szczególne substancje, wytwarzane w komórkach, t. zw. substancje wzrostowe. Stanowią one czynnik wewnętrzny rozwoju osobniczego i właściwie powinny być omówione w następnym rozdziale. Ponieważ jednak ich udział w zjawiskach wzrostu tłumaczy wiele faktów wpływu czynników zewnętrznych na te zjawiska, trzeba niemi zająć się już teraz.

Są dwa rodzaje substancyj wzrostowych: biosy i auksyny. Pierwsze działają przy podziale komórek, potęgując go. Najlepiej znanym przykładem jest bios, wytwarzany przez drożdże. Zauważono mianowicie, że drożdże rozmnażają się o wiele prędzej, jeżeli są w większej ilości albo jeżeli do pożywki dodano innej pożywki, w której drożdże rosły poprzednio. Drugim przykładem są podziały, które występują na zranionych częściach roślin, co szczególnie jest widoczne na bulwach ziemniaczanych. Tworzy się wtedy na powierzchni tkanka kallusowa. Otóż jeżeli się nie dopuści do osiedlenia się bakteryj na ranie, to podziały w komórkach nie następują. Widocznie bakterje wydzielają substancje, pobudzające podziały. Skład chemiczny biosów nie jest znany.

W przeciwieństwie do biosów auksyny nie wywierają wpływu na procesy podziału komórek, zato działają silnie na wydłużanie się ich. Z reguły potęgują one wydłużanie się, rzadziej osłabiają je. Klasycznym przykładem są koleoptile traw, w szczególności owsa. Koleoptile jest to pierwszy liść kiełkującego ziarna, odznaczający się brakiem chlorofilu (por. str. 676). Ma ono formę zamkniętej, na końcu nieco zwężonej rurki, okrywającej rosnący pęd. Dalsze liście wydobywają się z niego, przerywając go w dolnej części. Otóż stwierdzono, że koleoptile przestaje rosnąć, jeżeli ściąć wierzchołek. Wystarczy przytem usunięcie górnych 1—2 *mm*: tam, na samym szczycie koleoptile wytwarza się auksyna i stamtąd przechodzi do dalszych części koleoptile. Że tak jest istotnie, dowodzi tego dalsze doświadczenie, polegające na nasadzeniu zpowrotem ścię-

tego szczytu: wzrost wówczas wznawia się. Wznawia się on także wtedy, jeżeli między szczyt a obcięte koleoptile włożyć cienką blaszkę agaru. Natomiast szczyt nie wywiera żadnego działania, jeżeli między nim a koleoptile włożyć blaszkę miki albo cynfolji. Widoczne jest, że działa tu jakaś rozpuszczalna substancja, przenikająca do koleoptile ze szczytu. Substancję tę można wydzielić z koleoptile przez dyfuzję, stawiając obcięte szczyty na płytkę agarową lub żelatynową (ryc. 828, *1*). Kawałki takiego agaru, umieszczone na obciętem koleoptile, wznawiają jego wzrost tak samo, jak szczyt jego.



Ryc. 828. Metoda otrzymywania i dozowania auksyny. — 1. Blaszka agarowa z 12 szczytami koleoptilów. — 2. Blaszka po zdjęciu szczytów pocięta na 12 kawałków. — 3—5 Ścięcie i usunięcie szczytu z koleoptile. Zostają uwolnione dalsze liście siewki. — 6. Liście te są wyrwane i wysunięte. — 7. Kawałek agaru (z figury 2) nałożony zboku na obcięte koleoptile. — 8. Zgięcie koleoptile wywołane przez ten zabieg. — Według Wenta.

Dzięki dyfuzji auksyny do agaru można mierzyć ilości tej substancji. W tym celu nakłada się kawałki agaru, który pozostawał w zetknięciu ze szczytami, na obcięte koleoptile zboku w sposób, pokazany na ryc. 828, *7*. Wówczas auksyna przechodzi w większej ilości na jedną stronę koleoptile, niż na drugą. Skutkiem tego strona, na której położono agar, rośnie prędzej i koleoptile wygina się w przeciwnym kierunku (ryc. 828, *8*). Kąt wygięcia może być uważany za miarę stężenia auksyny w agarze. Taki pomiar ilości auksyny, jakkolwiek względny, jest bardzo cenny, bo ich ilości w roślinach są tak małe, że nie dadzą się inaczej zmierzyć.

Auksynę znaleziono w najrozmaitszych roślinach wyższych i niższych i w różnych ich organach. Występuje ona m. i. w korzeniach, których wzrostu jednak nie przyśpiesza, lecz wstrzymuje. Znaleziono auksynę także w moczu. Nie jest ona jednak wytwarzana przez zwierzęta i do moczu dostaje się ze spożywanych roślinnych pokarmów.

Auksyn jest kilka. Najlepiej poznane są auksyny *a* i *b*, obie występujące w kiełkach traw. Z nich to udało się Kögl-

lowi wydzielić je w stanie krystalicznym. Auksyna *a* jest bezbarwną substancją łatwo rozpuszczalną w alkoholu i eterze, trudno w wodzie (około 1%). Gotowanie jej nie niszczy. Auksyna *b* różni się od poprzedniej słabą rozpuszczalnością w eterze i odpornością na działanie nadtlenku wodoru, który rozkłada auksynę *a*.

Kögl ustalił następujące wzory dla omawianych substancyj.

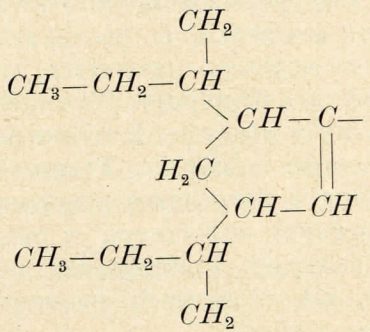
Auksyna *a*:

$$R—CHOH—CH_2—CHOH—CHOH—COOH$$

Auksyna *b*:

$$R—CHOH—CH_2—CO—CH_2—COOH$$

gdzie grupa atomów *R* ma budowę:



Są to zatem kwasy o złożonej cyklicznej budowie. Auksynę *a* udało się otrzymać syntetycznie.

234. Bodziec i podrażnienie. Wpływ czynników zewnętrznych na rozwój rośliny jest bardzo złożonym łańcuchem przyczyn i skutków. Pierwszem ogniwem tego łańcucha jest dany czynnik zewnętrzny, np. światło. Bezpośrednim skutkiem działania tego czynnika są pewne zmiany w żywej substancji rośliny, które to zmiany powodują wewnątrz rośliny dalsze zmiany i t. d., i wreszcie jako jeden ze skutków tego łańcucha działań następuje zmiana we wzroście rośliny. Czynnik zewnętrzny nie jest zatem bezpośrednią przyczyną zmian w rozwoju rośliny, tak samo jak, dajmy na to, pociągnięcie cyngla pistoletu nie jest bezpośrednią przyczyną ruchu wystrzelonej kuli. Ten sam czynnik, działając na inną roślinę albo na tę

samą, ale będącą w innym stanie, może wywołać zupełnie inny skutek, tak samo jak pociągnięcie cyngla wywołać może różne skutki, zależnie od urządzenia pistoletu i naboju, zależnie od tego czy pistolet jest nabity, czy nienabity.

Dla ściślejszego określenia przyczynowych związków między zjawiskami fizjologicznemi każdy czynnik zewnętrzny, działający na roślinę, nazywamy bodźcem, zaś wywołaną bezpośrednio przezeń zmianę w roślinie nazywamy podrażnieniem. Zdolność reagowania na działanie czynników zewnętrznych przez podrażnienie nazywa się wrażliwością. Zdolność ta jest ogólną własnością organizmów, chociaż u roślin nie przejawia się tak wyraźnie, jak u zwierząt.

Natura podrażnienia nie jest dotychczas znana. Samo istnienie podrażnienia jednak nie ulega żadnej wątpliwości, gdyż są znane fakty przewodzenia go z jednej części rośliny do drugiej. Naprzykład stwierdzono, że koleoptile wygina się pod wpływem jednostronnego oświetlenia w stronę światła. Otóż Darwin stwierdził, że jeżeli szczyt jego osłonić czepkiem z nieprzezroczystego materjału albo jeżeli obciąć wierzchołek, wygięcie nie następuje. Widocznie światło wywołuje podrażnienie tylko w szczycie. Z niego podrażnienie przechodzi do niższych części koleoptile. Przewodzenie podrażnienia u roślin w zbadanych dotychczas przypadkach odbywa się za pośrednictwem pewnych substancyj, w przytoczonym przykładzie działaniem auksyny. Podrażnienie przenosi się przytem nie tak szybko, jak w nerwach zwierząt, ale blisko 200 razy prędzej niż przy dyfuzji.

Działanie podrażnienia na organizm rośliny może być bardzo rozmaite i może dotyczyć nietylko wzrostu, ale także wszystkich innych zjawisk fizjologicznych, w tej liczbie również przemiany materji i energji. Stąd badanie wrażliwości staje się jednem z najważniejszych zadań fizjologji roślin.

Ogólne prawa wrażliwości są dla wszystkich organizmów jednakowe, tak samo dla roślin, jak i dla zwierząt. Zostały one dokładniej zbadane na zwierzętach, w tej liczbie na człowieku. Dwa główne prawa rządzą zjawiskami wrażliwości: prawo progu i prawo Webera.

Prawo progu polega na tem, że bodziec zbyt słaby nie wywołuje żadnego podrażnienia. Dopiero po osiągnięciu pewnego natężenia, zwanego progiem, zjawia się podrażnienie, które następnie wzmaga się z nasileniem bodźca. Prawo progu może być wykazane przy pomocy następującego doświadczenia. Jeżeli do ciemnego pokoju wpuścimy pęk światła przez

bardzo wąską szparę, oko ludzkie nie dostrzeże nic. Jeżeli następnie będziemy rozszerzali szparę, to przy pewnej szerokości jej oko dostrzeże światło, a to skutkiem osiągnięcia przez bodziec świetlny progu. Wysokość tego progu zależy przedewszystkiem od oka, gdyż wrażliwość ócz u różnych osób jest różna. Z drugiej zaś strony zależy ona od rodzaju światła, np. światło czerwone musi być silniejsze od zielonego, ażeby zostało dostrzeżone.

Prawo Webera dotyczy wysokości progu w zależności od poprzedniego działania bodźca. Zjawisko progu występuje nietylko wtedy, kiedy bodziec dopiero zaczyna działać, lecz także, kiedy jego natężenie wzrasta. Ażeby podrażnienie się wzmogło, natężenie bodźca musi wzrosnąć o pewną wielkość ponad dotychczasowy poziom. Zbyt mały wzrost bodźca nie wywoła żadnej zmiany w organizmie. Ażeby podrażnienie się wzmogło, trzeba przekroczyć pewien nowy próg, wyższy od tego, który trzeba było osiągnąć, kiedy bodziec zaczynał działać. Wysokość tego progu jest wprost proporcjonalna do poprzedniego natężenia bodźca. Jako przykład można znowu przytoczyć działanie światła na oko ludzkie. W słabo oświetlonym pokoju nieznaczne nawet zwiększenie oświetlenia zostanie odrazu zauważone. Przy silnem oświetleniu trzeba znacznie wzmocnić światło, by dostrzec różnicę.

W następnych ustępach zapoznamy się z faktami i doświadczeniami, dowodzącemi, że oba prawa wrażliwości stosują się także do roślin.

235. Światło. Przegląd czynników, wpływających na rozwój roślin, rozpoczniemy od światła, a to z tego powodu, że działanie jego zostało najlepiej zbadane.

Zagadnienie wpływu światła albo, mówiąc ogólnie, promieniowania na rośliny jest bardzo zawiłe, a to przedewszystkiem dlatego, że promieniowanie składa się z fal różnej długości, mających różne działanie. O ile chodzi o wpływ światła na wzrost a przez to na rozwój rośliny, to czynne są w tym procesie głównie promienie niebieskie i fiołkowe, częściowo także zielone. Zarówno promienie o krótszej fali, jak i dłuższej działają słabo. Zwłaszcza mało czynne są czerwone, które nie działają prawie wcale. Dzięki temu przy obserwacjach nad wzrostem roślin w ciemności można posługiwać się czerwonem światłem, jak przy fotografji.

*

Dokładniejsze wiadomości o wrażliwości roślin na fale świetlne różnej długości zawdzięczamy Blaauwowi, który zbadał pod tym względem dwa klasyczne objekty: koleoptile owsa i strzępkę zarodniową pleśniaka *Phycomyces nitens*. Wrażliwość na światło przyjmował Blaauw jako odwrotnie proporcjonalną do wysokości progu. Wysokość progu była mierzona liczbami proporcjonalnemi do energji danego rodzaju promieniowania. Wrażliwość zaś została wyrażona w pewnych dowolnych jednostkach, zależnych od siły światła użytej w doświadczeniu lampy łukowej. Wartości wrażliwości, otrzymane w ten sposób, są zestawione w następujących dwóch tabelach:

Wrażliwość koleoptile owsa na promieniowanie:

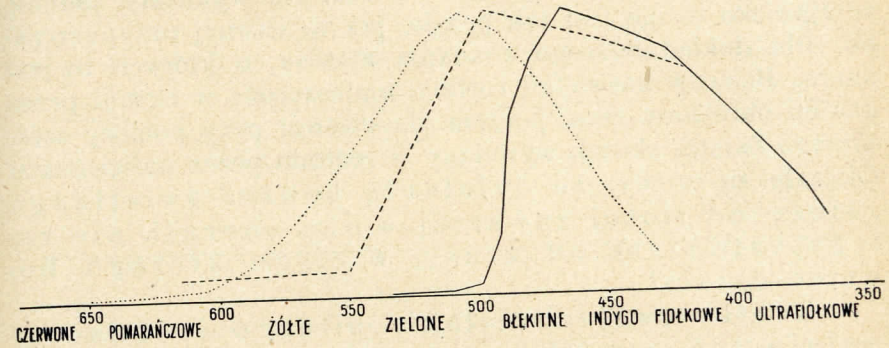
Długość fali	Wrażliwość
534 $\mu\mu$	0.34
510	1.96
499	20
491	175
487	546
478	717
466	**884**
448	825
436	721
426	685
392	427
372	276
364	184

Wrażliwość strzępki zarodniowej *Phycomyces nitens* na promieniowanie:

Długość fali	Wrażliwość
615 $\mu\mu$	1.07
550	1.34
495	**15.3**
450	13.5
420	12.0

Z tych liczb widać przedewszystkiem, że wrażliwość strzępek *Phycomyces* jest o wiele słabsza od koleoptile owsa. Graficzne przedstawienie na ryc. 829, na której krzywa dla *Phycomyces* jest wykreślona w innej skali, niż dla owsa, wykazuje ciekawe różnice w stosunku do długości fali. *Phycomyces* jest stosunkowo bardziej wrażliwy na dłuższe fale świetlne od owsa: najsilniej działa nań światło zielone, które na owies działa słabo. Dla porównania wykreślona jest na tej samej rycinie krzywa wrażliwości oka ludzkiego, dosyć znacznie odbiegająca od krzywej wrażliwości roślin.

Rozpatrując wpływ światła na rozwój roślin, trzeba zacząć od działania tego czynika na rośliny lub ich części,



Ryc. 829. Wrażliwość organizmów na działanie różnego promieniowania. — Linja ciągła odnosi się do koleoptile owsa, linja przerywana do strzępki zarodniowej u *Phycomyces*, linja kropkowana — do oka ludzkiego. Wszystkie trzy krzywe są wyrysowane w różnej skali. — Według Blaauwa.

będące w stanie spoczynku: zarodniki, nasiona, pączki i t. d. Otóż stwierdzono, że w wielu przypadkach wzrost w takich uśpionych roślinach (względnie częściach roślin) zaczyna się dopiero pod działaniem światła, w innych natomiast przeciwnie światło powstrzymuje rozwój. Można w tym względzie przytoczyć następujące przykłady. Nasiona jemioły *(Viscum album)* i tytoniu *(Nicotiana Tabacum)* nie kiełkują w ciemności wcale albo bardzo słabo. Co do tytoniu wystarcza jednogodzinne naświetlenie napęczniałych w wodzie nasion, by umożliwić ich kiełkowanie w ciemności. Nasiona szarłatowatych *(Amarantaceae)* nie kiełkują na świetle. Pączki buka *(Fagus silvatica)* i żabiścieku *(Hydrocharis Morsus ranae)* pozostają w stanie uśpienia, jeżeli nie są poddane działaniu dostatecznie silnego światła. Takie przy-

padki, aczkolwiek liczne, nie stanowią jednak ogólnego prawidła i po większej części wzrost może zaczynać się tak samo na świetle, jak i w ciemności.

Przejdziemy teraz do wpływu światła na wzrost już rozpoczęty. Rozpatrzymy z początku działanie światła na szybkość wzrostu, które to działanie zostało w ostatnich czasach zbadane z wielką dokładnością. Później zajmiemy się zjawiskami bardziej złożonemi, powodowanemi przez różnice szybkości wzrostu.

Naogół światło powoduje opóźnienie wzrostu. Badania ostatnich lat, zwłaszcza badania BLAAUWA, wykazały jednak, że zjawisko to nie jest tak proste, jak to dawnej przypuszczano. Dla dokładniejszego zbadania zjawisk, o których tu jest mowa, BLAAUW naświetlał rośliny, umieszczone w ciemni przez pewien określony czas, poczem obserwował przy pomocy czerwonego światła skutek, wywołany w roślinie przez naświetlenie. Okazało się wtedy, że działanie bodźca świetlnego zależy od ilości zawartej w nim energji, nie zależy natomiast od czasu, w ciągu którego bodziec działał.

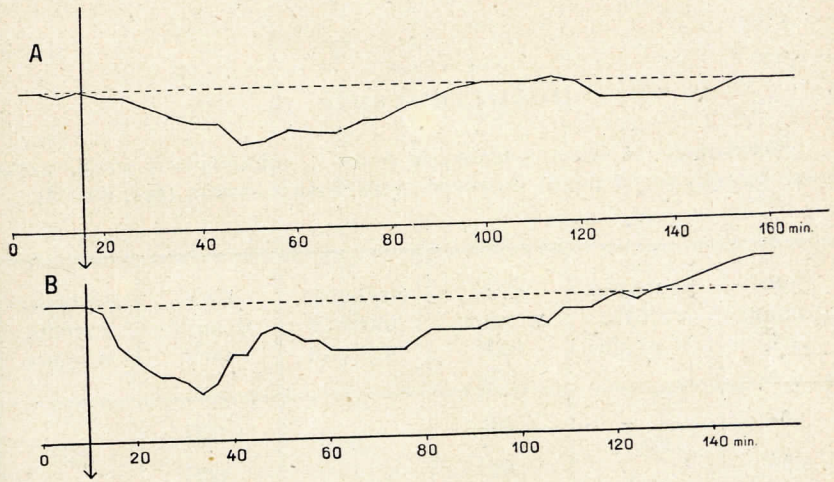
Krótkotrwałe działanie silnego światła wywołuje ten sam skutek, co długotrwałe a słabe naświetlenie, jeżeli tylko ilość energji promienistej jest jednakowa w obu przypadkach. Dotyczy to między innemi progu. Dla wyznaczenia progu działania światła najłatwiej jest skorzystać z wyginania się części roślin pod wpływem jednostronnego oświetlenia, czyli z tak zwanego wyginania się fototropicznego, o którem będzie jeszcze mowa później. Dla koleoptile owsa otrzymał BLAAUW następujące wielkości progu:

Trwanie naświetlenia	Natężenie światła w metrowych świecach	Energja bodźca w metrowych świecach przez sekundy
43 godzin	0.00017	26.3
6 godzin	0.00085	18.6
1 godzina	0.00477	17.2
4 minuty	0.0898	21.6
4 sekundy	5.456	21.8
0.01 sekundy	1902	19.0
0.001 sekundy	26520	26.5

Średnia energja progu wypada z tych danych równa 21.6; poszczególne wartości mało odbiegają od tej średniej pomimo olbrzymich różnic w trwaniu naświetlenia i jego sile.

Przytoczone powyżej prawo traci swoją ważność przy bardzo dużych ilościach energji promienistej: działanie światła na rośliny zależy wtedy głównie od jego natężenia.

Badając wpływ światła na rośliny, stwierdzono nietylko prawo progu, ale i prawo WEBERA. Wrażliwość rośliny na wpływ światła słabnie pod jego działaniem. Widoczne to jest stąd, że jeżeli roślina jest ze wszystkich stron oświetlona, to



Ryc. 830. Reakcja wzrostowa wywołana przez naświetlenie podliścieniowej części łodygi u *Helianthus globosus*. — *A* przy naświetleniu 64 świec metrowych przez $^1/_2$ sekundy. — *B* przy naświetleniu 4096 świec metrowych przez 32 sekundy. — Strzałka oznacza czas naświetlenia. — Według BLAAUWA.

aby wywołać wykrzywienie jej, trzeba tem silniejszego jednostronnego bodźca świetlnego, im oświetlenie jest silniejsze. Czy wysokość progu jest tu proporcjonalna do oświetlenia, jak tego wymaga prawo WEBERA, nie jest jeszcze należycie zbadane.

Działanie światła na rośliny wywołuje w nich zmiany w szybkości wzrostu, których całokształt został nazwany przez BLAAUWA reakcją wzrostową. Jak to już było podane powyżej, dla zbadania tego zjawiska, obserwuje się wzrost rośliny w ciemni, oświetlając ją tylko przez krótki czas. Okazuje się wtedy, że jednostajny wzrost, który miał

miejsce przed naświetleniem, zostaje zwolniony po upływie pewnego czasu po naświetleniu. To zwolnienie potęguje się i po przebyciu pewnego minimum wzrost rośliny wzmaga się, przebywa przez maksymum, słabnie znowu i t. d., dając na wykresie szybkości linję falistą (ryc. 830). Fale te stopniowo nikną i wzrost po pewnym czasie wraca do pierwotnej jednostajności. Przy słabszych bodźcach zaznacza się tylko jedna fala. Amplituda fal jest tem większa, im silniejszy jest bodziec.

Jako przykład można przytoczyć dwa doświadczenia Blaauwa nad podliścieniową częścią łodygi *Helianthus globosus*.

Doświadczenie *A*

Naświetlenie 64 świec metrowych przez $^1/_2$ sekundy z 4 stron, zastosowane po upływie 15 minut po rozpoczęciu doświadczenia (ryc. 830, *A*).

Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min
0		56		112	
	$24^1/_2$		$16^1/_2$		25
4		61		117	
	$24^1/_2$		16		24
8		66		122	
	$23^1/_2$		16		$21^1/_2$
12		71		127	
	$24^1/_2$		18		$21^1/_2$
16		76		132	
	$23^1/_2$		$18^1/_2$		$21^1/_2$
21		81		136	
	23		$20^1/_2$		$21^1/_2$
26		86		141	
	$21^1/_2$		$21^1/_2$		$20^1/_2$
31		91		146	
	$19^1/_2$		$23^1/_2$		22
36		97		151	
	$18^1/_2$		24		24
41		102		158	
	18		24		24
46		107		163	
	$14^1/_2$		24		24
51		112		168	
	$15^1/_2$				

Doświadczenie *B*

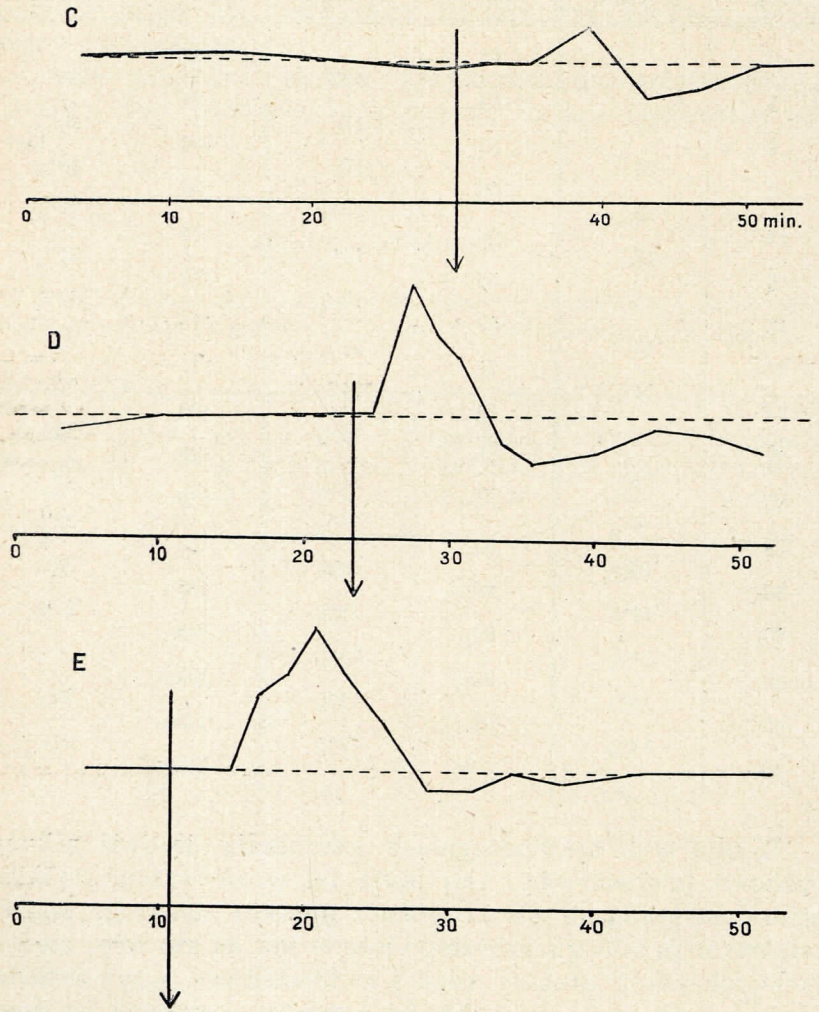
Naświetlenie 4096 świec metrowych przez 32 sekund z 4 stron, zastosowane po upływie 10 minut od początku doświadczenia (ryc. 830, *B*).

Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min
0		51		96	
	24		$18^1/_2$		20
3		54		99	
	24		17		20
6		57		102	
	24		17		$19^1/_2$
9		60		105	
	23		$15^1/_2$		$21^1/_2$
12		63		108	
	17		$15^1/_2$		$21^1/_2$
15		66		111	
	15		$15^1/_2$		$21^1/_2$
18		69		114	
	13		$15^1/_2$		23
21		72		117	
	11		$15^1/_2$		24
24		75		120	
	11		$15^1/_2$		23
27		78		123	
	10		17		24
30		81		126	
	$8^1/_2$		$18^1/_2$		$25^1/_2$
33		84		132	
	10		$18^1/_2$		$25^1/_2$
36		87		135	
	$14^1/_2$		$18^1/_2$		$27^1/_2$
39		90		140	
	$14^1/_2$		$18^1/_2$		29
42		93		144	
	$18^1/_2$		$19^1/_2$		30
45		96		148	
	$19^1/_2$		$19^1/_2$		30
48				152	

W obu tych doświadczeniach zaznaczają się dwie niknące stopniowo fale wzrostu. Amplituda fal w pierwszem doświadczeniu jest mniejsza niż drugiem z powodu słabszego bodźca. W dalszym przebiegu prawdopodobnie idą dalsze fale, ale śledzenie ich przez dłuższy czas jest niemożliwe, gdyż wchodzą wówczas w grę zmiany szybkości wzrostu, niezależne od bodźca, a powodowane przez wielki okres wzrostu.

Podobną do dopiero co opisanej reakcję wzrostową stwierdzono także dla koleoptile owsa i dla korzeni gorczycy *(Sinapis alba)*. Wogóle ilość roślin, których wzrost został zbadany, jest dotychczas bardzo mała.

U niektórych roślin reakcja wzrostowa ma przebieg odwrotny do opisanego powyżej i zaczyna się od przyśpieszenia wzrostu zamiast opóźnienia. Ten przypadek został szczegółowo zbadany u *Phycomyces nitens* na pionowo rosnących strzępkach zarodniowych również przez Blaauwa. Doświadczenia *C*, *D* i *E* mogą być przykładem (ryc. 831).



Ryc. 831. Reakcja wzrostowa wywołana przez światło w strzępkach zarodniowych *Phycomyces nitens*. — *C* naświetlenie 2 świec metrowych przez $^1/_8$ sekundy z 4 stron. — *D* naświetlenie 14 świec metrowych przez 15 sekund z 8 stron. — *E* naświetlenie 14 świec metrowych przez 15 sekund z 4 stron Strzałka oznacza chwilę naświetlenia. — Według Blaauwa.

Doświadczenie *C*

Naświetlenie 2 świec metrowych przez $^1/_8$ sekundy z 4 stron, zastosowane po upływie $29^1/_2$ minut od początku doświadczenia (ryc. 831, *C*).

Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min
0		34		42	
	50		49		37
8		36		45	
	52		55		40
22		38		49	
	49		61		49
26		40		53	
	47		49		49
31		42		56	
	49				

Doświadczenie *D*

Naświetlenie 14 świec metrowych przez 15 sekund z 8 stron, zastosowane po upływie $23^1/_2$ minut po rozpoczęciu doświadczenia (ryc. 831, *D*).

Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min
0		$28^1/_2$		$37^1/_2$	
	38		73		32
$6^1/_2$		30		$42^1/_2$	
	43		65		40
14		$31^1/_2$		$46^1/_2$	
	43		49		37
$22^1/_2$		33		$49^1/_2$	
	44		33		32
27		$34^1/_2$		$53^1/_2$	
	90		28		

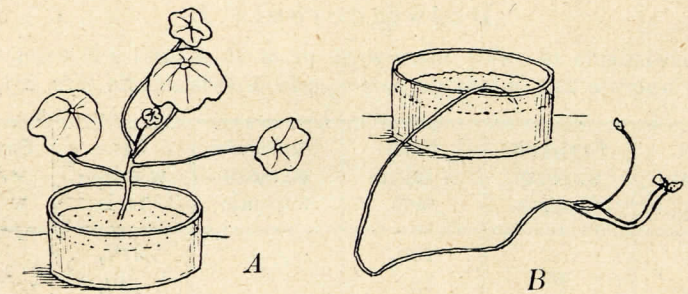
Doświadczenie *E*

Naświetlenie 14 świec metrowych przez 15 sekund z 4 stron, zastosowane w 11 minut po rozpoczęciu doświadczenia (ryc. 831, *E*).

Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min	Czas w minutach	Szybkość wzrostu w μ/min
0		20		33	
	24		49		24
10		22		36	
	24		41		22
12		24		40	
	24		33		24
14		27		$46^1/_2$	
	24		21		24
16		30		$50^1/_2$	
	37		21		24
18		33		$54^1/_2$	
	41				

Długotrwałe naświetlenie można uważać jako złożone z szeregu następujących po sobie bodźców świetlnych. Każdy z nich wywołuje osobną reakcję wzrostową, które to reakcje składają się ze sobą w sposób bliżej dotychczas nieznany.

W naturalnych warunkach rośliny są wystawione na działanie światła, jeżeli nie całe, to przynajmniej w pewnej części. Jedynie pewne grzyby i większa część bakteryj żyją stale w ciemności: w glebie i innych podobnych miejscach. Pozbawienie światła wywołuje u roślin bardzo wybitne zmiany w ukształtowaniu i budowie, zmiany ujmowane ogólnem określeniem wypłonienia. Wypłonienie polega u dwuliściennych na silnem wydłużeniu łodyg z jednoczesnem zmniejszeniem blaszek liściowych (ryc. 832). U jednoliściennych o wydłużonych



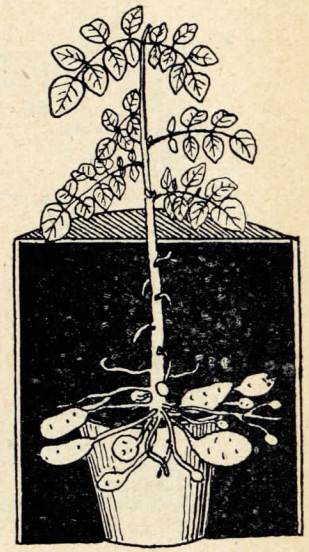
Ryc. 832. *Tropaeolum majus.* Młode roślinki jednakowego wieku wyrosłe na świetle *(A)* i w ciemności *(B)*. — Według Josta.

liściach, np. u traw, w ciemności wydłużają się silnie liście, natomiast łodyga nie zmienia swojej długości. U jednoliściennych, mających liście opatrzone ogonkami, zjawiska wypłonienia mają mniej więcej ten sam charakter, co u dwuliściennych. Oprócz tego wypłonione rośliny odznaczają się żółtawem zabarwieniem skutkiem braku chlorofilu. Chlorofil wogóle nie tworzy się u roślin wyższych w ciemności, z wyjątkiem nielicznych przypadków, z których warto wspomnieć o liścieniach drzew iglastych. W przeciwieństwie do tego rośliny niższe, glony i mszaki, wytwarzają chlorofil także w ciemności. Wypłonienie jednak nie ma żadnego związku z chlorofilem i przyswajaniem dwutlenku węgla, gdyż ulegają mu także owocniki kapeluszowych grzybów, u których trzonek w ciemności wydłuża się silnie, kapelusz zaś zmniejsza się i czasem nawet zanika zupełnie.

Silne wydłużenie łodyg przy wypłonieniu można wytłumaczyć przyśpieszeniem wzrostu, które następuje w braku

hamującego działania światła. Zmniejszenie blaszki liściowej jest natomiast zjawiskiem wtórnem, powodowanem przez brak pokarmów, które zostają po większej części zużyte przez silnie rosnącą łodygę. Że tak jest rzeczywiście, dowodzą doświadczenia, w których powstrzymywano wzrost łodygi przy pomocy gipsowych okładów. W takich doświadczeniach blaszki liściowe nietylko nie malały, lecz rozrastały się silniej niż na świetle. W podobny sposób można tłumaczyć także wydłużanie się liści u traw i strzępek u grzybów.

Wypłonione rośliny nasienne mają nietylko szczególną morfologję zewnętrzną, lecz także odmienną budowę anatomiczną. W narządach wydłużonych komórki mają wymiary większe od normalnych, w narządach o zahamowanym rozwoju — komórki są mniejsze od normalnych. Zróżnicowanie tkanek jest przytem bardzo słabe, w szczególności słabo wykształca się tkanka mechaniczna, skutkiem czego łodygi stają się nieraz bardzo wiotkie (por. ryc. 832, *B*).



Ryc. 833. *Solanum tuberosum.* Tworzenie się bulw na powietrznych pędach. — Według Vöchtinga.

Wypłonienie następuje nietylko w ciemności, lecz także w czerwonem świetle, co jest łatwo zrozumiałe, gdyż ten rodzaj promieniowania nie działa na wzrost. Oczywiście jest ono powodowane nietylko przez brak światła, lecz także przez osłabienie transpiracji, które ma miejsce w ciemności. Przy długotrwałych doświadczeniach wchodzi w grę także zahamowanie asymilacji dwutlenku węgla i pochodzący stąd brak pokarmów. Dlatego też przy badaniach nad wypłonieniem roślin zielonych używa się nasion, bulw i wogóle części, zawierających zapasy, ażeby wyrastające pędy miały dostateczne pożywienie niezależnie od przyswajania dwutlenku węgla.

Zaciemnienie pędów powoduje w niektórych przypadkach oprócz wypłonienia inne jeszcze zmiany, których charakter zależy od rośliny. Naprzykład na powietrznych pędach ziemniaków tworzą się w ciemności bulwy (ryc. 833).

Silne światło działa oczywiście w kierunku odwrotnym od ciemności. Przedewszystkiem skracają się międzywęźla, zwła-

szcza u dwuliściennych. Charakterystyczny pokrój roślin wysokogórskich (ryc. 825) jest spowodowany w znacznej mierze przez wielkie natężenie promieni błękitnych i fiołkowych, o wiele większe w górach aniżeli na niżu. Nie jest to coprawda jedyna przyczyna, bo niższa temperatura górskiego powietrza także powstrzymuje wzrost. Zróżnicowanie tkanek pod działaniem silniejszego światła staje się wyraźniejsze; w szczególności rozwija się silniej tkanka palisadowa i mechaniczna. Najwyraźniej występują te różnice w liściach. Klasycznym przykładem są liście buka wyrosłe na słońcu i w cieniu (ryc. 497).



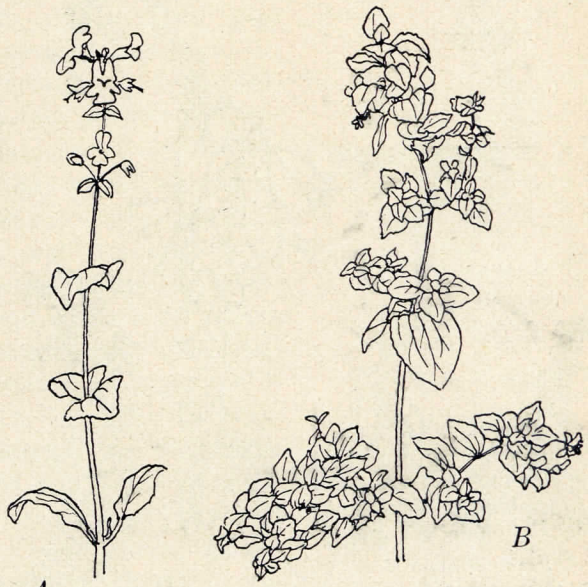
Ryc. 834. *Amarantus Blitum*. — *A* Położenie liści w dzień. — *B* Położenie ich w nocy. — Według JOSTA.

Rośliny górskie wykazują podobne różnice w porównaniu z nizowemi.

Nadzwyczajnie ciekawem zjawiskiem są wygięcia, które w różnych narządach wywołuje światło. Bardzo powszechnem zjawiskiem są wygięcia fototropiczne, wywoływane przez jednostronne działanie światła, o czem będzie jeszcze mowa później. Rzadziej spotykają się wygięcia, powodowane przez zmiany natężenia światła, działającego równomiernie ze wszystkich stron. Nazywają się one fotonastycznemi, która to nazwa pochodzi od wyrazu nastja, oznaczającego wygięcia, powodowane przez równomierne ze wszystkich stron działanie jakiegokolwiek czynnika. Zdolność wykonywania wygięć fotonastycznych nazywa się fotonastją.

Fotonastja ujawnia się w liściach i kwiatach przy zmianach dnia i nocy. Fotonastyczne liście w dzień ustawiają się mniej więcej poziomo. Z nadejściem nocy następuje przyśpieszenie wzrostu na górnej stronie ogonka albo podstawy blaszki i liście przechylają się wdół, albo też następuje przyśpieszenie wzrostu na dolnej stronie i liście wznoszą się do góry. Pierwszy przypadek mamy naprzykład u *Amarantus Blitum* (ryc. 834) i *Impatiens parviflora*, drugi u *Chenopodium* i *Brassica*. To samo zjawisko można wywołać sztucznie przez zaciemnienie rośliny w dzień. Po upływie nocy albo wogóle przy ponownem naświetleniu rośliny liście wracają do poziomego położenia.

W kwiatach i kwiatostanach fotonastja przejawia się w otwieraniu się i zamykaniu skutkiem różnic we wzroście zewnętrznej i wewnętrznej strony listków okwiatu. Są dwa rodzaje takich zjawisk: jeden z nich polega na otwieraniu się w dzień i zamykaniu się na noc (kwiaty *Oxalis* i koszyki złożonych), drugi na otwieraniu się w nocy i zamykaniu się w dzień (kwiaty *Oenothera* i *Nicotiana*).



Ryc. 835. *Mimulus Tillingii*. — *A* Górna część normalnej rośliny. — *B* To samo z rośliny hodowanej przy słabem świetle. — Według VOECHTINGA.

Zjawiska fotonastyczne naturalnie trwają tak długo, dopóki trwa wzrost danych części rośliny. Po przebyciu wielkiego okresu wzrostowego ustają zupełnie. Ponieważ w naturalnych warunkach są one powodowane przez zmianę dnia i nocy, nadaje się im czasem nazwę snu roślin. Trzeba przytem zaznaczyć, że u niektórych roślin wyrośnięte liście wykonują ruchy podobne do wygięć fotonastycznych i zwykle do nich zaliczane. Są to jednak zjawiska odrębne, o których będzie mowa w rozdziale o ruchach roślin. Nazwa snu roślin rozciąga się na nie także.

Światło wywiera silny wpływ nietylko na wykształcenie narządów wegetatywnych, lecz także na powstawanie narządów

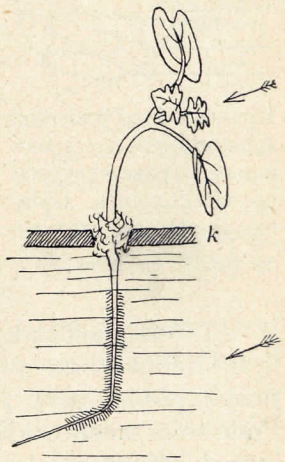
rozrodczych, w szczególności na tworzenie kwiatów. Działanie to jest różne zależnie od rośliny. Jako przykład rozpatrzymy rośliny okrytozalążkowe. Kwiaty u nich tworzą się tylko przy dostatecznie silnem oświetleniu. W słabem świetle na miejscu kwiatów powstają wegetatywne pędy (ryc. 835). Niektóre rośliny, np. dąbrówkę *(Ajuga)*, udawało się hodować w słabem świetle przez kilka lat bez kwitnienia. Wpływ światła na kwitnienie zależy naturalnie od jego natury fizycznej. Czerwone światło sprzyja tworzeniu się kwiatów, niebieskie — hamuje ich rozwój; wykazał to KLEBS swojemi kulturami rojnika *(Sempervivum)* (ryc. 836).



Ryc. 836. *Sempervivum acuminatum*. Kwiatowe pędy hodowane w ciemności *(A)*, w błękitnem świetle *(B)*, w czerwonem świetle *(C)* i w świetle dziennem *(D)*. — Według KLEBSA.

Zajmowaliśmy się dotychczas przypadkami, w których światło działa na rośliny równomiernie ze wszystkich stron. Trzeba teraz zająć się jednostronnem działaniem światła, przy którem roślina jest oświetlona niejednakowo z różnych stron. Skutkiem różnic w oświetleniu stwarzają się wtedy różnice w szybkości wzrostu w odnośnych częściach rośliny i roślina (względnie poszczególny jej narząd) wygina się i przechyla w stronę swiatła, albo w przeciwną stronę, albo wreszcie ustawia się pod pewnym kątem względem kierunku światła. Zjawisko to nazywa się, jak to już było podane, fototropizmem. Wogóle tropizmami nazywamy wygięcia, które następują pod jednostronnem działaniem czynników zewnętrznych. Oprócz fototropizmu mamy geotropizm powodowany przez ciążenie, higrotropizm powodowany przez wilgotność powietrza i t. d. Dla za-

demonstrowania fototropizmu najlepiej jest użyć siewki gorczycy *(Sinapis alba)*, umocowując ją na kawałku korka, pływającym na powierzchni wody (ryc. 837). Światło będzie wówczas miało dostęp nietylko do łodygi, ale i do korzenia i nastąpi wygięcie obu tych narządów. Łodyga przechyli się w stronę światła, wykazując fototropizm dodatni, korzeń zaś odchyli się od światła skutkiem fototropizmu ujemnego. Jak widać z ryc. 837, wygięcie następuje zarówno w łodydze, jak i w korzeniu w części rosnącej. Części wyrośnięte nie mogą wyginać się pod wpływem czynników zewnętrznych.



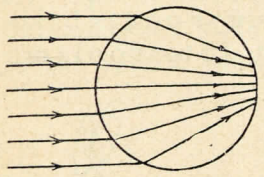
Ryc. 837. *Sinapis alba*. Siewka hodowana w wodzie i poddana jednostronnemu działaniu światła. Strzałki oznaczają kierunek światła, *k* korek służący do umocowania rośliny. — Według NOLLA.

Różne narządy rośliny, jak to widzieliśmy na przykładzie gorczycy, reagują różnie na działanie światła. Ale nawet ten sam narząd może reagować różnie zależnie od siły światła. Naprzykład koleoptile owsa jest dodatnio fototropiczne. Pod działaniem silniejszego światła odchyla się ono jednak od niego, a przy dalszem wzmacnianiu światła można dojść do takiego natężenia, przy którem wraca fototropizm dodatni. W pewnych przypadkach zmienia się charakter reakcji niezależnie od natężenia światła. Naprzykład szypułki kwiatowe płożącej się rośliny *Linaria Cymbalaria*, posiadające fototropizm dodatni, po przekwitnieniu odchylają się od światła i dzięki temu wciskają owoce do szczelin i zagłębień podłoża.

Łodyga jest z reguły dodatnio fototropiczna. Tłumaczy się to charakterem reakcji wzrostowej, wywoływanej w niej przez światło. Jak widzieliśmy, reakcja ta polega głównie na opóźnieniu wzrostu. Opóźnienie to jest tem większe, im światło jest silniejsze. Wobec tego strona łodygi zwrócona do światła będzie rosła wolniej od strony przeciwnej. Jako skutek tych różnic wzrostu wystąpić musi oczywiście wygięcie rosnącej części łodygi w stronę światła. Z tego ogólnego prawidła są jednak pewne wyjątki, np. młode pędy bluszczu *(Hedera Helix)* są ujemnie fototropiczne, skutkiem czego przyciskają się do pionowo stojących przedmiotów. Na zacienionej stronie wyra-

stają u tej rośliny korzenie przybyszowe, umocowujące pędy do podpory (por. ryc. 591).

Korzenie przeważnie nie reagują wcale na działanie światła i nie wykazują ani reakcji wzrostowej, ani fototropizmu. Dotychczas tylko u gorczycy *(Sinapis alba)* i rzodkiewki *(Raphanus sativus)* stwierdzono wpływ światła na wzrost. U gorczycy, która została zbadana dokładniej, reakcja wzrostowa pomimo ujemnego geotropizmu rozpoczyna się od opóźnienia wzrostu. To dziwne zjawisko tłumaczy się prawdopodobnie tem, że promienie światła, załamując się w przezroczystej rosnącej części korzenia, skupiają się na tylnej stronie i oświetlają ją silniej niż przednią, zwróconą ku światłu stronę (ryc. 838).



Ryc. 838. Bieg promieni załamujących się w walcowatej przezroczystej części korzenia, będącej w stadjum wzrostu (schemat).

Liście zachowują się różnie. Koleoptile owsa, jak to już było zaznaczone poprzednio, wykazuje fototropizm dodatni, przynajmniej przy pewnych natężeniach światła. Podobnie zachowują się takie same narządy innych traw. Zielone ich liście natomiast nie reagują na jednostronne oświetlenie. Liście dwuliściennych, złożone z ogonka i blaszki, oraz podobnej budowy liście jednoliściennych przechylają się zwykle w ten sposób, że blaszka ustawia się prostopadle do kierunku światła, jeżeli nie jest ono zbyt silne (ryc. 839). Dzieje się to skutkiem złożonych wygięć i skręceń ogonków liściowych.

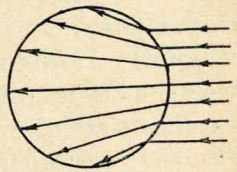


Ryc. 839. *Calystegia sepium.* Pęd oświetlony z prawej strony. — Według Josta.

W naturalnych warunkach rośliny, o ile rosną osobno, nie wykazują wygięć fototropicznych, gdyż wrażliwość ich na światło słabnie skutkiem silnego oświetlenia i działanie geotropizmu przeważa, powodując pionowe ustawienie pędów. Inaczej ma się rzecz na skraju lasów, gdzie światło jest silnie osłabione: tam pędy roślin zielnych wyginają się w stronę silniejszego światła, wpadającego zboku. Blaszki liściowe w naturalnych warunkach ustawiają się przeważnie prostopadle do kierunku, skąd przychodzi najsilniejsze światło rozproszone. W pewnych nielicznych przypadkach ustawiają się one pionowo w płaszczyźnie południkowej

(rośliny „kompasowe“, ryc. 612). Mimochodem warto wspomnieć także o tem, że stwierdzono wygięcia fototropiczne także u roślin drzewiastych, na pędach rosnących na grubość.

Fototropizm wykazują nietylko wyższe, ale i niższe rośliny: glony, grzyby i t. d Najlepiej zbadany pod tym względem jest *Phycomyces nitens,* o którym już była kilkakrotnie mowa. Jego pionowo rosnące strzępki zarodniowe posiadają fototropizm dodatni. Reakcja wzrostowa na światło polega w tych strzępkach głównie na przyśpieszeniu wzrostu. Dla wytłumaczenia fototropizmu dodatniego trzeba zatem przyjąć tu skupianie się promieni na tylnej stronie strzępki skutkiem załamania, podobnie jak w korzeniach gorczycy (ryc. 838). To objaśnienie zostało potwierdzone przez bardzo ciekawe doświadczenie Budera, który umieścił ten grzyb w płynnej parafinie i otrzymał ujemne odchylenie fototropiczne. Ponieważ płynna parafina jest optycznie gęstsza od zawartości strzępek, promienie światła skutkiem załamania zostały rozproszone i tylna strona strzępki otrzymała słabsze oświetlenie od przedniej strony, a przeto rosła wolniej (ryc. 840).



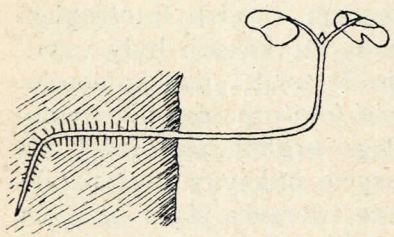
Ryc. 840. Schemat biegu promieni w strzępce *Phycomyces nitens,* zanurzonej w płynnej parafinie.

Pozostaje jeszcze omówić mechanizm zjawisk fototropicznych. Pierwszym krokiem w zbadaniu tej kwestji były wspomniane powyżej (str. 723) obserwacje Darwina nad koleoptile owsa, polegające na tem, że wygięcie fototropiczne nie występuje, jeżeli się obetnie wierzchołek tego organu albo jeżeli się go zasłoni czarnym papierem. Odkrycie auksyny dostarczyło dalszych podstaw. Stało się jasnem, że tworząca się w szczycie koleoptile auksyna stanowi główne kółko w omawianym mechanizmie. Widocznie ta substancja pod wpływem światła przechodzi do części oświetlonej w mniejszej ilości, niż do części zacienionej. Doświadczenia wykazały, że następuje tu w niewytłumaczony sposób przemieszczenie auksyny w szczytowej części koleoptile w kierunku światła. Jeżeli mianowicie rozciąć koleoptile na szczycie podłużnie i wstawić do wcięcia cienką szklaną blaszkę, to wygięcie nie następuje, jeżeli koleoptile jest do światła zwrócone jedną połową. Jeżeli natomiast wyjmie się blaszkę i ściśnie się obie połowy, przewiązując je nicią, to wrażliwość fototropiczna wraca. Rozcięte koleoptile reaguje na światło także wtedy, jeżeli światło działa w kierunku wcięcia, a więc na obie połowy. Wentowi udało się nawet wymierzyć opisaną powyżej (str. 704) metodą ilości auksyny osobno

*

w naświetlonej i zacienionej części szczytu koleoptile. W tym celu stawiał on naświetlony jednostronnie odcięty szczyt na dwa kawałki agaru, przytykające do siebie, a oddzielone ostrzem żyletki, tak żeby na jeden kawałek przechodziła auksyna z naświetlonej części koleoptile, a na drugi kawałek — z zacienionej. Okazało się że naświetlona część zawierała 27% ilości auksyny, jaka się znajduje w koleoptile trzymanem w ciemności, zacieniona zaś 57%. Razem naświetlony szczyt koleoptile zawierał 84%, a więc o 16% mniej, niż taki sam szczyt w ciemności. Następuje zatem pod działaniem światła nietylko przemieszczenie auksyny, lecz także zmniejszenie się ilości — skutkiem zniszczenia tej substancji lub być może skutkiem przemiany w jakąś inną nieczynną substancję. To tłumaczy m. in., dlaczego pierwsza najsilniejsza faza świetlnej reakcji wzrostowej w koleoptile polega na osłabieniu wzrostu. W podobny sposób tłumaczą się prawdopodobnie także inne zjawiska fototropiczne. Zagadnienie to jednak nie jest jeszcze należycie opracowane.

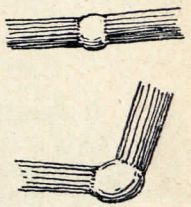
236. Ciążenie. Ciążenie albo, jak to się mówi inaczej, siła ciężkości wywiera wpływ bardzo wybitny na wzrost roślin. Przejawia się to w dążności roślin do zajmowania względem pionu pewnego określonego położenia: pędy nadziemne kierują się pionowo do góry, korzenie — pionowo wdół. Położenie to nie zależy zupełnie od pochylenia powierzchni podłoża i w górach, nawet na bardzo stromych stokach, drzewa rosną pionowo.



Ryc. 841. Siewka kapusty gorczycy *(Brassica nigra)*, ustawiona poziomo wraz z doniczką. Pęd i korzeń wykonały wygięcie geotropiczne. — Według PFEFFERA.

Doświadczalnie można wykazać działanie siły ciężkości na wzrost rośliny przez zmianę jej położenia względem pionu. Jeżeli roślinę obrócić o 90°, tak żeby jej główna łodyga i główny korzeń zajęły położenie poziome, to po pewnym czasie wystąpią geotropiczne wygięcia (ryc. 841): łodyga wygnie się do góry, wykazując geotropizm ujemny, korzeń zaś wdół wskutek geotropizmu dodatniego. Wygięcia te nastąpią wskutek tego, że jednakowy przy pionowem położeniu rośliny wzrost obu stron łodygi i korzenia stał się różny skutkiem zmiany położenia: dolna strona łodygi zaczęła rosnąć prędzej od górnej i jednocześnie dolna

strona korzenia wolniej od górnej. Czy ta różnica w szybkości wzrostu jest spowodowana przez przyśpieszenie na stronie wypukłej, czy też przez opóźnienie na stronie wklęsłej, czy wreszcie przez jedno i drugie, jest rzeczą dotychczas niewyjaśnioną. Z dojściem do położenia pionowego różnice we wzroście znikają i łodyga i korzeń rosną dalej prosto w kierunku pionowym. Naturalnie w częściach wyrośniętych wygięcia geotropiczne nie mają miejsca, z wyjątkiem jednak pędów traw. Jeżeli pęd trawy umieścić poziomo, to zgrubienie podstawy pochwy liściowej, znane pod nazwą kolanka, zaczyna rosnąć na dolnej stronie pomimo wygaśnięcia wzrostu w pochwie. Następuje wskutek tego wygięcie kolanka i, co za tem idzie, podźwignięcie ku górze górnej części pędu (ryc. 842).



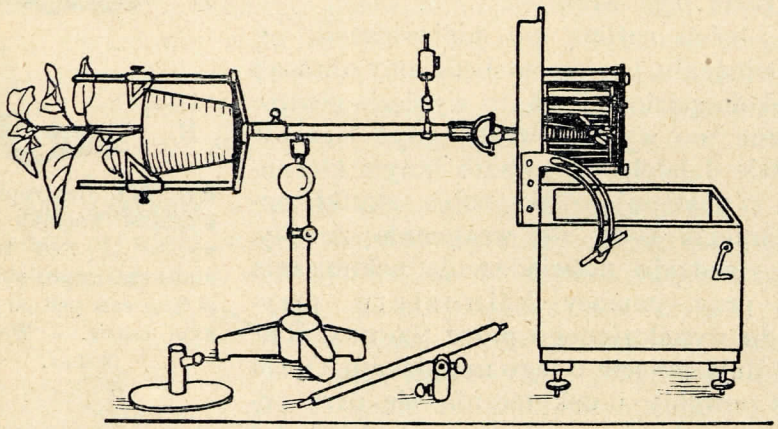
Ryc. 842. Geotropiczne wygięcie kolanka trawy. — *A* Pęd trawy umieszczony poziomo. — *B* Ten sam pęd po pewnym czasie. — Według NOLLA.

Jeżeli roślinę po umieszczeniu jej w położeniu poziomem będziemy obracali naokoło poziomej osi, to wygięcie geotropiczne nie wystąpi wcale, gdyż ciążenie będzie działało w corazto innym kierunku i następujące po sobie skutki podrażnienia będą się wzajemnie znosiły. Tego rodzaju doświadczenia uskutecznia się przy pomocy klinostatu, przyrządu wynalezionego przez SACHSA. Ryc. 843 daje pojęcie o jego urządzeniu. Obrót jest powolny i uskutecznia się przy pomocy mechanizmu zegarowego. Klinostat oczywiście nie usuwa działania ciążenia na roślinę. Jest to wogóle rzeczą niemożliwą umieścić roślinę w takich warunkach, żeby ciążenie na nią nie działało.

Mówiliśmy dotychczas tylko o takich narządach rośliny, które ustawiają się pionowo pod działaniem ciążenia. Ten czynnik fizyczny może wywoływać także ustawienie się narządów rośliny w kierunku poziomym albo ukośnym względem pionu. Poziomo rosną naprzykład podziemne kłącza wielu roślin, u *Heleocharis palustris*, *Circaea lutetiana* i t. d. Jeżeli takie kłącze umieścić ukośnie albo pionowo, to następuje wygięcie geotropiczne w młodszej części, która rośnie, i kłącze wraca do położenia poziomego. Ukośnie względem pionu ustawiają się korzenie pochodne, gałęzie pędów nadziemnych i liście. Najłatwiej jest wykazać ten wpływ ciążenia na korzeniach, gdyż można wykonywać odnośne doświadczenia w ciemności i przez to uniknąć światła, które może wywołać zmiany ma-

skujące działanie ciążenia. SACHS w tym celu wykonał bardzo proste doświadczenie: odwrócił on roślinę do góry korzeniami na pewien czas. Skutkiem tego korzenie pochodne wygięły się wdół i utworzyły znowu ten sam kąt z pionem, co poprzednio (ryc. 844). Po powrocie do normalnego położenia nastąpiło ponowne wygięcie i korzenie skierowały się równolegle do pierwotnego swojego kierunku.

Na bodźce geotropiczne reagują także niższe rośliny, zarówno zielone, jak i niezielone. Między innemi strzępki zarodniowe pleśniaków (*Mucor, Phycomyces* i t. d.) kierują się do góry, podczas gdy strzępki, służące do pobierania pokarmów, nie są wrażliwe na działanie ciążenia i stosują swój wzrost do natury i ukształtowania podłoża.



Ryc. 843. Klinostat skonstruowany przez mechanika ALBRECHTA w Tubindze według wskazówek PFEFFERA.

Niezmiernie ciekawą rzeczą są zmiany w sposobie reagowania tego samego narządu na działanie ciążenia. Narząd, który rósł poziomo, może skierować się pionowo albo odwrotnie. Naprzykład podziemne kłącza, rosnące poziomo, o pewnej porze roku skierowują się ku górze i wyrastają ponad ziemię, dając ulistnione kwiatonośne pędy (ryc. 649). Jednocześnie tworzy się w miejscu wygięcia boczna gałąź, która rośnie poziomo do czasu, kiedy skutkiem jakichś zmian wewnętrznych nie zmieni również kierunku. Powstają w ten sposób sympodja bardzo charakterystyczne.

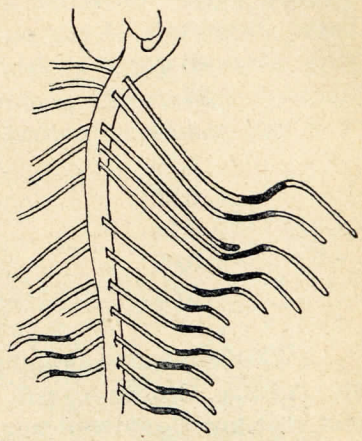
Badania nad działaniem ciążenia na rośliny są bardzo utrudnione przez to, że nie można zmieniać jego natężenia. Na szczęście jest inny czynnik fizyczny, który wywiera działanie podobne: jest to ruch po okręgu koła. KNIGHT jeszcze w początkach XIX wieku stwierdził, że siewki, umocowane na obwodzie koła, wyginają się podczas obrotu, skierowując pędy ku środkowi, korzenie zaś nazewnątrz, tak jakgdyby działało ciążenie w kierunku promienia nazewnątrz.

Zastąpienie ciążenia przez ruch po okręgu koła pozwala zmieniać natężenie bodźca geotropicznego i przez to zbadać dokładniej wrażliwość roślin na działanie takiego bodźca. Siła odśrodkowa jest, tak samo jak siła ciężkości, proporcjonalna do masy ciała. Wobec tego przyśpieszenie, wywoływane przez obie te siły, nie zależy od masy ciała. Wystarczy zatem dla pomiaru ich podawać tylko przyśpieszenie. Przyśpieszenie siły odśrodkowej wyraża się wzorem:

$$w = 4\pi^2 n^2 r,$$

gdzie n — jest ilość obrotów, r — odległość od osi obrotu. Jeżeli n będzie ilością obrotów na sekundę, zaś r będzie wyrażone w centymetrach, przyśpieszenie otrzymamy w jednostkach bezwzględnych. Wygodniej jest mierzyć je wielokrotnością przyśpieszenia siły ciężkości, którą można przyjąć za wielkość stałą, równą:

$$g = 981 \ {}^{cm}/_{sec^2}$$



Ryc. 844. *Vicia Faba*. System korzeniowy, hodowany z początku w normalnem położeniu, później w odwrotnem i wkońcu znowu w normalnem położeniu. Przyrost korzeni pochodnych w położeniu odwrotnem uwidoczniony czarną barwą. — Według SACHSA.

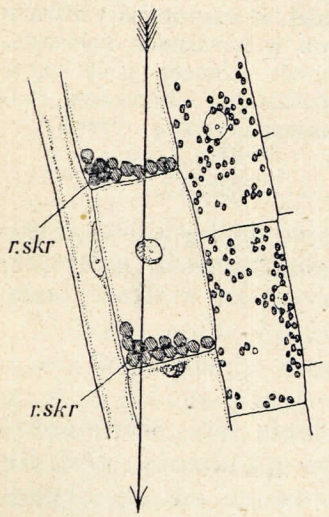
Nietrudno obliczyć, że dla wywołania siły odśrodkowej równej sile ciężkości trzeba 30 obrotów na minutę, jeżeli roślina mieści się na odległości jednego metra od osi obrotu. 60 obrotów na minutę da w tych warunkach siłę odśrodkową 4 razy większą, 90 obrotów — 9 razy większą i t. d.

Przy pomocy ruchu po okręgu koła stwierdził RUTTEN-PEKELHARINGS, że dla bodźca geotropicznego istnieje pewien próg, którego miarą nie jest jednak przyśpieszenie, lecz iloczyn przyśpieszenia przez czas działania. Przypomina to żywo

sposób działania bodźców fototropicznych. Ilustracją mogą służyć następujące dane, otrzymane dla siewek owsa:

przyśpieszenie siły odśrodkowej	czas działania	iloczyn
(w)	*(t)*	*(wt)*
46 *g*	7 *sec*	322
24	12	287
4.84	60	290
0.76	415	315
0.25	1200	325
0.14	2230	312
0.08	3900	312
0.04	7800	312

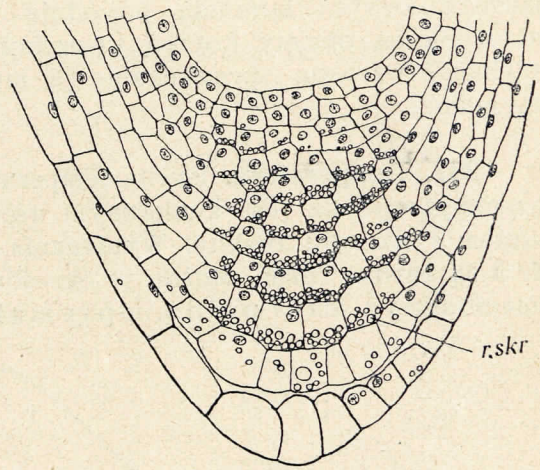
Wkońcu warto wspomnieć o działaniu ciążenia na wijące się rośliny. Dolna część pędów powietrznych u tych roślin jest ujemnie geotropiczna. Górna natomiast zajmuje położenie poziome i wykazuje prawidłowe ruchy okrężne, dzięki którym roślina owija się naokoło podpory (ryc. 616). Ruchy te odbywają się skutkiem ciągłych zmian w szybkości wzrostu w różnych częściach łodygi. Dzieje się to pod wpływem ciążenia, gdyż wijące się rośliny, obracane naokoło poziomej osi przy pomocy klinostatu, wykazują tylko nieprawidłowe ruchy i nie owijają się naokoło podpory.



Ryc. 845. *Tradescantia virginica.* Część podłużnego przekroju przez ukośnie umieszczony węzeł łodygi. Strzałka wskazuje kierunek ciążenia; *r.skr* ruchoma skrobia w komórkach śródskórni. — Według HABERLANDTA.

Po tym opisie zjawisk geotropicznych trzeba wreszcie omówić ich mechanizm. Dwie serje faktów wyświetlają częściowo tę kwestję: jedna dotyczy t. zw. ruchomej skrobi, druga działania auksyny.

Ruchoma skrobia różni się od zwykłej tem, że gromadzi się w dolnej części komórek i zmienia swoje położenie przy zmianie położenia rośliny zawsze w taki sposób, że przechodzi, jakgdyby się przesypywała, do najniższej części komórek. Znaleziono ją w warstwie skrobiowej łodygi (ryc. 845), w tej warstwie, która odgrywa rolę śródskórni, oraz w czapeczce korzenia (ryc. 846). Otóż jeżeli usunąć komórki z ruchomą skrobią, obcinając szczyt korzenia (doświadczenie CIESIELSKIEGO) albo wycinając walec osiowy (doświadczenie ILJINA nad łubinem), to dane części rośliny tracą wrażliwość geotropiczną. To samo dzieje się, jeżeli przez kulturę przy słabem oświetleniu i niskiej temperaturze spowodować rozpuszczenie skrobi ruchomej. Nawiasem mówiąc, jest to trudne do wykonania, bo skrobia ruchoma jest bardzo trwała i znika dopiero po całkowitem rozpuszczeniu wszelkiej innej skrobi. Skrobia ruchoma widocznie odgrywa podobną rolę do tej, jaką mają u zwierząt statolity, drobne kamyczki, uciskające swoim ciężarem zakończenia nerwowe i przez to powodujące odruchy przy zmianach położenia ciała. Skrobia ruchoma byłaby zatem pierwszem ogniwem w mechanizmie geotropizmu, czynnem jako odbiornik bodźca geotropicznego. Pewną trudność dla tej teorji stanowi fakt, że grzyby nie mają skrobi, a jednak są wrażliwe na działanie ciążenia. Możliwe jest jednak, że u grzybów są czynne przytem jakieś inne ciałka, zawarte w protoplazmie.

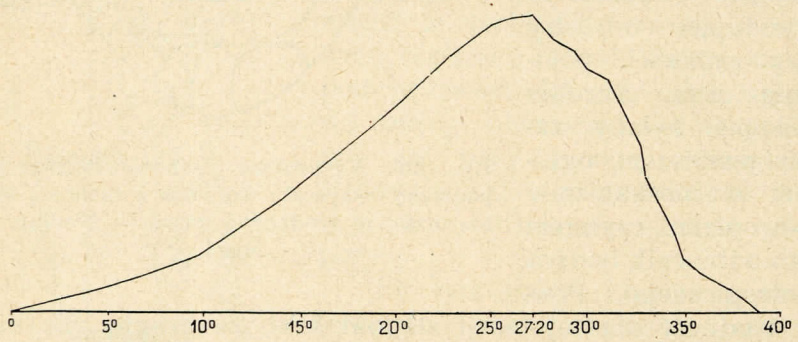


Ryc. 846. *Nasturtium amphibium.* Przekrój podłużny czapeczki korzenia z ruchomą skrobią *r.skr* w środkowej części. — Według NEMECA.

Odkrycie auksyn posunęło dalej badanie omawianych procesów. Okazało się mianowicie, że dodanie auksyny do wydrążonych łodyg i korzeni z odciętą czapeczką przywraca im wrażliwość geotropiczną. Co więcej, stwierdzono, że auksyna pod działaniem siły ciężkości przechodzi w większej ilości do dolnej strony łodygi i korzenia, aniżeli do górnej. Ponieważ łodyga pod działaniem auksyny rośnie prędzej, dolna strona wydłuża się silniej od górnej i łodyga, umieszczona poziomo, wygina się ku górze (geotropizm ujemny). Wzrost korzenia jest

natomiast hamowany przez auksynę. Skutkiem tego górna strona korzenia, umieszczonego poziomo, rośnie prędzej niż dolna, co pociąga za sobą wygięcie wdół (geotropizm dodatni). W ten sposób tłumaczy się jasno różnica w zachowaniu się łodygi i korzenia. Niejasnym pozostaje natomiast związek między auksyną a skrobią ruchomą. Możliwe jest, że podrażnienie, powodowane przez skrobię ruchomą, wywołuje przemieszczenie auksyny. Możliwe jest także, że ruchoma skrobia pozostaje w jakimś związku z tworzeniem auksyny. Na to wskazuje fakt, że w korzeniu auksyna tworzy się w końcowej jego części — odcięcie szczytu korzenia powoduje przyśpieszenie wzrostu, nałożenie na obcięty korzeń wierzchołka koleoptile zmniejsza szybkość wzrostu, sprowadzając ją mniej więcej do wartości normalnej.

237. Temperatura. Pewna temperatura nie zanadto niska i niezbyt wysoka jest koniecznym warunkiem wzrostu, a tem samem i rozwoju rośliny. Wymagania roślin pod tym względem są bardzo różne. Można je określić dokładniej przez trzy temperatury: minimalną, optymalną i maksymalną.



Ryc. 847. *Lepidium sativum*. Szybkość wzrostu korzenia przy różnych temperaturach. — Według Talmy.

Temperatura minimalna jest to najniższa temperatura, przy której jeszcze odbywa się wzrost. Temperatura ta jest naogół wyższa od zera. Jedynie glony mórz podbiegunowych i niektóre porosty mogą rosnąć przy temperaturach niższych od zera. Jest natomiast dużo roślin, których wzrost może odbywać się przy temperaturach niewiele wyższych od zera; przykładem mogą służyć pszenica i gorczyca, których nasiona kiełkują prawie przy zerze. W przeciwieństwie do tego nasiona fasoli kiełkują dopiero przy 9°, ogórka przy 16°, zaś bakterje gruźlicy zaczynają rosnąć przy 30°, a niektóre bakterje termofilne dopiero przy 40—45°.

W miarę podnoszenia temperatury wzrost odbywa się coraz prędzej aż do pewnego optymum, przy którem szybkość jest największa. Po przekroczeniu optymum wzrost słabnie i wreszcie ustaje po osiągnięciu temperatury maksymalnej. Dokładniej te zjawiska zostały zbadane przez Talmę na korzeniach sałaty *(Lepidium sativum)*. Autor ten między innemi otrzymał następujące przyrosty w doświadczeniach, które trwały 14 godzin.

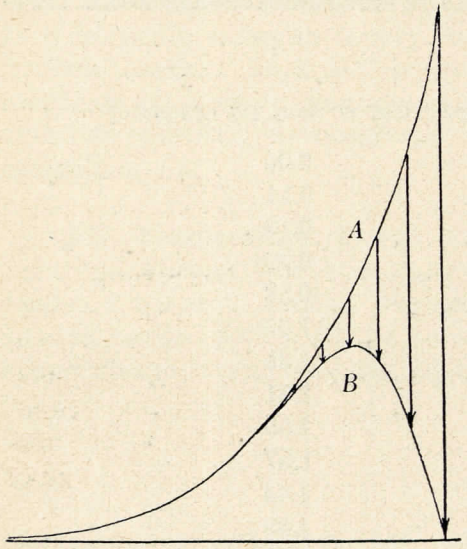
Temperatura	Przyrost w *mm* na godzinę
0°	0.04
4	0.11
6.8	0.19
9.7	0.30
14.1	0.58
20.2	1.08
22.8	1.35
25	1.51
26	1.55
27.2	**1.57**
28.2	1.44
29.3	1.39
30	1.28
31	1.23
32.7	0.88
33	0.71
34.5	0.40
35	0.27
35.6	0.21
37.5	0.11
33.7	0.03

Ryc. 847 przedstawia te wyniki graficznie. Optymum temperatury wypada w tych doświadczeniach przy 27.2° C. Temperatury optymalne są dla różnych roślin tak samo różne jak minima, ale tylko w bardzo niewielu przypadkach zostały wyznaczone.

Lepiej są znane temperatury maksymalne. Dla niektórych roślin są one bardzo niskie; np. dla glonów podbiegunowych oraz dla roślin, zamieszkujących górskie potoki, w szczególno-

ści dla *Hydrurus*, stwierdzono maksymum na poziomie 16°. Dla większości roślin lądowych maksymalna temperatura leży pomiędzy 30° a 45°. Sukulenty wytrzymują nawet 50°—52°, ale niewiadomo, czy przy tej temperaturze odbywa się jeszcze wzrost. Najwyższe maksymum mają niektóre bakterje i sinice, rosnące jeszcze przy 70° i nawet 80°.

Krzywa zależności wzrostu od temperatury, przedstawiona na ryc. 847, zasługuje na baczną uwagę z tego względu, że zależność wielu innych czynności od temperatury ma ten sam charakter, jak się o tem przekonamy później. Prawie zawsze czynności fizjologiczne odbywają się coraz intensywniej w miarę podniesienia temperatury, ale tylko do pewnego optymum, poczem następuje spadek natężenia i wreszcie zupełne wstrzymanie. Wytłumaczenie tych zjawisk zawdzięczamy Blackmanowi, który zastosował je z początku do przyswajania dwutlenku węgla (patrz dalej ust. 272). Ponieważ czynności fizjologiczne są zasadniczo zjawiskami chemicznemi, powinny one podlegać prawu van't Hoffa, według którego natężenie ich ma wzrastać pod wpływem temperatury według pewnej funkcji wykładniczej. To znaczy natężenie czynności fizjologicznych powinno wzmagać się w tym samym stosunku przy każdem podniesieniu temperatury o pewną stałą ilość stopni: wypada tu mniej więcej dwu- albo trzykrotne wzmożenie czynności przy każdem podniesieniu temperatury o 10°. Graficznie przedstawia się taka zależność krzywą wypukłą względem osi odciętych (ryc. 848, *A*). Taka też jest rzeczywiście krzywa czynności fizjologicznych, obserwowana doświadczalnie przy niższych temperaturach. Przy temperaturach wyższych staje się ona jednak wklęsłą względem osi odciętych i po



Ryc. 848. Schematyczny wykres, przedstawiający wpływ temperatury na natężenie czynności fizjologicznych. — *A* krzywa teoretyczna. — *B* krzywa rzeczywista. Wektory skierowane wdół są miarą szkodliwego wpływu wysokiej temperatury.

osiągnięciu pewnego najwyższego poziomu przechyla się wdół. Pochodzi to stąd, że reakcje chemiczne, będące istotą czynności fizjologicznych, odbywają się w żywej substancji rośliny, w protoplazmie i jądrze, które podlegają pewnym bliżej nieznanym uszkodzeniom pod wpływem wysokiej temperatury. Uszkodzenia te hamują przebieg reakcji i to tem bardziej, im wyższa jest temperatura. Przy bardzo wysokich temperaturach stają się one tak duże, że wpływ ich na przebieg reakcji przeważa działanie temperatury i szybkość reakcji zaczyna maleć. Różnice między rzędnemi krzywej teoretycznej (*A*) i rzeczywistej (*B*), oznaczone na ryc. 848 wektorami skierowanemi wdół, przedstawiają wielkość szkodliwych wpływów wysokiej temperatury.

Szkodliwy wpływ wysokiej temperatury ujawnia się między innemi w tem, że przy dłuższem trwaniu doświadczeń słabnie natężenie danej czynności fizjologicznej. Naprzykład w cytowanych powyżej doświadczeniach Talmy w temperaturze 30° średnia szybkość wzrostu wynosi 1.28 *mm* na godzinę przy 14-godzinnem trwaniu doświadczenia, 1.43 przy 7 godzinach i 1.54 przy $3^1/_2$ godzinach. Jako dalszy skutek występuje obniżenie optymum przy dłuższem działaniu wysokich temperatur. W doświadczeniach Talmy optymum znajdowało się w 14-godzinnych doświadczeniach przy 27.2°, w 7-godzinnych — przy 29° i w $3^1/_2$-godzinnych — przy 30° C.

Roślina może pozostawać przy życiu, przynajmniej przez pewien czas, także przy temperaturach niższych od temperatury minimalnej i wyższych od temperatury maksymalnej. Wytrzymałość na krańcowe temperatury jest naogół tem większa, im mniej dana roślina albo jej część zawiera wody. Tem się tłumaczy nadzwyczajna wytrzymałość zarodników bakteryj, które znoszą przez dłuższy czas działanie wrzącej wody, zabijającej natychmiast ich komórki wegetatywne. Podobnie nasiona w suchem powietrzu mogą przez pewien czas wytrzymać ogrzanie powyżej 100°. Zarówno zarodniki jak nasiona, o ile są suche, mogą wytrzymać przez kilka dni działanie temperatury płynnego wodoru (—253°).

Szczególnie ważna jest wytrzymałość roślin na działanie niskich temperatur. Są pod tym względem wielkie różnice między różnemi roślinami. Liczne rośliny podbiegunowe są tak wytrzymałe na mróz, że mogą przetrwać zimę w stanie kwitnącym i na wiosnę po przerwie, spowodowanej przez mrozy, kwitną dalej. W przeciwieństwie do tego rośliny podzwrotnikowe giną po większej części przy najlżejszym przymrozku,

a niektóre nawet nie znoszą temperatur wyższych od zera o kilka stopni. Jedną z głównych przyczyn tych różnic jest koncentracja soku komórkowego. Rośliny wytrzymałe na mróz mają większą koncentrację. Krzepnięcie soku komórkowego zostaje przez to wstrzymane. Bliższe wyjaśnienia znajdzie czytelnik w mojej „Ekologji roślin“ (str. 411—421).

Niska temperatura, która z reguły hamuje rozwój roślin, w pewnych przypadkach działa wprost przeciwnie, pobudzając rozwój części roślin, przebywających w stanie spoczynku. Stwierdzono naprzykład, że drzewa i krzewy (np. lipa, borówka), rosnące z natury w klimacie o mroźnej zimie, nie pędzą na wiosnę, jeżeli przez zimę były trzymane w ciepłej szklarni. W niektórych doświadczeniach rośliny pozostawały w stanie uśpienia przez kilka lat, ale budziły się i pędziły, skoro tylko zostały poddane działaniu niskiej temperatury. Tak samo nasiona pierwiosnka *(Primula)*, goryczki *(Gentiana)* i skalnicy *(Saxifraga)* nie kiełkują, o ile nie będą przez pewien czas silnie oziębione.

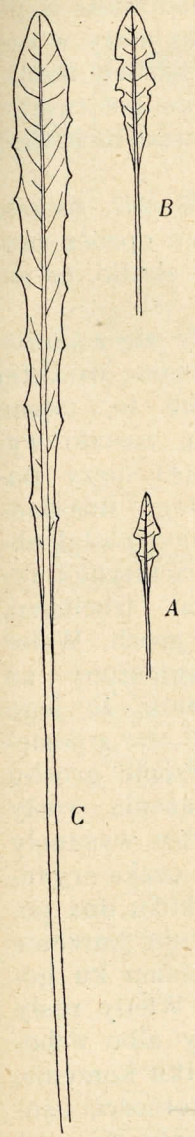
Podniesienie temperatury oprócz bezpośredniego wpływu na roślinę wywiera także wpływ pośredni na jej części nadziemne, przyśpieszając transpirację. To wzmożenie transpiracji jest, jak się przekonamy później, bardzo znaczne i dlatego badania nad wpływem ciepła na wzrost przeprowadzano przeważnie na korzeniach, u których transpiracja nie wchodzi w rachubę.

Zmiany temperatury powodują w niektórych kwiatach wygięcia listków okwiatu, skutkiem czego kwiaty te otwierają się przy ogrzewaniu i zamykają się przy oziębianiu. Zjawisko to nosi nazwę termonastji zgodnie z przyjętą ogólną terminologją. Można je obserwować np. na kwiatach tulipanu i szafrana. Zwłaszcza szafran jest bardzo wrażliwy: wystarcza ogrzanie o $^1/_2{}^0$, ażeby spowodować zmianę kształtu okwiatu. Naturalnie mechanizm tych zjawisk polega na różnicach szybkości wzrostu zewnętrznej i wewnętrznej strony listków okwiatu. Skutkiem ogrzania wewnętrzna strona zaczyna rosnąć prędzej od zewnętrznej, przy oziębieniu zaś dzieje się odwrotnie.

Jeżeli korzenie albo pędy będą umieszczone pomiędzy dwoma ciałami o różnej temperaturze, następują czasem wygięcia, które należałoby nazwać termotropicznemi. Warunki ich występowania dotychczas nie są dostatecznie zbadane i samo istnienie termotropizmu jest wątpliwe.

237. Wilgotność. Rozróżnić tu należy dwa czynniki: wilgotność (względnie suchość) powietrza i wilgotność (względnie

suchość) podłoża (gleby). Wilgotność powietrza działa na rośliny (naturalnie lądowe), osłabiając transpirację. Wilgotność podłoża wpływa, dostarczając roślinie większych ilości wody. Jeden i drugi czynnik działa w tym samym kierunku, ułatwiając zaopatrzenie rośliny we wodę. To też wzrost ulega tym samym zmianom pod ich wpływem. Trzeba jednak zauważyć, że w przyrodzie czynniki te niezawsze idą w parze i nieraz roślina rośnie na wilgotnem podłożu, ale w suchem powietrzu, albo na suchem podłożu w wilgotnem powietrzu. Krańcowe tego przykłady daje Afryka, gdzie w oazach Sahary mamy pierwszy z wymienionych przypadków, zaś na wybrzeżu południowo-zachodniem — drugi (por. ust. 169).



Ryc. 849. Liść *Taraxacum* wyrośnięty w suchem powietrzu *(A)*, w normalnem *(B)* i nasyconem parą wodną *(C)*. — Według Wiesnera.

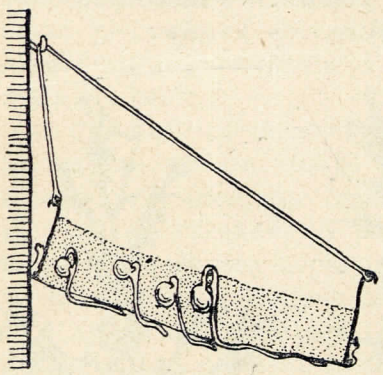


Ryc. 850. *Ulex europaeus*. — *A* Pęd wyrośnięty w normalnych warunkach. — *B* Pęd wyrośnięty w powietrzu nasyconem parą wodną. — Według Lothelier.

Wpływ wilgotności na wzrost roślin polega z jednej strony na przyśpieszeniu jego, z drugiej zaś strony na osłabieniu zróżnicowania tkanek. Dlatego też rośliny, wyhodowane w powietrzu nasyconem parą wodną, mają większe wymiary w częściach wegetatywnych (ryc. 849) i słabo wykształconą tkankę palisadową i mechaniczną. Niektóre rośliny, normalnie tworzące ciernie, w wilgotnem powietrzu rozwijają zamiast nich wiotkie, ulistnione pędy (ryc. 850).

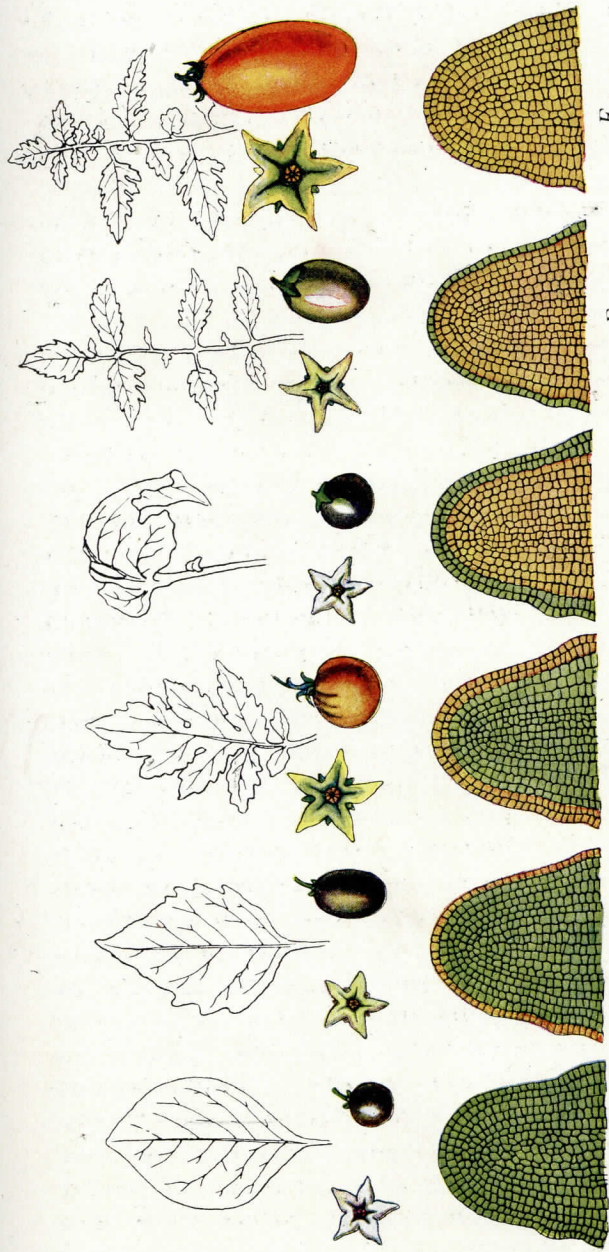
Jak to już było wzmiankowane w ust. 235, 237, światło i ciepło przyśpieszają transpirację i skutkiem tego oprócz swojego specyficznego działania powodują te same skutki, co suchość powietrza.

Jeżeli korzenie będą z dwóch stron stykały się z powietrzem o różnej wilgotności, wyginają się one w stronę większej wilgotności. Zjawisko to, zwane higrotropizmem, zostało wykazane przez SACHSA przy pomocy bardzo prostego doświadczenia. Blaszany walec został obwiązany od spodu organtyną i wypełniony wilgotnemi trocinami, w których wysiano groch. Walec został następnie zawieszony na ścianie w ten sposób, że jego dno tworzyło kąt 35°—45° z poziomem (ryc. 851). Korzenie grochu pod działaniem ciążenia rosły pionowo wdół i wkrótce wysunęły się nazewnątrz przez oczka organtyny. Ponieważ wpobliżu dna powietrze było o wiele wilgotniejsze, niż w otoczeniu, korzenie wyginały się natychmiast pod wpływem higrotropizmu ku górze, dopóki nie dotknęły się wilgotnych trocin. Wtedy rosły one dalej wzdłuż ukośnej powierzchni organtyny albo wchodziły do wnętrza walca. W tym ostatnim przypadku korzenie, znalazłszy się w przestrzeni o równomiernej wilgotności, usuwały się z pod działania higrotropizmu i wyginały się pod działaniem geotropizmu wdół, ażeby wysunąć się z wilgotnych trocin i ewentualnie znowu do nich wrócić pod przemożnym wpływem higrotropizmu.



Ryc. 851. Doświadczenie SACHSA dla wykazania higrotropizmu korzeni. — Według DETMERA.

Higrotropizm ujawnia się poza korzeniami na przedroślach paproci, łagiewkach pyłkowych, na grzybniach, a także na niektórych pędach, np. na siewkach lnu i ziemniaków. Może

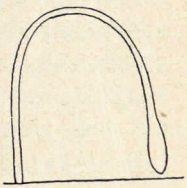


Ryc. 855. Periklinalne chimery otrzymane przez szczepienie *Solanum nigrum* na *Solanum Lycopersicum*. — U góry — liście, kwiaty i owoce; w dole schematyczne przekroje stożka wzrostowego; zielona barwa oznacza tkankę *Solanum nigrum*, żółta — tkankę *Solanum Lycopersicum*. — *A* czyste *Solanum nigrum*. — *F* czyste *Solanum Lycopersicum*. — *B Solanum tubingense*. — *C Solanum proteus*. — *D Solanum Gaertnerianum*. — *E Solanum Koelreuterianum*. — Według WINKLERA.

on być nietylko dodatni, jak w przytoczonych dotychczas przypadkach, ale i ujemny. Naprzykład strzępki zarodniowe *Phycomyces nitens* kierują się w stronę suchszego powietrza i dlatego na klinostacie w ciemności rosną prostopadle do podłoża. Jeżeli jednak klinostat umieścić w ciemności, ale w wilgotnem powietrzu, rosną one w różnych kierunkach.

Osobno trzeba traktować wpływ wodnego środowiska na rośliny. Wchodzą tu w grę różne czynniki jednocześnie: wpływ wody jako pewnej substancji chemicznej, zupełne wstrzymanie transpiracji, utrudniony dostęp tlenu, ciśnienie hydrostatyczne i być może inne jeszcze, których nie znamy. Niektóre rośliny reagują bardzo silnie na wpływ wodnego środowiska. Klasycznym przykładem jest jaskier wodny *(Ranunculus aquatilis)*, który w wodzie wytwarza liście pocięte na wąskie, nitkowate odcinki, zaś na powietrzu — liście o szerokiej blaszce (ryc. 646).

239. Czynniki mechaniczne. Szybkość wzrostu zmienia się także skutkiem wpływów mechanicznych: dotknięcia, pocierania, nacisku, wstrząśnienia. Ujawnia się to bardzo wyraźnie przez występowanie wygięć, powodowanych naturalnie przez różnice w szybkości wzrostu na przeciwległych stronach rośliny. Najwyraźniej występują te zjawiska na wąsach pnączy i u roślin owadożernych. Badania STARKA wykazały jednak, że wrażliwość na działania mechaniczne jest właściwa większości roślin, jakkolwiek zwykle nie rzuca się w oczy. W szczególności wszystkie zbadane siewki wykazały wyraźną wrażliwość tego rodzaju. Najbardziej wrażliwe na wpływy mechaniczne są wypłonione siewki kąkola *(Agrostemma Githago)* i niektórych traw *(Panicum, Avena, Phalaris)*. U kąkola wygięcia przy mocniejszych bodźcach są tak silne, że szczyt pędu dotyka ziemi, w której siewka rośnie (ryc. 852). Rolę bodźca w doświadczeniach STARKA odgrywało pocieranie laseczką wyciętą z korka. Zamiast korkowych używano także laseczek żelatynowych albo strumienia wody. Podrażnienie wówczas było słabsze. Roślina zawsze wygina się w stronę, z której działa bodziec. Skutek podrażnienia występuje po upływie dosyć długiego czasu, u niektórych objektów dopiero po upływie godziny. Bardzo szybko następuje reakcja u kąkola, bo przeważnie przed upływem 5 minut. Rośliny starsze są mniej wrażliwe od siewek. Wśród nich naj-



Ryc. 852. *Agrostemma Githago*. Siewka, która wygięła się pod wpływem pocierania. Według STARKA.

większą wrażliwość mają rośliny wijące się, np. chmiel. Po upływie pewnego czasu roślina wyprostowuje się, o ile wygięta część łodygi nie zakończyła jeszcze swojego wzrostu.

Najdokładniej zostały zbadane zjawiska wrażliwości na działania mechaniczne we wąsach. Warunki występowania reakcji są w tych organach bardzo szczególne. Jeżeli bodziec działa równomiernie na pewną część wąsa, np. jeżeli dotyka się go żelatyną albo działa się strumieniem wody, oliwy lub rtęci, wzrost pozostaje bez zmiany i wygięcie nie następuje nawet wtedy, kiedy tkanki zostaną mechanicznie uszkodzone. Jeżeli jednak ciecz zawiera zawieszone w niej twarde cząsteczki, np. woda jest zamącona gliną, reakcja następuje natychmiast. Tylko ciśnienie, działające z różnem natężeniem w blisko siebie położonych punktach, wywołuje podrażnienie i powodowaną przez nie reakcję wzrostową. Dotknięcie ciałem twardem o chropowatej powierzchni, np. kawałkiem drzewa albo korka, wywołuje niechybnie wygięcie wąsa. Natomiast wstrząśnienia nie wywierają żadnego działania. Chodzi tu nie o dotknięcie, ale jakgdyby o łaskotanie.

Wrażliwość wąsów na bodźce mechaniczne jest różna w różnych miejscach. Najbardziej wrażliwa jest dolna strona, zwłaszcza w górnej części wąsa. Mniej wrażliwe są boki. Bodźce, działające na górną stronę, nie wywołują wygięć. Tylko u niektórych roślin, np. u *Cobaea scandens, Cissus discolor*, górna strona wąsów reaguje tak samo jak dolna. Jednakże nawet w tych przypadkach, kiedy górna strona nie reaguje na bodźce, nie jest ona pozbawiona wrażliwości. Dowodzą tego następujące doświadczenia. Jeżeli weźmiemy wąs, reagujący jednakowo na bodźce działające z góry i z dołu, i podziałamy nań na pewnej przestrzeni z dołu, a jednocześnie na tej samej przestrzeni z góry, to wzrost jego nie ulegnie żadnej zmianie i nie wystąpi żadne wygięcie. Widoczne jest zatem, że w zjawiskach, o których jest mowa, podrażnienia, idące z przeciwnych stron, znoszą się wzajemnie. Jeżeli teraz podziałamy z obu stron na wąs, który reaguje tylko na działania z dołu, to tak samo nie wystąpi w nim żadna zmiana. Stąd można wyprowadzić wniosek, że górna strona jest tak samo wrażliwa, jak dolna, lecz niezawsze reaguje na podrażnienia.

Skutkiem podrażnienia, o ile wogóle skutek jest, następuje po stronie podrażnionej wstrzymanie wzrostu, podczas gdy po przeciwnej stronie szybkość wzrostu wzmaga się tak dalece, że dochodzi do 50, 100 i nawet 160% na godzinę. Powstałe w ten sposób wygięcie po pewnym czasie wyrównuje się skutkiem tego, że wzrost na wypukłej stronie zostaje wstrzymany, zaś strona wklęsła zaczyna rosnąć. Wzrost tej strony podczas wyprostowywania jest słabszy od wzrostu strony wypukłej podczas wyginania, skutkiem czego wyrównywanie wygięcia odbywa się stosunkowo wolno. Jeżeli bodziec będzie się powtarzał, wygięcie pozostanie niewyrównane.

Skutkiem ciągłych zmian w szybkości wzrostu wąsy wykonują ruchy okrężne po powierzchni stożka na podobieństwo wijących się roślin. Wygląda to, jakgdyby szukały oparcia. Jeżeli takie oparcie zostanie osiągnięte, wąs owija się naokoło niego skutkiem opisanych powyżej procesów. Jednocześnie wzrost jego zostaje wstrzymany, natomiast następują w nim inne zmiany. Rośnie on na grubość i wytwarza obficie tkankę mechaniczną. Oprócz tego skręca się spiralnie, przyciągając roślinę do podpory (ryc. 617). To skręcanie musi się odbywać co najmniej w dwóch kierunkach jednocześnie z powodu unieruchomienia obu końców wąsa. Zwykle tworzą się dwie spirale, oddzielone od siebie równym odcinkiem.

Opisane powyżej wygięcia narządów rośliny mają kierunek zależny od kierunku działania bodźca. Są to zatem tropizmy. Noszą one nazwę tigmotropizmów. Inny charakter mają wygięcia, następujące w liściach owadożernej rośliny *Dionaea muscipula* (ryc. 637), u której za dotknięciem połówki liścia zbliżają się szybko swojemi górnemi stronami skutkiem silnego przyśpieszenia wzrostu na dolnej stronie. Kierunek wygięć jest tu określony przez budowę rośliny. Nie jest to tropizm, lecz nastja — tigmonastja.

Pośrednie stanowisko zajmują włoski na liściach rosiczki *(Drosera)* (ryc. 636). W tych włoskach wrażliwa na dotyk jest tylko ich główka. Włoski z obciętą główką nie reagują na bodźce mechaniczne. Reakcja polega na wygięciu, które odbywa się ku środkowi liścia. Jest to zatem nastja. Podrażnienie z jednego włoska przechodzi jednak na inne i te przechylają się w stronę miejsca, gdzie działał bodziec. Zjawiska te mają zatem także charakter tropizmu. Silniej niż na dotyk reagują te włoski na bodźce chemiczne. Naturalnie przyczyną wygięć są różnice w szybkości wzrostu i z ustaniem tegoż włoski tracą zdolność reagowania.

240. Czynniki chemiczne. Wzrost może odbywać się tylko w obecności pewnych substancyj, które są niezbędne do podtrzymywania życia: w obecności tlenu, wody i t. d. Nadto wywierają na niego pewien wpływ niektóre substancje, nie bę-

*

dące pokarmami, lecz powodujące podrażnienia w żywej masie rośliny.

Każda roślina wymaga pewnej koncentracji tlenu. Wymagania te są bardzo rozmaite i stosownie do tego rozróżnia się aeroby, potrzebujące większych ilości tlenu, i anaeroby, nie potrzebujące go wcale. Zarówno zbyt wielka koncentracja tlenu, jak i zbyt mała działa szkodliwie, powstrzymując wzrost, a następnie powodując śmierć. Koncentracja jakiejkolwiek substancji mierzy się, jak wiadomo, ilością substancji znajdującej się w jednostce objętości, np. w litrze. W danym przypadku można mierzyć koncentrację tlenu w gramach na litr albo, o ile nie chodzi o większą dokładność, poprostu przy pomocy cząstkowej prężności tego gazu. Całkowita prężność powietrza nie wywiera żadnego działania na rośliny. W normalnem powietrzu koncentracja tlenu wynosi 0.30 *g* na litr albo 0.21 *atm.*

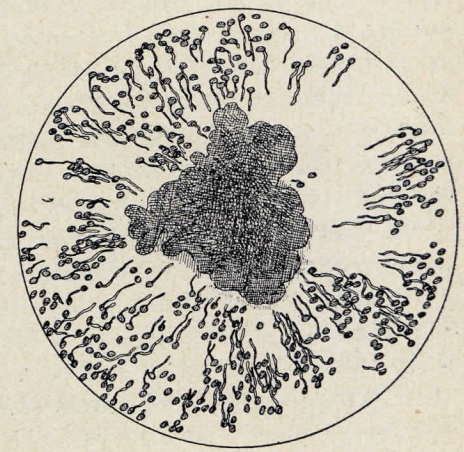
Anaeroby są tylko wśród bakteryj. Pewna ich część prawdopodobnie nie potrzebuje wcale tlenu i znosi tylko bardzo słabe jego koncentracje, np. *Clostridium butyricum* znosi najwyżej 0.003 atmosfery, *Bacillus anthracis* — 0.01 *atm.* Pomiędzy anaerobami i aerobami są formy pośrednie. Takiemi są np. bakterje siarczane, znoszące tlen do koncentracji 0.2 *atm.* Maksymalna koncentracja tlenu dla aerobów dochodzi do 9 atmosfer. Minimalna koncentracja jest dla nich różna, co wypływa z tego, że naogół nasiona nie kiełkują bez dostępu powietrza, ale nasiona ryżu i niektórych wodnych roślin kiełkują bardzo dobrze w środowisku beztlenowem.

Woda jest drugim niezbędnym czynnikiem wzrostu i rozwoju. Naogół rośliny nietylko nie rosną przy niedostatecznej ilości wody, ale nawet giną, z wyjątkiem stadjów przetrwalnikowych, takich jak zarodniki i nasiona. Tylko niektóre rośliny mogą wytrzymać bez szkody zupełne wysychanie. Są to przedewszystkiem mchy i porosty, które skutkiem tego grają rolę pionierów świata roślinnego na skałach i innych miejscach, nie sprzyjających roślinności. Poza tem posiadają podobne własności glony powietrzne i bardzo nieliczne rośliny naczyniowe np. *Asplenium septentrionale, Ramondia Nathaliae* z rodziny *Gesneriaceae* (zrosłopłatkowe), *Carex physodes.*

Pokarmy mineralne i organiczne są oczywiście niezbędne dla wzrostu i ich charakter, a także obfitość lub niedostatek, mogą wywoływać wyraźne zmiany w ukształtowaniu i budowie rośliny. O niektórych faktach tego rodzaju będzie jeszcze mowa w rozdziałach poświęconych odżywianiu.

Nadzwyczajnie ciekawą rzeczą jest wpływ, wywierany na wzrost i rozwój roślin przez trucizny albo substancje, nie będące pokarmami. W małych dawkach silne nawet trucizny nietylko nie wywierają szkodliwego wpływu, lecz przeciwnie pobudzają wzrost i powodują większy przyrost wagi. Najlepiej zbadanym faktem tego rodzaju jest wpływ soli cynkowych na rozwój grzybów i soli manganowych na wyższe rośliny. O tem będzie jeszcze mowa w dalszych rozdziałach.

Jednostronnie działające substancje chemiczne powodują nieraz wygięcia o charakterze tropizmów — chemjotropizmy. Interesującym przykładem tego są zjawiska, obserwowane na łagiewkach pyłkowych. W tym celu wysiewa się pyłek kwiatowy na płytkach agarowych albo żelatynowych, zawierających cukier, i umieszcza się wśród nich w pewnym punkcie niewielką ilość substancji, której działanie ma być zbadane. Substancja ta w drodze dyfuzji rozchodzi się w agarze we wszystkie strony. Łagiewki wtedy skierowują się w stronę, skąd przychodzi substancja (chemjotropizm dodatni, ryc. 853) albo w stronę przeciwną (chemjotropizm ujemny). Chemjotropizm dodatni powodują między innemi różne cukry (sacharoza, glikoza, lewuloza) i ciała białkowe. Alkohol, fosforan amonu, saletra potasowa, jabłczan sodu nie działają wcale albo powodują chemjotropizm ujemny. Nadzwyczajnie ciekawem zjawiskiem jest przywabianie łagiewek przez znamię i zalążki. Jeżeli na płytce agarowej umieścić kawałki znamienia albo zalążki, łagiewki skierowują się ku nim. Widocznie droga, którą łagiewka przebywa w słupku przy zapylaniu i zapłodnieniu, jest wskazywana przez wydzieliny znamienia i zalążków, a zapewne także i szyjki. Bardzo wrażliwe na działanie różnych substancyj są również strzępki grzybów, które dzięki temu wyszukują sobie w podłożu miejsca najbardziej odpowiednie. W daleko mniejszym stopniu reagują na bodźce chemiczne korzenie.



Ryc. 853. *Vallota purpurea.* Łagiewki rosnące na żelatynie z 3% sacharozy. Pośrodku leży kawałek preparatu słodowego, zawierający rozpuszczalne ciała białkowe. — Według Lidforssa.

Mimochodem warto wspomnieć o zgubnym wpływie, wywieranym na rośliny przez gaz świetlny nawet wtedy, gdy powietrze zawiera zaledwie ślady jego. Wpływ ten ma wielkie znaczenie, gdyż powietrze laboratoryjne zawiera zwykle ten gaz, co często powoduje zakłócenia w doświadczeniach fizjologicznych i może łatwo prowadzić do błędnych wniosków.

241. Czynniki biotyczne. Na rozwój rośliny wywierają prawie zawsze pewien wpływ inne rośliny, a czasem także zwierzęta. Wpływ ten może być pośredni i bezpośredni. Pośredni wpływ ma swoje źródło w tem, że rośliny nie żyją osobno jedna od drugiej, lecz występują gromadnie, tworząc t. zw. zespoły albo asocjacje, do których dołączają się także zwierzęta. Warunki atmosferyczne i glebowe pod wpływem zespołu ulegają daleko idącym zmianom. Stwarza się naprzykład odmienna wilgotność powietrza i specjalna forma gleby. Warunki te oczywiście działają na każdą z roślin należących do zespołu, powodując w nich pewne zmiany, nieraz bardzo wybitne. Bezpośredni wpływ organizmów ma miejsce wtedy, gdy są one z rośliną bezpośrednio złączone, tworząc z nią swojego rodzaju całość morfologiczną i fizjologiczną. Jeżeli z tego ścisłego współżycia obie ostrony mają pożytek, nazywamy je symbiozą, jeżeli zaś jedna strona żywi się kosztem drugiej, będziemy mieli pasorzytnictwo. W wielu przypadkach zresztą wzajemny stosunek organizmów nie jest bliżej znany i niewiadomo, czy ma się do czynienia z symbiozą, czy też z pasorzytnictwem.

Rozpatrzmy bliżej ważniejsze przypadki bezpośredniego działania obcych organizmów na roślinę. Rozpoczniemy od pasorzytów roślinnych. Powodują one bardzo często wybitne zmiany w rozwoju swoich żywicieli. Przy omawianiu morfologji roślin spotkaliśmy się już z licznemi przypadkami takiego działania. Widzieliśmy naprzykład, że rdza *Uromyces Pisi* powoduje u ostromlecza *(Euphorbia Cyparissias)* zupełną zmianę pokroju: pędy nie tworzą gałęzi, międzywęźla wydłużają się, liście skracają się, cała roślina przybiera żółtawe zabarwienie (ryc. 238, *A* i *B*). Inna rdza, *Melampsora Caryophyllacearum*, powoduje u jodły tworzenie pęków krótkich, silnie rozgałęzionych gałęzi, t. zw. czarcich mioteł (ryc. 237). Głownia *Ustilago violacea* powoduje w żeńskich kwiatach *Melandryum album* tworzenie się pręcików, które w swoich pylnikach zamiast pyłku zawierają zarodniki pasorzyta. Mechanizm tych przemian nie jest znany. Przypuszczalnie pasorzyty działają na żywiciela,

poza odbieraniem od niego pewnej części pokarmów, przez wydzielanie jakichś substancyj, wpływających na wzrost tkanek. Niemniej liczne od pasorzytów roślinnych są pasorzyty zwierzęce. Jedne z nich poprostu zjadają pewne części rośliny, głównie liście, jak np. gąsienice różnych motyli. Inne natomiast odbywają część swojego cyklu rozwojowego wewnątrz żywiciela i powodują tworzenie się rozmaitych narośli (cecydjów). Dzieje się to w ten sposób, że pewne owady, należące przeważnie do błonkówek, nacinają albo dziurawią roślinę i składają w jej tkankach jajeczka, wpuszczając do rany oprócz tego kroplę szczególnych wydzielin. Tkanka, otaczająca jajko, zaczyna rozrastać się w osobliwy sposób, pozostający w związku z gatunkiem owada. Powstająca w ten sposób nowa tkanka służy częściowo jako pożywienie larwie, która wylęga się z jajka, częściowo zaś służy jej jako ochrona. Przyczyną tworzenia narośli są przynajmniej w pewnej części wydzieliny owada, wpuszczane do rany jednocześnie z jajkiem. Larwa odbywa przeobrażenie wewnątrz narośla i dorosły owad wychodzi nazewnątrz, przegryzając jego ściankę.

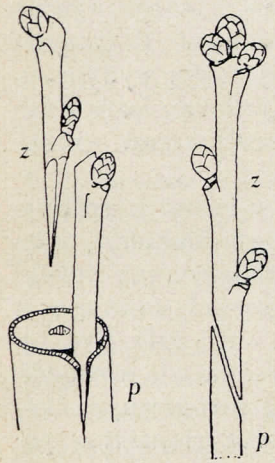
Symbioza prowadzi nieraz do zmian w rozwoju rośliny. Przykłady tego mieliśmy także w morfologji. Bakterje, wiążące wolny azot, tworzą na korzeniach motylkowatych bulwki (ryc. 603). Grzyby przez współżycie z korzeniami nadają tym narządom osobliwą postać mykorhizów (ryc. 557 i 604). Grzyby wraz z sinicami powodują u sagowców tworzenie się szczególnych koralowato rozgałęzionych, ujemnie geotropicznych korzeni (ryc. 534). Wreszcie symbioza grzybów z glonami w porostach prowadzi do wytworzenia postaci nieznanych poza tem ani wśród grzybów, ani wśród glonów.

Bardzo ciekawe fakty działania roślin na siebie zostały stwierdzone dzięki transplantacjom. Okazało się mianowicie, że w pewnych przypadkach można utworzyć z tkanek dwóch różnych roślin trzecią roślinę o charakterze pośrednim, t. zw. chimerę.

Transplantacja polega na tem, że część jednej rośliny łączy się z drugą tak, żeby się tkanki obu roślin zrosły ze sobą. Operacja udaje się tylko wtedy, jeżeli obie rośliny należą do tego samego albo pokrewnych gatunków. W razie powodzenia połączenie tkanek dwóch różnych roślin staje się tak ścisłe, że tworzą się nawet połączenia protoplazmatyczne (plazmodesmy) między komórkami. W praktyce ogrodniczej tego rodzaju czynności są dokonywane bardzo często i noszą nazwę szczepienia. Część pędu, która ma być przeniesiona na

inną roślinę, nazywa się zrazem. Roślina, na którą ma być przeniesiony zraz, nosi nazwę podkładki. Jest bardzo wiele sposobów szczepienia. Rycina 854 przedstawia dwa z pomiędzy nich.

Zarówno zraz, jak i podkładka nie ulegają żadnym wyraźniejszym zmianom i komórki ich nie zlewają się ze sobą pomimo bardzo ścisłego złączenia. Jeżeli jednak z miejsca połączenia wyrosną pędy przybyszowe, to może się zdarzyć, że taki pęd będzie się składał z tkanek zraza i podkładki zrośniętych ze sobą. Zjawisko to występuje bardzo rzadko. Najbardziej znanym tego przykładem jest *Cytisus Adami*. Ta forma szczodrzeńca była odkryta przez ogrodnika Adama na krzaku *Cytisus Laburnum*, na którym był zaszczepiony *Cytisus purpureus*. Wyrosła ona jako pęd przybyszowy z miejsca zrośnięcia zrazu i podkładki. Zjawisko to wystąpiło tylko raz jeden i wszystkie istniejące okazy *Cytisus Adami* pochodzą od tego pierwotnego pędu przybyszowego, rozmnożonego przez sadzonki. *Cytisus Adami* jest bardziej zbliżony do *Cytisus Laburnum*, aniżeli do *Cytisus purpureus*, w szczególności na podobieństwo *Cytisus Laburnum* ma długie, zwisające kwiatostany, podczas gdy kwiatostany *Cytisus purpureus* są krótkie, skąpokwiatowe. Są jednak u *Cytisus Adami* także cechy właściwe *Cytisus purpureus*, między innemi kwiaty nie są żółte jak u *Cytisus Laburnum*, lecz żółtawo-czerwone.



Ryc. 854. Szczepienie; *z* zraz, *p* podkładka.

Dopiero stosunkowo niedawno omawiane zjawiska zostały poddane systematycznemu badaniu przez Winklera. Materjałem służyły mu różne gatunki *Solanum*, które z łatwością dają się szczepić jedne na drugich. Winkler dokonywał szczepienia przez wsadzenie klinowato ściętego zraza do szczeliny w podkładce. Po zrośnięciu obu części ścinał on poziomem cięciem roślinę w miejscu zrośnięcia. Na powierzchni cięcia znajdowała się w środku tkanka zraza, a po obu jej stronach — tkanka podkładki. Z miejsc zrośnięcia obu tkanek wyrastały obficie pędy przybyszowe. W ogromnej większości przypadków miały one charakter jednego albo drugiego gatunku. Od czasu do czasu jednak tworzyły się pędy o charakterze pośrednim.

Te pędy pośrednie były dwojakiego rodzaju. Jedne z nich dzieliły się podłużnie na dwie różne części: z prawej strony pęd miał cechy jednego gatunku, z lewej drugiego. Granica obu części była bardzo dobrze widoczna nawet wtedy, kiedy przechodziła przez środek kwiatu albo owocu. Zrośnięcie tkanek dwóch różnych roślin było tu zupełnie wyraźne. Takie formy nazwano sektorjalnemi chimerami. Oprócz nich wystąpiły jeszcze pędy inne, pozornie jednolite, ale o cechach pośrednich między gatunkami użytemi do szczepienia. Korzystając z tego, że różne gatunki *Solanum* mają różne ilości chromozomów, można było zbadać pochodzenie poszczególnych tkanek. Okazało się, że powierzchowne warstwy komórek pochodzą od jednego gatunku, głębsze od drugiego. Takie chimery nazwano periklinalnemi.

Rozpatrzymy bliżej jako przykład periklinalne chimery otrzymane przez Winklera przez szczepienie pospolitego ruderalnego gatunku *Solanum nigrum* na *Solanum Lycopersicum* (pomidorze). *Solanum nigrum* ma całkowite liście, białe albo niebieskawe kwiaty i czarne dosyć drobne owoce. *Solanum Lycopersicum* posiada liście pierzastodzielne, żółtawe kwiaty i duże owoce pomarańczowej barwy. Periklinalne chimery wykazują cały szereg form przejściowych, których cechy są uwidocznione na ryc. 855. Na tej rycinie jest również przedstawiona schematycznie budowa stożków wzrostowych. Forma nazwana *Solanum tubingense* składa się z tkanek *Solanum nigrum* i ma z *Solanum Lycopersicum* tylko skórkę, skutkiem tego jest daleko bardziej podobna do pierwszego gatunku, niż do drugiego. Druga forma, *Solanum proteus*, ma z *Solanum Lycopersicum* oprócz skórki jedną warstwę kory, jest też do niego bardziej podobna, niż *Solanum tubingense* i t. d. Ogólnie periklinalne chimery są najbardziej podobne do tego gatunku, z którego zawierają najwięcej tkanek.

Cytologiczne badania przeprowadzone w podobny sposób nad *Cytisus Adami* wykazały, że w nim tylko skórka pochodzi z *Cytisus purpureus*, wszystkie inne tkanki z *Cytisus Laburnum*.

W związku z powyższemi faktami działania jednej rośliny na drugą trzeba rozpatrzyć wzajemne działanie na siebie różnych części tej samej rośliny. Zjawisko to nosi nazwę korelacji. Związek między poszczególnemi narządami rośliny nie jest tak ścisły jak u zwierzęcia, czego dowodzi fakt, że roślina rozcięta na części naogół nie ginie i w wielu przypadkach może wytworzyć z każdej części nowy osobnik. Pomimo tego

roślina stanowi pewnego rodzaju całość fizjologiczną skutkiem istnienia połączeń między protoplazmami sąsiednich komórek, t. zw. plazmodesmów (patrz ryc. 4), i rozwój każdego narządu podlega wpływowi wszystkich pozostałych. Spotkaliśmy się już poprzednio z przykładami tego zjawiska. Widzieliśmy naprzykład, że wielkość koszyków w kwiatostanach złożonych zależy od ich wzajemnego położenia i koszyki położone na szczytach gałęzi zawierają zawsze więcej kwiatów od najbliższych bocznych (patrz ust. 219 i ryc. 775). Widzieliśmy także, że u wypłonionych roślin dwuliściennych liście wykształcają się bardzo słabo skutkiem nadmiernego zużycia substancyj pokarmowych przez wydłużające się międzywęźla łodygi, natomiast rozwijają się normalnie, jeżeli wzrost łodygi zostanie powstrzymany przez gipsowe okłady (patrz ust. 235). Podobnych faktów można przytoczyć bardzo wiele.

Korelacje są czemś pośredniem między czynnikami rozwojowemi zewnętrznemi a wewnętrznemi. Dla rośliny jako całości są one czynnikami wewnętrznemi, w stosunku do poszczególnych narządów są jednak czemś zewnętrznem.

ROZDZIAŁ III

CZYNNIKI WEWNĘTRZNE ROZWOJU OSOBNICZEGO

242. Siedlisko wewnętrznych czynników rozwojowych. Zewnętrzne czynniki rozwojowe, jak to widzieliśmy w poprzednim rozdziale, wywołują nieraz duże zmiany w ukształtowaniu i budowie rośliny. Zmiany te jednak nie sięgają głęboko. Przedewszystkiem są one stosunkowo słabe, tak że w ogromnej większości przypadków można bez wahania poznać, do jakiego gatunku roślina należy. Następnie zmiany wywołane przez działanie warunków zewnętrznych nie są dziedziczne, nie przechodzą na dalsze pokolenia. Co najwyżej ujawniają się one w stopniu coraz słabszym w kilku najbliższych pokoleniach. Czynniki wewnętrzne natomiast są przyczyną cech gatunkowych, cech najwybitniejszych a zarazem dziedzicznych. Część fizjologji, która się niemi zajmuje, nosi nazwę genetyki.

Genetyka w ostatnich czasach rozrosła się nadzwyczajnie głównie z powodu licznych zastosowań w rolnictwie i wobec tego w niniejszym rozdziale będziemy mogli podać tylko najbardziej zasadnicze pojęcia i fakty. Trzeba przytem jeszcze zaznaczyć, że badania genetyczne wykazały w zjawiskach dziedziczności całkowitą zgodność między światem roślinnym a zwierzęcym, skutkiem czego genetyka stała się nauką ogólnie biologiczną. Dla bliższego zaznajomienia się z tą nauką można polecić następujące dzieła:

Malinowski E. Dziedziczność i zmienność. (Zarys genetyki). Lwów, 1927.

Baur E. Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. Berlin, 1911.

Morgan T. H. Physical basis of heredity. Philadelphia i Londyn, 1919.

Johannsen W. Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Jena, 1927.

Siedliskiem wewnętrznych czynników rozwojowych jest naturalnie żywa substancja komórki, protoplazma z jądrem. Trzeba jednak rozstrzygnąć, w której części tej żywej masy mieszczą się omawiane czynniki. Jest to zadanie niełatwe, gdyż są to ciała (albo być może siły) hipotetyczne, nie dające się dostrzec i zbadać bezpośrednio. Tylko przez obserwację rozwoju roślin można określić ich położenie w komórce oraz ich naturę i sposób działania. W genetyce nazywa się te czynniki genami.

Zarówno fakty cytologiczne, jak rozwojowe, dowodzą, że głównem siedliskiem genów są chromozomy. Opierając się na wykładzie cytologji, zawartym w rozdziale I morfologji, można tu przytoczyć następujące dane. Chromozomy są to jedyne części składowe komórki, które we wszystkich komórkach rośliny i przy każdym podziale komórki występują w tej samej postaci. Każdy gatunek ma swój charakterystyczny garnitur chromozomów, w którym każdy chromozom ma swój osobliwy kształt i stałe wymiary, posiada swoją odrębną indywidualność. Podczas podziału komórki ten garnitur stwarza się na nowo w tej samej postaci z ziarenek i włókienek chromatynowych jądra. Każdy chromozom przy podziale komórki dzieli się wzdłuż na dwie jednakowe części, skutkiem czego nowe komórki otrzymują jednakowe garnitury chromozomów. Ta prawidłowość i stałość w zachowaniu się chromozomów przemawia za tem, że w nich a nie gdzie indziej mieszczą się czynniki, przenoszące cechy rodziców na potomstwo. Na korzyść tej hipotezy mówi też przebieg zapłodnienia. U wyższych roślin (a także u zwierząt) z obu gamet tylko żeńska zawiera oprócz jądra normalną ilość protoplazmy. Gameta męska natomiast składa się prawie z samego tylko jądra; protoplazmy za-

wiera tak mało, że wprost trudno jest ją dostrzec. Ponieważ przy dziedziczeniu cechy ojcowskie udzielają się potomstwu naogół tak samo, jak macierzyńskie, wypływałoby stąd, że siedliskiem czynników genetycznych jest jądro, a więc i chromozomy. Powyższe dane cytologiczne czynią prawdopodobnem umiejscowienie genów w chromozomach, ale dopiero fakty dziedziczności dostarczają należytego uzasadnienia. Przekonamy się o tem w dalszych ustępach tego rozdziału.

Jakkolwiek wszystko przemawia za tem, że czynniki genetyczne mieszczą się w chromozomach, nie znaczy to jednak, żeby protoplazma nie brała żadnego udziału w kierowaniu rozwojem rośliny i w przenoszeniu cech dziedzicznych na potomstwo. Przedewszystkiem jądro może istnieć tylko we współżyciu z protoplazmą i zawarte w niem czynniki genetyczne kierują rozwojem rośliny za pośrednictwem protoplazmy. Następnie stwierdzono w niektórych przypadkach przenoszenie na potomstwo pewnych cech przy pomocy protoplazmy bez udziału jądra. A mianowicie u wielu roślin wyrastają od czasu do czasu z niektórych nasion okazy, których liście są białe albo żółtawe z powodu niewykształcenia chlorofilu w ciałkach zieleni. Takie osobniki są naturalnie niezdolne do życia i po wyczerpaniu zapasów zawartych w nasieniu giną, o ile nie zostaną przeszczepione na osobniki normalne. Zdarzają się oprócz tego przypadki, kiedy nie cała roślina, lecz pewne jej gałęzie są pozbawione chlorofilu. Takie gałęzie czerpią pożywienie z zielonych części rośliny i rozwijają się zupełnie normalnie, wytwarzając zarówno liście, jak i kwiaty. Między innemi obserwowano takie okazy u *Mirabilis Jalappa* (z rodziny *Nyctaginaceae* rzędu *Centrospermae*), rośliny często używanej do doświadczeń genetycznych (ryc. 855). Oprócz gałęzi zielonych i białych (właściwie żółtawych) występują u niej na tych samych okazach pstre gałęzie o liściach częściowo białych, częściowo zielonych. Przy badaniu potomstwa, otrzymanego przez samozapylenie poszczególnych kwiatów, okazało się, że nasiona z zielonych gałęzi dają rośliny zielone, z białych — białe, z pstrych — zielone, białe i pstre okazy. Krzyżowanie zielonych i białych gałęzi wykazało, że wykształcenie lub niewykształcenie chlorofilu zależy tylko od matki: kwiaty zielonych gałęzi, zapylone pyłkiem z białych, dały potomstwo zielone, zaś kwiaty białych gałęzi, zapylone pyłkiem z zielonych, dały potomstwo białe. Okazy białe ginęły z głodu wkrótce po wykiełkowaniu, zaś okazy zielone przez samozapylenie wytworzyły w dalszych pokoleniach tylko zielone osobniki. Powyższe fakty mogą być wytłumaczone przez hipotezę, że tworzenie chlorofilu jest kierowane przez czynniki, mające swoje siedlisko w protoplazmie. W istocie, ponieważ gameta męska nie zawiera wcale protoplazmy albo co najwyżej bardzo niewielką jej ilość, można przypuścić, że nie wywiera ona wcale wpływu na tworzenie się chlorofilu. W ten sposób rośliny zielone, otrzymane przez skrzyżowanie zielonych i białych osobników, nie będą zawierały wcale czynników, hamujących rozwój chlorofilu, i ich potomstwo, otrzymane przez samozapylenie, powinno być stale zielone, co zostaje potwierdzone przez doświadczenie. Z tej samej przyczyny rośliny białe powinny dać przy samozapyleniu stale białe potomstwo. Ażeby to sprawdzić doświadczalnie, trzeba niezdolne do samodzielnego istnienia białe okazy zaszczepić na zielonych, czego niestety nie zrobiono z omawianą rośliną. Gdyby tworzenie chlorofilu u *Mirabilis Jalappa* było kierowane przez jądro, to obie krzyżówki zielonych i białych form dałyby te same wyniki, gdyż budowa jąder w męskiej i żeńskiej gamecie jest jednakowa. Otrzymanoby wtedy według ogólnych praw, które będą wyłożone w dalszych ustępach, albo tylko osobniki zielone, albo tylko białe, albo jakieś inne jeszcze, ale jednakowe. Dalsze pokolenia nie wypadłyby jednolite i wystąpiłyby wśród nich zarówno białe, jak zielone osobniki.



Ryc. 856. *Mirabilis Jalappa.*

W podobny sposób, jak u *Mirabilis Jalappa*, tworzenie i nietworzenie chlorofilu jest dziedziczone u niektórych ras *Pelargonium zonale.* Są to jedyne przypadki przenoszenia cech dziedzicznych przez protoplazmę, stwierdzone u roślin. We wszystkich innych siedliskiem czynników genetycznych są zawsze chromozomy, nie wyłączając przypadków dziedziczenia cech, mających związek z ciałkami zieleni.

243. Homozygoty i heterozygoty. Przystępując do przedstawienia zasad genetyki, trzeba zaznaczyć na wstępie, że bę-

dziemy zajmowali się głównie roślinami nasiennemi, gdyż tylko u nich zjawiska dziedziczności zostały należycie zbadane. Ogólne prawa genetyczne, stwierdzone u nasiennych, mogą być zresztą stosowane do wszystkich innych roślin, mających podobny cykl rozwojowy, np. do paprotników. Trzeba jednak pamiętać o tem, że u nasiennych główną rolę odgrywa pokolenie diploidalne, pokolenie zaś haploidalne jest zredukowane do niewielkiej ilości komórek. Skutkiem tego genetyka zajmuje się głównie pokoleniem diploidalnem, uwzględniając z pokolenia haploidalnego tylko gamety. U paprotników jest nieco inaczej, gdyż pokolenie haploidalne jest silniej rozwinięte i łatwiej dostępne badaniu, niż u nasiennych.

Genetyka zajmuje się dziedziczeniem wszelkich cech roślin, zarówno jakościowych, jak i ilościowych. Cechom jakościowym poświęcimy ten i trzy dalsze ustępy. Dziedziczeniem cech ilościowych zajmiemy się w ust. 247.

W genetyce pokolenie diploidalne jest zwykle nazywane zygotą, jakkolwiek właściwie tym terminem oznacza się nie całą roślinę diploidalną, lecz komórkę, z której ona bierze początek. Rzeczą podstawową dla badań genetycznych jest rozróżnienie dwóch rodzajów roślin diploidalnych czyli według tej terminologji zygot: rozróżnienie homozygot i heterozygot. Homozygoty przy samozapyleniu dają potomstwo jednolite, podobne do rośliny macierzystej. Heterozygoty natomiast, w tych samych warunkach dają niejednolite potomstwo, którego tylko pewna część podobna jest do rośliny macierzystej, reszta zaś posiada cechy odmienne.

Jako przykład można przytoczyć niektóre formy *Mirabilis Jalappa*. Istnieje forma tej rośliny o białych kwiatach, która przy samozapyleniu daje osobniki również o białych kwiatach. Będzie to oczywiście homozygota. Jest oprócz tego forma o czerwonych kwiatach, dająca przy samozapyleniu potomstwo o czerwonych kwiatach. Będzie to również homozygota. Jeżeli te dwie formy skrzyżować, otrzymuje się rośliny o kwiatach różowych, które przy samozapyleniu dają potomstwo, złożone w połowie z osobników o różowych kwiatach, w jednej czwartej z osobników o białych i w jednej czwartej z osobników o czerwonych. Osobniki o różowych kwiatach będą heterozygotami.

Istotę różnicy między homozygotami a heterozygotami można wyjaśnić przy pomocy wyłożonej w poprzednim ustępie hipotezy o umiejscowieniu genów w chromozomach. Jak wiadomo z cytologji (patrz ust. 11), jądra pokolenia diploidalnego zawierają pewną ilość par chromozomów, przyczem chromozomy tej samej pary są do siebie podobne, zaś chromozomy różnych par mogą różnić się od siebie wielkością i kształtem. Podczas podziału redukcyjnego, który poprzedza tworzenie się pokolenia haploidalnego, chromozomy oddzielają się od siebie i jeden chromozom każdej pary przechodzi do jednego z jąder pochodnych, drugi zaś do drugiego. Od tych jąder przez zwykły podział karjokinetyczny będą pochodziły jądra pokolenia haploidalnego, a także jądra wytworzonych w tem pokoleniu gamet. Ponieważ potomstwo homozygoty jest jednolite, wszystkie jej gamety męskie muszą być jednakowe i tak samo żeńskie. Jednakowe być muszą także przedrośla męskie i żeńskie, mikrospory i makrospory. Stąd wypływa wniosek, że chromozomy tej samej pary u homozygot zawierają te same geny, naturalnie w każdej parze inne. Z tego wniosku wypływa dalszy, że homozygota zawiera każdy gen podwójnie.

Jeżeli zatem oznaczymy literami *A, B, C, D,...* poszczególne geny, będziemy mogli przedstawić charakter genetyczny homozygoty wzorem:

AABBCCDD....

charakter zaś genetyczny jej gamet, przedrośli i zarodników przez wzór:

ABCD...

Chcąc teraz określić charakter genetyczny heterozygoty, trzeba wziąć pod uwagę oprócz cech potomstwa, powstającego z niej przy samozapyleniu, jeszcze jej pochodzenie. Pochodzenie heterozygot, spotykanych w przyrodzie, często jest niewiadome. Mogą one jednak powstawać przez skrzyżowanie dwóch różnych homozygot, jak to właśnie ma miejsce w przytoczonym przykładzie u *Mirabilis Jalappa*. Rozwijając teraz w dalszym ciągu hipotezę umiejscowienia genów w chromozomach, trzeba przypuścić, że w heterozygotach przynajmniej w niektórych parach chromozomy zawierają różne geny. Można przytem przyjąć, że każda cecha rośliny jest powodowana przez osobny gen. Założenie takie po uwzględnieniu pewnych zastrzeżeń zgadza się z obserwowanemi faktami dziedziczności.

Że u heterozygoty przynajmniej w niektórych parach chromozomy zawierają różne geny, wypływa ze sposobu tworzenia heterozygot. Ponieważ różne homozygoty wytwarzają różne gamety, heterozygota powstaje przez połączenie dwóch różnych gamet. Gamety te nie różnią się zbytnio od siebie, gdyż, jak wiadomo, mieszańce tworzą się tylko między bli-

skiemi formami. Różnica polega na tem, że pewne geny (w najprostszym przypadku jeden), zawarte w jednej z gamet, są zastąpione w drugiej gamecie przez inne geny. W naszym przykładzie jedna gameta zawiera gen białego zabarwienia kwiatów, druga — gen czerwonego zabarwienia. Jest dalej rzeczą zupełnie naturalną przypuścić, że geny, kierujące wykształceniem analogicznych cech, mieszczą się w chromozomach tej samej pary. Takie geny a także i odnośne cechy nazywane są alelomorficznemi. W naszym przykładzie gen białości kwiatów i gen czerwoności będą genami alelomorficznemi.

Z powyższego wypływa, że jądro heterozygoty będzie zawierało niektóre geny podwójnie, inne zaś pojedyńczo. Jeżeli, dajmy na to, jedna z gamet, które wytworzyły daną heterozygotę, będzie miała wzór:

$$ABCD....$$

druga zaś będzie się od niej różniła w dwóch genach, to, oznaczając te geny odpowiedniemi małemi literami, otrzymamy dla niej wzór:

$$abCD....$$

Stąd dla heterozygoty wypadnie:

$$AaBbCCDD...$$

Jest rzeczą oczywistą, że roślina może być heterozygotą pod względem pewnych cech i zarazem homozygotą pod względem innych. Naprzykład ze wzoru $AaBbCCDD...$ wynika, że odnośna roślina jest heterozygotyczną względem cech A i B, homozygotyczną względem C i D. W rozpatrywanym przez nas przykładzie różowej rasy *Mirabilis Jalappa* mamy heterozygotę względem barwy kwiatów i zarazem homozygotę względem wszystkich innych cech.

Skutkiem różnic, zachodzących między chromozomami tej samej pary, podział redukcyjny w komórkach macierzystych makrospor i mikrospor u heterozygot wytwarza jądra o różnym składzie genetycznym. Mogą tu nastąpić daleko idące komplikacje, które trzeba rozpatrzeć bliżej. Jeżeli heterozygota jest taka w odniesieniu do jednego tylko genu, a więc ma wzór:

$$AaBBCCDD....$$

to wytworzą się dwa rodzaje mikrospor o wzorach:

$$\begin{cases} ABCD... \\ aBCD... \end{cases}$$

Każda z nich da osobną formę pokolenia haploidalnego; będziemy zatem mieli dwie formy przedrośla męskiego (łagiewek). Każda forma przedrośla męskiego wytworzy inną formę męskich gamet o takim samym jak ona charakterze genetycznym. Liczebność obu tych form gamet męskich będzie jednakowa. W podobny sposób powstaną dwa rodzaje makrospor, a z nich dwa rodzaje przedrośli żeńskich i dwa rodzaje gamet żeńskich, których jądra będą miały taki sam garnitur chromozomów, jak odnośne gamety męskie. Liczebność tych dwóch form gamet żeńskich będzie także jednakowa, ale inna niż gamet męskich.

Rozpatrzmy teraz roślinę heterozygotyczną względem dwóch cech (czy genów, co jest wszystko jedno), to znaczy o wzorze:

$$AaBbCCDD...$$

Przypuśćmy, że alelomorficzne pary genów Aa i Bb, względem których roślina jest heterozygotyczna, mieszczą się w różnych parach chromozomów. Wówczas, ponieważ przy podziale redukcyjnym z każdej pary chromozomów może przejść do pochodnego jądra tak samo łatwo jeden jak drugi chromozom danej pary, ilość możliwych rodzajów mikrospor i makrospor będzie równała się 4. Będą one miały skład genetyczny:

$$\begin{cases} ABCD... \\ aBCD... \\ AbCD... \\ abCD... \end{cases}$$

Może jednak zdarzyć się, że obie alelomorficzne pary genów Aa i Bb będą znajdowały się w tej samej parze chromozomów. Wtedy wytworzą się tylko dwa rodzaje gamet:

$$\begin{cases} ABCD... \\ abCD... \end{cases} \quad \text{albo} \quad \begin{cases} AbCD... \\ aBCD... \end{cases}$$

zależnie od tego, czy gen A mieści się wraz z B w jednym chromozomie, zaś geny a i b w drugim chromozomie tej samej pary, czy też gen A wraz z b w jednym chromozomie, zaś a wraz z B w drugim. Geny, mieszczące się w tym samym chromozomie, noszą nazwę sprzężonych, a samo zjawisko nazywa się sprzężeniem (po angielsku linkage). Widomym znakiem sprzężenia jest łączne występowanie odnośnych cech we wszystkich osobnikach.

Bez względu na ilość rodzajów mikrospor liczebność każdego ich rodzaju będzie jednakowa. Naturalnie w tym samym stosunku wystąpią powstające z mikrospor przedrośla i gamety męskie. Tak samo różne formy makrospor wytworzą

się w równych ilościach, innych naturalnie niż mikrospory. Równe też będą ilości różnych rodzajów przedrośli i gamet żeńskich, które się z tych makrospor wytworzą.

Rośliny heterozygotyczne względem trzech cech niesprzężonych

$$AaBbCcDD....$$

wytworzą w równych ilościach osiem rodzajów mikrospor, makrospor, przedrośli i gamet:

$$\left\{\begin{array}{l} ABCD... \\ aBCD... \\ AbCD... \\ abCD... \\ ABcD... \\ aBcD... \\ AbcD... \\ abcD... \end{array}\right.$$

O ile będą miały miejsce sprzężenia, rozmaitość ta zmniejszy się, ale nawet w krańcowym przypadku sprzężenia wszystkich trzech cech mikrospory, makrospory i t. d. nie będą jednakowe: będzie ich co najmniej dwa rodzaje.

Ogólnie biorąc, rośliny heterozygotyczne względem n cech dadzą 2^n rodzajów w przypadku cech niesprzężonych, mniejszą ilość przy cechach sprzężonych.

Rozpoznawanie, czy dany osobnik jest homozygotą, czy heterozygotą, jest rzeczą bardzo ważną. Zadanie to jest stosunkowo łatwe do wykonania u roślin, rozmnażających się przez samozapylenie. W przypadkach, gdzie to jest niemożliwe, trzeba używać krzyżowania. Jeżeli potomstwo dwóch roślin jest jednolite, obie te rośliny są homozygotami. Jeżeli zaś potomstwo jest niejednolite, to albo obie te rośliny są heterozygotami, albo przynajmniej jedna z nich.

Badania nad zwierzętami wykazały u nich identycznie taki sam mechanizm dziedziczności, jak przedstawiony powyżej dla roślin nasiennych, z tą tylko różnicą, że u zwierząt stadjum haploidalne jest ograniczone tylko do gamet.

244. Mendlowanie cech i genów. Opisany w poprzednim ustępie mechanizm dziedziczności został odkryty przez GRZEGORZA MENDLA, opata jednego z klasztorów na Śląsku Cieszyńkim, i głoszony w r. 1866 w czasopiśmie „Verhandlungen des naturforschenden Vereins in Brünn“ (Tom IV, Rocznik 1865). Rozprawa jego jednak uszła uwadze przyrodników i dopiero w r. 1900 została „odkryta“ przez DE VRIESA a jednocześnie z nim przez CORRENSA i TSCHERMAKA. Naturalnie MENDEL nie wiedział nic o chromozomach, które zostały odkryte później, ale zasadnicze myśli o samodzielności genów były przez niego wypowiedziane w formie zupełnie jasnej i logicznej. Ta samodzielność genów jest najbardziej istotną częścią naszych obecnych pojęć o dziedziczności. Geny stanowią wprawdzie część składową rośliny, ale podczas rozmnażania nie ulegają żadnym zmianom i zachowują się jak samodzielne istoty: oddzielają się i łączą się ze sobą zupełnie swobodnie, o ile naturalnie nie są sprzężone. To oddzielanie się i łączenie się genów i powodowanych przez nie cech zostało nazwane na cześć jego odkrywcy m e n d l o w a n i e m.

Niezmienność genów, stanowiąca jedno z założeń genetycznych teoryj MENDLA, nie jest rzeczą bezwzględną. W pewnych rzadkich przypadkach, zwanych m u t a c j a m i, geny ulegają przemianon, któremi zajmiemy się w następnym rozdziale, poświęconym rozwojowi rodowemu roślin.

W poprzednim ustępie omówiliśmy szczegółowo charakter genetyczny mikrospor i makrospor oraz powstających z nich przedrośli i gamet. Przez to samo załatwiliśmy się z dziedzicznością pokolenia haploidalnego. Najważniejszym wynikiem tego badania jest stwierdzenie jednolitości pokolenia haploidalnego u homozygot i różnorodności jego u heterozygot. Twierdzenie to zostało potwierdzone przez obserwacje nad krzyżówkami u *Oenothera* (badania RENNERA). Daleko bardziej zawiłe jest zagadnienie dziedziczenia w pokoleniu diploidalnem, do którego teraz przystępujemy. Jako podstawa będzie nam tu służył opisany w poprzednim ustępie mechanizm dziedziczności, który doskonale tłumaczy obserwowane zjawiska przechodzenia cech z rodziców na potomstwo. Będziemy przytem mówili tylko o gametach i zygotach, bo będzie nam chodziło tylko o pokolenie diploidalne. Trzeba wreszcie zrobić jeszcze jedno zastrzeżenie: będziemy przyjmowali, że geny nie są sprzężone, pozostawiając przypadki sprzężenia na później.

Ponieważ homozygoty wytwarzają tylko jeden rodzaj gamet, potomstwo dwóch różnych homozygot, skrzyżowanych ze sobą, będzie oczywiście jednolite. Powstaje teraz pytanie, jakie ono będzie miało cechy. W przytoczonym powyżej przykładzie *Mirabilis Jalappa* cechy te były pośrednie między cechami rodziców. Rodzice różnili się tylko kolorem kwiatów, które były białe u jednego, czerwone u drugiego. Mieszaniec miał

*

kwiaty różowe. Nie jest to jednak prawidłem ogólnem. Często zdarza się, że mieszaniec jest podobny do jednego z rodziców. Naprzykład przy skrzyżowaniu *Urtica pilulifera*, gatunku pokrzywy o ząbkowanych liściach, z *Urtica Dodartii*, pokrewnym gatunkiem o całobrzegich liściach, otrzymuje się potomstwo o ząbkowanych liściach. Nie ulega wątpliwości, że taki mieszaniec zawiera geny obu rodziców, tylko działanie genu całobrzegich liści na roślinę jest sparaliżowane przez gen ząbkowanych. Gen nazywa się panującym (dominującym), jeżeli przeszkadza genowi alelomorficznemu w działaniu na organizm; ten ostatni nazywa się ustępującym (recesywnym). Gen ząbkowanych liści w przytoczonym przykładzie jest panujący, gen całobrzegich — ustępujący.

Zjawisko panowania i ustępowania genów pociąga za sobą ten skutek bardzo ważny, że w pewnych przypadkach występują osobniki zewnętrznie do siebie podobne, ale o różnym składzie genetycznym. W przytoczonym powyżej przykładzie heterozygota, otrzymana przez skrzyżowanie *Urtica pilulifera* i *Urtica Dodartii*, jest zupełnie podobna do homozygotycznego rodzica *Urtica pilulifera*. Że jednak charakter genetyczny tych dwóch roślin jest odmienny, dowodzi ich zachowanie się przy rozmnażaniu przez samozapylenie: mieszaniec daje potomstwo złożone z dwóch typów podobnych do rodziców, tymczasem *Urtica pilulifera* daje potomstwo jednolite, do niej w zupełności podobne. Opisane powyżej ukryte występowanie genów pociąga za sobą konieczność osobnej terminologji dla określenia cech rośliny i jej charakteru genetycznego: całokształt cech rośliny nazywa się fenotypem, całokształt genów — genotypem. Wzory, które były podane w poprzednim ustępie, nie oznaczają nic innego, jak genotypy. W tych wzorach geny panujące są oznaczone wielkiemi literami, geny ustępujące małemi.

Mieszańce, otrzymane przez skrzyżowanie dwóch homozygot, mają w pewnych przypadkach cechy zupełnie różne od rodziców. Naprzykład niektóre biało kwitnące rasy wonnego groszku *(Lathyrus odoratus)* dają przy skrzyżowaniu kwiaty czerwone. Pochodzi to stąd, że czerwone zabarwienie kwiatów jest powodowane w tym przypadku przez współdziałanie dwóch genów, z których jeden jest zawarty w jednym z rodziców, drugi zaś w drugim. Każdy z tych genów oddzielnie takiego zabarwienia wywołać nie może.

Widzimy z powyższego przedstawienia rzeczy, że stosunki genetyczne u mieszańców, otrzymanych przez skrzyżowanie

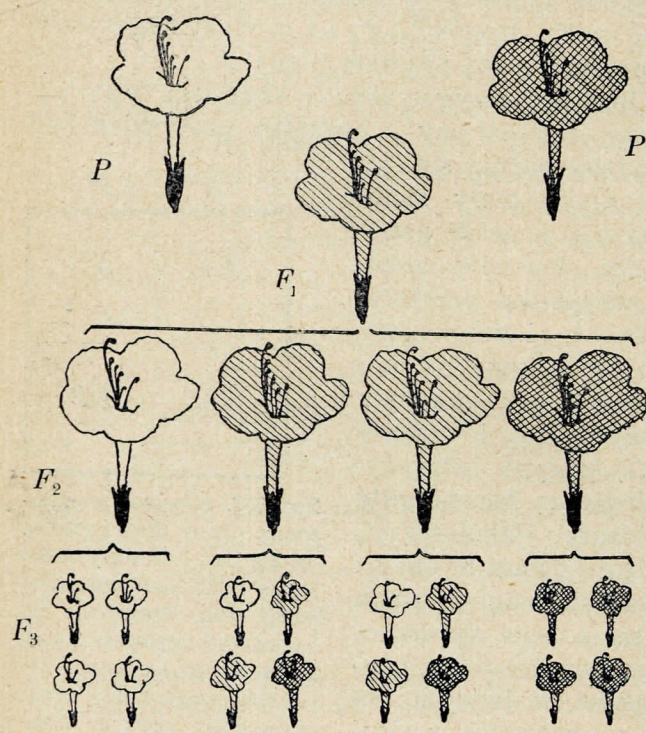
dwóch homozygot, przedstawiają się bardzo prosto. Inaczej jest z potomstwem takich mieszańców. Dla uproszczenia założymy, że takie mieszańce rozmnażają się dalej wyłącznie przez samozapylenie. Dla oznaczenia kolejnych pokoleń mieszańców przyjęto jako symbol literę F z odpowiednim znaczkiem: pierwsze pokolenie — F_1, drugie — F_2 i t. d. Homozygotyczne formy rodzicielskie oznacza się przytem przez P.

Pokolenie F_1 jest heterozygotyczne i skutkiem tego wytwarza różne gamety. Rozpatrzmy z początku przypadek najprostszy, kiedy rodzice różnią się tylko jedną cechą i kiedy geny alelomorficzne nie wykazują zjawisk panowania i ustępowania. Stosunki genetyczne są w tym przypadku przejrzyste z tego powodu, że heterozygoty mogą być odrazu odróżnione od homozygot. Naprzykład w przytoczonym powyżej przykładzie białej i czerwonej rasy *Mirabilis Jalappa* heterozygoty mają kwiaty różowe, homozygoty zaś białe albo czerwone. Pokolenie F_1 wytwarza dwa rodzaje gamet męskich: jeden z genem białości, drugi z genem czerwoności. Tak samo będą wytworzone dwa rodzaje gamet żeńskich, również z genem białości w jednym rodzaju i z genem czerwoności w drugim. Przez łączenie się gamet powstaną cztery rodzaje zygot, gdyż każdy rodzaj gamet męskich będzie się kombinował z każdym rodzajem gamet żeńskich. Będziemy mieli białe gamety męskie połączone z białemi gametami żeńskiemi, białe męskie z czerwonemi żeńskiemi, czerwone męskie z białemi żeńskiemi i wreszcie czerwone męskie z czerwonemi żeńskiemi. Pierwszy i ostatni rodzaj zygot będzie miał charakter homozygotyczny, drugi i trzeci heterozygotyczny. Można to uwidocznić przy pomocy wykresu w formie szachownicy (ryc. 857). Ponieważ różne rodzaje gamet męskich tworzą się w równej ilości, a tak samo jest z żeńskiemi, wobec tego liczebność różnych rodzajów zygot będzie jednakowa. Z tych czterech rodzajów zygot dwa będą jednakowe, a mianowicie zygoty powstałe przez połączenie białych

		A	B
A		AA 1	AB 2
B		BA 3	BB 4

Ryc. 857. Schemat mendlowania przy krzyżowaniu dwóch ras, różniących się jedną tylko alelomorficzną parą cech. Cechy te są oznaczone literami A i B. Symbole umieszczone po bokach szachownicy oznaczają geny zawarte w gametach pierwszego pokolenia mieszańców, symbole w polach szachownicy — geny zawarte w zygotach powstałych przez połączenie odnośnych gamet.

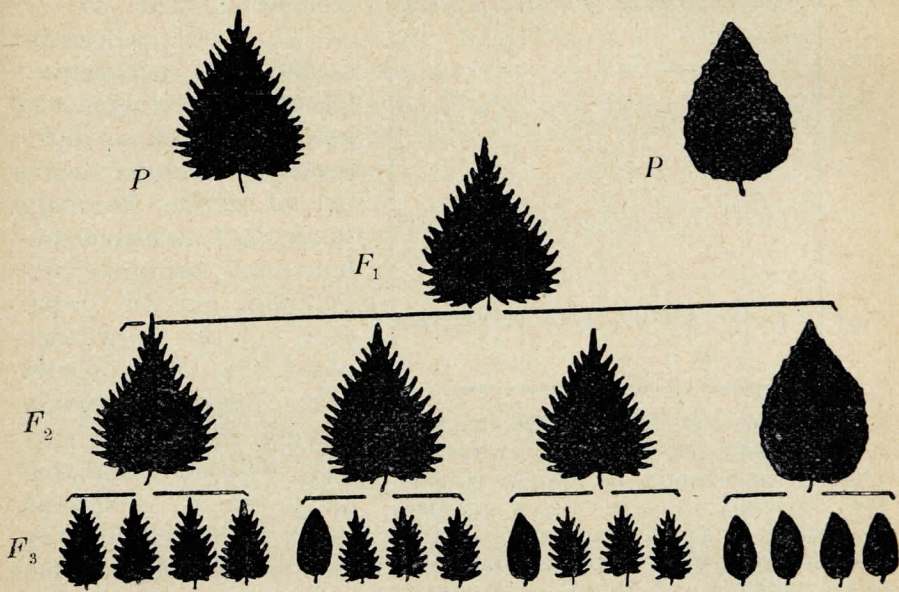
gamet męskich z czerwonemi żeńskiemi i czerwonych męskich z białemi żeńskiemi. Będą one jednakowe dlatego, że geny wywierają ten sam wpływ na rozwój orgamizmu bez względu na to, czy zostały dostarczone przez męską, czy też żeńską gametę. Ostatecznie będziemy mieli trzy rodzaje zygot: białe homozygoty, różowe heterozygoty i czerwone homozygoty. Drugi rodzaj zygot będzie przytem dwa razy liczniejszy od pierwszego i trzeciego: stosunek liczebności będzie 1 : 2 : 1. W trzeciem pokoleniu mieszańców będą się działy rzeczy podobne; homozygoty dadzą potomstwo jednolite, heterozygoty zaś będą mendlowały i dadzą znowu osobniki białe, różowe i czerwone w stosunku 1 : 2 : 1. Stosunki te są uwidocznione na ryc. 858.



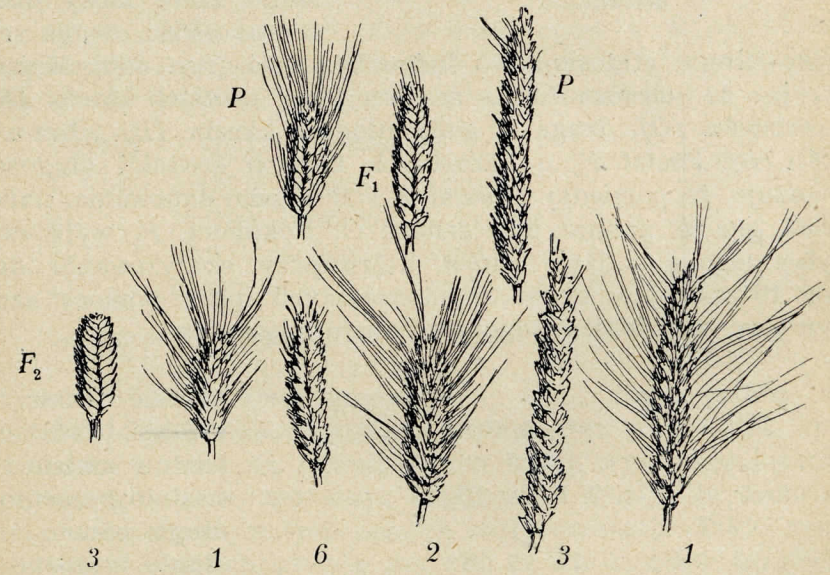
Ryc. 858. Mendlowanie zachodzące przy krzyżowaniu białej i czerwonej rasy *Mirabilis Jalappa*. Podwójne kreskowanie oznacza czerwoną barwę, pojedyńcze różową. — Według Corrensa.

Rozpatrzmy teraz drugi przypadek, kiedy rodzicielskie homozygoty różnią się od siebie jedną tylko cechą, ale odnośny gen jednej homozygoty panuje nad alelomorficznym genem drugiej. Ten przypadek mamy w przytoczonej już krzyżówce *Urtica pilulifera* × *Urtica Dodartii*. Zasadniczo odbywa się tu wszystko tak samo jak w poprzednim przypadku, ale heterozygoty mają postać podobną do homozygotycznej *Urtica pilulifera*. Wobec tego w F_2 będziemy mieli formy z ząbkowanemi i całobrzegiemi liśćmi w stosunku 3 : 1 (ryc. 859). Różnice genotypowe u roślin z ząbkowanemi liśćmi ujawniają

się w F_3: okazy homozygotyczne dadzą potomstwo jednolite o ząbkowanych liściach, okazy zaś heterozygotyczne dadzą



Ryc. 859. Mendlowanie zachodzące przy krzyżowaniu *Urtica pilulifera* × *Urtica Dodartii*. — Według Corrensa.



Ryc. 860. Mendlowanie zachodzące przy krzyżowaniu dwóch ras pszenicy, różniących się ościstością i formą kłosu. Liczby, umieszczone u dołu, oznaczają stosunki, w jakich odnośne formy występują w drugiem pokoleniu mieszańców. — Według Batesona.

	KO	*KB*	*DO*	*DB*
KO	*KKOO* 1	*KKOB* 2	*KDOO* 3	*KDOB* 4
KB	*KKOB* 5	*KKBB* 6	*KDOB* 7	*KDBB* 8
DO	*KDOO* 9	*KDOB* 10	*DDOO* 11	*DDOB* 12
DB	*KDOB* 13	*KDBB* 14	*DDOB* 15	*DDBB* 16

Ryc. 861. Schemat mendlowania przy krzyżówce pszenicy, przedstawionej na ryc. 860. Symbole, umieszczone na bokach szachownicy, oznaczają geny zawarte w gametach F_1, symbole w polach szachownicy — geny zawarte w zygotach, które powstały przez połączenie odnośnych gamet. — *K* oznacza gen krótkich kłosów, — *D* gen długich kłosów. — *O* oznacza gen ościstości, — *B* gen bezostności.

rośliny o ząbkowanych i całobrzegich liściach w stosunku 3 : 1.

O wiele ciekawsze są stosunki genetyczne u mieszańców homozygot, różniących się dwiema albo wieloma cechami od siebie. Powstają tu w F_2 i dalszych pokoleniach osobniki niepodobne ani do rodziców, ani do pierwszego pokolenia mieszańców. Jako przykład rozpatrzymy krzyżówkę między dwiema odmianami pszenicy, wykonaną przez BIFFENA. Różniły się te odmiany formą kłosów i ościstością: jedna miała krótkie, silnie zbite kłosy opatrzone ośćmi, druga zaś kłosy długie i stosunkowo luźne bez ości (ryc. 860). Można przyjąć, że pierwsza forma zawiera geny krótkich kłosów *(K)* i ościstości *(O)*, druga — geny długich kłosów *(D)* i bezostności *(B)*. Postać F_1 o bezostnych kłosach średniej długości wskazuje, że pomiędzy genami *K* i *D* niema panowania, natomiast gen *B* panuje nad genem *O*. Pokolenie F_1 wytworzy wobec tego 4 rodzaje gamet, które przy skrzyżowaniu dadzą 16 rodzajów zygot, uwidocznionych przy pomocy szachownicy (ryc. 861). Z tego wykresu wypływa, że:

rodzaj zygot	1	wytworzy	kłosy	krótkie ościste
„ „	2, 5, 6	„	„	krótkie bezostne
„ „	3, 9	„	„	średnie ościste
„ „	4, 7, 8, 10, 13, 14	„	„	średnie bezostne
„ „	11	„	„	długie ościste
„ „	12, 15, 16	„	„	długie bezostne.

Ponieważ liczebność wszystkich tych 16 rodzajów zygot jest jednakowa, wymienione 6 form pokolenia F_1 powinny

wystąpić w stosunku 1 : 3 : 2 : 6 : 1 : 3. Doświadczenie w zupełności potwierdza te przewidywania.

W podobny sposób można traktować wszelkie inne przypadki krzyżówek. Im bardziej będą różniły się homozygotyczne formy rodzicielskie, tem większa będzie rozmaitość form w pokoleniu F_2 i następnych. Panowanie jednych genów nad drugiemi będzie zmniejszało tę rozmaitość. Naprzykład w przytoczonej powyżej krzyżówce pszenicy, ilość form F_2 byłaby równa 9, gdyby nie było panowania między bezostnością a ościstością. Mielibyśmy wtedy typy następujące:

1)	kłosy	krótkie ościste	zygoty 1
2)	„	krótkie o średniej ościstości .	zygoty 2, 5
3)	„	krótkie bezostne	zygoty 6
4)	„	średnie ościste	zygoty 3, 9
5)	„	średnie o średniej ościstości	zygoty 4, 7, 10, 13
6)	„	średnie bezostne	zygoty 8, 14
7)	„	długie ościste	zygoty 11
8)	„	długie o średniej ościstości .	zygoty 12, 15
9)	„	długie bezostne	zygoty 16

Stosunek liczebności tych 9 typów byłby równy oczywiście:

1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1

W przeciwieństwie do tego ilość typów w F_2 omawianej krzyżówki zmniejszyłaby się do 4, w razie gdyby cecha długich kłosów stała się panującą względem krótkich.

Byłyby to typy następujące:

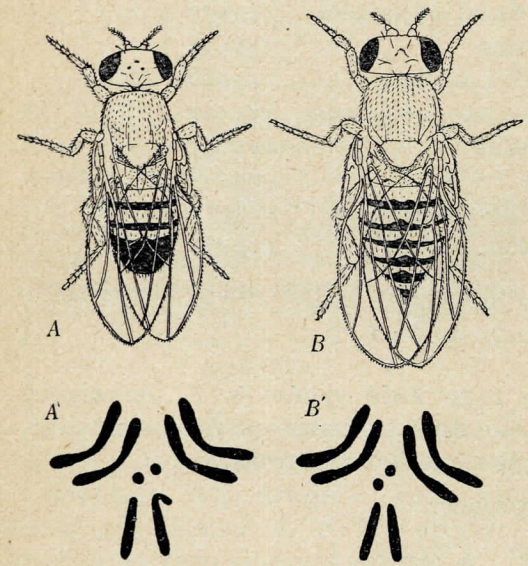
1) kłosy krótkie ościste — zygoty 1
2) „ krótkie bezostne — zygoty 2, 5, 6
3) „ długie ościste — zygoty 3, 9, 11
4) „ długie bezostne — zygoty 4, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16

Stosunek liczebności tych czterech typów byłby:

1 : 3 : 3 : 9

245. Sprzężenie i wymiana genów. Już w ust. 243 była wzmianka o tem, że nieraz pewne cechy występują łącznie, podczas gdy inne mendlują. Zakładamy wtedy, że odnośne geny mieszczą się w tych samych chromozomach. Takie geny i odnośne cechy nazywają się sprzężone. Jako przykład można przytoczyć rasy *incana* i *glabra* u lewkonji *(Matthiola annua)*, zbadane przez CORRENSA. Rasy te różnią się ośmioma cechami, w tej liczbie owłosieniem i barwą kwiatów: *incana*

jest owłosiona i kwiaty ma fiołkowe, *glabra* zaś jest gładka i kwitnie biało. Należałoby się wobec tego spodziewać w pokoleniu F_2 wielkiej rozmaitości form, tymczasem występują w niem tylko formy rodzicielskie, co świadczy o tem, że w rasie *incana* owłosienie i fiołkowe zabarwienie kwiatów są ze sobą sprzężone i tak samo w rasie *glabra* brak owłosienia i biała barwa kwiatów. Możnaby oczywiście przypuścić, że cechy, występujące łącznie, są powodowane przez ten sam gen. Prawdopodobnie w pewnych przypadkach tak jest rzeczywiście. Że jednak przyczyną łącznego występowania cech może być umieszczenie odrębnych genów w tym samym chromozomie, dowodzą dwa fakty, stwierdzone przez MORGANA: po pierwsze ilość mendlujących niezależnie od siebie par cech nie przewyższa ilości par chromozomów, po wtóre sprzężone ze sobą cechy mogą ulegać wymianie. Rozpatrzmy te fakty bliżej.



Ryc. 862. Mucha owocowa *(Drosophila melanogaster)*. — *A* samiec. — *B* samiczka. — *A'* i *B'* ich garnitury chromozomów. — Według MORGANA.

Badania MORGANA i jego szkoły były przeprowadzone na muszce owocowej *(Drosophila melanogaster)* (ryc. 862). Jest to organizm wyjątkowo korzystny dla badań genetycznych, a to z kilku względów. Przedewszystkiem mucha owocowa rozmnaża się bardzo szybko i w ciągu roku można otrzymać piętnaście pokoleń. Następnie mucha ta wytwarza liczne odmiany, różniące się jedną albo kilkoma cechami od normalnej „dzikiej“ formy. Takie odmiany noszą nazwę mutacyj. Znaleziono je u wszystkich organizmów, jakie tylko były poddane baczniejszej obserwacji. U żadnego jednak organizmu nie znaleziono ich w tak dużej ilości, jak u muchy owocowej, u której stwierdzono ich dotychczas z górą 200. Istnienie tak licznych odmian umożliwia oczywiście daleko dokładniejsze zbadanie właściwości genetycznych, aniżeli w jakimkolwiek innym organizmie. Trzecią wreszcie zaletą muchy owocowej, jako materjału do badań nad dziedzicznością, jest niewielka ilość chromozomów, których garnitur składa się z 4 par. Jest on nieco odmienny u samca i samicy. U samca chromozomy płciowe (dwa dolne na ryc. 862, *A'* i *B'*) są niejednakowe: jeden jest prosty, drugi zaś haczykowato zagięty na końcu i nieco dłuższy. Pierwszy oznacza się literą *X*, drugi literą *Y*. U samicy oba te chromozomy są jednakowe i zarazem identyczne z chromozomem *X* u samca. Chromozomy płciowe stanowią pierwszą parę garnituru. Druga i trzecia para (dwie górne pary na ryc. 862, *A'* i *B'*) są jednakowej długości między sobą, ale nieco dłuższe od pierwszej pary. Wreszcie czwarta para jest bardzo drobna. Stosunek długości tych wszystkich chromozomów jest taki: $X = 100$, $Y = 112$, II = 159, III = 159, IV = = 12. Skutkiem różnic w długości odnośne pary chromozomów można odróżnić od siebie z wyjątkiem par II i III. W parze chromozomów płciowych można poznać, który chromozom jest *X*, a który *Y*.

Ogromna ilość mutacyj u muchy owocowej pozwoliła poznać wielką ilość genów, zawartych w jej chromozomach. Ilość genów, zbadanych dokładnie, wynosi zgórą dwieście. Liczne krzyżówki, wykonane przez MORGANA i jego uczniów, wykazały, że istnieją u muchy owocowej 4 grupy cech, które występują łącznie i mendlują wspólnie. Liczebność tych grup jest następująca:

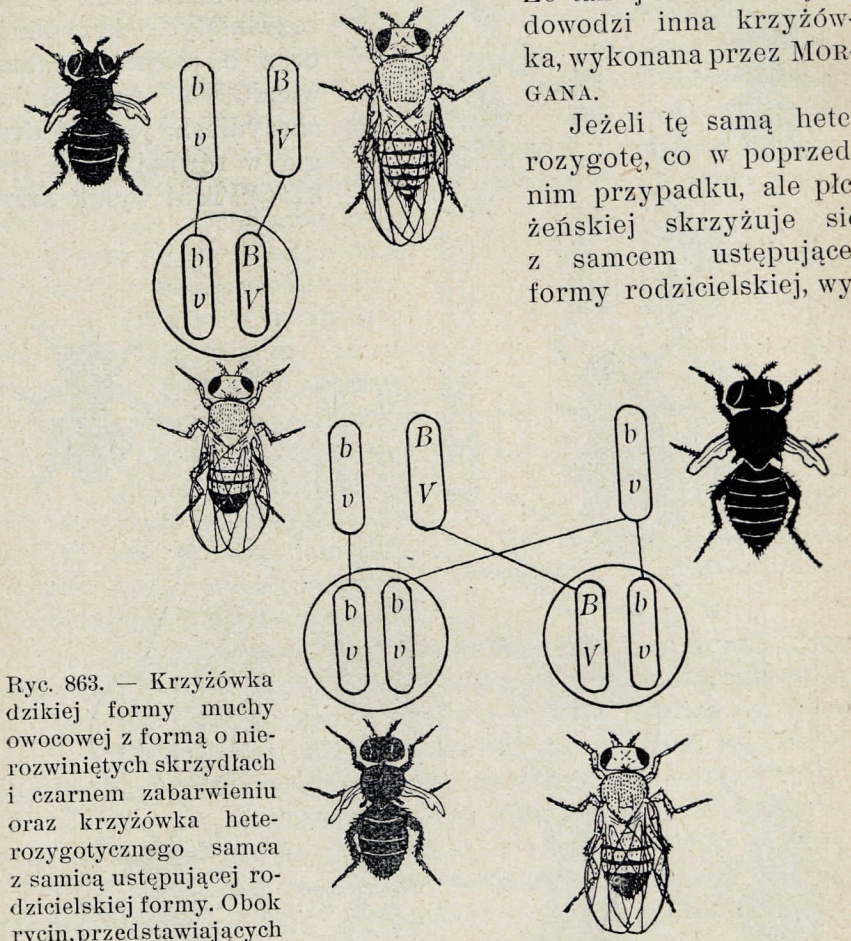
grupa I — 58 genów	grupa III — 67 genów
„ II — 75 „	„ IV — 4 geny

Wypada zatem zupełna zgodność między ilością grup genów, występujących łącznie, a ilością par chromozomów, co wskazuje na to, że geny tej samej grupy mieszczą się w tej samej parze chromozomów. Krzyżówki wykazały mianowicie, że cechy grupy I są związane z płcią: jedne z nich występują tylko u samców, inne zaś tylko u samic. Stąd można wnioskować, że geny te mieszczą się w pierwszej parze chromozomów, w chromozomach *X* i *Y*. Grupa IV genów jest bardzo nieliczna w porównaniu do wszystkich innych. Ponieważ w garniturze chromozomów jest jedna para bardzo mała w porównaniu do innych (para IV), nasuwa to myśl, ze grupa IV genów mieści się właśnie w tej parze. Pozostają wtedy jeszcze dwie prawie jednakowe grupy genów (II i III), które będą miały swoje odpowiedniki w podobnych parach II i III chromozomów. Te

dwie grupy genów są najliczniejsze, z drugiej zaś strony chromozomy II i III są najdłuższe. Jest zatem rzeczą naturalną przypuścić, że geny grup II i III mieszczą się w chromozomach o tych samych oznaczeniach. U żadnego innego organizmu, poza muchą owocową, nie udało się zbadać tak dokładnie składu genetycznego, nigdzie jednak ilość niezależnie mendlujących genów nie przekracza ilości par chromozomów.

Widzieliśmy, że u muchy owocowej ilość genów, mieszczących się w chromozomach, stoi w pewnym związku z ich długością. Nasuwa to myśl, że geny są ułożone w chromozomach jeden za drugim, tworząc łańcuch, idący przez całą ich długość. Przypuszczenie to tłumaczyłoby znaczenie podłużnego podziału chromozomów. Jeżeli geny w chromozomach są ułożone jeden za drugim, a nie obok siebie, to podział podłużny chromozomu dzieli każdy gen na dwie części, z których jedna przechodzi do jednej z komórek pochodnych, druga zaś do drugiej. W ten sposób każda komórka danego osobnika będzie zawierała te same czynniki genetyczne, co w zupełności zgadza się z faktami.

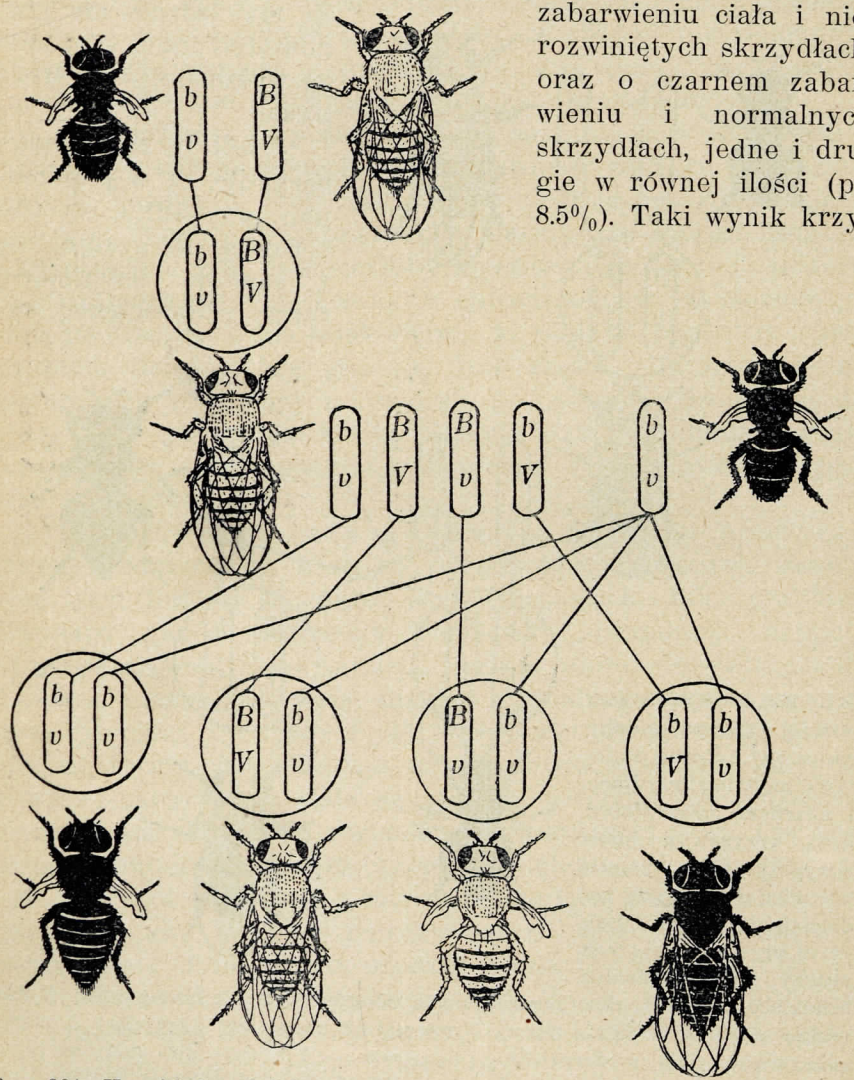
Zjawiska wymiany genów (po angielsku crossing over) potwierdzają nietylko odrębność sprzężonych genów, lecz także linjowy ich układ w chromozomach. Jako przykład wymiany genów weźmiemy krzyżówkę normalnej, „dzikiej“ muchy owocowej z jej mutacją, mającą nierozwinięte skrzydła i czarne zabarwienie ciała, zamiast normalnego szarego z czarnemi pręgami (ryc. 863). F_1 tej krzyżówki ma normalną postać dzikiej formy, co wskazuje na to, że nierozwinięte skrzydła i czarne zabarwienie ciała są cechami ustępującemi względem normalnych skrzydeł i normalnego zabarwienia ciała. Dla zbadania charakteru genetycznego pokolenia F_1 skrzyżowano samca z tego pokolenia z samicą ustępującej rodzicielskiej formy, to znaczy formy o nierozwiniętych skrzydłach i czarnem zabarwieniu. Ponieważ ta ostatnia forma jest homozygotą, wytwarza ona tylko jeden rodzaj gamet. Wobec tego w krzyżówce wystąpi tyle odrębnych typów, ile rodzajów gamet wytwarza badana heterozygota. Liczebność tych typów naturalnie będzie jednakowa. Doświadczenie wykazuje, że w danym przypadku wystąpią tylko dwa typy, oba podobne do rodziców. Heterozygota zatem wytwarza takie same dwa rodzaje gamet, jak formy rodzicielskie. Wypływa stąd, że geny normalnych skrzydeł i zabarwienia mieszczą się w tym samym chromozomie, zaś geny czarnego zabarwienia i nierozwiniętych skrzydeł — w drugim chromozomie tej samej pary. Jest to uwidocznione na ryc. 863. W opisanym przypadku sprzężenie cech jest zupełne. Może nasunąć się przypuszczenie, że cechy normalnej, dzikiej formy są poprostu powodowane przez jeden wspólny gen i tak samo cechy formy mutacyjnej przez jakiś inny. Że tak jednak nie jest, dowodzi inna krzyżówka, wykonana przez Morgana.



Ryc. 863. — Krzyżówka dzikiej formy muchy owocowej z formą o nierozwiniętych skrzydłach i czarnem zabarwieniu oraz krzyżówka heterozygotycznego samca z samicą ustępującej rodzicielskiej formy. Obok rycin, przedstawiających muchy, są wyrysowane schematy chromozomów, zawierających odnośne geny, a mianowicie: *B* normalne szare zabarwienie ciała; *V* normalnie rozwinięte skrzydła; *b* czarne zabarwienie ciała, *v* nierozwinięte skrzydła. — Pierwsze dwa geny są panujące, dwa ostatnie zaś ustępujące. — Schematy obwiedzione kolistą linją oznaczają chromozomy zygot, bez tej obwódki — chromozomy gamet. — Według Morgana.

Jeżeli tę samą heterozygotę, co w poprzednim przypadku, ale płci żeńskiej skrzyżuje się z samcem ustępującej formy rodzicielskiej, wystąpią zamiast dwóch, cztery formy much (ryc. 864). Wypływa z tego, że podczas gdy heterozygotyczny samiec wytwarza dwa rodzaje plemników, to samica z tego samego po-

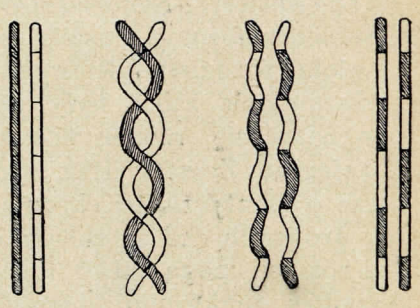
kolenia wytwarza cztery rodzaje jaj. Co do liczebności przeważają w tej krzyżówce formy podobne do rodzicielskich, które stanowią razem 83% (po 41.5% każda). Resztę (17%) stanowią formy o odwrotnej kombinacji cech: o normalnem zabarwieniu ciała i nierozwiniętych skrzydłach, oraz o czarnem zabarwieniu i normalnych skrzydłach, jedne i drugie w równej ilości (po 8.5%). Taki wynik krzyżówki może być spowodowany tylko przez to, że w pewnej części jaj u heterozygoty geny normalnego i czarnego zabar-



Ryc. 864. Krzyżówka dzikiej formy muchy owocowej z mutacją o czarnem zabarwieniu i nierozwiniętych skrzydłach oraz krzyżówka heterozygotycznej samicy z samcem ustępującej formy rodzicielskiej. Oznaczenia te same, co w ryc. 863. — Według Morgana.

wienia ciała zamieniły się swojemi miejscami w chromozomach danej pary. Jest to właśnie zjawisko wymiany genów.

Nietrudno jest określić bliżej, jak się taka wymiana genów odbywa. Jak to już było podane w cytologji (ust. 11), podział redukcyjny zaczyna się od splatania się podobnych chromozomów (ryc. 30), poczem chromozomy oddzielają się od siebie i z każdej pary jeden przechodzi do jednego z potomnych jąder, drugi zaś do drugiego. Ponieważ chromozomy składają się z miękkiej, galaretowatej substancji, może się łatwo zdarzyć, że przy splataniu nastąpi zlepienie się ich. Wtedy podczas oddzielania się chromozomów od siebie może nastąpić takie rozerwanie tego splotu, przy którem pewne części jednego chromozomu znajdą się w drugim i odwrotnie (ryc. 864). Jeżeli teraz przypuścimy, że geny są ułożone w chromozomach w podłużny szereg, to taka wymiana części chromozomów pociągnie za sobą wymianę odnośnych genów. W ten sposób zjawisko wymiany genów potwierdza hipotezę istnienia oddzielnych genów dla poszczególnych cech występujących łącznie, a jednocześnie hipotezę o linjowem ułożeniu genów w chromozomach.



Ryc. 865. Schemat wymiany części chromozomów. — Według Wilsona.

Zjawiska sprzężenia i wymiany genów zostały w tym ustępie przedstawione nie na przykładzie wziętym ze świata roślinnego, lecz na zwierzęciu. Nie należy jednak z tego wnioskować, żeby te zjawiska u roślin były rzadkie. Przeciwnie, są one równie częste u nich, jak u zwierząt, ale były po raz pierwszy stwierdzone na musze owocowej i u żadnego innego organizmu nie zostały tak dokładnie zbadane, jak właśnie u niej.

246. Płeć. Określenie płci jest jedną z najciekawszych kwestyj biologicznych. Wykształcenie cech płciowych zależy od czynników zewnętrznych i wewnętrznych. Działanie czynników wewnętrznych jest przytem przeważające, a u niektórych roślin, np. u mchów, czynniki zewnętrzne nie wywierają na wykształcenie płci żadnego wpływu. Rozpatrzmy bliżej te zjawiska u mszaków i nasiennych, u których zostały one dokładniej zbadane.

U mszaków różnice płciowe występują tylko w gametofitach i to jedynie w pewnej części gatunków. Przyczyna, określająca cechy płciowe, ma swoje siedlisko w jądrze, które zawiera odmienny garnitur chromozomów u osobników męskich i żeńskich. Dotychczas stwierdzono tę różnicę tylko u wątrobowca *Sphaerocarpus*, u którego ALLEN znalazł w jądrach męskich osobników oprócz 7 chromozomów, mniej więcej jednakowych, ósmy o wiele większy *(X)*, zaś w jądrach osobników żeńskich oprócz takich samych 7 chromozomów jeszcze jeden drobny *(Y)* (ryc. 27). Chromozomy, określające płeć, nazywane są często heterochromozomami, wszystkie zaś inne — autozomami. *Sphaerocarpus* był pierwszą rośliną, u której heterochromozomy zostały stwierdzone. Potem znaleziono je u wielu rozdzielnopłciowych roślin nasiennych i to prawie u wszystkich, które były poddane ściślejszemu badaniu. Są one, zdaje się, równie powszechnem zjawiskiem u roślin, jak u zwierząt. Zresztą brak widocznych różnic nie świadczy jeszcze o identyczności chromozomów, gdyż środki badania tych tak drobnych ciał są stosunkowo bardzo niedokładne i mniejsze różnice mogą łatwo ujść uwadze. Jakkolwiek więc wśród mszaków znaleziono heterochromozomy tylko u *Sphaerocarpus*, można przypuścić, że są one także u wszystkich innych rozdzielnopłciowych form.

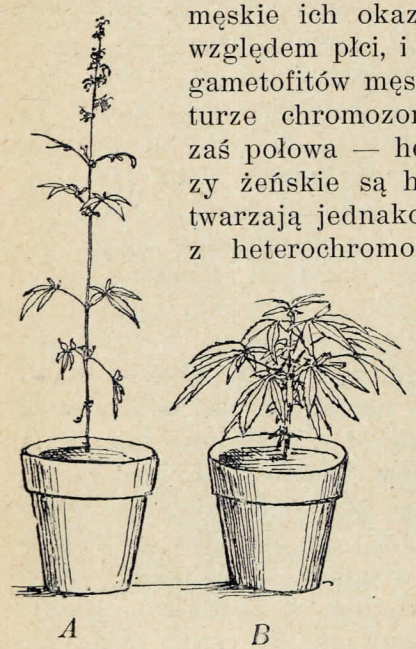
Sporofity u mszaków nie wykazują różnic płciowych. U form, mających rozdzielnopłciowe gametofity, zachowują się one jak heterozygoty, wytwarzając dwa rodzaje zarodników w równej ilości. Jeden rodzaj daje gametofity żeńskie, drugi — męskie. W niektórych przypadkach stwierdzono zewnętrzne różnice między temi rodzajami zarodników. Oddzielenie płci odbywa się podczas podziału redukcyjnego, kiedy heterochromozom *X* oddziela się od *Y*. Z każdej komórki macierzystej wytwarzają się w ten sposób dwa zarodniki „męskie“ i dwa „żeńskie“. Uwydatnia się to wyraźnie u *Sphaerocarpus*, u którego zarodniki, należące do jednej tetrady, nie oddzielają się od siebie. Obserwacje wykazały, że z każdej tetrady powstają zawsze dwa osobniki męskie i dwa żeńskie.

Ponieważ u roślin nasiennych, w przeciwieństwie do mszaków, górującą formą rośliny jest sporofit, rozpoczniemy od niego. Jest on, jak wiadomo, przeważnie obupłciowy, rzadziej rozdzielnopłciowy. U form rozdzielnopłciowych cechy płciowe są powodowane przez heterochromozomy. Mają one przeważnie ten sam charakter, co u zwierząt. Jak to widzieliśmy u muchy owocowej, samica u zwierząt ma dwa jednakowe heterochromozomy *X*, samiec zaś — dwa różne heterochromozomy: jeden *X* identyczny z podobnym heterochromozomem samicy i drugi *Y* odmiennego kształtu (ryc. 862). To samo jest w większości przypadków zbadanych u nasiennych, mianowicie: u moczarki kanadyjskiej *(Elodea canadensis)*, goździenia *(Melandryum album)*, konopi *(Cannabis sativa)*, chmielu *(Humulus Lupulus* i *japonicus)*. U *Rumex Acetosa* rzecz ma się trochę inaczej: w męskich osobnikach zamiast heterochromozomu *Y* są dwa drobne chromozomy dodatkowe. U *Vallisneria spiralis* chromozomu *Y* niema wcale i osobniki męskie mają tylko jeden chromozom *X*, podczas gdy osobniki żeńskie mają ich dwa. U szpinaku *(Spinacia sativa)* nie stwierdzono dotąd różnic między chromozomami męskich i żeńskich okazów.

Nie same jednak heterochromozomy decydują o płci u roślin nasiennych; warunki zewnętrzne wywierają również pewien wpływ, przynajmniej u niektórych roślin. Obserwowano wpływ warunków zewnętrznych na określenie płci u *Cannabis sativa, Morus alba, Salix amygdaloides, Humulus japonicus, Thalictrum dasycarpum* i *Arisaema Dracontium*. Jest rzeczą możliwą, że tak jest ze wszystkiemi rozdzielnopłciowemi roślinami nasiennemi. Rozpatrzmy bliżej te zjawiska u konopi, u których zostały one dokładniej zbadane. U tej rośliny decydującym czynnikiem jest światło. Latem, w hodowlach, prowadzonych na otwartem powietrzu, wytwarza się równa ilość okazów męskich i żeńskich. Zimą, w kulturach szklarniowych pod działaniem krótkich zimowych dni i osłabionego oświetlenia, na żeńskich okazach tworzą się często kwiaty męskie i odwrotnie, na męskich okazach żeńskie kwiaty. Badanie w tym przypadku jest ułatwione przez to, że różnice płciowe dotyczą nietylko narządów rozmnażania, lecz także narządów wegetatywnych: żeńskie okazy konopi (t. zw. płoskunki) mają krótsze międzywęźla i gęsto ulistnione kwiatostany, męskie zaś (głowacze) przeciwnie — wydłużone międzywęźla i prawie bezlistne kwiatostany. Nienormalne warunki kultury szklarniowej nie wywołują w tych drugorzędnych cechach płciowych żadnej zmiany, nawet akcentują je jeszcze bardziej (ryc. 866).

Co się tyczy gametofitów u roślin nasiennych, to są one zawsze rozdzielnopłciowe. Określenie płci następuje tu jednak nie podczas podziału redukcyjnego, jak u mszaków, lecz wcześniej i poszczególna komórka macierzysta zarodników daje albo cztery okazy męskie, albo jeden okaz żeński. Przyczyny, określające płeć gametofitów u form, mających obupłciowe sporofity, mają swoje siedlisko w tkance otaczającej komórkę ma-

cierzystą zarodników: zależnie od tego, czy mieści się w pręciku czy w zalążku, wytwarza ta komórka ziarenka pyłku albo woreczek zalążkowy. U form, mających rozdzielnopłciowe sporofity, dzieje się to samo, z pewną jednak różnicą. Mianowicie męskie ich okazy zachowują się jak heterozygoty względem płci, i przez to wytwarzają dwa rodzaje gametofitów męskich: połowa ich zawiera w garniturze chromozomów heterochromozom *X*, druga zaś połowa — heterochromozom *Y*. Natomiast okazy żeńskie są homozygotami względem płci i wytwarzają jednakowe gametofity żeńskie, wszystkie z heterochromozomem *X*. U roślin nasiennych, mających obupłciowe sporofity, gametofity zarówno męskie jak i żeńskie są jednakowe, o ile roślina jest homozygotą.



Ryc. 866. *Cannabis sativa*. Dwa okazy jednakowego wieku wyhodowane w zimie w szklarni. — *A* męski okaz z żeńskiemi kwiatami. — *B* żeński okaz z męskiemi kwiatami. — Według SCHAFFNERA.

Określenie płci u grzybów, gdzie występuje płciowość bardziej złożona (por. str. 255), nie jest zbadane.

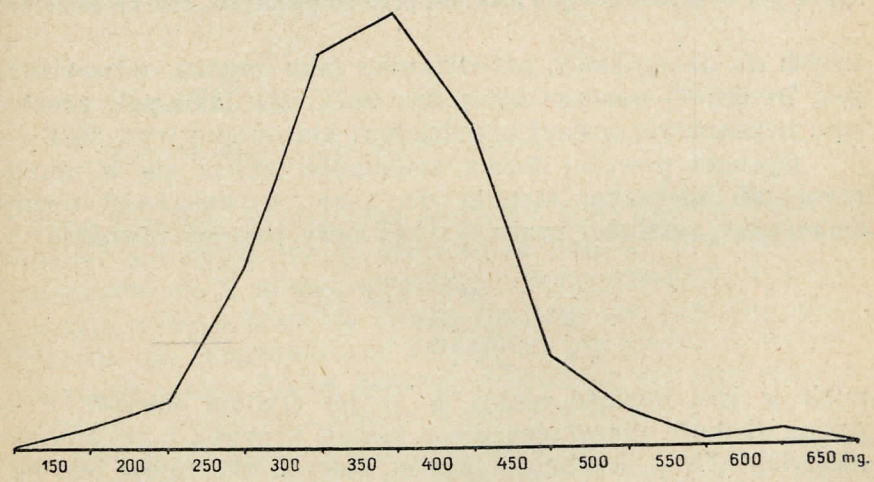
247. Dziedziczenie cech ilościowych. Cechy ilościowe są dziedziczone zasadniczo w ten sam sposób, jak cechy jakościowe. W niektórych przypadkach zjawiska te mają formę bardzo prostą. Naprzykład istnieją dwie odmiany grochu, które różnią się wysokością pędów. Po skrzyżowaniu otrzymuje się pokolenie F_1 złożone z roślin wysokich. Wysokie pędy są zatem cechą panującą względem pędów niskich. W następnem pokoleniu otrzymuje się rośliny wysokie i niskie, pierwszych wypada przytem zgodnie z prawidłami mendlowania trzy razy tyle, co niskich. Naogół dziedziczenie cech ilościowych jest jednak bardziej złożone, co daje się wytłumaczyć hipotezą, że cechy te są powodowane przez pewną ilość jednakowych genów, tem większą, im większy jest wymiar danej cechy.

Dla dokładniejszego wyjaśnienia omawianego zagadnienia trzeba z początku ustalić, jak się określa cechę ilościową. Jeżeli weźmiemy kilka okazów jakiejkolwiek rośliny, to nie zdarza się nigdy, żeby okazy te były zupełnie jednakowe, nawet

wtedy, jeżeli były wyhodowane w warunkach pozornie zupełnie jednakowych. Zawsze wystąpią pewne różnice ilościowe, dotyczące wymiarów i wagi poszczególnych narządów, składu chemicznego i t. d. Przyczyną ich są przypadkowe drobne różnice w warunkach zewnętrznych, których niepodobna uniknąć nawet przy najbardziej starannych kulturach. Występowanie takich różnic nazywa się zmiennością fluktuacyjną. Zmienność ta ma przeważnie taki charakter, że najwięcej jest osobników, mających pewną pośrednią wartość danej cechy, t. zw. wartość modalną. Wartości cechy mniejsze lub większe od modalnej występuja tem rzadziej, im bardziej się od niej odchylają. Naprzykład w pewnem doświadczeniu JOHANNSENA waga 606 nasion fasoli *(Phaseolus vulgaris)* wykazała następujące różnice:

Waga w miligramach	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Ilość nasion o danej wadze	8	18	71	156	172	127	35	15	3	6	

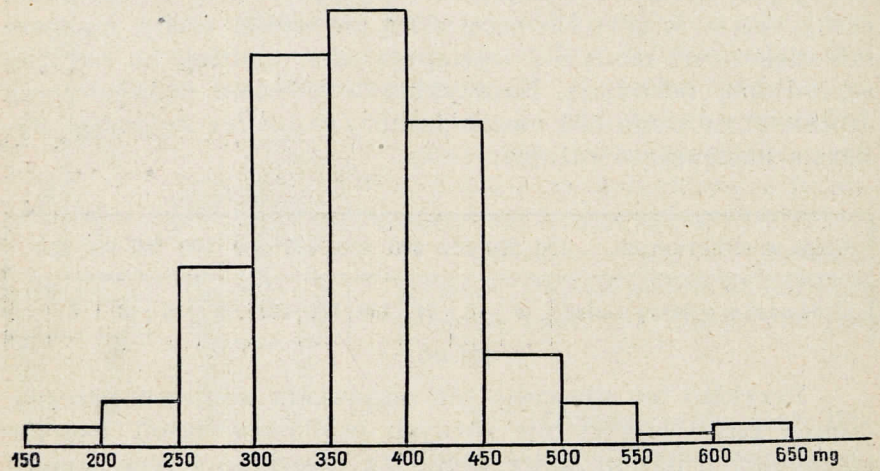
Przykład ten właściwie nie odpowiada swojemu przeznaczeniu, gdyż dotyczy nie różnych osobników fasoli, lecz poszczególnych nasion, które pochodzą częściowo z tych samych osobników. Zmienność fluktuacyjna byłaby jednak podobna, gdybyśmy wzięli zamiast nasion osobniki.



Ryc. 867. Graficzne przedstawienie zmienności wagi nasion u fasoli. Wartości wagi są podzielone na klasy o podziale równym 50 *mg*. Rzędne oznaczają częstość występowania wartości, należących do poszczególnych klas.

*

Przy badaniu zjawisk zmienności oddaje wielkie usługi graficzne przedstawienie, przy którem odcięte przedstawiają wartości danej cechy, zaś rzędne — częstość występowania tych wartości. Jeżeli wartości danej cechy zmieniają się w sposób ciągły, jak to jest w omawianym przykładzie, to trzeba wartości cechy dzielić na grupy o jednakowo odległych granicach (t. zw. klasy) i z każdą klasą operować, jak z pojedyńczą wartością. Można przytem częstość występowania wartości, nale-



Ryc. 868. Inne graficzne przedstawienie zmienności wagi u fasoli dla tego samego materjału liczbowego, co na ryc. 867. Częstość występowania wartości, należących do poszczególnych klas, jest przedstawiona jako pole prostokątów.

żących do danej klasy, przedstawiać jako rzędną, odpowiadającą środkowej wartości klasy (ryc. 867), albo jako pole prostokąta o podstawie równej przedziałowi klasowemu (ryc. 868).

Opisana powyżej forma zmienności zbliża się w mniejszym lub większym stopniu do t. zw. normalnej formy zmienności, ustalonej przez Gaussa przy pomocy równania:

$$y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-b)^2}{2\sigma^2}} \qquad (A)$$

gdzie x jest wartość cechy, b — jej średnia wartość, σ — pewna wielkość charakteryzująca kształt krzywej, t. zw. średnie odchylenie, N — liczebność okazów, których zmienność jest badana, i wreszcie y — częstość występowania wartości x. Średnia wartość danej cechy, oznaczona w powyższem równaniu przez b, oblicza się jako średnia arytmetyczna wartości cechy

dla wszystkich okazów; a więc jeżeli poszczególne okazy mają wartości danej cechy:

$$x_1, x_2, \ldots\ldots, x_N,$$

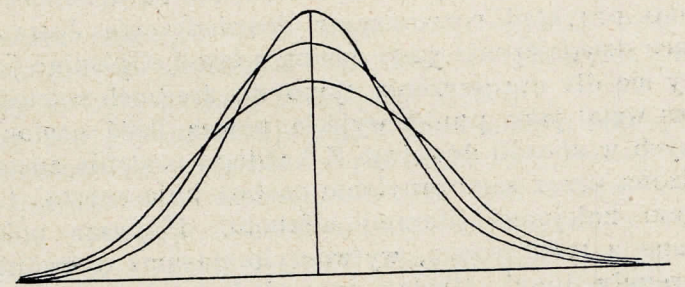
to:

$$b = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_N}{N}$$

Średnie odchylenie oblicza się przy pomocy wzoru:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(b-x_1)^2 + (b-x_2)^2 + \ldots (b-x_N)^2}{N-1}}$$

Równanie (A) graficznie przedstawia się jako krzywa symetryczna względem największej swojej rzędnej (patrz ryc. 869). Krzywa ta posiada dwie gałęzie, które, odchodząc od najwyższego punktu leżącego na osi symetrji, zniżają się z początku coraz prędzej, potem coraz wolniej i idą w nieskończoność, zbliżając się asymptotycznie do osi odciętych. Kształt krzywej jest określony przez średnie odchylenie σ: im większe jest średnie odchylenie, tem bardziej przypłaszczona jest krzywa. Widoczne to jest z ryc. 869, na której są wykre-



Ryc. 869. Krzywa Gaussa dla różnych σ i tych samych b i N.

ślone trzy krzywe dla tych samych b i N. Kształt krzywej zupełnie nie zależy od b, gdyż ze zmianą tej wielkości krzywa przesuwa się w całości równolegle do osi odciętych. Wielkość N o tyle tylko wpływa na kształt krzywej, że powoduje powiększenie lub pomniejszenie wszystkich jej rzędnych w tym samym stosunku. Różne krzywe, wykreślone dla tego samego N, wycinają równe pola z przestrzeni, rozciągającej się do osi odciętych w stronę dodatnich rzędnych.

Poznawszy charakter zmienności fluktuacyjnej, możemy teraz powrócić do zagadnienia dziedziczenia cech ilościowych. Oddawna już było wiadome, że cechy te nawet u homozygot

niezawsze przechodzą na potomstwo, np. osobnik fasoli, wyhodowany z wielkiego nasienia, może wydać nasiona drobne. Kwestja ta została wyjaśniona przez JOHANNSENA przy pomocy pojęcia linij czystych. JOHANNSEN wykazał, że rośliny, mające zupełnie identyczne cechy jakościowe, należące nietylko do tego samego gatunku, ale nawet do tej samej odmiany, nie stanowią jednolitego pod względem genetycznym materjału. Występują wśród nich wyraźne różnice ilościowe, jeżeli się podda badaniu osobno potomstwo każdej poszczególnej rośliny. Podczas takiego badania trzeba naturalnie chronić daną roślinę przed wpływem innych osobników, to znaczy rozmnażać ją wyłącznie przez samozapylenie. Rośliny, pochodzące od jednego osobnika w drodze samozapylenia, noszą nazwę linji czystej. Rośliny, z jakiemi spotykamy się w naturze albo w kulturze, są zawsze mieszaniną wielu linij czystych i dla odróżnienia od tych ostatnich zostały nazwane populacjami. Badania JOHANNSENA wykazały, że w obrębie każdej linji czystej średnia wartość cech ilościowych oraz charakter ich zmienności przechodzi bez zmiany z pokolenia na pokolenie. Natomiast poszczególne wartości cech, występujące u poszczególnych osobników, nie są dziedziczone.

Jako przykład rozpatrzymy doświadczenia JOHANNSENA, dotyczące dziedziczenia wagi nasion u fasoli. Opisując je, ograniczymy się dla uproszczenia tylko do średnich wartości. JOHANNSEN wziął jako punkt wyjścia pewną ilość nasion fasoli, wybranych w sposób dowolny. Z każdego nasienia została wyprowadzona przez samozapylenie osobna linja czysta. Linje te oznaczono kolejnemi literami alfabetu. Pierwsze pokolenie, otrzymane z tych nasion, wytworzyło nasiona o średniej wadze z reguły innej. Między innemi linja A, wyprowadzona z nasienia o wadze 800 *mg*, dała średnią wagę nasion 600 *mg*, linja B, otrzymana z nasienia o wadze 950 *mg* — 520 *mg*, linja J zamiast 800 dała 400. Drugie pokolenie natomiast dało nasiona o średniej wadze bardzo bliskiej wartości tej cechy w pierwszem pokoleniu, jak to wypływa z tabeli:

	Waga nasienia macierzystego	Średnia waga nasion pierwszego pokolenia	Średnia waga nasion drugiego pokolenia
Linja A	800	600	642
„ B	950	520	558
„ J	800	400	449

Pomiędzy wagą nasion pierwszego a drugiego pokolenia jest pewna różnica, która jednak tłumaczy się nie dającemi się uniknąć różnicami w warunkach glebowych i klimatycznych. Zresztą jeżeli porównamy ze sobą wyhodowane w tym samym roku różne okazy tego samego pokolenia, to stwierdzimy w obrębie każdej linji różnice tego samego rzędu. Szczególnie pouczające jest zestawienie okazów, otrzymanych z nasion różnej wagi. W tym celu JOHANNSEN podzielił nasiona pierwszego pokolenia na klasy o przedziale w 50 *mg* i potomstwo każdej klasy poddał osobnemu badaniu. Wyniki dla przytoczonych powyżej linij A, B, J są zestawione w następującej tabeli:

Waga nasion pierwszego pokolenia		250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
Średnia waga nasion poszczególnych grup drugiego pokolenia	linji A	—	—	—	—	—	—	605	642	635	661	
	„ B	—	—	572	—	535	570	565	566	555	—	
	„ J	445	498	453	447	446	—	450	—	—	—	

Nasiona, należące do tej samej linji czystej, wydały potomstwo o bardzo bliskiej średniej wadze nasion bez względu na to, czy to były nasiona lekkie, czy ciężkie.

Przy krzyżowaniu linij czystych ze sobą następuje takie samo mendlowanie, jak przy krzyżowaniu form, różniących się cechami jakościowemi. Jednakże wielka ilość genów, które są tu czynne, powoduje o wiele większą rozmaitość w składzie dalszych pokoleń. Badanie tych zjawisk jest bardzo utrudnione, gdyż zmienność fluktuacyjna dołącza się do zmienności, powodowanej przez mendlowanie.

ROZDZIAŁ IV

ROZWÓJ RODOWY

248. Mechanizm rozwoju rodowego. Teorja Darwina. Przy omawianiu zjawisk dziedziczności były już przytaczane przypadki, w których potomstwo różniło się od rodziców i różniło się między sobą. Tego rodzaju zjawiska noszą nazwę zmienności. Obserwacje nad zmiennością były dokonywane

oddawna i wcześnie naprowadziły na myśl o powstawaniu jednych form organizmów z drugich w drodze przemian. Powstała w ten sposób teorja ewolucyjna, zwana inaczej teorją transformizmu. Po raz pierwszy została ona wypowiedziana w sposób jasny na początku XIX stulecia przez LAMARCKA, ale nie zyskała uznania u współczesnych przyrodników. Dopiero w r. 1859 dzieło KAROLA ROBERTA DARWINA, zatytułowane „O pochodzeniu gatunków“, przekonało biologów o słuszności teorji ewolucyjnej. Ten przewrót w pojęciach biologicznych stał się możliwy skutkiem skrupulatnego zebrania przez DARWINA bardzo obfitego materjału dowodowego i skutkiem wskazania przezeń mechanizmu przemian ewolucyjnych. Wprawdzie poglądy DARWINA okazały się pod wieloma względami błędne, ale pewne zasadnicze koncepcje pozostały trwałym nabytkiem nauki. Takim trwałym nabytkiem biologji stała się przedewszystkiem zasadnicza idea zmienności organizmów. Sposób, w jaki odbywa się przemiana organizmów, jest dotąd niewyjaśniony, ale nikt już nie wątpi o tem, że jedne gatunki powstają z drugich.

Teorja DARWINA da się przedstawić w sposób następujący. Organizmy ulegają stale pewnym przemianom, które są nieznaczne i bezładne. Jednocześnie rozmnażanie odbywa się tak szybko, że ilość osobników każdego gatunku jest większa od tej, jaka może się wyżywić w danych warunkach. Skutkiem tego tylko osobniki najlepiej przystosowane utrzymują się przy życiu, wszystkie inne giną. Zmiany, którym ulegają organizmy, idą w różnych kierunkach. Jedne z nich są pożyteczne i ułatwiają utrzymanie się w walce o byt, inne zaś przeciwnie są szkodliwe i powodują prędką zgubę osobników, u których wystąpiły. W ten sposób walka o byt wyłania z chaosu zmienności zmiany idące w pewnym kierunku i powoduje stopniową przemianę organizmu, która może zaprowadzić tak daleko, że wypadnie zaliczyć go do innego gatunku. Według tej zasadniczej koncepcji darwinowskiej poszczególne gatunki są tylko etapami w drodze ciągłej przemiany organizmów. Nie reprezentują one nic stałego i są połączone ze sobą stopniowemi przejściami. Wprawdzie w większości przypadków formy przejściowe nie są znane, ale ma to pochodzić stąd, że wyginęły w walce o byt.

Z teorji DARWINA oprócz ogólnej idei zmienności gatunków utrzymało się wyróżnienie dwóch zasadniczych czynników, działających w procesie ewolucyjnym: zmienności i doboru. Zmienność jest podstawą ewolucji, bo przemiana gatunków jednych w drugie byłaby niemożliwa, gdyby organizmy nie zmieniały się wcale. Nie ulega dalej żadnej wątpliwości, że tylko niektóre przemiany powodowane przez zmienność utrzymują się w walce o byt, większa część ich natomiast ginie. U roślin uprawnych i zwierząt domowych doboru wśród różnych form dokonuje człowiek; jest to dobór sztuczny w przeciwstawieniu do doboru naturalnego, odbywającego się w przyrodzie. Dobór sztuczny utrzymać może przy życiu takie odmiany, które w przyrodzie wyginęłyby niechybnie, jak np. rośliny z pełnemi kwiatami.

Wypadnie teraz zkolei, biorąc za punkt wyjścia teorję DARWINA, rozpatrzyć te przeobrażenia, którym uległy pojęcia zmienności i doboru pod wpływem późniejszych badań. Trzeba będzie także omówić jaszcze jeden czynnik rozwoju rodowego, na który ostatnio zwrócono szczególną uwagę, mianowicie krzyżowanie.

249. Zmienność. Pojęcia o zmienności uległy od czasów DARWINA znacznemu rozszerzeniu i pogłębieniu. Wyjaśniło się, że istnieją trzy jej odmiany: zmienność fluktuacyjna, zmienność powodowana przez krzyżowanie i zmienność mutacyjna. DARWIN zdawał sobie doskonale sprawę z różnorodności zjawisk zmienności; nie posiadał jednak dostatecznie dokładnych wiadomości o właściwościach tych zjawisk, gdyż nauka o dziedziczności była wówczas w zaczątkach, a współczesne przewrotowe badania MENDLA pozostawały w ukryciu.

O zmienności fluktuacyjnej była już mowa w ust. 247. Cechą charakterystyczną jej jest powszechność, ilościowość, ciągłość i nieprzechodzenie na potomstwo. Powszechność jej jest rzeczą ogólnie znaną: niepodobna wyszukać dwóch osobników tego samego gatunku albo odmiany, któreby były w zupełności do siebie podobne. Zmienność fluktuacyjna jest ilościowa, to znaczy różnice przez nią powodowane są tylko ilościowe i nie dotyczą cech jakościowych. Ciągłość tego rodzaju zmienności polega na tem, że dla każdych dwóch okazów można dobrać trzeci, który będzie pod względem swoich cech pośrednim między niemi. Dziedziczenie zmian, powodowanych przez zmienność fluktuacyjną, było wyjaśnione szczegółowo w ust. 247. Widzieliśmy tam, że dziedziczony jest tylko ogólny charakter zmienności wraz ze średnią wartością danej cechy, natomiast poszczególne jej wartości nie są dziedziczone.

Ten ostatni punkt jest szczególnie ważny. DARWIN przypuszczał, że zmiany, powodowane przez zmienność fluktua-

cyjną, są dziedziczone przez potomstwo i opierał swoją koncepcję powstawania nowych gatunków przez przemianę dawniejszych głównie na tym rodzaju zmienności. Stwierdzenie faktu, że takie zmiany nie są dziedziczone, odbiera zmienności fluktuacyjnej wszelki wpływ na przemianę gatunków.

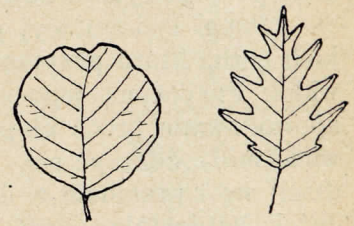
Zmienność, powodowana przez krzyżowanie, była szczegółowo omówiona w ust. 244. Z tego przedstawienia rzeczy wypływa, że jest ona zjawiskiem wyjątkowem, ma charakter jakościowy i nieciągły i wreszcie częściowo tylko jest dziedziczna. Ten rodzaj zmienności jest daleki od powszechności, właściwej zmienności fluktuacyjnej, bo w naturalnych warunkach krzyżowanie różnych gatunków i odmian ze sobą jest zjawiskiem rzadkiem, szczególnie u zwierząt. Że różnice, powodowane przez krzyżowanie, są jakościowe i nieciągłe, nie wymaga dalszych wyjaśnień. Wreszcie mechanizm dziedziczenia był także dostatecznie wyjaśniony. Ponieważ zmienność, powodowana przez krzyżowanie, jest przynajmniej częściowo dziedziczna, może ona mieć pewne znaczenie w powstawaniu nowych gatunków. Będzie o tem mowa w ust. 251.

Największe znaczenie ma dla powstawania gatunków zmienność mutacyjna. Zmiany, powodowane przez nią, były znane oddawna, wiadome były także DARWINOWI, ale systematyczne ich badanie zostało zapoczątkowane dopiero w końcu XIX wieku przez DE VRIESA. Od DE VRIESA też pochodzi używanie nazwy m u t a c j a w zastosowaniu do tych zjawisk, w znaczeniu odmiennem od używanego w geologji, gdzie przez tę nazwę rozumiano stopniowe przemiany, którym ulegały organizmy kopalne. Zmienność mutacyjna jest zjawiskiem powszechnem, chociaż rzadkiem, ma charakter jakościowy i nieciągły i powoduje zmiany dziedziczne.

Pierwszą rośliną zbadaną pod względem zmienności mutacyjnej był pewien gatunek wiesiołka *(Oeonothera Lamarckiana)*, hodowany w ogrodach Europy zachodniej jako roślina ozdobna i dziczejący często na miejscach ruderalnych i polach nieuprawianych. Roślina ta ma pochodzić z Ameryki północnej, gdyż tylko tam rodzaj *Oenothera* rośnie dziko, ale tej właśnie formy nigdzie w Ameryce pomimo starannych poszukiwań nie znaleziono. DE VRIES hodował *Oenothera Lamarckiana* w Ogrodzie Botanicznym w Amsterdamie w wielkich ilościach, rozmnażając ją przez sztuczne samozapylanie. W ciągu 7 pokoleń wśród 50.000 okazów wystąpiło 800 okazów o cechach odmiennych od formy macierzystej, a przekazywanych dziedzicznie na potomstwo. Były to pierwsze mutacje

stwierdzone w drodze metodycznych kultur. Takie systematyczne kultury były następnie prowadzone z różnemi roślinami, np. BAUR hodował rocznie do 30.000 okazów lwiej paszczy *(Antirrhinum majus)* i stwierdził u tej rośliny istnienie 40 mutacyj, które stanowiły 0.2% ogólnej ilości okazów. Niemniej światła na to zagadnienie rzuciły kultury MORGANA z muchą owocową, do których to kultur jeszcze powrócimy. Naogół okazało się, że mutacje występują u wszystkich organizmów, jakie tylko zostały dokładniej zbadane, zawsze jednak w niewielkiej ilości okazów.

Zmiany, powodowane przez zmienność mutacyjną, są jakościowe, nigdy jednak nie są duże, tak że zawsze można poznać z łatwością, od jakiego gatunku dana mutacja pochodzi. Naprzykład są liczne mutacje, różniące się od form macierzystych wcinanemi liśćmi, poza tem zresztą w zupełności do nich podobne. Ryc. 870 przedstawia taką mutację u olszy *(Alnus glutinosa)*. Dosyć częste są także mutacje o pełnych kwiatach, w których pręciki częściowo lub całkowicie zamieniły się na płatki. Jakkolwiek mutacje niewiele się różnią od form normalnych, nie są jednak nigdy połączone z niemi formami pośredniemi: mamy tu rodzaj zmienności nieciągły, skokowy.



Ryc. 870. *A* Liść olszy *(Alnus glutinosa)* — *B* Liść mutacji *(Alnus glutinosa var. laciniata)*. — Według DE VRIESA.

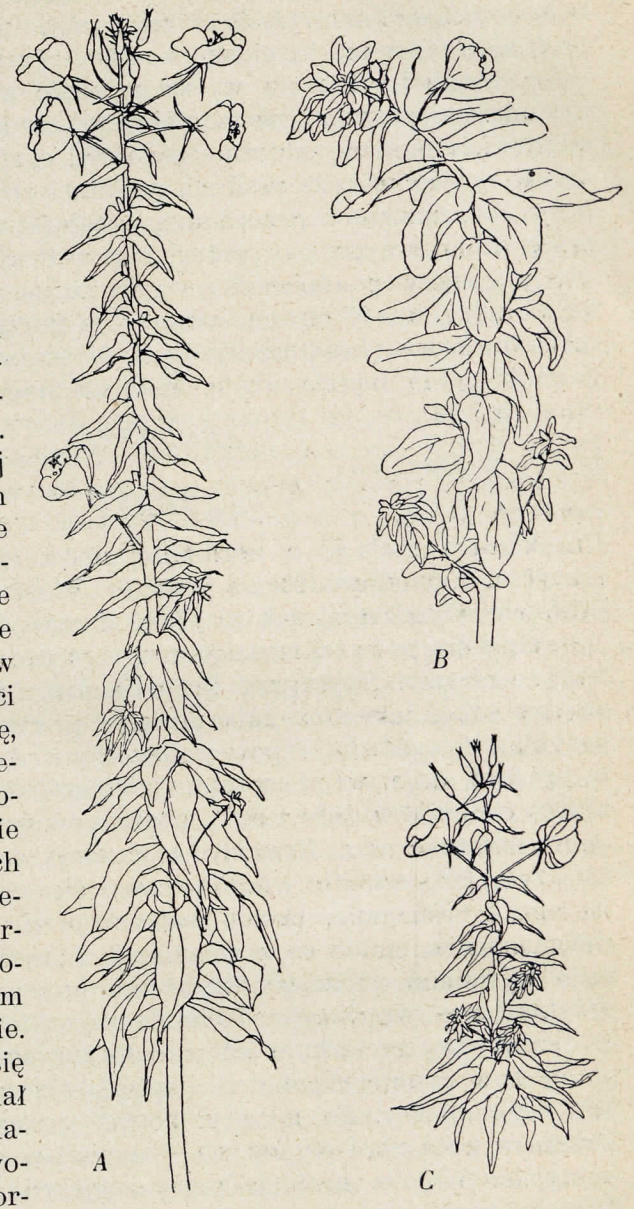
Istnieją dwa typy mutacyj. Pierwszy z nich, najbardziej rozpowszechniony, został bardzo dokładnie zbadany u muchy owocowej. Zmiana w tym przypadku dotyczy tylko jednej cechy, rzadziej dwóch lub trzech, w każdym razie bardzo niewielkiej ilości cech. Przyczyną jej jest przeobrażenie jednego, względnie dwóch, trzech genów. Jako przykład mutacji, dotyczącej jednej tylko cechy, można przytoczyć odmianę olszy o wcinanych liściach (ryc. 869). Przykładem mutacji, dotyczącej dwóch cech, może służyć forma muchy owocowej o czarnem zabarwieniu ciała i zredukowanych skrzydłach, o której była mowa w ust. 245 (ryc. 863 i 864). Nowe geny, które się tworzą skutkiem zmienności mutacyjnej, są przeważnie ustępujące względem genów, z których powstały, rzadziej są względem nich dominujące. Jeżeli mutacja jest ustępująca, zjawia się ona w większej ilości okazów naraz, przyczem okazy te są homozygotyczne. Mutacje dominujące występują natomiast

w formie pojedyńczych, heterozygotycznych osobników. Widoczne jest z tego, że mutacyjne zmiany następują zawsze tylko w pojedyńczych osobnikach i mutacje mają zawsze charakter heterozygot. Jeżeli mutacja jest dominująca, ujawni się ona odrazu. Jeżeli jest ustępująca, pozostanie w ukryciu tak długo, dopóki nie skrzyżuje się z drugim takim samym osobnikiem i nie wytworzy skutkiem mendlowania homozygot, które zjawiają się odrazu w większej ilości. Oba przytoczone powyżej przykłady, odnoszące się do olszy i muchy owocowej, należą do kategorji ustępujących. Jako przykład mutacji panującej można podać formę muchy owocowej o małych, podłużnych oczach. Jest to jedna z 12 panujących mutacyj, stwierdzonych u tego zwierzęcia. Ilość mutacyj ustępujących u niego przewyższa 200.

Drugi typ mutacyj polega na jednoczesnej zmianie wszystkich cech, które przytem nie mendlują według ogólnych prawideł. Przyczyną jego są zmiany w garniturze chromozomów, spowodowane przez nieprawidłowy podział redukcyjny. Mianowicie może zdarzyć się, że jedna z par chromozomów nie rozdzieli się i przejdzie w całości do jednego z potomnych jąder. Jeżeli haploidalna ilość chromozomów jest n, to utworzą się anormalne gamety z $(n+1)$ i z $(n-1)$ chromozomami. Gamety z ilością chromozomów mniejszą od normalnej giną, gamety zaś z nadliczbowym chromozomem pozostają przy życiu. Jeżeli taka anormalna gameta połączy się z normalną, powstanie zygota o $(2n+1)$ chromozomach, która wytworzy mutację. Tego rodzaju mutacje tworzą się u zbadanej przez DE VRIESA *Oenothera Lamarckiana*. Jako przykład można przytoczyć *mut. lata* (ryc. 871), różniącą się od formy typowej krótszemi a zarazem słabszemi pędami, tępemi, bardziej skupionemi liśćmi, grubszemi pączkami kwiatowemi, płonnemi pylnikami i wieloma innemi cechami. Badania cytologiczne wykazały, że typowa *Oenothera Lamarckiana* zawiera 14 chromozomów, natomiast *mut. lata* zawiera ich 15.

Nieprawidłowy podział redukcyjny może doprowadzić do wytworzenia innych jeszcze mutacyj. Przedewszystkiem form o $(2n+1)$ chromozomach może się wytworzyć n, gdyż pary chromozomów są niejednakowe i każda para zosobna może przechodzić w całości wraz z pojedyńczemi chromozomami innych par do jednego z potomnych jąder, powstających przy podziale komórki macierzystej zarodników. Rzeczywiście, u *Oenothera* jest kilka różnych mutacyj o 15 chromozomach: oprócz *lata* jest *scintillans, albida, elliptica, rubrinervis* i niektóre inne. Powinno ich być 7 i prawdopodobnie jest tyle, co jednak nie jest jeszcze stwierdzone. Może się następnie zdarzyć, że dwie gamety o 8 chromozomach połączą się ze sobą, tworząc zygotę o 16 chromozomach. Istotnie taki garnitur stwierdzono np. w mutacjach *semilata* i *incurvata*, coprawda nie we wszystkich komórkach: w pewnej ich części było 15 chromozomów. Powstanie mutacyj o 16 chromozomach jest możliwe jeszcze w inny sposób. Jeżeli przy podziale redukcyjnym dwie pary chromozomów przejdą w całości w jedną stronę, utworzą się gamety o 9 i 5 chromozomach. Połączenie 9-chromozomowych gamet z normalnemi da również garnitur o 16 chromozomach, o innym coprawda składzie.

Dalej może się zdarzyć, że podział redukcyjny nie nastąpi wcale. Wytworzą się wtedy anormalne gamety o $2n$ chromozomach, które, łącząc się ze sobą, dadzą zygoty



Ryc. 871. *A Oenothera Lamarckiana*, forma normalna. — *B* Mutacja *lata*. — *C* Mutacja *nanella*. Wszystkie trzy rośliny są przedstawione w tej samej skali. — Według DE VRIESA.

o $4n$ chromozomach (tetraploidalne), zaś przez połączenie się z normalnemi gametami dadzą zygoty o $3n$ chromozomach (triploidalne). Tego rodzaju mutacje zostały znalezione u *Oenothera Lamarckiana*: *mut. gigas* ma 28 chromozomów, *mut. semigigas* ma 21 chromozomów.

Na tem jeszcze nie wyczerpują się możliwości wytworzenia mutacyj przez różne kombinacje chromozomów. Znane są mianowicie mutacje o normalnej ilości chromozomów. Powstają one w ten sposób, że podczas podziału redukcyjnego niektóre pary chromozomów przechodzą w całości w jedną stronę, zaś tyleż samo innych par przechodzi w drugą stronę. Powstają wtedy gamety z anormalnym garniturem chromozomów, jakkolwiek liczebność chromozomów jest normalna. W tym garniturze niektóre chromozomy będą w podwójnej ilości, innych natomiast nie będzie wcale. Zamiast normalnego garnituru:

ABCDEFG

będzie naprzykład:

AABBEFG

Przykładem mutacji o normalnej ilości chromozomów, może służyć u *Oenothera* forma *nanella*, odznaczająca się bardzo drobnemi wymiarami, jak to widać na ryc. 871, *C*.

Opisane powyżej mutacje drugiego rodzaju odznaczają się tem, że nie mendlują przy krzyżowaniu z formą typową albo między sobą, jak to czynią mutacje pierwszego rodzaju. Naprzykład krzyżówka typowej *Oenothera Lamarckiana* z mutacją *lata* daje w pierwszem pokoleniu potomstwo złożone z 20% osobników *lata* i 80% osobników typowej formy *Oenothera Lamarckiana*. Krzyżówka mutacyj *lata* i *nanella* daje 25% *lata*, 50% *nanella* i 25% typowej *Oenothera Lamarckiana*.

Poza mutacjami, powodowanemi przez różne kombinacje chromozomów, znane są u *Oenothera Lamarckiana* także mutacje wywołane przez przeobrażenie pojedyńczego genu. Naprzykład *mut. brevistylis*, różniąca się od formy typowej tylko krótką szyjką, zachowuje się jako forma ustępująca wobec typowej i w drugiem pokoleniu krzyżówki występuje w ilości 25% egzemplarzy. Ta mutacja została przez DE VRIESA znaleziona w polu obok typowych okazów i w jego kulturach nie wystąpiła. Wogóle mutacje pierwszego rodzaju u *Oenothera Lamarckiana* są nieliczne w przeciwieństwie do mutacyj drugiego rodzaju, których stwierdzono kilkanaście. *Oenothera Lamarckiana* jest pod względem swojej zmienności rośliną wyjątkową. Inne rośliny wytwarzają przeważnie mutacje pierwszego rodzaju i o wiele rzadziej mutacje drugiego rodzaju, które są znane np. u bielunia *(Datura)*.

Trzeba jeszcze zająć się kwestją czasu, w którym następują zmiany mutacyjne w roślinach. Mają one miejsce zwykle w komórkach rozrodczych i wtedy mutacja ujawnia się w osobnikach następnego pokolenia. Mogą jednak wystąpić także w dowolnem stadjum rozwoju narządów wegetatywnych i wtedy pewne części rośliny różnią się od innych. Zdarza się naprzykład, że mutacja następuje w komórce, dającej początek stożkowi wzrostu, wtedy jedna gałąź będzie różniła się od całej rośliny; będzie to t. zw. mutacja pączkowa. Czasem jednak zmianie mutacyjnej ulega jedynie część stożka wzrostowego, powstaje wtedy chimera sektorjalna, mająca z jednej strony liście i ewentualnie także kwiaty inaczej wykształcone niż z drugiej (por. str. 745).

Do podanej powyżej charakterystyki zmienności mutacyjnej trzeba jeszcze dodać, że JOHANNSEN podczas swoich badań nad czystemi linjami stwierdził u nich w niektórych przypadkach nagle zmiany w cechach ilościowych o charakterze podobnym do mutacji.

Pozostaje jeszcze rozważenie zagadnienia o przyczynach mutacyj. Są one dotychczas niewyjaśnione, jakkolwiek cytologiczny mechanizm zmian mutacyjnych w pewnych przynajmniej przypadkach został zbadany. Dokładniej mówiąc, zagadnienie przyczynowości mutacyj sprowadza się obecnie do badania przyczyn, powodujących zmiany w poszczególnych genach albo nieprawidłowości w podziale redukcyjnym. Przyczyny tych zmian są nieznane. Jedyna rzecz, która została dotychczas stwierdzona, to możliwość wpływania w pewnych przypadkach na ilościowy stosunek mutacyj do normalnych osobników. Naprzykład BLARINGHEM wywoływał zjawianie się licznych form mutacyjnych u kukurydzy przez zranienie normalnych okazów: przez cięcie, skręcanie i miażdżenie łodyg i t. p. zabiegi. Na odroślowych pędach takich okazów występowały zmiany mutacyjne. Widoczne jest z podobnych doświadczeń, że warunki zewnętrzne mogą wpływać na zmiany mutacyjne. Działanie to jest jednak tylko pośrednie. Czynniki zewnętrzne nie mogą bezpośrednio zmieniać natury genów i wszelkie zmiany, wywoływane przez nie w organizmach, nie przechodzą na potomstwo. Teorja LAMARCKA, głosząca, że cechy wywołane działaniem czynników zewnętrznych, t. zw. cechy nabyte, mogą być dziedziczone, nie znalazła dotychczas potwierdzenia w faktach.

250. Dobór. Przez bliższe poznanie zmienności darwinowska teorja o działaniu doboru musiała ulec zasadniczym zmianom. Według teorji DARWINA dobór operuje drobnemi stopniowemi zmianami, wywoływanemi przez zmienność fluktuacyjną i powoduje stopniowe, ciągłe przeobrażanie się gatunków. Obecnie wiemy, że zmiany, wywoływane przez zmienność fluktuacyjną, nie przechodzą na potomstwo i wobec tego nie mogą grać żadnej roli w procesie przeobrażania się gatunków. Jedyne zmiany dziedziczne zachodzące w organizmach są powodowane przez zmienność mutacyjną oraz przez krzyżowanie. Zmiany tego rodzaju nie są ciągłe, lecz skokowe: dobór może tylko zniszczyć jedne formy i zachować inne, nic poza tem. O stopniowem przeobrażaniu się gatunków nie może być mowy.

Działanie doboru naturalnego ulega ciekawym zmianom pod wpływem krzyżowania. Dobór nie może zniszczyć cechy nawet najbardziej szkodliwej, jeżeli jest ona ustępująca względem innych, pożytecznych. Naprzykład dosyć często spotykaną mutacją są formy pozbawione chlorofilu. Są one oczywiście niezdolne do życia w naturalnych warunkach i mogą być utrzymywane przy życiu tylko sztucznie przez szczepienie na zielonych okazach. Pomimo tego takie bezzieleniowe formy utrzymują się same przez się dzięki temu, że tworzą się jako heterozygoty, posiadają chlorofil i rosną w sposób normalny, gdyż gen bezzieleniowości jest ustępujący. Przez skrzyżowanie takich heterozygot powstaje 50% zielonych heterozygot i 25% bezzieleniowych homozygot. Okazy bezzieleniowe giną, nie wytwarzając potomstwa, ale przy nowem skrzyżowaniu zielonych heterozygot wystąpią nowe okazy bezzieleniowe. W ten sposób dobór w pewnych przypadkach jest bezsilny. Działanie tego czynnika ewolucyjnego jest zatem bardziej ograniczone, niż to przypuszczał DARWIN.

251. Krzyżowanie. Jak to już było wspomniane powyżej, krzyżowanie może przyczyniać się do wytwarzania nowych form roślin, utrzymujących się w typie w dalszych pokoleniach, a to mianowicie w dwóch przypadkach.

Pierwszy przypadek zachodzi wtedy, kiedy skrzyżują się dwie formy, różniące się dwoma lub więcej cechami. Wówczas, jak to widzieliśmy w § 244, w drugiem pokoleniu (F_2) obok form rodzicielskich i formy właściwej pierwszemu pokoleniu (F_1) wystąpią jeszcze formy inne. Wśród nich będzie forma, zawierająca same tylko ustępujące (recesywne) geny. Taka forma, rozmnażając się przez samozapylenie, utrzyma się w typie. Będzie to t. zw. wymendlowanie recesywów.

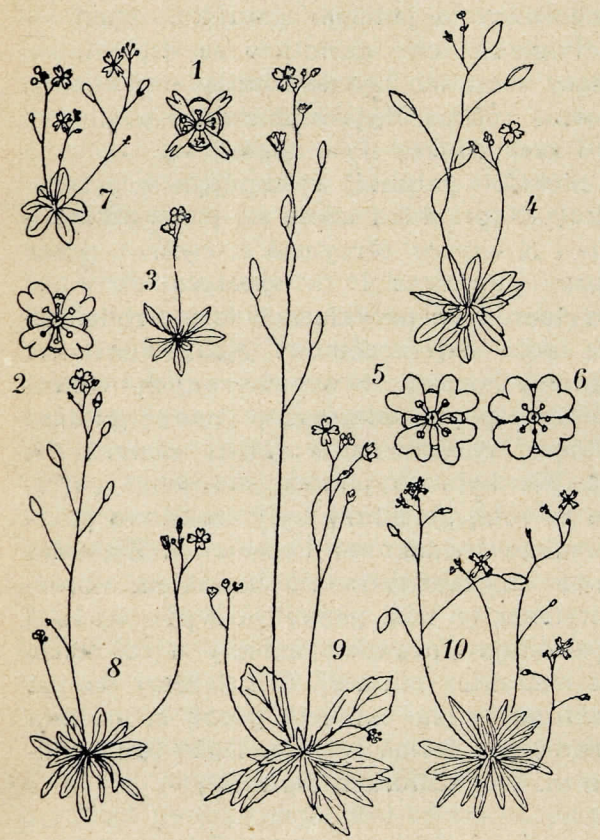
Drugi przypadek ma miejsce, kiedy przy krzyżowaniu połączą się diploidalne gamety. Takie gamety tworzą się, jak już była o tem mowa (str. 781), skutkiem nieodbycia się podziału redukcyjnego. Zygota otrzyma wtedy dwa różne garnitury: jeden, pochodzący z jednego gatunku, drugi — z drugiego gatunku. Ponieważ oba garnitury są diploidalne, to nowy garnitur, będący sumą ich, będzie również diploidalny. Z takiej zygoty wyrośnie roślina, mająca charakter odmienny od obu rodzicielskich i zachowująca się w typie.

Stwierdzono, że niektóre gatunki, występujące w przyrodzie, mają taki charakter. Naprzykład udało się przez skrzyżowanie *Salix viminalis* i *S. caprea* otrzymać *S. cinerea*, przez skrzyżowanie *Galeopsis pubescens* i *G. speciosa* otrzymać *G. tetrahit*. W obu przytoczonych przykładach formy rodzicielskie miały jednakową ilość chromozomów: *Salix viminalis* i *S. caprea* po 38 w swoich komórkach wegetatywnych, *Galeopsis pubescens* i *S. speciosa* po 16. Otrzymane „nowe“ gatunki wykazały dwa razy więcej chromozomów: *Salix cinerea* 76, *Galeopsis tetrahit* 32. Nie było to jednak zdwojenie garniturów, gdyż połączone ze sobą garnitury były częściowo przynajmniej odmienne pomimo jednakowej liczebności. Zjawisko „dodawania“ garniturów chromozomów trzeba zatem odróżniać od ich uwielokrotnienia, co nosi nazwę poliploidalności. Poliploidalność powoduje wprawdzie zmiany w roślinach, ale niewielkie, mające charakter mutacyj. Widzieliśmy to już u *Oenothera Lamarckiana*, gdzie mutacja *gigas* miała dwa razy więcej chromozomów niż forma typowa. Dużo form poliploidalnych otrzymano m. i. w kulturach *Datura*[1])

252. Teorja Willisa-Yule'a. Każda teorja, która chce wyjaśnić przyczyny rozwoju rodowego, musi liczyć się z tym faktem, że pomiędzy poszczególnemi gatunkami niema stopniowych, ciągłych przejść, o ile nie liczyć form przejściowych, wytworzonych przez krzyżowanie. Ponieważ zaś krzyżowanie w naturze odbywa się rzadko, formy przejściowe nie występują w większej ilości okazów i nie posiadają określonego rozmieszczenia geograficznego. Jest to fakt ogólny, stwierdzony tak samo dobrze w świecie roślinnym, jak i zwierzęcym.

[1]) Szczegóły znajdzie czytelnik w artykule K. PIECHA p. t. „Poliploidalność w świecie roślinnym“ (Kosmos B. Rocznik 1929, str. 444—515).

Fakt ten jest tem bardziej ciekawy, że często gatunki różnią się nieznacznie jeden od drugiego. Są to gatunki drobne albo elementarne (por. str. 44). Początkowo nie wyróżniano ich albo uważano je za modyfikacje. W szczególności nie wyróżniał ich ojciec systematyki LINNEUSZ. Gatunki opisane przez niego okazały się później przeważnie zbiorami drobnych gatunków. Dowiódł tego francuski botanik JORDAN, między innemi dla form z rodziny krzyżowatych, opisanych przez LINNEUSZA pod nazwą *Draba verna* (ryc. 872). Zjawiło się stąd rozróżnienie wielkich, linneuszowskich od drobnych, jordanowskich gatunków. Bliższe zbadanie jordanowskich gatunków wykazało, że pomiędzy niemi tak samo niema form pośrednich, jak i pomiędzy gatunkami linneuszowskiemi.



Ryc. 872. Drobne gatunki *Draba verna: 1 D. violacea, 2, 3* i *4 D. scabra, 5 D. subnitens, 6 D. majuscula, 7 D. subconica, 8 D. glaucina, 9 D. elongata, 10 D. graminea.* — Według ROSENA.

Przeczy temu pozornie istnienie bardzo licznych i częściowo szeroko rozsiedlonych form przejściowych u jastrzębców *(Hieracium)*, w mniejszym stopniu także w niektórych innych rodzajach, np. u jeżyn *(Rubus)*. Otóż formy przejściowe jastrzębców zawdzięczają swoje powstanie krzyżowaniu. Szerokie rozpowszechnienie tych mieszańców tłumaczy się apogamicznem rozmnażaniem, które jest wśród jastrzębców bardzo częstem zjawiskiem. Podobnie rzecz ma się z jeżynami i innemi roślinami o tego rodzaju zmienności.

Brak form przejściowych stoi w rażącej sprzeczności z twierdzeniem teorji DARWINA o stopniowem przeobrażaniu się gatunków. Wiedział o tem DARWIN i tłumaczył to zjawisko szybkiem wymieraniem form przejściowych skutkiem wzmożonego współzawodnictwa między bliskiemi formami, mającemi podobne wymagania życiowe. Takie tłumaczenie jest jednak niedostateczne, gdyż form pośrednich brak nietylko wśród roślin współczesnych, ale nawet w materjale kopalnym. Można wprawdzie zrobić zarzut, że materjał kopalny jest zawsze ułamkowy, ale w wielu przypadkach resztki roślin występują w tak wielkich ilościach, że formy przejściowe musiałyby się zachować, gdyby istniały.

Pochodzenie luk pomiędzy gatunkami jest zagadnieniem bardzo trudnem do rozwiązania. Powstanie ich między drobnemi gatunkami można wytłumaczyć, przynajmniej w niektórych przypadkach, zmiennością mutacyjną. Nie wystarcza to jednak dla wielkich luk pomiędzy linneuszowskiemi gatunkami. W ostatnich czasach angielski botanik WILLIS wystąpił ze śmiałą hipotezą, według której wielkie luki między gatunkami powstają, tak samo jak małe, przez zmienność skokową podobną do mutacyjnej, lecz o wiele rozleglejszą[1]). Według tej hipotezy form przejściowych między gatunkami niema dlatego, że ich wogóle nigdy nie było. Hipoteza WILLISA została matematycznie opracowana przez YULE'A, co pozwoliło zastosować ją do różnych zagadnień i stworzyć z niej bardzo ważną teorję[2]).

Podstawą omawianej teorji jest stwierdzona przez WILLISA zależność między liczebnością rodzajów a liczebnością gatunków objętych poszczególnemi rodzajami. We wszystkich grupach świata roślinnego i zwierzęcego najwięcej jest rodzajów jednogatunkowych, nieco mniej jest dwugatunkowych, jeszcze mniej trójgatunkowych i t. d. Przypuśćmy, że w danej grupie jednogatunkowych rodzajów jest N_1, dwugatunkowych N_2 i t. d., ogólnie n-gatunkowych rodzajów N_n. Jeżeli teraz zaznaczymy na płaszczyźnie szereg punktów o spółrzędnych:

$$x = lgn,\ y = lgN_n \quad (n = 1, 2, 3, \ldots),$$

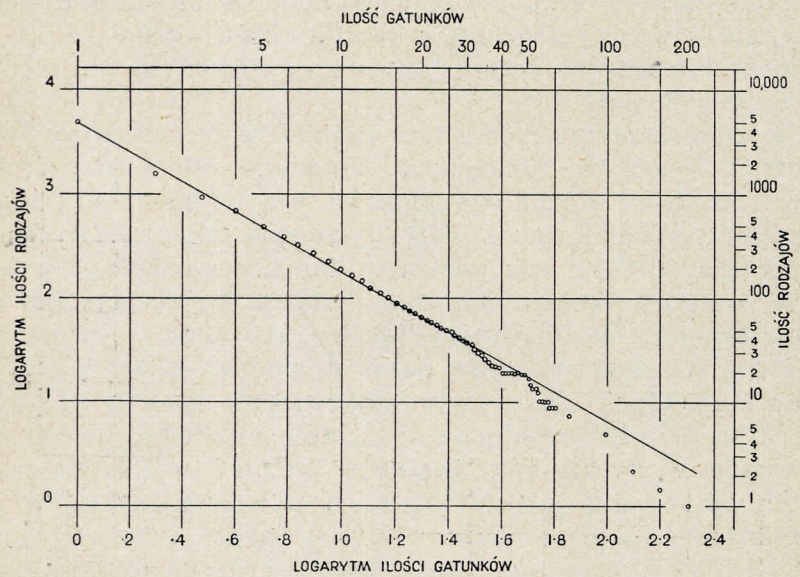
to, jak wykazał WILLIS, otrzymamy przez połączenie tych punktów linję prostą, która będzie się zniżała coraz bardziej

[1]) WILLIS J. C. Age and area. A study in geographical distribution and origin of species. Cambridge, 1922.

[2]) YULE, G. U. A mathematical theory of evolution, based on the conclusions of Dr. J. C. WILLIS, F. R. S. — Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Vol. 213 (1924).

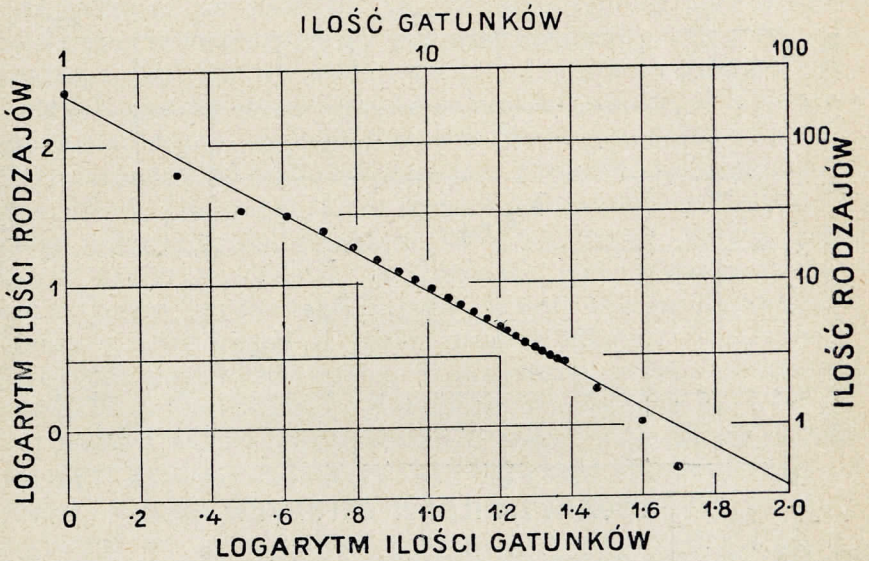
*

w miarę wzrastania odciętych i wpobliżu osi tychże wygnie się łukowato wdół. Charakter wykresu pozostaje ten sam, niezależnie od zakresu badanej grupy i niezależnie od tego, czy należy ona do świata roślinnego, czy zwierzęcego. Ryciny 873—5 dają przykłady dla ogółu roślin nasiennych, dla roślin z grupy *Leguminosae* (por. ust. 185) i dla chrząszczy z rodziny *Chrysomelidae*.



Ryc. 873. Logarytmiczny wykres zależności między liczebnością rodzajów a liczebnością zawartych w nich gatunków dla ogółu roślin nasiennych. — Według Willisa.

Dla wytłumaczenia, w jaki sposób wytworzyły się takie stosunki między gatunkami a rodzajami, Willis i Yule przyjmują, że nowe gatunki powstają z dawniejszych przez raptowne przemiany, które następują, średnio biorąc, w równych odstępach czasu, jednakowych dla wszystkich gatunków danej grupy, ale różnych w różnych grupach. Od czasu do czasu przemiany te mają tak wielkie rozpięcie, że nowy gatunek nie da zaliczyć się do tego samego rodzaju. Powstaje w ten sposób nowy rodzaj. Ponieważ wielkie odskoki są rzadsze od drobniejszych przemian, nowe rodzaje tworzą się rzadziej od nowych gatunków. W ten sposób każdy rodzaj, złożony pierwotnie z niewielkiej ilości gatunków (ewentualnie nawet z jednego), rozrasta się coraz bardziej z biegiem czasu. Ponieważ każdy nowy gatunek przeobraża się tak samo jak gatunki pierwotne, powiększenie ilości gatunków w obrębie rodzajów odbywa się z coraz większą szybkością według reguły składanych procentów. Jednocześnie z powstawaniem nowych gatunków, niektóre z nich będą ginęły. Omawiana teorja przyjmuje, że w równych odstępach czasu będzie ginął ten sam odsetek gatunków, stały dla tej samej grupy, różny dla różnych grup. Ostateczny wynik będzie ten, że rodzaje, średnio biorąc, będą zawierały tem więcej gatunków, im są starsze. Ponieważ nowe

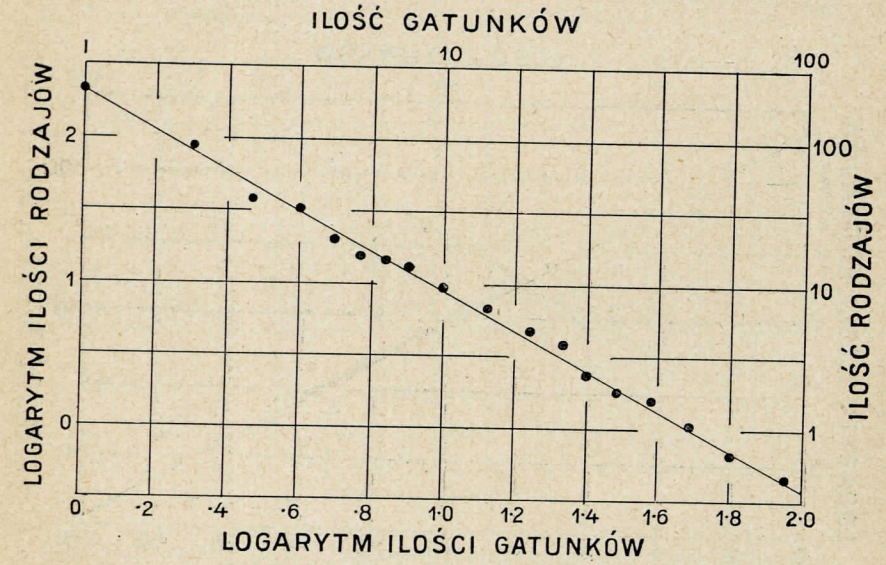


Ryc. 874. Logarytmiczny wykres zależności między liczebnością rodzajów a liczebnością zawartych w nich gatunków dla *Leguminosae*. — Według Yule'a.

rodzaje przybywają, podobnie jak gatunki, w przyśpieszonem tempie według prawidła składanych procentów i ponieważ pewna ich część ginie również według tego prawidła, w ostatecznym wyniku młodszych rodzajów będzie więcej, niż starszych i, co za tem idzie, rodzajów o mniejszej ilości gatunków będzie więcej, niż rodzajów o większej ilości. Matematyczne opracowanie zagadnienia wykazuje, że po upływie dostatecznie długiego czasu stosunki tak się ułożą, że zależność między logarytmem liczebności rodzajów a logarytmem liczebności zawartych w nich gatunków przedstawi się wykresem, który będzie

linją prostą w większej części swojego przebiegu i tylko w końcowej części, odpowiadającej bardzo wielkim rodzajom, odchyli się od linji prostej wdół. Taki właśnie przebieg ma ten wykres w rzeczywistości, jak to widać z rycin 873—875.

Matematyczne opracowanie teorji Willisa przez Yule'a daje odpowiedź na zarzut, ciążący nad teorją, a wypływający z faktu, że tak wielkich a zarazem raptownych przemian, jakich wymaga teorja, dotychczas nie obserwowano. Otóż przemian takich nie stwierdzono dotychczas dlatego, że następują one w wielkich odstępach czasu. Yule obliczył mianowicie, że



Ryc. 875. Taki sam wykres dla chrząszczy z rodziny *Chrysomelidae*. Wygięcie końcowe linji, łączącej punkty wykresu, nie jest przedstawione i następuje pod osią odciętych. — Według Yule'a.

wśród roślin kwiatowych nowy gatunek powstaje średnio raz jeden na 30 lat. Ponieważ ta częstość odnosi się do całej kuli ziemskiej i nowy gatunek może powstać równie dobrze w Europie, jak Ameryce i Australji, zjawisko to może łatwo ujść uwadze, a to tem bardziej, że dla stwierdzenia faktu powstania nowego gatunku trzeba obserwować te same rośliny przez dłuższy przeciąg czasu, czego zwykle nie robi się poza ogrodami botanicznemi i stacjami doświadczalnemi.

Teorja Willisa-Yule'a, jeżeli nawet okaże się błędną, wskazuje na to, że mechanizm rozwoju rodowego jest jednolity zarówno w świecie roślinnym, jak i zwierzęcym.

ROZDZIAŁ V

RUCHY ROŚLIN

253. Zdolność wykonywania ruchów u roślin. Rośliny już na pierwszy rzut oka wyróżniają się od zwierząt swoją nieruchomością. Są one przytwierdzone do podłoża i nie wykonują żadnych ruchów, jeżeli nie liczyć ruchów, powodowanych przez wzrost. Ta różnica między roślinami a zwierzętami nie jest jednak bezwzględna. Niektóre rośliny bowiem mogą zmieniać samorzutnie miejsce, bądźto pływając w wodzie jak wiciowce, bądź pełzając po podłożu jak śluzowce. Oprócz tego u wielu roślin, przytwierdzonych do podłoża, komórki, służące do rozmnażania, pływają we wodzie na podobieństwo wiciowców: zoospory i gamety wielu glonów, plemniki mszaków, paprotników i niektórych nagozalążkowych. Wreszcie niektóre rośliny, przytwierdzone do podłoża, posiadają zdolność poruszania swojemi liśćmi, jak naprzykład mimoza. Poza tem u wszystkich roślin odbywają się wewnątrz komórek ruchy protoplazmy. Można zatem powiedzieć, że zdolność wykonywania ruchów jest u roślin bardzo ograniczona w porównaniu do zwierząt. Zakres zjawisk ruchu u roślin uległby silnemu rozszerzeniu, gdybyśmy uwzględnili ruchy, powodowane przez wzrost, np. wszystkie liczne tropizmy omówione w rozdziale II. Ten rodzaj ruchów jednak jest zjawiskiem bardzo różnem od ruchów zwierząt. Ruchy zwierząt bowiem odbywają się niezależnie od zjawisk wzrostu i mają tę cechę charakterystyczną, że mogą powtarzać się nieograniczoną ilość razy. Tymczasem tego rodzaju „ruchy", jak tropizmy, są powodowane przez wzrost i mogą odbywać się tylko ograniczoną ilość razy, bo z wygaśnięciem wzrostu ustają. Jeżeli zatem chcemy stosować to samo pojęcie ruchów do roślin i zwierząt, to tropizmów i innych zmian położenia narządów roślin, powodowanych przez wzrost, nie możemy uznać za ruchy. Stosownie do tego podobne zjawiska traktowaliśmy jako części składowe zjawisk rozwojowych.

Oprócz „ruchów", powodowanych przez wzrost, niepodobna uznać za ruchy we właściwem biologicznem znaczeniu także zmian położenia różnych części rośliny, złożonych z martwych komórek, naprzykład ruchów niektórych owoców pod wpływem zmian wilgotności powietrza (ryc. 718), otwierania się zarodni u paproci i t. d. Tego rodzaju zjawiska mają zresztą nieraz duże znaczenie w życiu rośliny przez rozsiewanie nasion i zarodników i t. d.

W następnych trzech ustępach rozpatrzymy osobno ruchy lokomocyjne, ruchy protoplazmy i ruchy liści.

254. Ruchy lokomocyjne. Ruchy te są dwojakiego rodzaju: pływające i pełzające.

Pływanie odbywa się przy pomocy specjalnych nitkowatych wyrostków protoplazmy, t. zw. wici albo rzęsek, które wykonują tak szybkie ruchy, że kolejne ich położenia zlewają się przy obserwacji w jedną całość, jak szprychy szybko obracającego się koła. Ruch wici odbywa się po powierzchni stożkowej o okrągłym albo eliptycznym przekroju. Ponieważ jednak wici są wiotkie, wyginają się one spiralnie pod działaniem oporu wody i powierzchnia, opisywana przez nie, ma prawidłową stożkowatą formę tylko w części bliższej nasady, poza tem ma kształt rozmaity. Ruch samej rośliny bez względu na to, czy składa się ona z pojedyńczej komórki, czy też z większej ich ilości, jest nietylko postępowy, ale jednocześnie obrotowy na podobieństwo ruchu kuli wystrzelonej z karabinu. Postępowa składowa ruchu jest prostolinjowa albo spiralna o wyciągniętych zwojach. Szybkość omawianych ruchów jest nieznaczna. Tylko pływki śluzowca *Fuligo varians* przebywają 1 *mm* na sekundę. Poza tem szybkość jest znacznie mniejsza: u pływek zielenicy *Ulva* 0.15 *mm/sec*, u plemników paproci — 0.015 — 0.030. Naturalnie przy oglądaniu pod mikroskopem szybkość wydaje się ogromna.

Ruchy pełzające są bardzo powolne w porównaniu do pływania. Odbywają się one albo przy bezpośrednim udziale protoplazmy, albo przy pomocy wydzielanego przez nią śluzu. Najczynniejszy udział bierze protoplazma w ruchach śluzowców skutkiem braku błony. U okrzemek ruch odbywa się przy pomocy pewnej części protoplazmy, która przez otwory w błonie wychodzi nazewnątrz. Przy pomocy śluzu poruszają się desmidja.

Mechanizm ruchów lokomocyjnych jest bardzo mało znany. W niektórych przypadkach nie wiemy dotąd o nim nic, np. co do wahadłowych ruchów sinic z rodzaju *Oscillaria*. Najlepiej znaną rzeczą w tych zjawiskach jest wpływ czynników zewnętrznych. Wchodzą tu w grę te same czynniki, co w zjawiskach rozwojowych. Jest to łatwo zrozumiałe, gdyż są to również zjawiska wrażliwości. Sposób działania czynników zewnętrznych jest ten sam i prawo progu oraz prawo Webera znajduje tu zastosowanie.

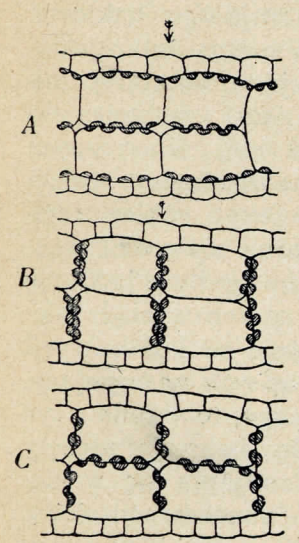
Najłatwiej daje się zbadać wpływ czynników chemicznych. Pod działaniem różnych rozpuszczalnych substancyj zmienia się szybkość i kierunek ruchów. Do takich badań stosuje się zwykle metodę Pfeffera, polegającą na użyciu rurek, silnie zwężonych z jednej strony. Rurkę wypełnia się badanym roztworem i cienki jej koniec wsuwa się pod szkiełko pokrywkowe albo do otwartego preparatu, zawierającego bakterje, pływki albo plemniki. Wówczas zależnie od natury mikroorganizmów i substancji, zależnie od koncentracji tej ostatniej, mikroorganizmy skupiają się naokoło wylotu rurki i wchodzą do wnętrza albo przeciwnie: oddalają się od niej. Klasycznym przykładem są plemniki paproci, przyciągane działaniem kwasu jabłkowego, i plemniki mchów, przyciągane przez cukier trzcinowy. Przy pomocy takich doświadczeń można stwierdzić ważność prawa Webera. Jeżeli np. weźmiemy gnilną bakterję *Bacterium termo*, która jest przywabiana przez wyciąg mięsny, to wysokość progu zmienia się zależnie od koncentracji cieczy, w której mieszczą się bakterje, w sposób następujący. Jeżeli ciecz zawiera 0.01% ekstraktu mięsnego, to trzeba użyć ekstraktu tego o koncentracji 0.05%, ażeby bakterje zaczęły zbierać się u wylotu rurki. Jeżeli bakterje znajdują się w cieczy, zawierającej 0.1% ekstraktu, trzeba koncentracji 0.5%, ażeby bakterje odczuły jego obecność. Wreszcie dla cieczy o zawartości 1.0% trzeba koncentracji 5.0%. We wszystkich tych doświadczeniach wysokość progu zwiększa się proporcjonalnie do natężenia bodźca chemicznego, działającego na bakterje, a więc w zupełnej zgodności z prawem Webera.

255. Ruchy protoplazmy. Jest to jedyny rodzaj ruchów, odbywający się u wszystkich roślin bez wyjątku. Ruchy te są najwidoczniejszem świadectwem żywotności protoplazmy, jak o tem już była mowa (str. 23). Odbywają się one z różną szybkością. W wielu przypadkach ruch protoplazmy jest tak powolny, że tylko przy dłuższej obserwacji można go zauważyć. Szybkość zależy od wielu czynników zarówno fizycznych, jak i chemicznych: od temperatury, światła, koncentracji tlenu i t. d.

Co do temperatury, można stwierdzić, że wpływ jej na szybkość ruchu plazmy zmienia się z temperaturą w sposób podobny do szybkości wzrostu, wykazując pewne minimum, optymum i maksymum. Naprzykład w liściach *Vallisneria spiralis* wymierzono następujące szybkości w mikronach na minutę:

1°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	**31°**	32°	33°	34°	35°
1.2	3.6	7.2	12.0	15.6	19.2	25.2	**25.8**	24.0	18.0	10.2	6.6

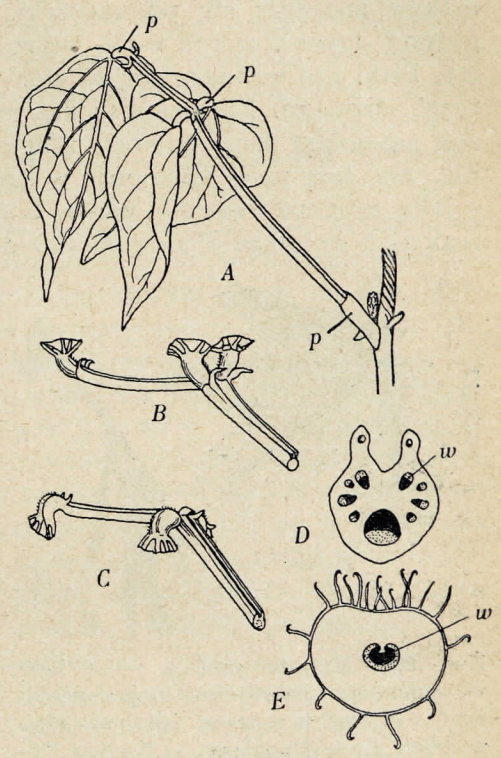
Wpływ światła na ruchy protoplazmy przejawia się w bardzo ciekawych zmianach miejsca przez ciałka zieleni, jakie dają się obserwować u niektórych roślin, np. u rzęsy (ryc. 876). Pod działaniem rozproszonego światła ciałka zieleni ustawiają się wzdłuż ścian komórkowych prostopadłych do kierunku światła. Na bezpośredniem świetle słonecznem przesuwają się one na ścianki boczne, usuwając się z pod działania promieni. W tych ruchach ciałka zieleni są przenoszone biernie przez protoplazmę. Ma to duże znaczenie dla rośliny, gdyż zbyt silne oświetlenie powoduje rozkład chlorofilu i przez to osłabia przyswajanie dwutlenku węgla.



Ryc. 876. *Lemna trisulca*. Położenie ciałek zieleni: *A* w świetle rozproszonem, *B* w bezpośredniem świetle słonecznem, *C* w ciemności. — Według Stahla.

Z innych czynników, działających na ruch protoplazmy, warto wspomnieć o tlenie. Wpływ tlenu na to zjawisko jest pośredni: tlen dostarcza potrzebnej do wykonywania ruchów energji przez utlenianie substancyj organicznych. Jeżeli zatem roślina będzie przeniesiona do przestrzeni pozbawionej tlenu, ruch protoplazmy powinien zaraz ustać. Tak jest w wielu przypadkach, np. we włoskach pręcików u *Tradescantia*. W innych jednak przypadkach ruch ustaje dopiero po pewnym czasie, np. u *Chara* po 18 godzinach, u *Elodea* po 1—4 godzinach. Tłumaczy się to zjawisko tem, że w nieobecności tlenu rośliny umieją sobie zdobywać energję przez rozkład substancyj organicznych, co jednak trwa tylko przez czas ograniczony. Do tej kwestji powrócimy jeszcze w rozdziale XIII.

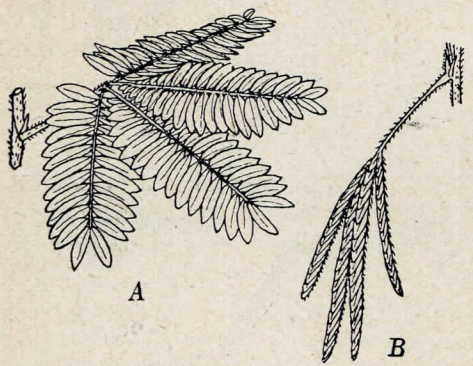
256. Ruchy liści. O ruchach liści była już mowa w ust. 235. Widzieliśmy tam, że u pewnych roślin, np. u *Amarantus Blitum* (ryc. 834), liście wyginają się wieczorem wdół, przybierając położenie pionowe, rano zaś wracają do normalnego poziomego położenia. Nie są to jednak ruchy we właściwem tego słowa znaczeniu, gdyż są powodowane przez wzrost i odbywają się skutkiem tego tylko w młodszych liściach. Ruchy, o których teraz będziemy mówili, zachodzą w liściach wyrośniętych i są powodowane przez zmiany ciśnienia osmotycznego w t. zw. poduszeczkach. Poduszeczki są to zgrubienia ogonków, złożone z tkanki miękiszowej ze skupionemi w środku wiązkami. Można je widzieć w wielu złożonych liściach, zwłaszcza w grupie *Leguminosae*, np. u fasoli (ryc. 877). Jedna poduszeczka mieści się u podstawy ogonka, inne u podstawy każdego z listków. Jeżeli z jakiejkolwiek przyczyny ciśnienie osmotyczne w górnej części poduszeczki stanie się większem, niż w dolnej, górna część poduszeczki wydłuża się i liść albo listek opada wdół. Jeżeli zaś wzmocni się ciśnienie w dolnej części poduszeczki, to liść, względnie listek, wzniesie się do góry. Sztywne wiązki nie przeszkadzają tym ruchom, gdyż są skupione w środkowej części poduszeczki, która to część przy zginaniu nie ulega ani wydłużaniu, ani skracaniu. Czynnikiem zewnętrznym, powodującym te zmiany ciśnienia osmotycznego, jest światło, skutkiem czego ruchy liści mają rytm zgodny ze zmianą dnia i nocy. Na noc po większej części liście albo przynajmniej poszczególne listki opadają wdół, rano podnoszą się do góry. Rzadziej dzieje się odwrotnie.



Ryc. 877. *Phaseolus multiflorus*. — *A* Liść w nocnem położeniu, *p* poduszeczki. — *B* Górna część ogonka z trzema poduszeczkami u podstawy listków w dziennem położeniu (listki są odcięte). — *C* To samo w nocnem położeniu. – *D* Przekrój przez sztywną część ogonka; *w* wiązki. — *E* Przekrój poduszeczki; *w* wiązki. — Według Sachsa.

U niektórych roślin ruchy liści następują nietylko pod wpływem światła, lecz także pod działaniem bodźców mechanicznych: dotknięcia, wstrząśnienia i t. d. Takich roślin jest

niewiele. Klasycznym przykładem są pewne gatunki mimozy (*Mimosa pudica, M. Spegazzinii* i niektóre inne). Liście jej są podwójnie pierzaste: od głównego ogonka odchodzą dwie pary ogonków wtórnych, na których dopiero są osadzone listki (ryc. 878, *A*). U podstawy głównego i pochodnych ogonków oraz listków znajdują się poduszeczki. Pod wpływem zaciemnienia główny ogonek opada wdół, wtórne ogonki zbliżają się do siebie, listki zaś wznoszą się do góry i składają się swojemi górnemi stronami. Zjawisko to ma przebieg bardzo powolny. Jeżeli natomiast liście mimozy ulegną wstrząśnieniu albo zranieniu, ten sam ruch następuje w ciągu kilku sekund. Szybkość, z jaką mimoza reaguje na te bodźce, zbliża się do szybkości reakcji u zwierząt. Podobieństwo do zwierząt ujawnia się także w tem, że pod wpływem środków znieczulających (eteru, chloroformu) mimoza traci wrażliwość na bodźce mechaniczne.



Ryc. 878. *Mimosa pudica.* — *A* Liść w dziennem położeniu, niepodrażniony. — *B* Liść w nocnem położeniu albo w dzień, ale podrażniony. — Według DUCHARTRE'A.

Mechanizm ruchów mimozy, wykonywanych pod działaniem bodźców mechanicznych, nie jest jeszcze dokładnie poznany, jest jednak rzeczą pewną, że jest on odmienny od mechanizmu ruchów, wywoływanych przez zmiany oświetlenia, pomimo wielkiego podobieństwa tych ruchów. Wypływa to z obserwacyj nad giętkością poduszeczek: jeżeli liść zajmuje nocne położenie, giętkość ich maleje albo pozostaje bez zmiany, jeżeli natomiast to samo położenie zostanie osiągnięte w dzień skutkiem wstrząśnienia, to giętkość wzrasta bardzo znacznie. Dotychczasowe wiadomości o tym mechanizmie dadzą się streścić w sposób następujący. Wszystkie poduszeczki pracują tak samo. Rozpatrzymy z początku poduszeczkę, mieszczącą się u podstawy głównego ogonka. Wrażliwość na działania mechaniczne ma tylko dolna część poduszeczki; w niej też jest siedlisko wszystkich zmian, wywoływanych przez bodźce. Liść z wyciętą górną częścią poduszeczki reaguje tak samo jak liść nietknięty. Natomiast wycięcie dolnej części powoduje utratę wrażliwości. O charakterze zmian, powodowanych przez

bodźce mechaniczne w dolnej części poduszeczki, dają pojęcie doświadczenia z obciętemi liśćmi. Odcięty liść mimozy traci początkowo swoją wrażliwość, ale po pewnym czasie, o ile jest trzymany w wilgotnem powietrzu, powraca do normalnego stanu. Przy dotknięciu dolnej części poduszeczki następuje wygięcie jej, przy którem dolna część kurczy się, górna zaś pozostaje bez zmiany. Jednocześnie z dolnej części powierzchni przekroju wypływa ciecz, która zostaje wessana zpowrotem, skoro podrażnienie minie i poduszeczka wyprostuje się. Następuje tu widocznie zmniejszenie ciśnienia osmotycznego, skutkiem czego napięte błony komórkowe wyciskają z protoplazmy pewną część soku komórkowego, która przechodzi do przestworów międzykomórkowych. Dzieje się to tak prędko, że tylko zwiększenie przepuszczalności protoplazmy dla substancyj rozpuszczonych w soku komórkowym może tu być przyczyną zmniejszenia ciśnienia osmotycznego (por. o ciśnieniu osmotycznem ust. 261). W innych poduszeczkach dzieje się podobnie: w poduszeczkach wtórnych ogonków w części wewnętrznej, zaś w poduszeczkach listków w części górnej.

Podrażniony liść mimozy wraca do normalnego położenia po upływie 15 minut i może znowu wykonywać takie same ruchy. Wrażliwość jego powraca wcześniej: już po 5 minutach.

Nadzwyczajnie ciekawe są u mimozy zjawiska przewodzenia podrażnienia, zbadane przez włoskiego fizjologa RICCA. Przewodzenie podrażnienia można wykazać, przypalając płomieniem listki. Tego rodzaju bodziec wywołuje to samo podrażnienie, co wstrząśnienie, ale podrażnienie jest umiejscowione w pewnej określonej części liścia. Skutki przypalania ujawniają się jednak w całym liściu i we wszystkich poduszeczkach następują wygięcia takie same, jak przy wstrząśnieniu. Widoczne jest przytem stopniowe przesuwanie się podrażnienia, gdyż ruchy występują z początku w poduszeczkach najbliższych miejsca działania bodźca i stopniowo przenoszą się do coraz dalszych. Przewodzenie bodźca odbywa się przez wiązki, gdyż przecięcie otaczającego go miękiszu nie zatrzymuje tego procesu. Doświadczenia, wykonane przez RICCA, wykazały, że przewodzenie podrażnienia odbywa się za pośrednictwem pewnej substancji, która wytwarza się pod wpływem bodźców i przechodzi do części niepodrażnionych. Najbardziej pouczające z tych doświadczeń polega na przecięciu łodygi i połączeniu obu części rośliny przy pomocy szklanej rurki, wypełnionej wodą. Podrażnienie liścia, położonego w dolnej części rośliny, wywołuje ruchy w liściach górnej części. Widoczne jest przy-

tem wystąpienie jakiejś zielonkawej substancji z wiązek dolnej części. Ruchy w górnych liściach następują dopiero po przejściu wspomnianej substancji do górnej części rośliny. Jest to sposób przewodzenia podrażnienia zupełnie odmienny od tego rodzaju zjawisk w systemie nerwowym u zwierząt.

Zjawiska wrażliwości na bodźce mechaniczne, podobne do opisanych zjawisk u mimozy, występują w nitkach pręcików u niektórych złożonych, naprzykład u chabrów (ust. 219). Tak samo następuje w nich przy dotknięciu nagłe zmniejszenie ciśnienia osmotycznego, połączone z wyciskaniem soku komórkowego do przestworów międzykomórkowych.

ROZDZIAŁ VI

SKŁAD CHEMICZNY I STAN FIZYCZNY SUBSTANCYJ ZAWARTYCH W ROŚLINACH

257. Skład chemiczny roślin. Każda roślina zawiera wielkie ilości wody, które można usunąć w zupełności dopiero przez suszenie w temperaturze 100°. Najmniej zawierają jej dojrzałe nasiona (12—15%), najwięcej glony (95—98%). Średnio zawartość wody wynosi $^2/_3$ świeżej wagi rośliny (drewno 50%, młode pędy 70—80%).

Sucha masa rośliny składa się przeważnie z substancyj organicznych. Są w niej jednak także substancje mineralne, gdyż po spaleniu zostaje zawsze pewna ilość popiołu. Substancje mineralne stanowią 10—20% suchej masy, dochodząc w pewnych przypadkach do 50% (u sukulentów). Wyjątkowo ilość ta wzrasta jeszcze bardziej, a mianowicie u krasnorostów, inkrustowanych węglanem wapnia *(Lithotamnion* i pokrewne, patrz ryc. 171).

W popiele znaleziono z metaloidów *Cl, S, P* i *Si*, u morskich glonów także *Br* i *J*, zaś z metali: *Na, K, Ca, Mg* i *Fe*. Poza tem stwierdzono ślady nieomal wszystkich innych pierwiastków.

Substancja organiczna rośliny przy spalaniu daje następujące substancje lotne: wodę, bezwodnik węglowy i amonjak albo wolny azot. Widoczną jest rzeczą, że składa się z węgla, wodoru, tlenu i azotu. Inne pierwiastki także biorą udział w jej składzie. Ze wszystkich pierwiastków najwięcej jest węgla, który stanowi połowę suchej masy rośliny.

Rośliny zawierają wielką ilość bardzo różnych substancyj organicznych. Byłoby bardzo uciążliwe wyliczać je i opisywać. Na szczęście jest to niepotrzebne, gdyż po większej części rola, odgrywana w życiu rośliny przez te różne substancje, jest nieznana. Najważniejsze substancje organiczne, wchodzące w skład rośliny, są to ciała białkowe i węglowodany. Ciała białkowe stanowią główny składnik protoplazmy i jądra, główny składnik żywej substancji rośliny. Składają się one z węgla, wodoru, tlenu, azotu, siarki i czasem także fosforu. Drobiny ich odznaczają się wyjątkowo wielkiemi rozmiarami. Węglowodany mają drobiny o wiele mniejsze i składają się tylko z węgla, wodoru i tlenu, przyczem wodór i tlen występują w tym samym stosunku, co w wodzie, to znaczy jak 1 : 8. Substancje te odgrywają ważną rolę w życiu rośliny, jako materjały robocze (glikoza), zapasowe (sacharoza) albo budujące (celuloza). Bardziej szczegółowe wiadomości o tych i innych substancjach, wchodzących w skład rośliny, będą podane przy rozpatrywaniu poszczególnych zjawisk fizjologicznych. Tymczasem ograniczymy się do zaznaczenia, że poszczególne gatunki oraz grupy gatunków zawierają często pewne substancje u innych roślin niespotykane i stanowiące ich cechę specyficzną, np. nikotyna w tytoniu *(Nicotiana Tabacum)* albo kamfora w drzewie kamforowem *(Camphora officinarum)*. Uwaga ta stosuje się szczególnie do ciał białkowych, które wykazują nieprzebraną wprost rozmaitość. Ponieważ ciała białkowe stanowią główną część składową żywej substancji, jest rzeczą prawdopodobną, że różnice między gatunkami są powodowane przez różnice w składzie tych substancyj. Badanie ciał białkowych jest tak trudne, że dotychczas nie umiemy jeszcze należycie rozpoznawać różnych ich odmian.

258. Krystaloidy i koloidy. Rzeczą ogromnej wagi dla fizjologji jest, poza składem chemicznym, stan fizyczny substancyj, wchodzących w skład rośliny. Idzie tu mianowicie o zachowanie się tych substancyj wobec wody. Są one w różnym stopniu z wodą zmieszane. Dzieje się to w dwojaki sposób: albo substancja jest rozbita na cząsteczki, które są ze wszystkich stron otoczone wodą, albo odwrotnie woda mieści się w danej substancji w formie drobnych kropelek. W pierwszym przypadku mówimy, że substancja jest rozpuszczona w wodzie, w drugim, że substancja jest nią nasiąknięta. Drugi przypadek zasadniczo nie różni się od pierwszego i jest wła-

ściwie tylko jego odwrotnością: roztworem wody w danej substancji.

Rozpatrzmy z początku roztwory wodne. Wykazują one bardzo ciekawe różnice, zależnie od wielkości zawartych w nich cząsteczek rozpuszczonej substancji. Można na tej zasadzie wyróżnić dwa rodzaje roztworów: prawdziwe, o drobnych cząsteczkach, i koloidalne, o większych cząsteczkach. Cząsteczki te są najmniejsze wtedy, kiedy składają się z pojedyńczych drobin. Tak jest właśnie w prawdziwych roztworach, np. w roztworze cukru. Cząsteczki są stosunkowo duże, jeżeli składają się z kilku lub większej ilości drobin albo wreszcie jeżeli pojedyńcze drobiny są duże. Przykładem roztworów koloidalnych mogą być roztwory skrobi lub białka. Różnica między roztworami prawdziwemi a koloidalnemi ujawnia się przedewszystkiem w t. zw. zjawisku TYNDALLA. Jeżeli przepuścimy pęk światła przez roztwór prawdziwy i będziemy nań patrzyli zboku, to roztwór wyda się ciemnym, tak samo w częściach, przez które przechodzi światło, jako też we wszystkich innych. Jeżeli takie doświadczenie wykonamy z roztworem koloidalnym, to okaże się, że droga światła zarysuje się na ciemnem tle jako jasna smuga. Przyczyną tego zjawiska jest rozpraszanie światła przez cząsteczki rozpuszczonego w wodzie ciała, które następuje tylko wtedy, jeżeli cząsteczki są dostatecznie duże. Pomiędzy roztworami prawdziwemi a koloidalnemi są przejścia, gdyż cząsteczki mogą składać się z różnej ilości drobin, drobiny zaś mogą być różnej wielkości. Jest to naogół właściwością substancji, czy tworzy ona roztwory prawdziwe, czy koloidalne. Substancje, tworzące roztwory prawdziwe, noszą nazwę krystaloidów, która to nazwa została nadana ze względu na łatwość, z jaką one przyjmują formę krystaliczną. Substancje, tworzące roztwory koloidalne, zostały nazwane koloidami od kleju (po łacinie *colla*), jednego z typowych przedstawicieli tego rodzaju substancyj. Koloidy nie tworzą kryształów albo tylko w pewnych warunkach. Ponieważ niektóre substancje stosownie do okoliczności mogą tworzyć roztwory prawdziwe albo koloidalne, należy raczej mówić o dwóch różnych stanach materji: krystalicznym i koloidalnym, niż o dwóch rodzajach substancyj.

Ponieważ koloidy odgrywają bardzo ważną rolę w życiu rośliny, musimy zaznajomić się z niemi dokładniej. Cząsteczki ich są zbyt drobne, by mogły być widziane przez mikroskop. Naogół w mikroskopie są widzialne cząsteczki nie mniejsze od 150 $\mu\mu$ w średnicy ($\mu\mu$ jest to jedna miljonowa milimetra). Jeżeli jednak będzie oglądało się roztwór przez mikroskop przy bocznem oświetleniu, to można dojrzeć cząsteczki do 4 $\mu\mu$ w średnicy. Mikroskop z bocznem oświetleniem nazywa się ultramikroskopem. Widzi się w nim cząsteczki w formie małych, jasnych krążków na ciemnem tle. Taki obraz nie daje pojęcia o wielkości i kształcie cząsteczek, gdyż w mikroskopie mogą być rozróżnione tylko punkty odległe od siebie co najmniej o połowę długości fali światła, to znaczy co najmniej o 200 $\mu\mu$. Przy pomocy ultramikroskopu można widzieć w większości roztworów koloidalnych cząsteczki rozpuszczonych w nich substancyj. Cząsteczki te wykonują drgające ruchy BROWNA, o których jeszcze będzie mowa w następnym rozdziale. Niektóre roztwory koloidalne nawet w ultramikroskopie wydają się jednorodne, pomimo tego że wykazują zjawisko TYNDALLA. Stanowią one przejście do roztworów prawdziwych, które zupełnie nie rozpraszają światła i w ultramikroskopie są zupełnie ciemne czyli, jak się to mówi, optycznie próżne.

Bardzo ważną właściwością koloidów jest nieprzenikanie ich przez błony, przez które krystaloidy łatwo przechodzą, np. przez pęcherz, papier pergaminowy i t. d. Stoi to w bezpośrednim związku z wielkością cząsteczek tych ciał w roztworach: cząsteczki koloidów są zbyt duże, by mogły przejść przez pory dostępne dla drobin krystaloidów. Dzięki temu można oczyszczać koloidy od krystaloidów przez t. zw. dializę. W tym celu wlewa się dany roztwór koloidalny do naczynia, którego dno zostało zastąpione przez odpowiednią błonę, i wstawia się to naczynie do drugiego, wypełnionego czystą wodą. Wówczas zawarte w danym koloidalnym roztworze krystaloidy przechodzą stopniowo przez błonę do wody, wypełniającej drugie naczynie, podczas gdy koloidy pozostają w pierwszem naczyniu.

Dalszą, niemniej ważną własnością koloidów jest elektryczny ładunek, posiadany przez ich cząsteczki w roztworach. Ujawnia się to w wędrówce tych cząsteczek do anody albo do katody, jeżeli zanurzyć w roztworze koloidalnym elektrody o odpowiedniem napięciu (100—150 *V*). Zjawisko to nazywa się kataforezą. Pochodzenie ładunków elektrycznych w koloidalnych w roztworach jest dwojakie. Przedewszystkiem jest to elektryczność kontaktowa, występująca przy zetknięciu dwóch różnych ciał: ciało o większej stałej dielektrycznej elektryzuje się dodatnio, ciało zaś o mniejszej stałej — ujemnie. Ponieważ woda ma wyjątkowo wielką stałą dielektryczną, elektryzuje się ona dodatnio, pływające zaś w niej cząsteczki koloidu — ujemnie. O wiele bardziej wydatne jest drugie źródło elektryczno-

ści, jakiem są jony, których nigdy nie braknie w roztworach koloidalnych. Jony są przez cząsteczki koloidu mniej lub więcej silnie przyciągane czyli, jak się to mówi, adsorbowane. Zależnie od tego, jakie jony są adsorbowane, cząsteczki otrzymują ładunek dodatni albo ujemny.

Ładunki elektryczne odgrywają w roztworach koloidalnych wielką rolę, gdyż od nich zależy trwałość tych roztworów. Cząsteczki koloidu, posiadając ładunki jednakowego znaku, odpychają się wzajemnie i przez to pozostają w roztworze. Jeżeli ładunek ich zostanie zrównoważony przez dodanie elektryczności przeciwnego znaku, cząsteczki zlepiają się ze sobą, tworząc grudki coraz większe. Grudki stają się wkońcu tak ciężkie, że osiadają na dnie naczynia. Zjawisko to nazywa się strąceniem albo inaczej koagulacją. Strącić z roztworu koloid można oczywiście przez dodanie odpowiedniej ilości elektrolitu. Jony przeciwnego znaku zostaną wówczas zaadsorbowane przez cząsteczki koloidu i ładunek ich zostanie zneutralizowany. Można także strącić koloid z roztworu przez dodanie innego koloidu, którego cząsteczki są naładowane elektrycznością przeciwnego znaku. Strącenie jest tu naturalnie wzajemne. Naprzykład, jeżeli do roztworu wodorotlenku żelazowego, mającego ładunek dodatni, dodamy roztworu siarczku arsenu, mającego ładunek ujemny, to oba te koloidy zostaną z roztworu strącone.

Wydzielony z roztworu koloid może być w pewnych przypadkach rozpuszczony zpowrotem, w innych natomiast nie daje się to zrobić wcale albo dopiero po zastosowaniu specjalnych środków. Koloidy, nie rozpuszczające się w tych warunkach, nazywają się nieodwracalnemi. W żywej substancji występują tylko koloidy odwracalne: ciała białkowe, skrobia i t. d. Koloidy nieodwracalne należą do świata nieorganicznego. Przykładem ich mogą służyć wodorotlenki i siarczki ciężkich metali, np. wodorotlenek żelazowy albo siarczek antymonu.

Rozpatrzmy bliżej własności koloidów odwracalnych. Rozpuszczalność ich, tak samo zresztą jak i wszystkich innych koloidów, jest uwarunkowana istnieniem ładunków elektrycznych w ich cząsteczkach. Ładunki te pochodzą głównie od zaadsorbowanych jonów i dlatego zupełne usunięcie elektrolitów przez długotrwałą dializę powoduje strącenie koloidu. Ilość elektrolitu potrzebna do rozpuszczania jest różna dla różnych koloidów. Naprzykład białko jaja kurzego zawiera dwa różne ciała białkowe: albuminę i globulinę. Albumina rozpuszcza się

w obecności bardzo małej ilości elektrolitów: można ją rozpuszczać nawet w czystej wodzie, bo wystarczają te drobne ilości elektrolitów, które w niej znajdują się jako domieszka. Globulina natomiast wymaga większej koncentracji elektrolitów i w białku występuje w roztworze dzięki zawartym w niem solom. Jeżeli roztwór białka rozcieńczymy wodą, to globulina strąci się w postaci białego osadu z powodu zmniejszenia koncentracji elektrolitów.

Podczas gdy niewielka ilość elektrolitów jest niezbędna dla rozpuszczenia koloidów, wielka ich koncentracja powoduje strącenie. Do strącenia koloidów nieodwracalnych wystarcza stosunkowo niewielka ilość; do strącenia koloidów odwracalnych potrzeba koncentracji znacznie większej, skutkiem czego mówi się w tym przypadku o wysalaniu. Różne koloidy odwracalne wymagają różnych koncentracyj, różne sole działają różnie. Naprzykład globulina jaja kurzego strąca się przy nasyceniu roztworu siarczanem magnu albo przy dodaniu równej objętości nasyconego roztworu siarczanu amonu. Natomiast albumina nie strąca się wcale działaniem siarczanu magnu, lecz dopiero przez nasycenie siarczanem amonu. Wogóle najsilniejszym środkiem wysalającym jest siarczan amonu, nieco słabszym od niego jest siarczan magnu; chlorek sodu działa jeszcze słabiej.

Wydzielone z roztworu przez wysolenie odwracalne koloidy rozpuszczają się zpowrotem w wodzie, zawierającej odpowiednią ilość elektrolitów. W niektórych przypadkach tracą one jednak rozpuszczalność skutkiem pewnych bliżej nieznanych zmian chemicznych, zwanych denaturacją. Bardzo łatwo ulegają denaturacji ciała białkowe. Dzieje się to zwłaszcza łatwo przy ogrzewaniu. Jak wiadomo, białko jaja kurzego przy ogrzewaniu do temperatury 80^0 ścina się, przechodząc w stan stały. Zjawisko to składa się z dwóch części: ze strącenia i denaturacji. Strącenie następuje pod działaniem elektrolitów, których białko zawiera 0.7%. Denaturacja w tym przypadku następuje bardzo szybko pod wpływem podwyższonej temperatury. Jeżeli elektrolity usunąć przez dializę, białko nie ścina się nawet przy temperaturze wrzenia. W sposób podobny do ogrzania działa alkohol. Strącenie jest tu również powodowane przez elektrolity i nie zachodzi po usunięciu ich przez dializę. Poza tem pod działaniem alkoholu następuje szybka denaturacja.

Po tym pobieżnym przeglądzie własności koloidalnych wodnych roztworów, trzeba powiedzieć słów kilka o roztwo-

*

rach wody w koloidach. Będzie tu nam chodziło naturalnie o koloidy odwracalne. Posiadają one zdolność bardzo energicznego pochłaniania wody, przyczem pęcznieją i wywierają ciśnienie, dochodzące do 2000 atmosfer, jak to np. było obserwowane przy pęcznieniu skrobi. Procesowi temu towarzyszy wydzielanie znacznych ilości ciepła. Pęcznienie przebiega bardzo energicznie, dopóki koloid nie wciągnie pewnej ilości wody, poczem przybiera on własności zwykłego koloidalnego roztworu.

Dla bliższego zaznajomienia się z koloidami można zalecić dzieło:

Freundlich, H. Kapillarchemie. Leipzig. 4 wyd. (1930—2).

ROZDZIAŁ VII

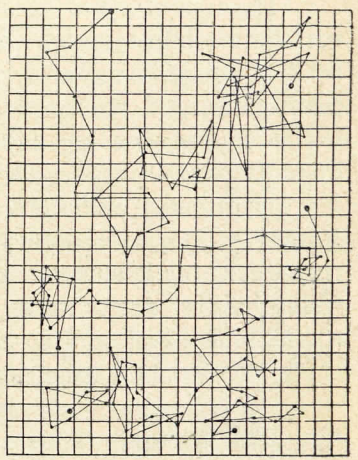
RUCH MATERJI W ROŚLINIE

259. Ruchy molarne i molekularne. Ciała wykonują ruchy dwojakiego rodzaju. Przedewszystkiem poruszają się one w całości, zmieniając swoje położenie względem ciał otaczających. Są to ruchy molarne. Spoczynek jest tylko przypadkiem szczególnym tych ruchów. Oprócz tego poszczególne cząsteczki wykonują ruchy niezależne od ruchów molarnych. Są to ruchy molekularne.

Pojęcie ruchów molekularnych było wprowadzone do nauki jako hipoteza konieczna do wytłumaczenia różnych zjawisk fizycznych, przedewszystkiem cieplnych. Według tej hipotezy cząsteczki ciał znajdują się w nieustannym ruchu i energja kinetyczna tych ruchów stanowi istotę ciepła. Ruchy molekularne mają charakter nieuporządkowany i odbywają się ze zmieniającą się nieustannie pod względem wielkości i kierunku szybkością. W gazach są to ruchy prostolinjowe, zmieniające swój kierunek przy każdem zderzeniu cząsteczek. W cieczach odbywają się one w ten sposób, że cząsteczki ślizgają się jedne obok drugich. Wreszcie w ciałach stałych są drgające, to znaczy cząsteczki odchylają się w różne strony od położenia równowagi, ale nie oddalają się od niego.

Jak już wspomniałem powyżej, ruchy molekularne są nieuporządkowane. Nie są one jednak całkowicie bezładne. Są w nich prawidłowości, mające charakter statystyczny. Przedewszystkiem różne kierunki występują tu równie często. Następnie najczęściej występują cząsteczki o pewnej szybkości po-

średniej, rzadziej cząsteczki o szybkości większej od niej lub mniejszej i to tem rzadziej, im więcej różni się szybkość od wspomnianej szybkości pośredniej. Dalej średnia energja kinetyczna cząsteczek jest wielkością zależną tylko od temperatury. Przy temperaturze 0^0 C wynosi ona $5{,}4 \times 10^{-14}$ ergów i powiększa się o 2×10^{-16} ergów przy ogrzaniu o każdy stopień. Przy oziębieniu zmniejsza się w tym samym stosunku i przy temperaturze absolutnego zera (-273^0 C) cząsteczki zatrzymują się. Średnia energja kinetyczna cząsteczek jest zatem proporcjonalna do temperatury bezwzględnej i jest jej miarą. Naturalnie cząsteczki różnych ciał mają różną masę, a ponieważ przy tej samej temperaturze muszą posiadać tę samą średnią energję kinetyczną, średnia ich szybkość jest tem mniejsza, im są one cięższe.



Ryc. 879. Kolejne położenia cząsteczek, wykonujących ruchy Browna, notowane co pół minuty. — Według Perrina.

Ruchy molekularne przestały być pojęciem czysto hipotetycznem od czasu, kiedy dzięki badaniom Smoluchowskiego[1]) i Einsteina okazało się, że znane oddawna ruchy Browna są niczem innem, jak pewną ich odmianą. Ruchy te zostały po raz pierwszy zauważone w pierwszej połowie XIX wieku przez angielskiego botanika Roberta Browna. Można je widzieć w zwykłym mikroskopie na cząsteczkach tuszu albo sepji, najlepiej jednak dają się obserwować przy pomocy ultramikroskopu, który uwidocznia bardzo drobne a przez to bardzo szybko poruszające się cząsteczki. O charakterze tych ruchów daje pojęcie ryc. 879, przedstawiająca położenie trzech cząsteczek notowane co pół minuty. Kolejne położenia są na tej rycinie połączone prostemi linjami. W rzeczywistości droga przebyta przez cząsteczkę od jednego położenia do drugiego jest równie nieprawidłowa, jak łamane linje, łączące ze sobą kolejne położenia w odstępach półminu-

[1]) Smoluchowski, M. Zarys kinetycznej teorii ruchów Browna i roztworów mętnych. — Rozprawy Akademji Umiejętności w Krakowie. Serja A. T. XLVI (1906) str. 257—281. — Pisma Marjana Smoluchowskiego. Kraków i Paryż. T. I. (1924), str. 490—514.

towych. Ruchy te są powodowane przez uderzenia poruszających się nieustannie drobin cieczy. Uderzenia działają ze wszystkich stron, ale nie równoważą się wzajemnie z powodu nieregularności ruchów molekularnych. Energja kinetyczna cząsteczek równa się, średnio biorąc, energji kinetycznej drobin cieczy. Ponieważ masa cząsteczek da się obliczyć z ogólnej masy koloidu i stopnia rozdrobnienia, a szybkość da się bezpośrednio wymierzyć, można na tej podstawie obliczyć zasób energji kinetycznej poszczególnej drobiny danej cieczy, a przez to samo i energję drobiny każdego innego ciała o tej samej temperaturze.

Ruch materji w roślinie odbywa się przeważnie w formie ruchów molekularnych. Niektóre tylko pomieszczenia mają charakter ruchów molarnych. Takiemi są między innemi ruchy protoplazmy i ruchy wody w naczyniach. Przeważnie jednak materja przenosi się z jednej części rośliny do drugiej skutkiem tego, że poszczególne cząsteczki, poruszając się bezustannie, przenikają wszędzie, gdzie tylko środowisko na to pozwoli. Naturalnie są to cząsteczki ciał gazowych albo płynnych, gdyż cząsteczki ciał stałych wykonują tylko ruchy drgające. Zjawisko takie nazywa się dyfuzją. Może ono odbywać się w każdem środowisku, nie wyłączając stałego. Jeżeli odbywa się w środowisku płynnem, nazywa się osmozą.

260. Dyfuzja i osmoza. Działaniem dyfuzji materja przenosi się w danem środowisku z miejsc, gdzie jest bardziej zagęszczona, do miejsc o mniejszem zagęszczeniu. Właściwie przenoszenie odbywa się jednocześnie w obu kierunkach, gdyż ruchy molekularne skierowują się równomiernie we wszystkie strony. Zawsze jednak z miejsc o większem zagęszczeniu przechodzi do miejsc o mniejszem zagęszczeniu więcej cząsteczek, niż w odwrotnym kierunku. Ponieważ ruchy molekularne naogół nie dają się obserwować bezpośrednio, przebieg tego procesu można prześledzić tylko przez badanie zmian zagęszczenia materji w różnych miejscach. Dla uproszczenia przy badaniu zjawisk dyfuzyjnych nie bierze się pod uwagę obu krzyżujących się ruchów materji i traktuje się zjawisko tak, jakgdyby ruch odbywał się tylko w stronę silniejszego ruchu z natężeniem równem różnicy obu tych ruchów. Jeżeli zagęszczenie materji w różnych częściach środowiska jest jednakowe, dyfuzja odbywa się w każdym z dwóch przeciwnych kierunków z jednakowem natężeniem, czyli według uproszczonego pojmowania tego zjawiska nie odbywa się wcale.

Natężenie dyfuzji ma tylko wtedy określone znaczenie, jeżeli odnosi się do pewnej określonej płaszczyzny w danem środowisku. Mierzy się ono masą materji, która przejdzie w jednostce czasu przez jednostkę powierzchni tej płaszczyzny. Jeżeli użyjemy jednostek bezwzględnych, będzie natężenie dyfuzji wyrażało się w $g/sec.cm^2$. Zamiast masy wygodniej jest czasem brać ilość cząsteczek (względnie drobin). Ponieważ drobiny są nieuchwytne, można skorzystać z tego, że gramodrobina czyli mol każdej substancji zawiera jednakową ilość drobin, i podawać ilość moli zamiast ilość drobin. Ilość drobin w molu, czyli tak zwana stała Avogadro, wynosi 0.6×10^{24}, to znaczy około kwadryljona.

Zagęszczenie materji, czyli jak się to zwykle mówi koncentracja, wymaga również dokładnego określenia. Miarą jej jest masa, przypadająca na jednostkę objętości. Jednostką bezwzględną koncentracji jest g/cm^3. Zamiast masy można znowu wziąć ilość drobin, wyrażoną przy pomocy moli. W ten sposób wyrażona koncentracja nosi nazwę molekularnej.

Natężenie dyfuzji zależy przedewszystkiem od rozkładu koncentracyj w środowisku. Jest ono tem większe, im większe są różnice w zagęszczeniu materji w położonych obok siebie częściach środowiska. Rozkład koncentracyj określa się ilościowo przy pomocy spadu (gradjentu) koncentracji. Jest to wielkość, wskazująca, o ile zmienia się koncentracja przy przejściu z danego punktu do drugiego, odległego o jednostkę długości. Jednostką bezwzględną spadu koncentracji jest g/cm^4.

Zarówno teorja jak i doświadczenie wykazują, że natężenie dyfuzji jest proporcjonalne do gradjentu, wymierzonego w kierunku prostopadłym do płaszczyzny, względem której rozpatruje się ruch materji. Jest to t. zw. prawo Ficka. Oznaczając natężenie dyfuzji przez d i gradjent koncentracji przez c, otrzymujemy równanie:

$$d = kc,$$

w którem k jest spółczynnikiem dyfuzji, zależnym od temperatury, natury dyfundującej substancji i własności środowiska. Przy słabem zagęszczeniu materji spółczynnik dyfuzji nie zależy od koncentracji, przy silniejszem zagęszczeniu zmienia się cokolwiek ze zmianą tegoż. Ponieważ jednostką bezwzględną natężenia dyfuzji jest g/cm^2sec, zaś jednostką spadu koncentracji g/cm^4, spółczynnik dyfuzji będzie się wyrażał w cm^2/sec. Spółczynnik dyfuzji wskazuje, jaka ilość materji przejdzie w jednostce czasu przez jednostkę powierzchni pła-

szczyzny, względem której dyfuzja jest rozpatrywana, jeżeli spad koncentracji wpobliżu tej płaszczyzny i w kierunku do niej prostopadłym jest równy jedności.

Dla wytłumaczenia zależności dyfuzji od wymienionych powyżej czynników, trzeba wziąć pod uwagę następujące rzeczy. Ruchy molekularne są bardzo szybkie: np. drobiny powietrza przy 0° C poruszają się ze średnią szybkością 447*m/sec*. Ruch dyfuzyjny materji jest jednak bardzo powolny, a to skutkiem oporu, stawianego przez środowisko. Działanie środowiska jest tu jednak inne, niż podczas ruchu jakiegoś większego ciała. Szybkość cząsteczek nie zmniejsza się, jak dajmy na to maleje szybkość kuli karabinowej, lecącej w powietrzu. Zderzenia cząsteczek odbywają się tak, jak między sprężystemi kulami, i średnia ich szybkość pozostaje ta sama. Zmienia się natomiast kierunek ruchu i to bardzo często, gdyż cząsteczki są bardzo zbliżone do siebie i droga, przebywana od jednego zderzenia do następnego, jest bardzo krótka: np. w powietrzu przy 0° C i ciśnieniu 760 *mm* rtęci wynosi zaledwie 0.1 μ. Skutkiem tego nieznaczna tylko ilość cząsteczek dyfundującej substancji może przeniknąć w danym czasie w głąb przestrzeni, zajętej przez cząsteczki innej, i stąd pochodzi wielka powolność dyfuzji, stojąca w tak rażącem przeciwieństwie do ogromnej szybkości poszczególnych cząsteczek.

Natężenie dyfuzji zależy zatem właściwie od dwóch czynników: od szybkości cząsteczek dyfundującej substancji i od oporu stawianego temu ruchowi przez środowisko. Szybkość cząsteczek jest odwrotnie proporcjonalna do ich masy i wprost proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z temperatury bezwzględnej. Opór zaś środowiska zależy od jego natury, od natury dyfundującej substancji i od temperatury. Im środowisko jest gęstsze i im większe są cząsteczki dyfundującej substancji, tem opór jest większy. Podniesienie temperatury powoduje osłabienie jego.

Na zasadzie powyższych danych staje się zrozumiałem, dlaczego z podniesieniem temperatury wzmaga się bardzo wydatnie natężenie dyfuzji i dlaczego koloidy dyfundują o wiele słabiej od krystaloidów. Co do wpływu temperatury, natężenie dyfuzji w gazach wzmaga się proporcjonalnie do kwadratu temperatury bezwzględnej, w cieczach o wiele słabiej. Te same przyczyny powodują, że dyfuzja w cieczach odbywa się wolniej niż w gazach. Cząsteczki cieczy bowiem są bardziej zagęszczone i przez to stawiają silniejszy opór ruchowi dyfuzyjnemu.

Dla porównania można przytoczyć następujące wartości spółczynnika dyfuzji w cm^2/sec.

Para wodna w powietrzu (0° C i 760 *mm* ciśnienia)	0.198.
Dwutlenek węgla w powietrzu (0° C i 760 *mm*)	0.142.
Chlorek sodu w wodzie (15° C)	0.0000109.
Cukier trzcinowy wodzie (20°)	0.00000426.
Albumina w wodzie (13° C)	0.000000729.

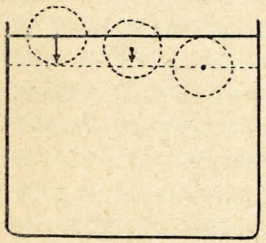
Trzeba wreszcie wspomnieć o tem, że środowisko, w którem zachodzi dyfuzja, może również odbywać ruch dyfuzyjny, a to w przeciwnym kierunku. Będziemy mieli wtedy interdyfuzję. Tak będzie naprzykład, jeżeli zestawimy otworami dwa walce, z których górny zawiera alkohol, a dolny — wodę, albo górny tlen a dolny dwutlenek węgla. Wówczas alkohol (względnie tlen) będzie dyfundował wdół, zaś woda (względnie dwutlenek węgla) ku górze. Interdyfuzja odbywa się wolniej, niż dyfuzja w nieruchomem środowisku, gdyż poruszające się w przeciwnym kierunku środowisko stawia większy opór ruchowi dyfuzyjnemu, niż to samo środowisko nieruchome, podobnie jak bieżąca woda stawia ruchowi łodzi jadącej wgórę rzeki większy opór, niż woda stojąca. Wartości spółczynnika dyfuzji dla pary wodnej i dwutlenku węgla podane powyżej odnoszą się do interdyfuzji.

Przykładem dyfuzji w nieruchomem środowisku, czyli dyfuzji w ściślejszem tego słowa znaczeniu, może być dyfuzja, towarzysząca parowaniu cieczy. Wyobraźmy sobie walec, zawierający pewną ilość wody. Ciecz ta będzie zamieniała się w parę. W próżni proces ten będzie odbywał się bardzo szybko skutkiem natychmiastowego rozpraszania się pary. W powietrzu natomiast będzie on powstrzymywany przez gromadzącą się na powierzchni cieczy parą, która tylko powoli będzie się rozpraszała, posuwając się ku wylotowi walca. Będzie wyparowywało tylko tyle wody, ile pary wodnej rozproszy się przez dyfuzję. Powietrze przy tym ruchu dyfuzyjnym pary będzie pozostawało w spoczynku. Podobnie będziemy mieli dyfuzję w nieruchomem środowisku, jeżeli na dno walca wypełnionego wodą nasypiemy warstwę jakiejkolwiek rozpuszczalnej soli i wstawimy do wielkiego naczynia z wodą. Sól będzie stopniowo przechodziła do roztworu i będzie rozpraszała się w nieruchomem środowisku wodnem.

261. Ciśnienie osmotyczne. Jeżeli poruszające się cząsteczki rozpuszczonego ciała napotkają na swojej drodze przeszko-

dę, to uderzają w nią i przez to wywierają na nią ciśnienie, które nosi nazwę osmotycznego. Zjawisko to odbywa się zupełnie tak samo, jak w zetknięciu gazu z jakiemkolwiek ciałem, stojącem na drodze rozprężania się gazu. Przeszkoda podlega bombardowaniu, którego uderzenia następują tak szybko po sobie, że składają się w ciśnienie, działające w sposób ciągły.

Jest jednak pewna bardzo ważna różnica między ciśnieniem osmotycznem a ciśnieniem gazów. Ciśnienie osmotyczne działa tylko na te ciała, które są nasiąknięte wodą (albo, ogólnie rzecz traktując, rozpuszczalnikiem), podczas gdy gazy cisną na wszystkie ciała, z któremi się stykają. Przyczyną tego jest błona powierzchniowa cieczy, która zatrzymuje poruszające się cząsteczki rozpuszczonego ciała.



Ryc. 880. Schematyczne przedstawienie sił cząsteczkowych, działających w cieczach. Koło, zakreślone naokoło drobin, oznacza zasięg działania sił cząsteczkowych. Wektor oznacza wypadkową tych sił, działających na daną drobinę. Dla drobin położonych w cieczy na głębokości równej co najmniej zasięgowi działania sił cząsteczkowych wypadkowa równa jest zeru.

Jak wiadomo z fizyki, drobiny cieczy przyciągają się wzajemnie z pewną siłą, która maleje bardzo szybko ze zwiększeniem odległości między niemi. Można wobec tego zakreślić naokoło każdej drobiny taką powierzchnię kulistą, że wszystkie drobiny cieczy, położone nazewnątrz od niej, nie będą działały na daną drobinę (ryc. 880). Jeżeli drobina jest położona w głębi cieczy, działania otaczających drobin będą się wzajemnie znosiły i dana drobina będzie poruszała się tak, jakgdyby przyciągania między drobinami cieczy nie było. Jeżeli jednak drobina będzie znajdowała się blisko powierzchni cieczy, to będzie więcej drobin ciągnących ją wewnątrz cieczy niż drobin, działających w przeciwnym kierunku, i te wszystkie działania dadzą wypadkową, skierowaną wewnątrz cieczy. Ta wypadkowa będzie tem większa, im drobina będzie znajdowała się bliżej powierzchni cieczy, i na samej powierzchni będzie największa. Można to z łatwością sprawdzić, zakreślając naokoło różnych drobin kule o promieniu ϱ równym największej odległości, z której dwie drobiny jeszcze działają na siebie. Drobiny, położone na odległości ϱ od powierzchni cieczy albo jeszcze głębiej, nie będą już podlegały takiemu działaniu. Dzięki opisanym powyżej procesom warstewka powierzchniowa cieczy

o grubości ϱ będzie posiadała zupełnie inne własności, niż reszta cieczy. Każda cząsteczka, znajdująca się w tej warstewce, podlega działaniu pewnej siły, skierowanej do wnętrza cieczy. Skutkiem tego wspomniana warstewka, zwana błoną powierzchniową, wywiera wielkie ciśnienie na ciecz, które to ciśnienie nie da się wprawdzie zmierzyć bezpośrednio, ale pośrednio może być obliczone. Wynosi ono kilka tysięcy atmosfer.

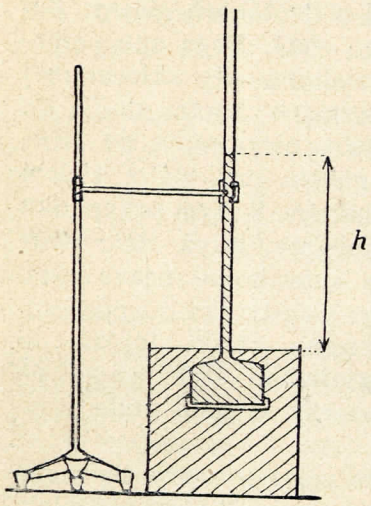
To, co było powiedziane powyżej o drobinach cieczy, dotyczy także cząsteczek rozpuszczonego ciała. Będą one podlegały wpobliżu powierzchni cieczy działaniu siły skierowanej do wnętrza cieczy: zostaną one zatrzymane, zanim dojdą do powierzchni. To samo będzie się działo, niezależnie od tego, czy powierzchnia cieczy styka się z gazem, czy też z ciałem stałem, które nie nasiąka rozpuszczalnikiem. W tym przypadku wielkość wspomnianej siły będzie mniejsza, gdyż ciało stałe będzie wywierało pewne przyciąganie skierowane nazewnątrz, ale istota zjawiska pozostanie ta sama. Cząsteczka rozpuszczonego ciała zostanie w każdem zatrzymana, zanim dojdzie do powierzchni cieczy, to znaczy do powierzchni stykającego się z nią ciała stałego. Cząsteczka nie uderzy w ciało stałe i ciśnienie osmotyczne nie wytworzy się.

Jeżeli teraz wyobrazimy sobie, że roztwór styka się z ciałem stałem, nasiąkniętem rozpuszczalnikiem, to stan rzeczy będzie zupełnie inny. Błona powierzchniowa wytworzy się teraz po drugiej stronie ciała stałego. Siły cząsteczkowe nie będą hamowały ruchów cząsteczek ciała rozpuszczonego przy zbliżaniu się ich do ciała stałego. Teraz bowiem drobiny rozpuszczalnika, które przenikły do ciała stałego będą przyciągały cząsteczkę nazewnątrz tak samo, jak drobiny rozpuszczalnika w roztworze ciągną ją do wnętrza. Cząsteczki ciała rozpuszczonego będą teraz uderzały w ciało stałe i wytworzą ciśnienie osmotyczne.

W czem ujawni się przytem ciśnienie osmotyczne? Zostanie ono zrównoważone przez ciśnienie błony powierzchniowej po przeciwnej stronie ciała stałego i może ujawnić się tylko w ściśnięciu tego ciała. Wyraźnie ujawnić się może to ciśnienie tylko wtedy, jeżeli po drugiej stronie ciała stałego, stykającego się z roztworem, będzie się znajdował czysty rozpuszczalnik albo mniej stężony roztwór z tym samym rozpuszczalnikiem. Wtedy ciśnienie osmotyczne ujawni się w przemieszczeniu ciała stałego albo w przemieszczeniu cieczy, o ile ciało jest umocowane nieruchomo. Takie warunki są zachowywane we

wszystkich doświadczeniach, wykonywanych dla zbadania ciśnienia osmotycznego.

Najprostsze doświadczenie polega na tem, że bierze się rurkę rozszerzoną na jednym końcu i obwiązaną tam pęcherzem (ryc. 881). Do rurki wlewa się roztworu siarczanu miedzi albo cukru i wstawia się ją do naczynia z wodą. Ciśnienie osmotyczne działa tu na pęcherz, bo on jeden tylko nasiąka wodą. Zgodnie z trzeciem prawem mechaniki pęcherz działa na roztwór w przeciwnym kierunku, powodując podniesienie się go w rurce. Różnica poziomów będzie miarą ciśnienia.



Ryc. 881. Doświadczenie osmotyczne. Rurka zawiera roztwór siarczanu miedzi, naczynie zaś wodę. Różnica h poziomów w rurce i naczyniu jest miarą ciśnienia osmotycznego, działającego na błonę.

Wielkość ciśnienia osmotycznego zależy przedewszystkiem od przepuszczalności ciała stałego, na które działa. Zazwyczaj takie ciało ma niewielką grubość i nazywane jest przeto błoną. Im większa jest przepuszczalność błony, tem słabsze jest ciśnienie, gdyż pewna część cząsteczek rozpuszczonego ciała zamiast uderzyć w błonę przechodzi przez nią. Największe ciśnienie będzie wtedy, jeżeli błona nie przepuszcza wcale substancji rozpuszczonej. Taka błona nazywa się półprzepuszczalną. Przez długi czas takich błon nie znano. Dopiero PFEFFER w r. 1877 wytworzył pierwszą błonę półprzepuszczalną z żelazocjanku miedzi. Jest to substancja galaretowata, powstająca pod działaniem żelazocjanku potasu na siarczan miedzi. Ponieważ nie wytrzymuje ona większego ciśnienia, użył PFEFFER następującego urządzenia. Porowate gliniane naczynie, wypełnione roztworem siarczanu miedzi, zostało wstawione do roztworu żelazocjanku potasu. Roztwory przenikają wtedy do ścianek naczynia i w ich porach tworzy się żelazocjanek miedzi. Błona zatem składa się tu z drobnych cząsteczek tej substancji, wspartych mocnem rusztowaniem glinianem. Później wynaleziono inne sposoby wytwarzania błon półprzepuszczalnych, np. przez działanie garbników na żelatynę i t. p.

Błony półprzepuszczalne nadają się doskonale do badania ciśnienia osmotycznego przez to, że wielkość jego nie zależy od ich natury. Następnie mają one tę jeszcze zaletę, że ciśnienie osmotyczne przy ich użyciu nie zmienia się zczasem, podczas gdy przy użyciu błon przepuszczalnych ciśnienie stopniowo słabnie skutkiem uchodzenia rozpuszczonej substancji przez błonę. Tak się dzieje np. w opisanym powyżej przyrządzie (ryc. 881).

Dołączając do opisanego powyżej glinianego naczynia manometr rtęciowy, PFEFFER wykonał pomiary ciśnienia osmotycznego, które wykazały, że ciśnienie osmotyczne, działające na błonę półprzepuszczalną, jest równe ciśnieniu, które wywierałaby rozpuszczona substancja, gdyby się znajdowała sama w przestrzeni zajętej przez roztwór w stanie gazowym. Wyniki badań PFEFFERA zostały później w całej rozciągłości potwierdzone przez amerykańskich fizyków MORSE'A i FRAZERA. Wyniki ich doświadczeń z cukrem trzcinowym są zestawione w następującej tabeli:

Koncentracja roztworu cukru w molach na *kg* wody	Temperatura	Ciśnienie osmotyczne roztworu w *atm.*	Prężność gazu mającego tę samą koncentr. molekularną
0·05	20·5	1·25	1·21
0·1	18·5	2·44	2·40
0·2	21·5	4·80	4·85
0·3	10·4	7·23	7·22
0·5	20	12·08	12·07
0·8	17·5	19·07	19·14
0·9	20·2	21·80	21·74
1·0	22·5	24·34	24·34

Zgodność dwóch ostatnich kolumn jest wprost nadzwyczajna. Trzeba jednak zaznaczyć, że w powyższej tabeli koncentracja roztworu została obliczona w sposób odmienny od zwykłego, a mianowicie zamiast tego, żeby odnosić ilość rozpuszczonej substancji do objętości roztworu, czyniono to w stosunku do ilości rozpuszczalnika. Przy słabych koncentracjach oba sposoby oznaczania koncentracji dają te same wyniki, przy większych koncentracjach występują pewne różnice. Kwestja ta stoi w związku z tem, że wyłożona tu teorja ciśnienia osmotycznego jest ścisła tylko w zastosowaniu do rozcieńczonych roztworów.

W przypuszczeniu, że roztwór jest rozcieńczony, można rozumować w sposób następujący. Wielkość ciśnienia osmo-

tycznego zależy od częstości uderzeń i ich siły. Częstość uderzeń zależy od ilości cząstek rozpuszczonej substancji wpobliżu błony. Dalsze cząsteczki nie grają żadnej roli, bo zanim zbliżą się do błony, napotkają inne cząsteczki i odbijając się od nich zmienią kierunek. Ilość zaś cząstek przy błonie jest tem większa, im większe jest ich zagęszczenie w roztworze. Może ona być przyjęta za proporcjonalną do koncentracji molekularnej roztworu. Ciśnienie osmotyczne jest zatem proporcjonalne do niej, co też zgadza się z danemi na str. 813.

Dalej siła uderzeń jest proporcjonalna do energji kinetycznej cząsteczek. Średnia wartość tej energji jest, jak to już było podane powyżej (str. 805), proporcjonalna do temperatury bezwzględnej. Ciśnienie osmotyczne powinno być zatem także do niej proporcjonalne, co potwierdza doświadczenie. Jest to takie samo rozumowanie, jak odnośnie do ciśnienia, wywieranego przez gazy.

Opierając się na powyższem, nietrudno jest ułożyć wzór na wielkość ciśnienia osmotycznego. Wiadomo jest, że gaz o koncentracji 1 mola na litr wywiera przy temperaturze 0^0 Celsjusza ciśnienie 22·4 *atm*. Oznaczmy przez c koncentrację molekularną roztworu w molach na litr, przez t temperaturę według skali Celsjusza, przez k przepuszczalność błony. Przepuszczalność błony będziemy mierzyli stosunkiem cząsteczek przechodzących przez błonę do ogólnej ilości ich, położonych wpobliżu błony i kierujących się w tym samym czasie ku niej.

Otrzymamy wzór:

$$P = 22{\cdot}4\ (1 - k)\, c\, \frac{273 + t}{273}$$

który nam da wielkość ciśnienia osmotycznego w atmosferach. O ile roztwór zawiera elektrolity, trzeba będzie koncentrację c powiększyć w stosunku odpowiadającym dysocjacji elektrolitycznej, gdyż ona powiększa ilość czynnych cząsteczek.

Na ostatku trzeba powiedzieć jeszcze kilka słów o ciśnieniu osmotycznem roztworów koloidalnych. Ciśnienie to jest bardzo słabe pomimo słabej przepuszczalności błon dla koloidów, gdyż cząsteczki koloidów są duże, a przez to mniej liczne niż w roztworach krystaloidów. Koloidy wywierają wprawdzie wielkie ciśnienie przy pęcznieniu, kiedy zawierają bardzo mało wody, są to jednak zjawiska o innym charakterze, niż ciśnienie osmotyczne roztworów, zwłaszcza roztworów rozcieńczonych.

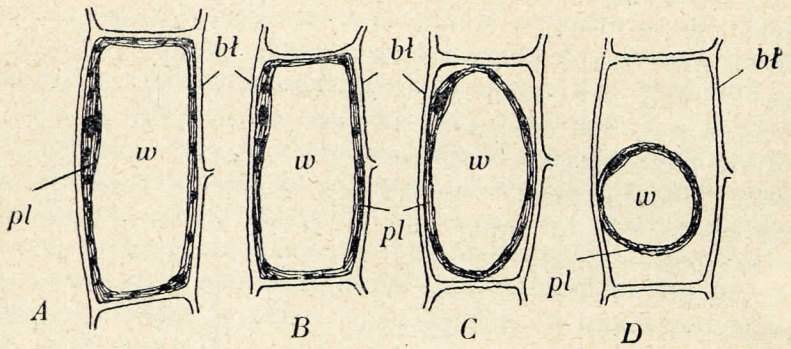
262. Osmotyczne własności komórki. Różne części komórki mają różną przepuszczalność dla rozpuszczonych w wodzie substancyj stałych. Błona komórkowa jest stosunkowo łatwo przepuszczalna dla krystaloidów, natomiast jest nieprzepuszczalna dla koloidów. Protoplazma natomiast jest przepuszczalna dla substancyj rozpuszczonych w wodzie, z wyjątkiem jednak zewnętrznej warstwy, przylegającej do błony, która nietylko nie przepuszcza koloidów, ale krystaloidy przepuszcza tylko z trudnością. Warstwa ta została nazwana błoną protoplazmatyczną. Podobne własności posiada także warstwa protoplazmy, wyścielająca wodniczki. Widoczne to jest między innemi z tego, że jeżeli sok komórkowy zawiera w roztworze barwiki, to nie wchodzą one do protoplazmy i nie wychodzą z komórki nazewnątrz. Wystarczy jednak zabić protoplazmę przy pomocy gorącej wody, ażeby barwiki przez dyfuzję wydostały się nazewnątrz. Można to z łatwością wykazać np. przy pomocy czerwonych korzeni buraczanych.

Ponieważ sok komórkowy zawiera w roztworze rozmaite krystaloidy i ponieważ protoplazma oraz błona komórkowa są przesiąknięte wodą, błona protoplazmatyczna podlega działaniu pewnego ciśnienia osmotycznego. Skutkiem swojej nietrwałości protoplazma rozciąga się pod działaniem ciśnienia osmotycznego i całe działanie tego ciśnienia zostaje przeniesione na błonę komórkową. Przez to błona komórkowa jest napięta i rozciągnięta, przybierając znaczną sztywność, której z natury nie posiada. Nazywa się to jędrnością albo turgorem. Ciśnienie osmotyczne, działające w komórce, można zmierzyć, równoważąc je innem ciśnieniem osmotycznem wiadomej wielkości. W tym celu trzeba umieścić daną komórkę w roztworze cukru albo jakiegokolwiek innego krystaloidu, nie przenikającego do protoplazmy. Krystaloid przeniknie przez błonę komórkową i będzie działał na protoplazmę, równoważąc częściowo albo całkowicie działające we wnętrzu komórki ciśnienie osmotyczne.

Jeżeli będzie użyty roztwór nie zanadto stężony, to wewnętrzne ciśnienie osmotyczne będzie zrównoważone tylko częściowo. Skutkiem tego błona zostanie częściowo odprężona i komórka skurczy się w pewnym stopniu, tem większym, im większa jest rozciągliwość błony (ryc. 882, *B*).

Przez użycie silniejszych roztworów można wewnętrzne ciśnienie osmotyczne zrównoważyć całkowicie. Błona komórkowa zostanie wówczas odprężona zupełnie. Jeszcze bardziej stężone roztwory spowodują dalsze kurczenie się protoplazmy,

gdyż ciśnienie zewnętrzne będzie przeważało nad wewnętrznem (ryc. 882, *C*, *D*). Skutkiem kurczenia się woda z wnętrza protoplazmy będzie przechodziła nazewnątrz i stężenie soku komórkowego będzie wzrastało, gdyż rozpuszczone w tym soku substancje nie będą mogły przeniknąć przez błonę protoplazmatyczną. Stężenie soku komórkowego pociąga za sobą zwiększenie wewnętrznego ciśnienia osmotycznego, które po pewnym czasie zrówna się z ciśnieniem zewnętrznem. Kurcząca się protoplazma oddziela się od błony komórkowej. Zjawisko to nosi nazwę plazmolizy. Jak to już było zaznaczone w ust. 5, protoplazma przy plazmolizie nie oddziela się od błony zupełnie, lecz pozostawia na jej wewnętrznej powierzchni cienką warstewkę, która zachowuje łączność ze skurczoną protoplazmą przy pomocy delikatnych niteczek (ryc. 2).



Ryc. 882. Młoda komórka z miękisza korowego *Cephalaria leucantha* w wodzie *(A)*, w 4-procentowym *(B)*, 6-procentowym *(C)* i 8-procentowym *(D)* roztworze saletry; *bł* błona komórkowa, *pl* protoplazma, *w* wodniczek. — Według DE VRIESA.

Obserwując plazmolizę, można wymierzyć ciśnienie osmotyczne, panujące w komórce. Trzeba w tym celu wymierzyć objętość komórki, co najlepiej uskutecznia się, umieszczając ją w płynnej parafinie. Następnie trzeba dobrać takie stężenie roztworu, przy którem błona przestaje się kurczyć, a protoplazma dopiero zaczyna odstawać od błony. Ciśnienie osmotyczne takiego roztworu będzie równe ciśnieniu, panującemu w komórce albo, dokładniej mówiąc, będzie od niego cokolwiek większe. Chcąc teraz wymierzyć ciśnienie osmotyczne, które działało w komórce przed wykonaniem doświadczenia, trzeba uwzględnić jeszcze skurczenie się błony. Trzeba znowu wymierzyć objętość komórki i zmniejszyć obliczone poprzednio

ciśnienie osmotyczne w tym stosunku, w jakim zmniejszyła się objętość komórki pod działaniem użytego roztworu.

Wielkość ciśnienia osmotycznego, wywieranego przez roztwory, najłatwiej jest mierzyć przez zamrażanie. Obniżenie punktu krzepnięcia jest miarą tego ciśnienia. Dla roztworów wodnych obniżenie punktu krzepnięcia o każdy stopień poniżej 0^0 odpowiada zwiększeniu ciśnienia osmotycznego o 12 *atm*. Można w ten sposób także mierzyć ciśnienie osmotyczne w komórkach, wyciskając sok z roślin i zamrażając go. Ta t. zw. krioskopowa metoda pomiaru ciśnienia osmotycznego jest wygodniejsza od plazmolitycznej, ale nie pozwala mierzyć ciśnienia w pojedyńczych komórkach, dając średnią wartość dla większych kompleksów tkanek. Przed wyciskaniem soku trzeba roślinę zabić przez zamrażanie albo ogrzewanie we wrzącej wodzie, bo żywa protoplazma zatrzymuje dużo wody nawet przy stosowaniu kilkuset atmosfer ciśnienia.

Opisane powyżej metody wykazały, że ciśnienie osmotyczne wynosi zwykle kilkanaście atmosfer. Najmniejsze jest u epifitów, u których spada do 3—5 atmosfer. U kserofitów, roślin suchych stanowisk, jest duże — kilkadziesiąt atmosfer, z wyjątkiem sukulentów, takich jak kaktusy. Zasługuje na uwagę fakt, że w kolankach traw wynosi ono do 40 atmosfer, podczas gdy w liściach nie przewyższa kilkunastu atmosfer. Wysokość ciśnienia, panującego w komórkach, jest zatem bardzo znaczna. Ma to wielkie znaczenie w życiu rośliny. Jak to już było wspomniane powyżej, stwarza się przez to znaczna sztywność błon komórkowych i wytrzymałość mechaniczna w częściach roślin, nie posiadających zgrubiałych błon. Niemniejsze znaczenie ma wpływ, wywierany przez tak wielkie ciśnienia na przebieg reakcyj chemicznych, odbywających się w komórce. Reakcje te pod wpływem wielkiego ciśnienia mają często inny przebieg, niż przy normalnem ciśnieniu atmosferycznem.

Plazmoliza nietylko daje możność pomiaru ciśnienia osmotycznego w komórkach, ale nadto pozwala zbadać przepuszczalność błony protoplazmatycznej dla różnych substancyj. Błona ta jest w pewnym słabym stopniu przepuszczalna dla krystaloidów. Jest to rzecz zupełnie naturalna, gdyż w przeciwnym razie życie w komórce zamarłoby skutkiem zatamowania wymiany materji z innemi komórkami i otoczeniem. Że błona protoplazmatyczna przepuszcza pewne przynajmniej substancje, dowodzi tego zachowanie się komórek roślinnych wobec błękitu metylenowego, który przenika do protoplazmy z rozcieńczonych roztworów, nie szkodząc jej i wywołując błę-

kitne zabarwienie soku komórkowego. Przepuszczalność protoplazmy jest nietylko różna dla różnych substancyj, ale nadto zmienia się w czasie. Protoplazma w ten sposób reguluje ruch materji, który się w niej odbywa.

Najprostszym sposobem badania przepuszczalności protoplazmy jest obserwowanie splazmolizowanej komórki przez czas dłuższy. Plazmoliza zwykle po pewnym czasie znika: protoplazma rozpręża się i wypełnia znowu całkowicie wnętrze błony komórkowej. Naprzykład plazmoliza komórek skrętnicy *(Spirogyra)*, wywołana przez mocznik, znika po 5 godzinach, wywołana przez glicerynę — po 2 godzinach, przy użyciu glikolu już po kilku minutach. Dzieje się to skutkiem przenikania tych substancyj do komórki, co powoduje zwiększenie ciśnienia osmotycznego wewnątrz niej. Że tak jest rzeczywiście, dowodzi fakt, iż po ustąpieniu plazmolizy można wywołać ją znowu, ale trzeba użyć bardziej stężonego roztworu. Oczywiście im prędzej ustępuje plazmoliza, tem większa jest przepuszczalność protoplazmy dla danej substancji. Alkohol przenika do protoplazmy tak szybko, że wogóle nie powoduje nigdy plazmolizy, która jednak jest możliwa, bo substancja ta w rozcieńczonym roztworze nie jest szkodliwa dla żywej masy komórek. W przeciwieństwie do alkoholu cukier trzcinowy (sacharoza) nie przenika wcale lub prawie wcale przez błonę protoplazmatyczną, a to skutkiem dużych wymiarów swoich drobin, składających się z 45 atomów. Nie przenika on nawet przez niektóre błony komórkowe, a mianowicie u mchów. Dla bliższego zapoznania się z zagadnieniem przepuszczalności protoplazmy można skorzystać z książki STILESA p. t. „Permeability“ (London, 1924).

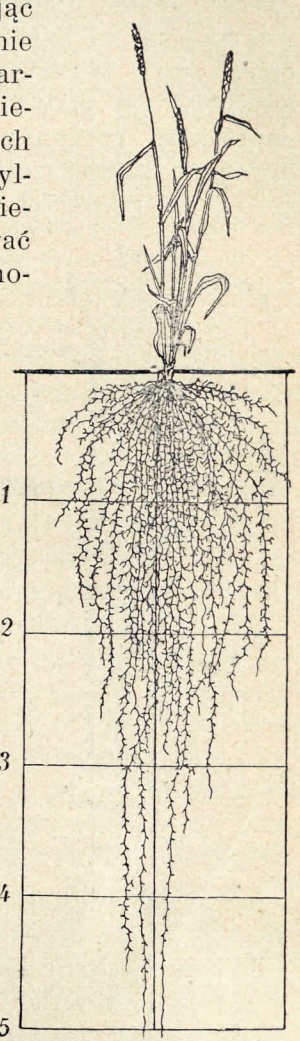
ROZDZIAŁ VIII

GOSPODARKA WODNA ROŚLINY

263. Rola wody w życiu rośliny. Między składnikami ciała rośliny woda zajmuje pierwsze miejsce. Średnio zawartość jej wynosi $^2/_3$ żywej wagi. Tylko nieznaczna jej część jest użytkowana jako pokarm. Większa jej część odgrywa rolę środowiska, niezbędnego do wykonywania czynności życiowych. Jest to środowisko wewnętrzne. Można powiedzieć, że każda roślina, nie wyłączając lądowych, żyje w wodzie. Wodą

bowiem są nasiąknięte błony komórkowe. Żywa substancja jest przeto otoczona ze wszystkich stron wodą.

Rośliny wodne mają zawsze dostateczną ilość wody. Natomiast rośliny lądowe tracą ją bezustannie przez parowanie i muszą jej zapasy uzupełniać, pobierając ją z otoczenia. Niedostateczne uzupełnienie strat pociąga za sobą zmniejszenie zawartości wody w roślinie, co powoduje osłabienie czynności życiowych a przy dużych stratach wody śmierć przez uschnięcie. Tylko mchy, porosty, glony powietrzne i nieliczne rośliny wyższe mogą wytrzymywać zupełne wysychanie, ale wtedy ich czynności życiowe ustają nieomal zupełnie.



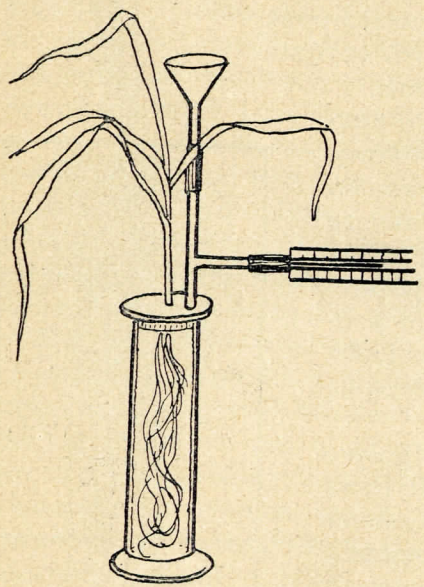
Ryc. 883. System korzeniowy pszenicy. Liczby oznaczają głębokość gleby w stopach angielskich. — Według WEAVERA.

Z powyższego wynika bardzo ważne zagadnienie gospodarki wodnej. Jest to jedno z głównych zagadnień ekologji roślin. Przeto o dokładniejsze przedstawienie tego zagadnienia muszę odesłać czytelnika do książek, poświęconych tej nauce, np. do mojego podręcznika („Ekologja roślin“ Lwów 1930). Tu w ogólnym wykładzie ograniczę się tylko do ogólnych uwag.

Centralnem zagadnieniem gospodarki wodnej roślin jest bilans wodny, który powinien być zawsze utrzymywany na należytym poziomie, jeżeli roślina ma być w stanie normalnym. Bilans wodny, jak każdy bilans, składa się z przychodu i rozchodu. Rolę przychodu gra woda pobrana przez korzenie z gleby, rolę rozchodu woda wyparowana. Musimy rozpatrzyć osobno te dwie strony bilansu. Do tego jeszcze trzeba dodać zagadnienie przewodzenia wody, gdyż parowanie odbywa się głównie w liściach na znacznej odległości od pobierających wodę korzeni i woda musi być do nich przez łodygę doprowadzona. Wreszcie trzeba także zająć się wydzielaniem płynnej wody, które odbywa się u niektórych roślin.

*

264. Pobieranie wody przez rośliny. Ażeby roślina mogła energicznie pobierać wodę z podłoża, musi ona posiadać odpowiednie narządy, któremi są korzenie. Urządzenie korzeni jest tego rodzaju, że umożliwia szybkie pobieranie wody. Są one zawsze obficie rozgałęzione i przenikają nieraz bardzo daleko, wyzyskując wielkie ilości gleby. Naprzykład pszenica wypuszcza swoje korzenie na głębokość znacznie przewyższającą wysokość jej pędów (ryc. 883). Jeszcze bardziej zwiększa się sprawność korzeni przez wykształcenie włośników, które ogromnie powiększają powierzchnię zetknięcia z glebą. Obliczono, że powierzchnia korzeni u kukurydzy skutkiem wytworzenia włośników zostaje powiększona $5^1/_2$ razy, u jęczmienia zaś nawet 12 razy.



Ryc. 884. Potetometr. — Według Josta.

Do badania zjawisk pobierania wody przez korzenie używa się zwykle potetometru. Jest to naczynie wypełnione wodą, do którego przez otwór w korku wstawia się system korzeniowy rośliny, a przez drugi otwór dołącza się rurkę z podziałką (ryc. 884). Rurkę tę wypełnia się wodą przy pomocy osobnego lejka. W miarę tego, jak roślina pochłania wodę z naczynia, słupek wody w rurce cofa się, wskazując, ile wody ubyło w przyrządzie. Potetometr daje możność łatwego obserwowania zjawiska, o którem tu jest mowa. Ma on jednak tę wadę, że roślina znajduje się w nienormalnych warunkach, gdyż normalnem środowiskiem, z którego korzenie pobierają wodę, jest gleba. Niestety, nie posiadamy dotąd żadnej metody, która pozwoliłaby badać bezpośrednio pobieranie wody z gleby.

Badania nad pobieraniem wody, przeprowadzone przy pomocy potetometru, wykazały przedewszystkiem wybitny wpływ temperatury. Obniżenie temperatury wywołuje osłabienie działalności korzeni. Naprzykład w pewnem doświadczeniu, przeprowadzonem z fasolą, stwierdzono, że roślina pobrała przy 0^0 tylko $^2/_3$ tej ilości wody, jaką pochłania w tym samym

czasie przy 20^0. Fakt ten dowodzi, że pobieranie wody przez korzenie jest zjawiskiem fizjologicznem, stojącem w związku z ogólnemi procesami życiowemi. Tego samego dowodzi inne doświadczenie, które polega na tem, że bierze się roślinę w doniczce z ziemią i przez ziemię przeprowadza się prąd dwutlenku węgla albo wodoru. Roślina wówczas więdnie, a to z tego powodu, że korzenie zostają pozbawione niezbędnego do oddychania tlenu i tracą zdolność normalnego wykonywania swoich czynności.

W normalnych warunkach roślina pobiera wodę z gleby i przebieg tego procesu w znacznym stopniu zależy od własności gleby. Ma tu wpływ przedewszystkiem skład mineralogiczny gleby. Gleba, jak wiadomo, składa się z piasku, gliny, wapienia i próchnicy. Zależnie od stosunku między temi składnikami gleba łatwiej albo trudniej oddaje zawartą w niej wodę. Zawsze jednak pozostaje pewna ilość wody, której roślina nie jest w stanie pochłonąć. Dowodzi tego doświadczenie Sachsa, który hodował tytoń w doniczkach, wypełnionych różną glebą, i po osiągnięciu pewnego stadjum rozwojowego przestawał je polewać. Po pewnym czasie rośliny, wyczerpawszy cały dostępny dla nich zapas wody w glebie, zaczęły więdnąć. Analiza wykazała wtedy, że gleba, złożona z piasku i próchnicy, zawierała jeszcze 12.3 *g*, gleba gliniasta 8 *g*, piaszczysta 1.5 *g* wody na 100 *g* gleby. Widoczne jest zatem, że wody niezużytkowanej jest tem więcej, im gleba jest bardziej drobnoziarnista. Stopień, w jakim różne rośliny wyzyskują zapasy wody w glebie, jest różny. Rośliny pustynne mogą pobierać wodę z gleby pozornie zupełnie suchej.

Wielki wpływ na pobieranie wody z gleby, a także na pobieranie wraz z wodą soli, ma kwasowość gleby, którą można wymierzyć np. przy pomocy indykatorów, zmieniających swoją barwę zależnie od kwasowości. Kwasowość gleby określa się koncentracją jonów wodorowych w wodzie, pozostającej z nią w zetknięciu. Woda zupełnie czysta zawiera równą ilość jonów wodorowych i wodorotlenowych, które powstają przez jej rozkład według równania:

$$H_2O = \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$$

Koncentracja molekularna każdego z tych dwóch rodzajów jonów w czystej wodzie wynosi 10^{-7} *Mol/L*. Ponieważ ciężar atomowy wodoru niewiele różni się od jedności, koncentracja jonów wodorowych wymierzona w *g/L* wyraża się tą

samą liczbą, co koncentracja molekularna. W zastosowaniu do jonów wodorotlenowych oba sposoby pomiaru koncentracji dają naturalnie liczby różne. Jeżeli woda zawiera w roztworze jakiekolwiek elektrolity, zawartość jonów *H* i *HO* zmienia się zawsze w ten sposób, że iloczyn koncentracyj molekularnych pozostaje ten sam, wynosząc 10^{-14}. Ile razy zwiększy się ilość jonów wodorowych, tyle razy zmniejsza się ilość jonów wodorotlenowych i odwrotnie. Koncentracja jonów wodorowych w glebie zmienia się w bardzo szerokich granicach, od 10^{-3} do 10^{-12}. Gleby, zawierające więcej jonów wodorowych niż wodorotlenowych, są kwaśne: dają one koncentrację jonów wodorowych większą niż 10^{-7} *Mol/L*. Gleby, zawierające więcej jonów wodorotlenowych niż wodorowych, są zasadowe: w stykającej się z niemi wodzie wytwarzają koncentrację jonów wodorowych mniejszą niż 10^{-7}. Dla uproszczenia podaje się zwykle jako miarę kwasowości tylko wartość bezwzględną ujemnego wykładnika potęgi 10. Trzeba jednak pamiętać, że wtedy kwasowość wypada tem mniejsza, im ta miara *(pH)* jest większa.

Kwasowość gleby stoi w ścisłym związku z zawartością próchnicy i węglanów. Próchnica ma charakter kwasowy, węglany — zasadowy. Z węglanów najpoważniejszą rolę odgrywa węglan wapnia, który obniża kwasowość gleby do $10^{-8\,4}$. Rzadziej występujący węglan magnu (dolomit) obniża kwasowość do 10^{-10}. W wyjątkowych przypadkach, kiedy gleba zawiera węglan sodu, kwasowość spada nawet do 10^{-12}.

Kwasowość gleby wywiera wpływ bardzo silny na rozwój roślin, w szczególności na wykształcenie i czynności systemu korzeniowego. Wiele roślin nie znosi zupełnie gleby zasadowej i nie rośnie skutkiem tego na wapiennych terenach. Takie są z roślin niższych desmidja i torfowce. Z roślin wyższych nie znoszą zasadowej reakcji w glebie kasztan jadalny *(Castanea vesca)*, żarnowiec *(Sarothamnus scoparius)* i wiele innych. Szkodliwy wpływ jonów wodorotlenowych ogranicza się tu jednak tylko do korzeni. Jeżeli naprzykład zaszczepić kasztan na dębie, to może on doskonale rosnąć na wapiennych terenach. Trzeba przytem zaznaczyć, że szkodliwość węglanu wapnia dla roślin nie jest powodowana przez zawartość jonów wapnia. Rośliny, unikające w przyrodzie wapieni, np. torfowce, doskonale rosną na gipsach i mogą być hodowane w wodzie, zawierającej różne sole wapnia (chlorek, azotan), natomiast giną pod wpływem niewielkich nawet ilości węglanu sodu lub potasu.

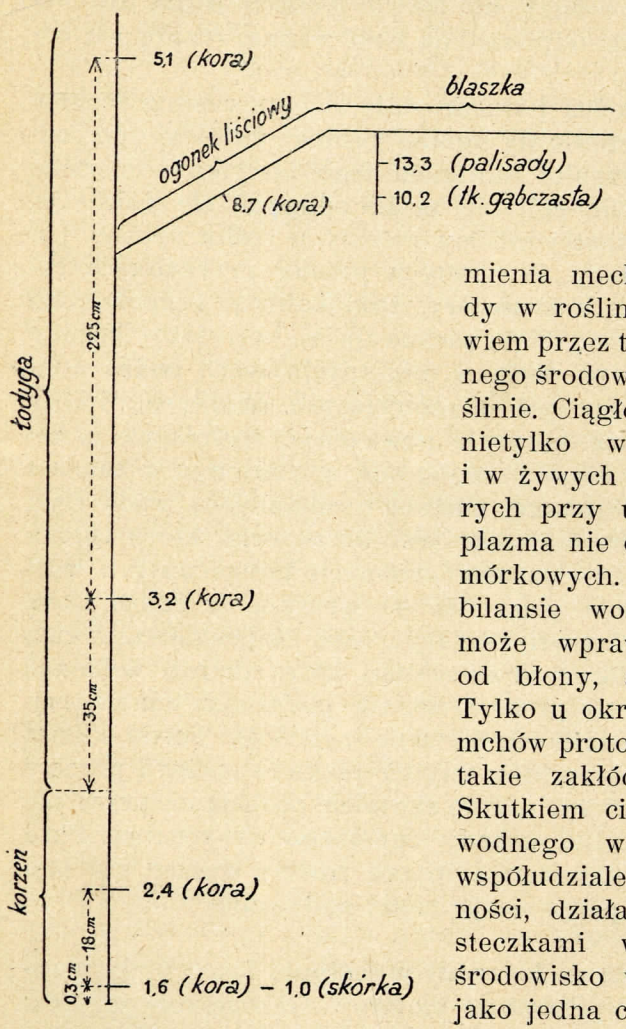
Zbytnia kwasowość gleby działa również szkodliwie. Gleby bardzo kwaśne (torfowe) mają swoją szczególną florę, przystosowaną do takiego podłoża, złożoną np. z różnych borówek *(Vaccinium)*, turzyc *(Carex)* i t. d. Są to przeważnie rośliny z mykorhizą. Inne rośliny na takich glebach rosną źle. Jeżeli się jednak doda odpowiednią ilość wapna, rozwój ich odbywa się normalnie.

Reasumując, można powiedzieć, że nieodpowiednia reakcja gleby wpływa szkodliwie na ogólne procesy fizjologiczne, odbywające się w korzeniu. Skutkiem tego nietylko pobieranie wody, ale i pobieranie soli nie może odbywać się należycie.

Dotychczas rozpatrywaliśmy zwykły u roślin sposób pobierania wody z gleby. W pewnych jednak przypadkach rośliny pobierają wodę z atmosfery, zużytkowując bezpośrednio wodę deszczową i rosę. Tak zachowują się epifity, rośliny żyjące na drzewach, pospolite w wilgotnych lasach podzwrotnikowych, rzadkie w suchych i zimniejszych okolicach. Epifity mają zwykle specjalne korzenie powietrzne, spełniające to zadanie. Korzenie te zwisają swobodnie w powietrzu i zamiast skórki mają grubą tkankę, chciwie pochłaniającą wodę (ryc. 588). W rodzinie *Bromeliaceae* jest dużo form, które chłoną wodę przez liście przy pomocy osobnych tarczkowatych włosków (ryc. 325). Woda gromadzi się przytem w zbiornikach, utworzonych przez nasadę liści (ryc. 589). Najciekawszą formą tej rodziny jest *Tillandsia usneoides*, która potrafi wchłonąć dostateczną ilość wody przez liście, nie posiadając ani zbiorników wody, ani też żadnych korzeni (ryc. 584). Polski klimat jest zbyt suchy dla epifitów i tylko niektóre mchy i porosty prowadzą ten sposób życia, a to skutkiem posiadanej przez nie zdolności znoszenia bez szkody zupełnego wysychania. Poza pewnemi podzwrotnikowemi epifitami rośliny wyższe nie mogą wchłaniać wody przez swoje części nadziemne.

265. Mechanizm ruchu wody w roślinie. Ruch wody w roślinie ma przeważnie charakter molarny. Główną rolę przytem odgrywają naczynia. Dowodzi tego obrączkowanie: jeżeli mianowicie z pnia albo z gałęzi drzewa usunąć pierścień kory, nie naruszając drewna, to liście, położone powyżej zranionego miejsca, zachowują swoją jędrność, tak jakgdyby nic nie zaszło. Naczynia są stale wypełnione wodą, nawet wtedy, kiedy roślina więdnie. Jeśli skutkiem nadmiernej utraty wody dostanie się do nich powietrze, przestają one działać. Dawniejsze mniemanie, według którego przy niekorzystnym bilansie wod-

nym miały one zawierać mieszaninę wody i pęcherzyków gazów (t. zw. łańcuchy Jamin'a), okazało się błędnem. Błąd pochodził stąd, że przy obserwowaniu zawartości naczyń nie zachowywano należytej ostrożności przy usuwaniu powierzchownych tkanek, skutkiem czego powietrze dostawało się do naczyń.



Ryc. 885. Rozkład siły ssącej w buku (liczby oznaczają atmosfery). Według Ursprunga i Bluma.

Wypełnienie naczyń wodą jest zjawiskiem bardzo ważnem dla zrozumienia mechanizmu ruchu wody w roślinie. Stwarza się bowiem przez to ciągłość wewnętrznego środowiska wodnego w roślinie. Ciągłość ta utrzymuje się nietylko w naczyniach, lecz i w żywych komórkach, w których przy ubytku wody protoplazma nie odstaje od błon komórkowych. Przy bardzo złym bilansie wodnym protoplazma może wprawdzie oderwać się od błony, ale wtedy zamiera. Tylko u okrzemek i niektórych mchów protoplazma wytrzymuje takie zakłócenia bez szkody. Skutkiem ciągłości środowiska wodnego w roślinie a przy współudziale wielkich sił spójności, działających między cząsteczkami wody, wewnętrzne środowisko wodne porusza się jako jedna całość.

Siłą poruszającą to środowisko jest ciśnienie osmotyczne, nadające komórkom siłę ssącą. Zagadnienie to zostało wyjaśnione przez szwajcarskich uczonych Ursprunga i Bluma. Jeżeli komórka nie jest całkowicie nasiąknięta wodą, to ciśnienie osmotyczne rozpycha ją i wciąga do niej wodę z otoczenia. Przeciwdziała temu napięcie błony, które wzrasta w miarę

rozszerzania się komórki. Siła ssąca komórki jest przeto równa ciśnieniu osmotycznemu pomniejszonemu o napięcie błony. Jeżeli komórka jest skurczona w tym samym stopniu, co przy plazmolizie, to błona nie jest wcale napięta i siła ssąca jest równa pełnemu ciśnieniu osmotycznemu. Jest to maksymalna wielkość siły ssącej, jeżeli nie brać pod uwagę rzadkich przypadków, kiedy komórka jest bardziej skurczona, niż przy plazmolizie. Wtedy błona jest pomarszczona i wywiera na wnętrze nie ciśnienie, lecz ciągnienie — w tych warunkach siła ssąca jest wyjątkowo większa od ciśnienia osmotycznego. W miarę rozszerzania się komórki wzrasta napięcie błony i skutkiem tego osłabnie siła ssąca. Wkońcu napięcie błony zrówna się z ciśnieniem osmotycznem i siła ssąca spadnie do zera — komórka będzie miała maksymalną objętość i będzie w zupełności nasycona wodą.

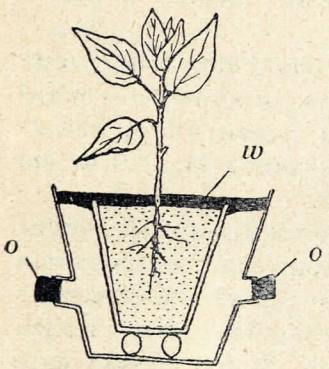
O ile dwie komórki stykają się ze sobą, woda będzie przechodziła z komórki o mniejszej sile ssącej do komórki o większej sile ssącej. W naczyniach z powodu braku żywej zawartości tego motoru niema i woda w nich porusza się działaniem siły ssącej otaczających żywych komórek.

Badania Ursprunga i Bluma stwierdziły, że siła ssąca w roślinie jest tem większa, im dalej komórka jest położona od źródła wody. Widoczne to jest dobrze np. u buka (ryc. 885). Najmniejsza jest siła ssąca w skórce korzenia, nieco większa w korze jego i t. d., największa w liściach. W ten sposób w liściach mieści się motor, poruszający wodę w roślinach: rośliny pobierają wodę przez korzenie, ale przy pomocy liści.

Wielkość siły ssącej jest dostateczna do podniesienia wody na znaczną nawet wysokość. Naprzykład w przytoczonym powyżej przykładzie buka wynosi ona 13 atmosfer — wystarczy to do utrzymania słupa wody w wysokości 130 metrów. Wobec tak wielkich sił nie jest wcale dziwne, że urządzenie naczyń nie odgrywa w przewodzeniu wody poważniejszej roli: przegrody w tracheidach nie przeszkadzają u sekwoi w przeprowadzaniu wody do wysokości 90 metrów.

266. Transpiracja. Przechodzimy teraz do ujemnej strony bilansu wodnego rośliny. Ubytek wody w roślinie odbywa się skutkiem wyparowywania wody, które nazywa się transpiracją, w odróżnieniu od parowania z ciał martwych. Użycie specjalnej nazwy jest tu w zupełności usprawiedliwione, gdyż transpiracja odbywa się naogół inaczej, niż zwykłe parowanie. Jeżeli chodzi o niższe rośliny lądowe do mszaków

włącznie, to transpiracja niewiele różni się od parowania i polega na wyparowywaniu wody z powierzchni rośliny. U roślin naczyniowych mechanizm transpiracji jest natomiast odmienny. Woda może wyparowywać z nich nietylko z powierzchni pokrytej nabłonkiem, lecz także z wnętrza, w przestworach międzykomórkowych, skąd para wydostaje się następnie nazewnątrz przez szparki oddechowe. Rozróżniamy wobec tego transpirację nabłonkową i szparkową. Transpiracja nabłonkowa jest o wiele słabsza od szparkowej, gdyż zewnętrzne błony skórki są silnie zgrubiałe i w swojej zewnętrznej części przesiąknięte kutyną, a nadto pokryte nabłonkiem złożonym z tejże kutyny, która słabo nasiąka wodą i z trudnością ją przepuszcza (ryc. 312). O wiele silniejsza jest transpiracja szparkowa. Parowanie w przestworach międzykomórkowych nie jest niczem hamowane, bo błony przylegające do tych przestworów są silnie nasiąknięte wodą. Para zaś z wnętrza rośliny wydostaje się łatwo, gdyż wymiary szparek są wprawdzie drobne, ale zato ich ilość jest olbrzymia — do paru setek na milimetrze kwadratowym. W dalszych wywodach będziemy mieli na uwadze tylko rośliny wyższe.



Ryc. 886. Doniczka z rośliną przygotowaną do doświadczeń nad transpiracją. Podłużny przekrój schematyzowany; *w* warstwa wosku, *o* otwory wentylacyjne.

Natężeniem transpiracji nazywamy ilość wody, wyparowanej w ciągu jednostki czasu przez jednostkę powierzchni rośliny. Najwygodniej jest brać ilość gramów, wyparowanych w ciągu godziny przez metr kwadratowy powierzchni. Dla zbadania natężenia transpiracji waży się roślinę wraz z ziemią i określa się straty na wadze, jakie ona ponosi z biegiem czasu. Straty te mogą być uważane za miarę wyparowanej wody, gdyż wszelkie inne zmiany wagi, powodowane przez przemianę materji w roślinie, są znikomo małe w porównaniu ze stratą wody przez transpirację. Doświadczenie powinno być wykonywane w ten sposób, ażeby nie wyparowywała woda z gleby. W tym celu wstawia się doniczkę z rośliną do blaszanego wiaderka odpowiednich rozmiarów i zalewa się powierzchnię ziemi woskiem, a nadto zasmarowuje się woskiem wolną przestrzeń między doniczką a brzegiem wiaderka (ryc. 886). Dla zabezpieczenia dopływu tlenu do korzeni wiaderko powinno być zaopatrzone

w boczne otwory wentylacyjne, zamykane korkami w czasie doświadczenia. Dla podlewania rośliny podczas długotrwałych doświadczeń wycina się okrągły otwór w woskowej pokrywie, który zamyka się korkiem.

Opisana powyżej metoda badania transpiracji jest właściwie jedyną, która daje dokładne informacje o przebiegu zjawiska, gdyż roślina przytem znajduje się w normalnych warunkach. Można ją jednak stosować tylko do roślin mniejszych rozmiarów. Jeżeli chodzi o rośliny duże, np. drzewa, trzeba szukać innych metod. Często badacze starają się ominąć trudności, używając odciętych gałązek, wstawionych do wody. Sposób ten jednak jest bardzo niepewny, bo odcięte gałązki wyparowują inne ilości wody, niż takie same gałązki związane z rośliną. Na początku doświadczenia transpiracja odbywa się prędzej z powodu większego niż normalnie dopływu wody. Później jednak słabnie skutkiem zamykania się szparek oddechowych i zatykania naczyń przez wytwory bakterjalne. Żeby uniknąć ważenia, odcięte gałązki albo całe rośliny z systemem korzeniowym są wstawiane do potetometru. Jest to jednak również wadliwa metoda, bo potetometr wskazuje ilość wody pobranej, która niezawsze jest równa ilości wody wyparowanej. Jedyną poprawną metodą badania transpiracji w przypadkach, kiedy ważenie rośliny w całości wraz z ziemią jest niemożliwe, jest metoda przepływu powietrza. Umieszcza się wtedy gałązkę wewnątrz naczynia, przez które przy pomocy aspiratora albo odpowiedniej pompy powietrznej przeprowadza się prąd powietrza. Powietrze to z naczynia wprowadza się do przyrządu, pochłaniającego parę wodną. Przyrost wagi przyrządu wskazuje ilość pary wodnej, którą zawierało powietrze po wyjściu z naczynia z badaną gałązką. Ażeby wiedzieć, ile to powietrze zawierało pary przed wejściem do naczynia, trzeba jednocześnie przeprowadzić równą objętość powietrza poza rośliną przez taki sam przyrząd osuszający. Różnica jednej i drugiej zawartości pary wodnej da ilość wody wyparowanej przez gałązkę. Przy tej metodzie trzeba brać pod uwagę zmianę warunków, spowodowaną przez użycie naczynia, do którego wstawia się badaną gałązkę. W tem naczyniu światło będzie słabsze, niż nazewnątrz, wilgotność powietrza zato większa. Oprócz tego, jeżeli doświadczenie było wykonywane na słońcu, następuje rozgrzanie ścianek naczynia, skutkiem czego ścianki te zaczną wytwarzać silne promieniowanie infraczerwone, które może spowodować silne rozgrzanie gałązki (naczynie działa jak szklarnia).

Bardzo wygodnym sposobem badania transpiracji, sposobem jednak tylko przybliżonym, jest użycie papierków kobaltowych, wynalezionych przez STAHLA. Papierki takie sporządza się z bibuły, nasiąkniętej roztworem chlorku kobaltu i wysuszonej. Barwa ich jest niebieska, dopóki są suche. Zwilgocone stają się one różowe. Dla zbadania natężenia transpiracji kładzie się taki niebieski papierek na liść i pokrywa się tafelką szklaną. Po pewnym czasie papierek różowieje. Im silniejsza jest transpiracja, tem prędzej to nastąpi.

Natężenie transpiracji zależy od warunków zewnętrznych i budowy anatomicznej rośliny. Chodzi tu głównie o budowę liści, bo normalnie transpiracja odbywa się w przeważnej części przez nie z powodu ich wielkiej powierzchni. Tylko u roślin kseromorficznych łodyga bierze w tym procesie wydatniejszy udział.

Z czynników zewnętrznych bezpośredni wpływ na transpirację wywierają: wilgotność i temperatura powietrza, ciśnienie barometryczne, wiatr i promieniowanie. Oprócz tego wpływ pośredni wywiera zawartość wody w glebie i wogóle własności gleby. Co się tyczy czynników działających bezpośrednio, to działanie pierwszych trzech czynników (wilgotności i temperatury powietrza oraz ciśnienia barometrycznego) jest takie samo na transpirację, jak na parowanie. Wpływ natomiast ostatnich dwóch (wiatru i promieniowania) jest różny w tych dwóch przypadkach. Trzeba to rozpatrzyć nieco bliżej.

Działanie wilgotności i temperatury powietrza oraz ciśnienia barometrycznego na transpirację i parowanie można przedstawić następującem równaniem:

$$E = k\,(p'-p)\,\frac{273+t}{273}\,\frac{760}{P-p'} \qquad (A)$$

w którem E jest natężeniem zjawiska, p' — prężnością pary nasyconej przy temperaturze powietrza t liczonej według skali CELSJUSZA, p — prężność pary wodnej w powietrzu, P — ciśnienie barometryczne i wreszcie k — spółczynnik zależny od natury rośliny albo ciała, z którego parowanie odbywa się, a nadto zależny od wiatru i promieniowania. Równanie (A) można wyprowadzić teoretycznie, traktując transpirację i parowanie jako dyfuzję pary wodnej w powietrzu. Transpiracja odbywa się głównie w przestworach międzykomórkowych, z których para w drodze dyfuzji przez szparki oddechowe wychodzi nazewnątrz. Ponieważ ta para jest nasycona, w przestworach międzykomórkowych może wyparować tyle tylko wody, ile pary wodnej wyjdzie nazewnątrz. Natężenie transpiracji sprowadza się zatem do natężenia dyfuzji pary wodnej w powietrzu. Zależność transpiracji nabłonkowej od warunków zewnętrznych jest nieco inna; ponieważ jednak ta część transpiracji jest słaba, można, nie popełniając wielkiego błędu, przyjąć, że zmienia się ona równolegle do transpiracji szparkowej. Odnośnie do parowania z ciał martwych, nasiąkniętych wodą, zachodzi tylko ta różnica, że para, której dyfuzja jest rozpatrywana, pochodzi z powierzchni ciała, a nie z wnętrza jak u roślin wyższych. Trzeba jednak powiedzieć odrazu, że wzór powyższy stosuje się jedynie do przypadku, kiedy temperatura ciała parującego jest taka sama, jak temperatura powietrza. Odnośnie do roślin można przyjąć to założenie, o ile nie działa na nie bezpośrednie promieniowanie słoneczne. Na słońcu natomiast rośliny wykazują temperaturę o 5^0—10^0 wyższą od powietrza (sukulenty nawet do 20^0). Wtedy przy stosowaniu wzoru (A) trzeba brać jako t nie temperaturę powietrza, lecz temperaturę rośliny.

Rozpatrując uważnie równanie (A), widzimy, że z trzech zawartych w niem zmiennych czynników:

$$(p'-p)\,\frac{273+t}{273}\,\frac{760}{P-p'} \qquad (B)$$

dwa ostatnie niewiele różnią się od jedności. Można zatem z pewnem przybliżeniem przyjąć, że natężenie transpiracji i parowania jest proporcjonalne do różnicy:

$$p'-p$$

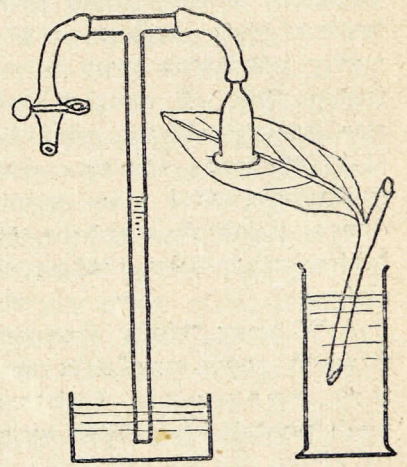
która jest znana w meteorologji pod nazwą niedosytu wilgotności. Dokładniej rzecz ujmując, musimy powiedzieć, że natężenie transpiracji i parowania jest proporcjonalne do niedosytu wilgotności i temperatury bezwzględnej i odwrotnie proporcjonalne do ciśnienia barometrycznego, pomniejszonego o prężność pary nasyconej. Jak to już było wspomniane powyżej, twierdzenie to jest ważne w założeniu, że temperatura ciała parującego jest taka sama, jak temperatura powietrza. Do tego ciało parujące musi być silnie nasiąknięte wodą. Iloczyn (B) nazywa się wskaźnikiem parowania. Wobec tego można powiedzieć także, że natężenie transpiracji i parowania jest proporcjonalne do wskaźnika parowania.

W warunkach naturalnych najsilniejszy wpływ na transpirację wywiera temperatura, gdyż wszystkie trzy czynniki iloczynu *(B)* od niej zależą i wzrastają z jej podniesieniem. Szczególnie szybko wzrasta pierwszy w nich, gdyż prężność p' pary nasyconej wzrasta w progresji geometrycznej, jeżeli temperatura podnosi się w progresji arytmetycznej.

Działanie wiatru na parowanie i transpirację pochodzi stąd, że usuwa on warstwę wilgotniejszego powietrza, przylegającą do parującego ciała i przynosi z otoczenia suchsze powietrze. Parowanie przez to się wzmaga. Wpływ wiatru na parowanie jest naogół silniejszy, niż na transpirację. Pochodzi to stąd, że wiatr przyśpiesza znacznie tylko transpirację nabłonkową, na transpirację zaś szparkową nie wpływa wcale albo słabo. Wpływ wiatru na parowanie przy szybkości jego niezbyt małej i niezanadto dużej wyraża się pierwiastkiem kwadratowym z szybkości; np. na wietrze 4 razy silniejszym parowanie wzmaga się 2-krotnie.

Działanie promieniowania na transpirację jest o wiele silniejsze, niż na parowanie. Parowanie wzmaga się tylko skutkiem rozgrzania, wywołanego przez pochłanianie promieni. Transpiracja natomiast potęguje się nietylko skutkiem rozgrzewania rośliny, ale nadto skutkiem rozszerzania się szparek. Pod wpływem promieniowania, dokładniej rzecz określając, pod wpływem światła, wzrasta ciśnienie osmotyczne w komórkach szparkowych, skutkiem czego komórki te wyginają się i oddalają od siebie w środkowej swojej części (por. ust. 101, ryc. 315). To zwiększenie ciśnienia osmotycznego jest powodowane przez szybkie scukrzenie skrobi w komórkach szparkowych pod wpływem światła. Jest to jakieś specyficzne działanie światła na fermenty. Skrobia tworzy się obficie w komórkach szparkowych dzięki ciałkom zieleni, których inne komórki skórki nie mają.

Ponieważ przez szparki oddechowe odbywa się prawie całkowicie wymiana gazów rośliny z otoczeniem, jest rzeczą bardzo ważną wynalezienie wygodnych metod badania stopnia ich rozwartości. Bezpośrednie badanie ich na roślinie przy pomocy mikroskopu niezawsze jest możliwe z powodu trudności, które trzeba pokonać, ażeby je należycie oświetlić. Dlatego też zwykle ścina się brzytwą skórkę i ogląda się ją osobno po utrwaleniu w absolutnym alkoholu. Jednakże przy takiej operacji szerokość szparek może się zmienić. Stosunkowo najlepszym, jakkolwiek tylko pośrednim sposobem badania rozwartości szparek jest użycie porometru, wynalezionego przez Franciszka Darwina (syna sławnego twórcy teorji ewolucyjnej). Przyrząd ten składa się z małego klosza (ryc. 887) o objętości 5 – 10 cm^3, zakończonego u góry rurkowatem zwężeniem, u dołu zaś wywiniętym brzegiem. Ten brzeg przykleja się szczelnie do tej strony liścia, na której są szparki, a rurkowaty wierzchołek klosza łączy się przy pomocy węża gumowego z jednem z poziomych ramion rurki w kształcie litery T o długiej części zstępującej. Tę część zstępującą zanurza się w wodzie, a na drugie ramię poziome zakłada się krótki wąż, przez który można podciągnąć wodę w zstępującej części rurki T do jakiejkolwiek wysokości. Taki słup cieczy wywiera za pośrednictwem klosza działanie ssące na liść. Jeżeli szparki są zamknięte, działanie to nie powoduje żadnego skutku. Jeżeli natomiast szparki są otwarte, powietrze z przestworów międzykomórkowych zostaje wessane do przyrządu, a na jego miejsce wchodzi powietrze zewnętrzne przez szparki położone poza kloszem. Wytwarza się w ten sposób przepływ powietrza przez szparki, który jest tem szybszy, im szparki są szerzej otwarte. Obserwując szybkość spadania słupa wody w zstępującej części rurki T, można zmierzyć szybkość przepływu i obliczyć w przybliżeniu rozwartość szparek.



Ryc. 887. Porometr. — Według Franciszka Darwina.

Przechodzimy teraz do wpływu, wywieranego na transpirację przez wilgotność gleby. Jest to wpływ pośredni. Gleba zbyt sucha nie może dostarczyć roślinie dostatecznej ilości wody. Powoduje to zmniejszenie zawartości wody w roślinie, między innemi także w komórkach szparkowych. Szparki wtedy zwężają się i transpiracja słabnie. To samo zresztą dzieje się także niezależnie od wilgotności gleby przy niekorzystnym bilansie wodnym, spowodowanym przez nadmierne parowanie — szparki wówczas zamykają się. Są jednak niektóre rośliny, np. babka wodna *(Alisma Plantago)*, które nie zamykają swoich szparek przy nadmiernej utracie wody i które skutkiem tego łatwo usychają.

Pozostaje jeszcze rozpatrzyć wpływ, wywierany przez budowę anatomiczną powietrznych pędów na natężenie transpi-

racji. Jeżeli chodzi o transpirację nabłonkową, to jej natężenie zależy od wykształcenia zewnętrznej błony skórki. Gruba błona, mocno nasiąknięta kutyną, z dobrze wykształconym nabłonkiem osłabia bardzo silnie transpirację nabłonkową. Ważniejsza jest jednak transpiracja szparkowa. Natężenie jej zależy oczywiście przedewszystkiem od wymiarów szparek i gęstości ich rozmieszczenia na liściach i wogóle na pędach. Następnie silnie wpływa położenie komórek szparkowych względem powierzchni rośliny. Transpiracja zostaje osłabiona, jeżeli te komórki są zagłębione (ryc. 318), gdyż para wodna ma wtedy do przebycia dłuższą drogę, aniżeli u roślin, u których komórki szparkowe są położone na jednym poziomie ze zwykłemi komórkami skórki. Dalej pewien wpływ wywierają włoski, o ile tworzą gęsty wojłok na powierzchni rośliny. Utrudniają one ruchy powietrza przy powierzchni liścia i przez to osłabiają transpirację. Z drugiej jednak strony powiększają znacznie powierzchnię liścia, gdyż błony ich są w pewnym stopniu nasiąknięte wodą, tak samo jak wszystkie inne błony. Zwiększenie powierzchni musi wywoływać wzmożenie transpiracji. To drugie działanie włosków przeważa, gdyż rośliny, pokryte wojłokiem z włosków, transpirują naogół silniej od roślin o nagiej skórce.

W nocy, kiedy transpiracja słabnie albo ustaje zupełnie, u wielu roślin wydziela się woda w stanie płynnym. Jest to t. zw. wypacanie. Odbywa się ten proces zapomocą opisanych powyżej (str. 324) wypotników.

267. Bilans wodny. Zależnie od tego, czy roślina pobiera więcej wody, niż jej traci, czy też odwrotnie — zawartość wody w niej zwiększa się albo zmniejsza. W pierwszym przypadku bilans wodny jest dodatni, w drugim — ujemny. Jest on z reguły naprzemian dodatni i ujemny. Zazwyczaj w południowych godzinach dnia saldo jego jest ujemne skutkiem silnej transpiracji, wieczorem jest dodatnie, w nocy — równe zeru.

Rośliny naczyniowe regulują bilans wodny przy pomocy szparek w ten sposób, że zawartość wody w nich utrzymuje się pomimo ciągłych wahań naogół na pewnym korzystnym poziomie. Czynią to jednak tylko wtedy, jeżeli są przystosowane do otoczenia. Tak jest z roślinami dziko rosnącemi, gdyż nieprzystosowane należycie — giną. To też u nich tylko wyjątkowo można obserwować więdnięcie. Natomiast rośliny uprawne, umieszczone przez człowieka nieraz na stanowiskach

nieodpowiednich, często więdną w upalne dni, jak to można widzieć zwłaszcza w ogrodach botanicznych.

Przystosowanie się roślin do otoczenia pod względem gospodarki wodnej odbywa się w sposób bardzo różny. Jedne utrzymują korzystny bilans wodny przez to, że ich transpiracja jest słaba, co można widzieć u sukulentów (kaktusów zwłaszcza), odznaczających się dobrze zabezpieczoną skórką i małą ilością szparek. Inne osiągają ten sam skutek zapomocą dużego ciśnienia osmotycznego, które daje im możność szybkiego pobierania wody z gleby, jak to dzieje się u większości roślin stepowych i pustynnych. Inne jeszcze sięgają swojemi długiemi korzeniami do wody podskórnej, jak to jest np. u *Welwitschia*, żyjącej na terenie nieomal pozbawionym deszczów (por. str. 508) i t. d. Ta zdolność utrzymywania należytej zawartości wody w komórkach nazywa się kseryzmem, a rośliny, które ją posiadają w silnym stopniu — kserofitami. W przeciwieństwie do tego rośliny, wykazujące słabą sprawność w regulowaniu zawartości wody, noszą nazwę hygrofitów. Tych ostatnich nie należy mieszać z hydrofitami, roślinami wodnemi, które mają zawsze poddostatkiem wody.

W przeciwieństwie do roślin naczyniowych rośliny niższe — do mszaków włącznie — kseryzmu nie mają. O ile rosną na powietrzu, poddają się one biernie wpływom otoczenia, w szczególności wyparowują wodę, tak jak ciała martwe. Skutkiem tego zawartość wody waha się u nich w bardzo szerokich granicach. Rośliny te przetrzymują okresy suszy przez to tylko, że wysychanie powstrzymuje wprawdzie większość ich czynności życiowych, ale nie powoduje śmierci.

ROZDZIAŁ IX

ODŻYWIANIE ZIELONYCH ROŚLIN SAMOŻYWNYCH

268. Rośliny samożywne i cudzożywne. Ogromna większość roślin posiada chlorofil: wiciowce, sinice, siemieniowce, glony, mszaki, paprotniki i nasienne. Tylko śluzowce, bakterje i grzyby, a nadto wyjątkowe formy innych typów nie wytwarzają tego barwika. Rośliny, zawierające chlorofil, obejmuje się zwykle nazwą zielonych, jakkolwiek jego zielona barwa jest w wielu przypadkach (u sinic, brunatnic, krasnorostów i t. d.) zamaskowana innemi dodatkowemi barwikami.

Obecność chlorofilu jest oznaką szczególnego sposobu odżywiania. Rośliny zielone do swoich procesów życiowych zużytkowują z otoczenia tylko substancje nieorganiczne i energję promienistą. Pokarmami służy im woda, sole mineralne, dwutlenek węgla i tlen. Potrzebne im, tak samo jak wszystkim innym roślinom, substancje organiczne wyrabiają one z substancyj nieorganicznych. Energję promienistą pochłaniają omawiane rośliny przy pomocy chlorofilu i pewną jej część magazynują we wspomnianych związkach organicznych w formie energji chemicznej. Energja ta jest w miarę potrzeby uwalniana przez utlenianie związków organicznych albo ich rozkład w procesie oddychania. Rośliny zielone skutkiem opisanego sposobu odżywiania mogą istnieć niezależnie od wszystkich innych, otrzymały przeto nazwę roślin samożywnych.

W przeciwieństwie do roślin zielonych, rośliny bezzieleniowe potrzebują, oprócz pokarmów nieorganicznych, także gotowych związków organicznych i nie zużytkowują energji promienistej. Pobierają one z otoczenia wodę, sole mineralne, tlen i związki organiczne. Niektóre z nich obchodzą się bez tlenu, niektóre inne zużytkowują wolny azot. Ponieważ związki organiczne, występujące w przyrodzie, pochodzą bezpośrednio albo pośrednio od roślin samożywnych, rośliny bezzieleniowe nie mogą istnieć bez tych ostatnich i noszą nazwę cudzożywnych. Energję potrzebną do życia pobierają te rośliny z otoczenia wraz z pokarmami organicznemi w formie energji chemicznej.

Początkowo myślano, że wszystkie rośliny bezzieleniowe są cudzożywne. Później jednak okazało się, że pewna część bakteryj pomimo braku chlorofilu odżywia się tylko substancjami nieorganicznemi i wyrabia z nich związki organiczne. Bakterje te wyzyskują jednak zupełnie inne źródło energji. Zamiast promieniowania zużytkowują energję chemiczną zawartą w różnych związkach nieorganicznych: w siarkowodorze, amonjaku i t. d. Energja ta zostaje uruchomiona przez utlenienie tych substancyj.

Wśród bakteryj znaleziono jeszcze jeden osobliwy rodzaj organizmów samożywnych — bakterje purpurowe. Bakterje te zużytkowują energję promienistą, chłonąc ją przy pomocy osobliwego czerwonego barwika. Pomimo braku chlorofilu sposób odżywiania ich jest naogół podobny do roślin zielonych.

Ostatecznie rośliny mogą być z punktu widzenia fizjologji odżywiania podzielone na trzy grupy: na zielone samożywne, bezzieleniowe samożywne i cudzożywne. Zielone rośliny samożywne będą rozpatrzone w tym rozdziale, bezzieleniowe samożywne i cudzożywne — w dwóch następnych.

269. Pokarmy zielonych roślin samożywnych. Jak to już było podane w poprzednim ustępie, zielone rośliny samożywne żywią się samemi tylko substancjami nieorganicznemi, zużytkowując wodę, sole mineralne, dwutlenek węgla i tlen. Do tego trzeba dodać tę uwagę, że jakkolwiek omawiane rośliny nie potrzebują pokarmów organicznych, mogą jednak pobierać i przerabiać substancje organiczne. Udało się nawet wyhodować wiele roślin bez dwutlenku węgla, żywiąc je substancjami organicznemi. Rośliny w tych warunkach ulegały wprawdzie pewnym zmianom, ale przebywały całkowity cykl rozwojowy od nasienia do kwitnienia i wydania owoców i nowych nasion. W warunkach naturalnych substancje organiczne nie odgrywają żadnej poważniejszej roli w odżywianiu zielonych roślin samożywnych, gdyż gleba zawiera głównie substancje próchnicowe, nierozpuszczalne w wodzie, trudne do zużytkowania.

Zielone rośliny samożywne przyswajają pobrane z otoczenia pokarmy, to znaczy przerabiają je na złożone związki organiczne, w szczególności z dwutlenku węgla i wody tworzą cukry i tlen. W tych procesach biorą wybitny udział także sole mineralne. Tlen natomiast tylko w nieznacznym stopniu przyczynia się do wytwarzania związków organicznych. Jego właściwa rola w życiu rośliny jest całkiem inna. Służy on głównie do uruchomiania zapasów energji chemicznej, gromadzonej w związkach organicznych. Przy jego pomocy związki te są utleniane w procesie, zwanym oddychaniem, i potencjalna energja chemiczna przechodzi częściowo w energję wolną, potrzebną do wykonywania różnych czynności życiowych, częściowo zaś zamienia się w ciepło.

Ważniejsze procesy przyswajania, dokonywane przez zielone rośliny samożywne, będą rozpatrzone w dwóch dalszych ustępach.

270. Udział soli mineralnych w odżywianiu zielonych roślin samożywnych. Już stała obecność popiołu wśród produktów spalania roślin wskazuje na niezbędność soli mineralnych dla nich, i to nietylko dla samożywnych, ale i dla cudzożywnych. Kultury w odpowiedni sposób przeprowadzone nietylko potwierdzają to przypuszczenie, ale dają możność bliższego

zbadania, jakie sole są potrzebne i jaką rolę odgrywają w życiu rośliny. Najważniejsze są kultury wodne, wprowadzone do fizjologji roślin przez SACHSA i KNOPA. Wyniki, otrzymane przy ich pomocy, są epokowe, gdyż nietylko wyjaśniły wymagania roślin względem soli mineralnych, ale nadto dowiodły, że rośliny zielone mogą rozwijać się zupełnie normalnie, nie pobierając z otoczenia żadnych substancyj organicznych.

Kultury wodne prowadzi się w sposób następujący. Młodą roślinkę, wykiełkowaną z nasienia, umocowuje się przy pomocy odpowiednio wyciętego korka w naczyniu, wypełnionem roztworem soli mineralnych (ryc. 888), tak żeby korzenie były zanurzone w roztworze, pędy zaś znajdowały się na powietrzu. Doświadczenia wykazały, że jeżeli ten roztwór soli jest odpowiednio przygotowany, roślina rozwija się normalnie, rośnie, kwitnie i wydaje owoce i nasiona. Pewne rośliny wprawdzie rosną w kulturach wodnych gorzej, niż w ziemi, pochodzi to jednak od różnych okoliczności, niezależnych od odżywiania, np. jest powodowane przez niedostateczny dostęp powietrza do korzeni. Niektóre rośliny przeciwnie rosną lepiej w wodnych kulturach, niż w glebie; taką jest naprzykład gryka, przedstawiona na ryc. 888.

Dobierając rozmaite sole do pożywek, przekonano się, że zielone rośliny samożywne mogą odżywiać się przy pomocy rozmaitych soli. Naprzykład równie dobre wyniki otrzymuje się przy pomocy pożywek KNOPA i v. d. CRONE, które zawierają tylko jedną sól wspólną:

Pożywka KNOPA:		Pożywka v. d. CRONE:	
H_2O	1 000 *g*	H_2O	1 000 *g*
$MgSO_4$	0.25 „	$MgSO_4$	0.50 „
K_2HPO_4	0.25 „	KNO_3	1.00 „
KCl	0.12 „	$CaSO_4$	0.50 „
$Ca(NO_3)_2$	1.00 „	$Ca_3(PO_4)_2$	0.25 „
$FeCl_3$	ślady	$Fe_3(PO_4)_2$	0.25 „

Przyczyną tego jest dysocjacja elektrolityczna, której ulegają sole w roztworze. Dysocjacja jest, jak wiadomo, rozkładem odwracalnym. Skutkiem tego rozkład ten jest częściowy. Stopień jego zależy od natury soli, temperatury i stężenia roztworu. Szczególnie ważną rzeczą dla naszego zagadnienia jest zależność dysocjacji od stężenia. Wzmaga się ona silnie z rozcieńczeniem roztworu. Otóż roztwory glebowe, z których roślina czerpie potrzebne jej sole, są bardzo rozcieńczone.

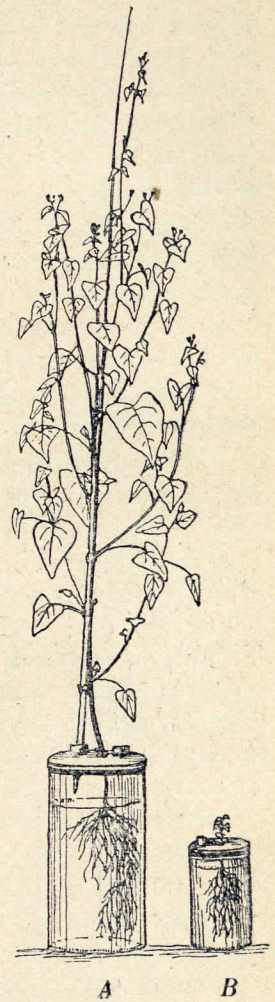
Skutkiem tego sole w nich są prawie całkowicie rozłożone na jony. Roślina przeto ma bardzo mało nierozłożonych drobin soli do dyspozycji i pobieranie pokarmów mineralnych odbywa się tak, jakgdyby w glebie były same tylko jony. Roślina każdy rodzaj jonów pobiera osobno. Wobec tego zagadnienie odżywiania mineralnego polega przedewszystkiem na określeniu, jakie jony soli mineralnych są roślinie potrzebne. Jest przytem obojętne, z jakich soli one pochodzą: roślina potrzebuje pewnych określonych jonów, nie potrzebuje żadnych określonych soli.

Ujmując i dodając do pożywki różne sole, stwierdzono, że zielone rośliny samożywne potrzebują następujących jonów:

Katjonów: *K, Ca, Mg, Fe, Zn*
Anjonów: NO_3, SO_5, PO_4.

Nadto niektóre rośliny, jak melony, pomidory, różne motylkowate (bób, koniczyna, lucerna, ale nie groch!) potrzebują jonów kwasu borowego BO_3. Wreszcie morskie glony potrzebują sodu, a okrzemki krzemionki.

Żaden z tych jonów nie może być zastąpiony przez inny, z wyjątkiem tylko jonów NO_3, zamiast których może być wzięty NH_4. Brak jednego bodaj z tych składników pokarmowych powstrzymuje rozwój rośliny, jak to np. widoczne jest z ryc. 888.



Ryc. 888. Wodne kultury gryki *(Fagopyrum esculentum)*. *A* w pełnej pożywce, *B* w pożywce bez soli potasowych. — Według NOBBEGO.

Wyliczonych powyżej jonów roślina potrzebuje w różnych ilościach. Pod tym względem jony *Fe, Zn* i BO_3 różnią się od wszystkich innych: roślina zużywa je w bardzo małej ilości. Zwłaszcza minimalne jest jej zapotrzebowanie cynku i boru. Jest ono tak małe, że dopiero w ostatnich latach stwierdzono ich niezbędność. Drobne zanieczyszczenia chemikaljów, kurz, rozpuszczanie się szkła w wodzie i t. p. przyczyny wystarczają, by dostar-

czyć roślinom w kulturach wodnych dostatecznych ilości cynku i boru. Naprzykład dla bobu wystarcza dawka 1 : 2,500.000 kwasu borowego. Gleby naturalne zawierają żelaza, cynku i boru zawsze w dostatecznej ilości.

Pobieranie soli mineralnych jest zjawiskiem złożonem. Dawniej myślano, że proces ten jest uzależniony od pobierania wody. Według tej koncepcji sole miały być wciągane do korzeni wraz z wodą. Okazało się jednak, że pobieranie soli nie stoi w żadnym bezpośrednim stosunku do pobierania wody. Szczególnie jaskrawym tego dowodem jest fakt, że sukulenty, odznaczające się specjalnie słabą transpiracją, a więc mało pobierające wody, zawierają najwięcej popiołu — do 50%, podczas gdy zwykła zawartość jest 10—20% suchej masy. Okazało się także, że roślina, hodowana w suchem powietrzu, zawiera taki sam procent popiołu, co taka sama roślina, wyrosła w powietrzu wilgotnem na takiej samej glebie.

Mechanizm pobierania nie jest jeszcze należycie wyjaśniony. Dotychczasowe nasze wiadomości można streścić w sposób następujący. Roślina nie zachowuje się biernie wobec jonów i drobin soli, które wchodzą do niej w drodze dyfuzji albo są przynoszone przez prąd wody, wstępujący do korzeni. Dokonuje ona wyboru między niemi, pobierając je w stosunku innym, niż ten, w jakim one występują w roztworze glebowym. Dowodzi tego np. porównanie między składem popiołu rzęsy *(Lemna)* a składem soli w wodzie, skąd ta roślina pobiera sole. Analizy Wolffa dały taki wynik:

Na 100 części substancyj mineralnych zawiera (poza azotem):

	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl
Woda	5·2	7·6	45·6	16·0	0·9	3·4	10·8	4·2	8·0
Rzęsa	18·3	4·1	21·9	6·0	9·6	11·4	7·9	16·0	5·0

Widoczne jest z tego zestawienia, że roślina pobrała stosunkowo więcej potasu, kwasu fosforowego, żelaza i krzemionki, niż jej zawiera woda, natomiast mniej sodu, wapnia, magnu, kwasu siarczanego i chloru. Przyczyną tych różnic jest przedewszystkiem różna przepuszczalność protoplazmy dla poszczególnych jonów i drobin. Większe ilości składników mineralnych mogą gromadzić się w korzeniu skutkiem wiązania pobranych substancyj w protoplazmie: przechodzą one wtedy w stan nierozpuszczalny i zostaje w ten sposób utrzymany gradjent koncentracji, niezbędny dla ruchu dyfuzyjnego. Nadto odgrywają tu ważną rolę procesy adsorbcji przez koloidalne składniki komórki, jak to wykazał Niklewski: korzenie mogą adsorbować dużo jonów i to w różnym stopniu, zależnie od ich natury.

Poza tem wszystkiem trzeba tu wziąć pod uwagę i proces odwrotny. Sole nietylko wchodzą w rośliny, ale także z niej wychodzą. Dowodzą tego kultury Wilfartha, Römera i Wimmera z jęczmieniem. Autorzy ci wybierali z tej samej polnej kultury w różnych okresach wegetacji pewną ilość roślin z korzeniami i poddawali je analizie. Okazało się, że ilość pobranych substancyj mineralnych z początku silnie zwiększała się w miarę wzrostu roślin, później jednak stopniowo malała. Wyniki były następujące:

Zawartość składników mineralnych w jęczmieniu w *kg* na *ha*:

Data zbioru	N	K_2O	P_2O_5
29. V	57·3	82·8	21·2
17. VI	86·6	143·0	41·1
3. VII	71·3	120·4	43·7
27. VII	64·5	92·9	40·8

Największy ubytek był w potasie, dochodząc w ostatnim zbiorze do 35%.

Wydzielanie jonów przez korzenie powoduje w roztworze glebowym bardzo ciekawe zmiany kwasowości. Zdarza się mianowicie, że roślina pobiera więcej dodatnich jonów soli, niż ujemnych. Powstające przez to napięcie elektryczne powoduje przejście odpowiedniej ilości jonów dodatnich w przeciwnym kierunku. Będą wśród nich między innemi jony wodorowe, nastąpi przeto zakwaszenie roztworu glebowego. Tak się dzieje np. przy nawożeniu siarczanem amonu, z którego roślina pobiera więcej dodatnich jonów amonowych, aniżeli ujemnych jonów kwasu siarczanego. Jeżeli roślina pobiera więcej jonów ujemnych, niż dodatnich, nastąpi proces odwrotny — zalkalizowanie roztworu glebowego, spowodowane przez przejście ujemnych jonów wodorotlenowych z rośliny do gleby; dzieje się to np. przy użyciu saletry sodowej, z której roślina pobiera więcej jonów NO_3, aniżeli Na. Na tej zasadzie mówi się, że siarczan amonu jest solą fizjologicznie kwaśną, saletra sodowa — solą fizjologicznie zasadową.

Sole tylko wtedy są pobierane przez rośliny, jeżeli są rozpuszczone w wodzie. Do tego wystarcza jednak nawet bardzo słaba rozpuszczalność. Rośliny bowiem nie potrzebują naraz wielkich ilości soli, a poza tem rozpuszczają sole przy po-

mocy wydzielonych z korzeni kwasów. Kwaśne wydzieliny korzeni można uwidocznić z łatwością. W tym celu wkłada się na dno doniczki polerowaną płytę marmurową, na którą następnie sypie się ziemię. Jeżeli się będzie hodowało w przyrządzonej w ten sposób doniczce jakąkolwiek roślinę, to na płycie zostaną wyryte ślady korzeni skutkiem rozpuszczenia marmuru pod wpływem wydzielonych kwasów. Natura tych kwasów nie jest dokładnie znana. Są to obok kwasu węglowego jakieś kwasy organiczne. Kwaśne wydzieliny korzeniowe wywierają silny wpływ na pobieranie składników mineralnych z gleby skutkiem zrastania się włośników z cząsteczkami gleby (ryc. 889). Na rozpuszczanie soli pokarmowych w glebie i na ich pobieranie przez korzenie wielki wpływ wywiera także kwasowość gleby, jak o tem już była wzmianka w ust. 264.



Ryc. 889. Włośnik z przyrośniętemi do niego cząsteczkami gleby. — Według Strasburgera.

W naturalnych warunkach soli mineralnych potrzebnych dla odżywiania roślin zwykle nie braknie, gdyż sole pobrane przez rośliny powracają do gleby po ich śmierci. W glebie uprawnej natomiast bardzo często występuje brak pewnych mineralnych składników pokarmowych z powodu usuwania roślin wraz pobranemi przez nie solami. Wywołuje to konieczność dodawania do gleby brakujących składników mineralnych, co nosi nazwę nawożenia. W praktyce chodzi tylko o składniki potasowe, azotowe i fosforowe. Inne są w glebie zawsze w dostatecznej ilości. Jeżeli dodaje się wapna, to nie z powodu braku jonów wapniowych, lecz dla zobojętnienia kwasów próchnicowych.

Odrębne stanowisko pod względem odżywiania solami mineralnemi zajmują motylkowate i niektóre inne rośliny nasienne z powodu symbiozy z bakterjami, wiążącemi azot powietrzny. Rośliny te mogą rosnąć doskonale na glebie, nie zawierającej azotanów, ani soli amonowych, bo wspomniane bakterje dostarczają im związków azotowych. O tych bakterjach będzie jeszcze mowa w ust. 281.

Pobrane z gleby jony są przez roślinę przyswajane, to znaczy zużytkowywane do wytworzenia różnych potrzebnych jej substancyj, z reguły natury organicznej. Udział przyjmowany przez poszczególne jony w tych procesach jest jeszcze mało znany. Najlepiej jest znana rola jonów: NH_4, NO_3, SO_4, PO_4. Są one zużytkowywane przy wytwarzaniu ciał białkowych.

Jak to będzie wyjaśnione dokładniej w ust. 287, ciała te składają się głównie z kwasów α-aminowych o ogólnym wzorze:

$$R-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$$

Kwasy te są wytwarzane przez roślinę osobno, a następnie łączą się ze sobą, budując wielkie drobiny ciał białkowych. Powstają kwasy α-aminowe z α-oksykwasów przez przyłączenie do nich jonów NH_4 i OH:

$$R-CHOH-COOH + NH_4 + OH = R-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH + 2H_2O$$

Jeżeli roślina otrzymuje jony NO_3, to są one z początku odtleniane na amon, względnie na amonjak, i dopiero wtedy zostają zużyte do syntezy ciał białkowych. Odtlenieniu ulegają także jony SO_4, gdyż siarka wchodzi w skład ciał białkowych w formie nieutlenionej, a mianowicie bierze udział w budowie drobiny jednego z kwasów aminowych, zwanego cystyną:

$$COOH-CH(NH_2)-CH_2-S-S-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

W przeciwieństwie do jonów azotowych i siarkowych jony fosforowe PO_4 są zużytkowywane bez odtlenienia przy syntezie ciał białkowych.

Rola metalowych katjonów w życiu roślin jest mniej znana. Magn wchodzi w skład chlorofilu. Potas i żelazo odgrywają jakąś rolę przy tworzeniu tego barwika, jakkolwiek nie wchodzą w skład jego drobiny. Wynika to z faktu, że chlorofil nie tworzy się u roślin, hodowanych na pożywkach, nie zawierających soli potasowych i żelazowych. Poza tem metale, szczególnie żelazo, wchodzą w skład fermentów, substancyj przyśpieszających katalitycznie przemiany chemiczne, odbywające się w roślinach (ust. 284).

Roślina pobiera nietylko jony potrzebne, ale i zbędne, szczególnie dużo sodu. Jakkolwiek nie są one konieczne, odgrywają one pewną rolę w życiu rośliny. Sód ma nawet niemałe znaczenie, ułatwiając przeprowadzanie substancyj organicznych. Krzemionka wchodzi w skład błon komórkowych u traw i skrzypów, nadając im większą twardość, co ma pewne znaczenie ochronne, i t. p.

Poza swojem działaniem odżywczem pokarmy wywierają nieraz działanie pobudzające. Zjawisko to było po raz pierwszy zauważone przez RAULINA na kulturach grzybów. Już dodanie 0·0005% siarczanu cynku do pożywki wywołało wyraźny przyrost wagi, dodanie zaś 0·003% powodowało podwojenie wagi. Przy tej koncentracji działanie soli cynkowych było najsilniejsze: dalsze powiększenie koncentracji wywoływało ubytek wagi. Później stwierdzono podobne, jakkolwiek słabsze, działania na zielonych roślinach samożywnych, glonach i nasiennych. Niektóre sole, nie będące pokarmami, wywierają również działania pobudzające, o ile są stosowane w bardzo małych dawkach, np., sole manganu mogą spowodować u zbóż zwiększenie plonu do 22·5%.

Zbyt wielka koncentracja rozpuszczalnych soli w podłożu wpływa szkodliwie na rozwój roślinności. Tego rodzaju warunki w przyrodzie spotykamy na terenach solniskowych, gdzie gleba jest przesycona chlorkiem sodu. Szkodliwy wpływ nadmiaru tej soli pochodzi częściowo z trującego działania jonów chlorowych, częściowo z wielkiego ciśnienia osmotycznego, działającego na korzenie. Tylko niektóre rośliny, t. zw. słonorośla czyli halofity, mogą swobodnie rozwijać się na takich terenach. Rośliny te jednak nie potrzebują chlorku sodu i doskonale rosną w sztucznych kulturach w zwykłej ogrodowej glebie. Tylko co do solirodka *(Salicornia herbacea)* (ryc. 628) stwierdzono dodatni wpływ soli na rozwój. Jeżeli słonorośla występują w przyrodzie wyłącznie na solniskach, pochodzi to głównie stąd, że na takich stanowiskach są one ochronione przed konkurencją innych roślin, które nie znoszą tak wielkiej koncentracji soli.

Obfitość węglanu wapnia w glebie działa na roślinność jedynie przez osłabienie kwasowości gleby, jak to już było wyjaśnione w ust. 264.

271. Przyswajanie dwutlenku węgla przy pomocy energji świetlnej. [1]) Przyswajanie albo asymilacja dwutlenku węgla przez zielone rośliny samożywne jest jednym z najważniejszych procesów chemicznych, odbywających się na kuli ziemskiej, gdyż stanowi źródło wszystkich związków organicznych, jakie znajdujemy w roślinach, zwierzętach i martwej

[1]) Obecny stan naszych wiadomości o przyswajaniu dwutlenku węgla jest przedstawiony w książce STILESA p. t. „Photosynthesis. The assimilation of carbon by green plants“ (London, 1925).

przyrodzie. Jest to endotermiczny proces fotochemiczny, odbywający się kosztem energji promieniowania słonecznego. Podobny proces odbywa się także kosztem energji chemicznej w bezzieleniowych roślinach samożywnych, o których będzie mowa w następnym rozdziale, ale ta odmiana procesu przyswajania odgrywa o wiele mniejszą rolę.

Przyswajanie dwutlenku węgla przez zielone rośliny jest procesem złożonym z wielu reakcyj chemicznych. Nie wszystkie one mają charakter fotochemiczny. Dowodzi tego fakt, że temperatura wywiera silny wpływ na szybkość tego procesu, podczas gdy reakcje ściśle fotochemiczne odbywają się z tą samą szybkością przy różnych temperaturach.

W omawianym procesie biorą udział 3 substancje: dwutlenek węgla, woda i barwik, którym jest zwykle chlorofil, u glonów i sinic nadto fikocyjanina i fikoerytryna. U bakteryj purpurowych taką rolę odgrywa osobliwy czerwony barwik. Substancje te podlegają nieznanym bliżej złożonym przemianom i ostatecznie wytwarza się prosty cukier (glikoza albo fruktoza) i tlen, a nadto odtwarza się barwik w pierwotnej postaci. Biorąc pod uwagę tylko początkową i końcową fazę procesu, można go przedstawić zapomocą równania:

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{barwik} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + \text{barwik} \qquad (A)$$

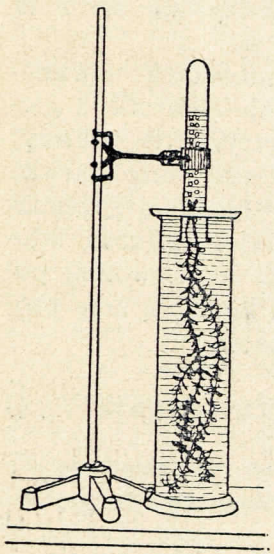
U bakteryj purpurowych rolę wody w tym procesie odgrywa siarkowodór. Równanie przybiera wobec tego formę:

$$6CO_2 + 6H_2S + \text{barwik} = C_6H_{12}O_6 + 6S + 3O_2 + \text{barwik}.$$

Równanie *(A)* jakkolwiek jest sumaryczne, oddaje bardzo cenne usługi w badaniu przyswajania dwutlenku węgla. Wykazuje ono przedewszystkiem, że obok cukru tworzy się w tym procesie tlen i to w równej objętości ze zużytkowanym dwutlenkiem węgla. Następnie równanie to dowodzi, że przyswajanie dwutlenku węgla jest procesem silnie endotermicznym. W istocie reakcja odwrotna, to znaczy spalanie glikozy w tlenie, jest reakcją eksotermiczną, uwalniającą 674 *kg-cal.* na każdy mol glikozy. Przyswajanie dwutlenku węgla jest zatem połączone z pochłonięciem i związaniem takiej samej ilości energji w każdym molu wytworzonej glikozy. Energji tej dostarcza roślinie światło.

Najprostszym sposobem badania przyswajania dwutlenku węgla jest metoda liczenia pęcherzyków gazu. W tym

celu bierze się pęd jakiejkolwiek wodnej rośliny, zwykle *Elodea canadensis,* i zanurza się go w wodzie, źródlanej albo lepiej w odstałej wodzie sodowej, która przestała wydzielać dwutlenek węgla, ale jeszcze zawiera go w roztworze w znacznej ilości (ryc. 890). Jeżeli doświadczenie będzie wykonane na silniejszem świetle, np. na bezpośredniem świetle słonecznem, to z przekroju łodygi będą się wydzielały pęcherzyki gazu, który można zebrać w zwykły sposób w próbówce, wypełnionej wodą i odwróconej dnem do góry. Tlejąca drzazga, wprowadzona do tej próbówki, zapala się płomieniem, co świadczy o znacznej zawartości tlenu w wydzielanym przez roślinę gazie. Jeżeli naczynie z rośliną przenieść w miejsce, gdzie oświetlenie jest słabsze, wydzielanie pęcherzyków gazu słabnie albo ustaje zupełnie. Z tego doświadczenia wypływa, że światło jest koniecznym czynnikiem przyswajania dwutlenku węgla i że podczas tego procesu wydziela się tlen. To samo urządzenie może służyć do wykazania, że istotnie dwutlenek węgla, a nie coś innego ulega przerobieniu w roślinie. Wystarczy związać rozpuszczony w wodzie dwutlenek węgla przez dodanie pewnej ilości wody wapiennej, ażeby wydzielanie gazu natychmiast ustało. Ten sam skutek powoduje przeniesienie rośliny do przegotowanej wody, wolnej od dwutlenku węgla. Opisana metoda może być użyta również do ilościowego badania asymilacji. Pęcherzyki, wydzielane przez daną roślinę, są mniej więcej tej samej wielkości i zawierają mniej więcej tę samą ilość tlenu. Licząc przeto, ile ich roślina wydziela w pewnym czasie, można uzyskać wzgląd w ilościowy przebieg zjawiska. Nie daje to liczb absolutnych, bo różne rośliny wydzielają pęcherzyki gazu różnej wielkości i różnego składu, ale pomimo tego w wielu przypadkach osiąga się bardzo cenne wyniki.

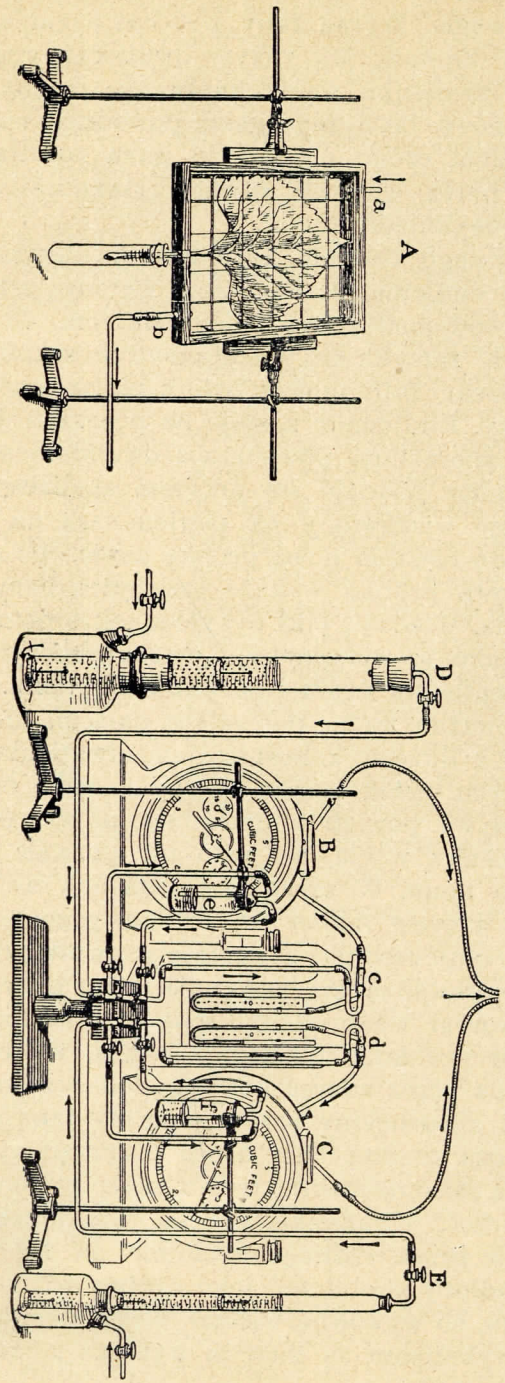


Ryc. 890. Wydzielanie pęcherzyków gazu przez pęd *Elodea canadensis* na świetle. — Według Nolla.

Pod względem fizycznym wydzielanie pęcherzyków gazu przez wodne rośliny jest zjawiskiem, powodowanem przez dopływ dwutlenku węgla z wody do przestworów międzykomórkowych, które u wodnych roślin są bardzo obszerne (por. ryc. 301 i 302). Przestwory te są wypełnione mieszaniną tlenu, azotu i dwutlenku węgla. Wytwarzany podczas asymilacji tlen zajmuje taką samą objętość, jak zużyty dwutlenek węgla. Zamiast zużywanego dwutlenku węgla napływają jednak ciągle w drodze dyfuzji nowe ilości tego gazu, powodując zwiększenie ciśnienia, skutkiem czego pęcherzyki gazu zostają wypychane nazewnątrz przez wszelkie otwory, komunikujące się z przestworami międzykomórkowemi.

Dla dokładniejszego badania asymilacji dwutlenku węgla używa się metody eudjometrycznej albo metody przepływu powietrza. Metoda eudjometryczna polega na tem, że roślinę albo pewną jej część zamyka się w eudjometrze, szklanem naczyniu tak urządzonem, żeby można było z niego brać próbki powietrza do analizy. Eudjometr zostaje na początku doświadczenia wypełniony mieszaniną powietrza z dwutlenkiem węgla. Próbkę tej mieszaniny poddaje się przytem analizie. Następnie przyrząd zostaje wystawiony na pewien czas na światło, poczem bierze się do badania nową próbkę zawartego w eudjometrze gazu. Ta nowa próbka wykaże przybytek tlenu i ubytek dwutlenku węgla. Wiedząc, jaki był stosunek objętości próbek do objętości gazu w eudjometrze, można obliczyć, ile roślina pochłonęła dwutlenku węgla i ile wydzieliła tlenu. Ta metoda ma bardzo poważną wadę, polegającą na tem, że wypada przy niej pracować z dużemi koncentracjami dwutlenku węgla, gdyż przy mniejszych wyniki analiz byłyby za mało dokładne.

Metoda przepływu powietrza umożliwia użycie wszelkich koncentracyj dwutlenku węgla, ale zato nie pozwala mierzyć ilości wydzielonego tlenu. W zasadzie polega ona na tem, że przez naczynie, w którem mieści się roślina, przepuszcza się prąd powietrza z odpowiednią zawartością dwutlenku węgla i powietrze to przeprowadza się następnie przez przyrząd absorbcyjny z roztworem wodorotlenku potasu albo baru (ryc. 891). Wodorotlenek pochłania dwutlenek węgla, którego ilość może być oznaczona przez miareczkowanie. Jednocześnie przez podobny przyrząd absorbcyjny przepuszcza się taką samą objętość powietrza poza rośliną. Ten drugi przyrząd absorbcyjny wykaże większą ilość dwutlenku węgla, niż pierwszy. Różnica obu ilości daje ilość dwutlenku, przyswojoną przez roślinę. Ilość wydzielonego przez roślinę tlenu nie da się przytem oznaczyć, bo wypadłoby ją obliczać jako drobną różnicę dwóch wielkich ilości gazu, co wywołuje wielkie błędy doświadczalne. W praktycznem wykonaniu ta metoda wymaga złożonej aparatury.

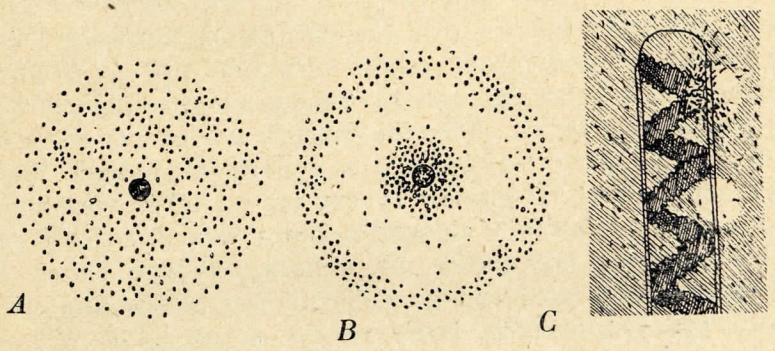


Ryc. 891. Aparatura Brown'a i Escombe'a do badań nad przyswajaniem dwutlenku węgla metodą przepływu. — *A* Oszklona ramka z liściem. — *B* i *C* Gazometry. — *D* i *E* Aparaty do pochłaniania dwutlenku węgla, *a* rurka doprowadzająca powietrze do rośliny, *b* rurka odprowadzająca powietrze z ramki do aparatu *D*, *c* i *d* manometry.

Przy obu opisanych powyżej metodach trzeba uważać na to, że roślina, zawarta w szklanem naczyniu, rozgrzewa się pod wpływem promieniowania. Trzeba ją chłodzić przez odpowiednie dodatkowe urządzenia i mierzyć jej temperaturę przy pomocy termostosów.

Wszelkie badania nad przyswajaniem dwutlenku węgla muszą brać pod uwagę jeszcze tę okoliczność, że jednocześnie z tym procesem odbywa się oddychanie, które powoduje odwrotną wymianę gazów: pochłanianie tlenu i wydzielanie dwutlenku węgla. To, co się obserwuje, jest różnicą między obu procesami. Roślina zużywa nietylko dwutlenek węgla, pobrany z otoczenia, ale nadto gaz ten wytworzony przez oddychanie. Dla wprowadzenia odpowiedniej poprawki do wyników doświadczeń zaciemnia się roślinę, ażeby uniemożliwić przyswajanie, i mierzy się, ile wydzieli się dwutenku węgla i ile zużyje się tlenu skutkiem oddychania, które nie ustaje nigdy, dopóki roślina żyje. Naturalnie tego rodzaju poprawka jest tylko przybliżona, bo nie jest wykluczone, że natężenie oddychania zmienia się pod wpływem światła.

Natężenie asymilacji, oznaczone bez uwzględnienia oddychania, nazywa się pozornem, przez dodanie poprawki na oddychanie otrzymuje się natężenie asymilacji rzeczywiste. Natężenie to można określić przez ilość zużytego dwutlenku węgla, wydzielonego tlenu lub wytworzonych substancyj organicznych. Wspomniane ilości odnosi się do jednostki czasu (zwykle godziny) i jednostki masy lub powierzchni rośliny.



Ryc. 892. *A* Kulista komórka zielenicy, otoczona jednorodnym rojem bakteryj w ciemności. — *B* Ten sam preparat po krótkiem oświetleniu. — *C* Komórka skrętnicy, oświetlona w dwóch miejscach; bakterje gromadzą się tylko tam, gdzie światło pada na chloroplast. — Według Engelmanna.

Przyswajanie dwutlenku węgla odbywa się wyłącznie w chloroplastach albo, jeżeli jak to jest u sinic niema chloroplastów, w częściach protoplazmy, zawierających chlorofil. Wykazanie tego jest możliwe tylko przy pomocy t. zw. metody bakterjalnej, wynalezionej przez Engelmanna. Metoda bakterjalna zużytkowuje wrażliwość niektórych bakteryj na tlen. Przy słabej koncentracji tlenu pozostają one nieruchome, przy silniejszej — poruszają się w stronę większej koncentracji tego gazu. Dzięki temu można wykazać obecność najmniejszych nawet ilości tlenu, wydzielanych podczas przyswajania dwutlenku węgla. Jeżeli wobec tego komórkę jakiejkolwiek zielenicy umieścimy w kropli cieczy, zawierającej wzmiankowane bakterje, to skupią się one naokoło komórki, skoro

tylko preparat zostanie oświetlony (ryc. 892, *A* i *B*). Jeżeli się weźmie jakąś większą komórkę, np. komórkę skrętnicy, i oświetli się ją częściowo w różnych miejscach, to bakterje skupią się tylko tam, gdzie światło pada na ciałko zieleni (ryc. 892, *C*). Doświadczenie to dowodzi, że bezbarwna protoplazma nie przyswaja dwutlenku węgla.

Że przyswajanie dwutlenku węgla odbywa się tylko w ciałkach zieleni, jest łatwo zrozumiałe, gdyż światło tylko wtedy wpływa na przebieg reakcji chemicznej, jeżeli jest pochłaniane przez ciała, biorące udział w reakcji. W komórce roślinnej ciałem chłonącem światło jest chlorofil, znajdujący się w ciałkach zieleni. Ważna rola, odgrywana przez chlorofil w procesie przyswajania dwutlenku węgla, wywołuje konieczność bliższego rozpatrzenia tego barwika i wogóle barwików, zawartych w chloroplastach. Jak wiadomo (str. 21 i 22) oprócz chlorofilu ciałka zieleni zawierają jeszcze dwa barwiki żółte: karotynę i ksantofil. Nadto u niektórych roślin niższych, np. u brunatnic i krasnorostów, są dodatkowe barwiki, maskujące chlorofil.

Rozpoczniemy od chlorofilu. Barwik ten tworzy się u wyższych roślin tylko na świetle, z wyjątkiem jednak liścieni drzew szpilkowych. U glonów tworzy się on także w ciemności. W procesie powstawania chlorofilu biorą udział związki potasowe i żelazowe, jakkolwiek nie wchodzą w jego skład. Pod względem składu chemicznego chlorofil jest mieszaniną dwóch substancyj organicznych, które różnią się od siebie stopniem utlenienia. Są to:

$$\text{Chlorofil } a \; C_{32}H_{30}ON_4Mg < \begin{matrix} COO \,.\, CH_3 \\ COO \,.\, C_{20}H_{39} \end{matrix}$$

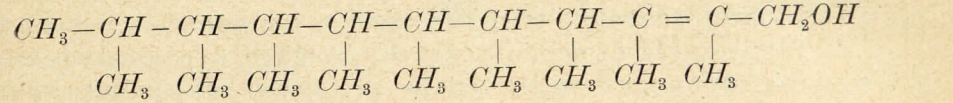
$$\text{Chlorofil } b \; C_{32}H_{28}O_2N_4Mg < \begin{matrix} COO \,.\, CH_3 \\ COO \,.\, C_{20}H_{39} \end{matrix}$$

Jak wypływa z tych wzorów, chlorofil *b* zawiera o jeden atom tlenu więcej i o dwa atomy wodoru mniej, niż chlorofil *a*. Budowa drobiny chlorofilu została zbadana dzięki pracom wielu chemików, między innemi Marchlewskiego, głównie jednak dzięki badaniom Willstättera i Stolla[1]). Jak widać z przytoczonych powyżej wzorów, oba chlorofile są estrami dwuzasadowych kwasów organicznych, a mianowicie:

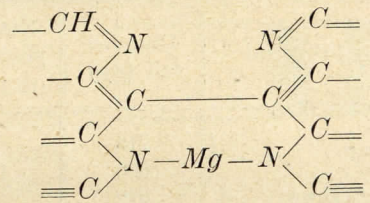
chlorofiliny *a* o wzorze $C_{32}H_{30}ON_4Mg(COOH)_2$
i chlorofiliny *b* o wzorze $C_{32}H_{28}O_2N_4Mg(COOH)_2$

[1]) Por. dzieło tych dwóch autorów p. t. „Die Untersuchungen über Chlorophyll". Berlin, 1913.

Chlorofiliny mogą być wydzielone z chlorofilu przez zmydlenie przy pomocy zasad. Otrzymuje się je wtedy w postaci soli, z których mogą być wydzielone w stanie wolnym jako substancje stałe, takiej samej zielonej barwy jak chlorofil. Oddzielone przy zmydlaniu alkohole są jednakowe w obu chlorofilach. Są to: alkohol metylowy CH_3OH oraz fitol, alkohol o wzorze sumarycznym $C_{20}H_{39}OH$ i następującej budowie:



Budowa jednej i drugiej chlorofiliny nie została jeszcze należycie wyświetlona. Najciekawszą rzeczą w tem zagadnieniu jest stanowisko atomu magnu. Ten atom jest bezpośrednio związany tylko z atomami azotu, prawdopodobnie według schematu:



Według wszelkiego prawdopodobieństwa w czasie procesu asymilacyjnego atom magnu przyłącza drobinę kwasu węglowego H_2CO_3, która powstaje przez połączenie dwutlenku węgla z wodą. W tem połączeniu następuje przy współudziale światła odtlenienie kwasu węglowego i powstaje substancja (aldehyd mrówkowy?), która przez dalsze przemiany chemiczne wytwarza cukry. Wspomniane produkty odtlenienia kwasu węglowego zostają zaraz po wytworzeniu odłączone i drobina chlorofilu regeneruje się. Są to wszystko tylko przypuszczenia; nie ulega jednak wątpliwości, że chlorofil w jakiś sposób bierze czynny udział w procesie asymilacyjnym.

Stosunkowa ilość chlorofilu *a* i *b* jest taka, że na jedną drobinę chlorofilu *b* przypada 2.6—2.9 drobin chlorofilu *a*. Ogółem liście zawierają chlorofilu od 0.6 do 1.2% suchej wagi, co stanowi od 0.3 do 0.7 *g* na metr kwadratowy powierzchni.

Niemniej ważne od własności chemicznych chlorofilu są jego własności fizyczne. Jest to substancja rozpuszczalna w alkoholu, benzynie i acetonie, nierozpuszczalna w wodzie. Barwa jest zielona z silną czerwoną fluorescencją. Najważniej-

szą własnością fizyczną jest zdolność pochłaniania promieni świetlnych. Widmo pochłaniania roztworów chlorofilu wykazuje dwa pasma: jedno w czerwonej, drugie w błękitnej części, nie licząc słabych pasm w żółtej i zielonej części. Dwie odmiany chlorofilu wykazują pewne różnice (ryc. 893). W roztworach stężonych oba główne pasma rozszerzają się, obejmując słabsze, ale pozostają oddzielone od siebie zieloną częścią widma. Widmo pochłaniania zielonych liści wykazuje te same pasma, ale przesunięte w stronę czerwonych promieni.

Skuteczność działania różnych promieni w procesie przyswajania dwutlenku węgla zależy przedewszystkiem od stopnia, w jakim one są pochłaniane przez chlorofil. Pod tym względem są duże różnice. Chodzi tu tylko o promienie światła: inne promienie (ultrafioletowe, infraczerwone) nie są czynne. Jeżeli stopień pochłaniania czerwonych promieni o fali 680 $\mu\mu$ przyjmiemy za 100, będziemy mieli:

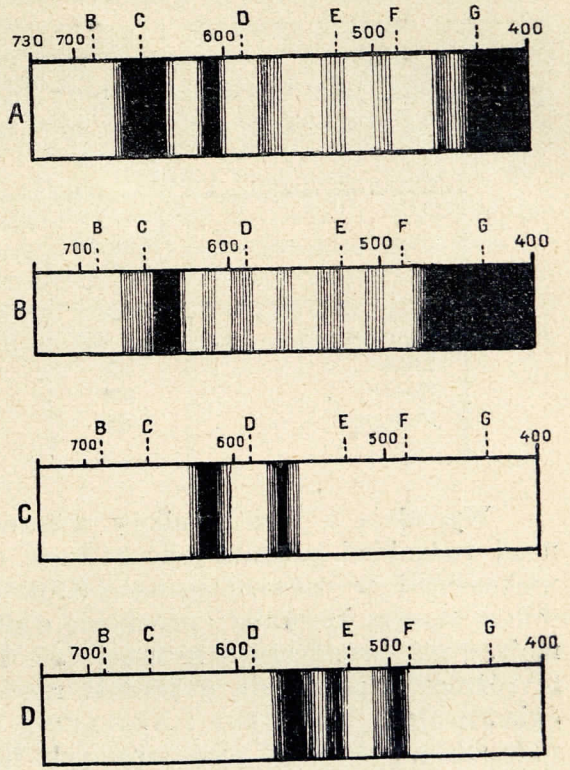
Rodzaj promieni	Długość fali ($\mu\mu$)	Stopień pochłaniania
Czerwone	718	29
	680	100
Pomarańczowe	622	65
Żółte	589	58
Zielone	522	63
	506	78
Błękitne	486	103
	468	106
Fiołkowe	431	112

Z powyższej tabeli wypływa, że promienie czerwone są pochłaniane nieco słabiej od promieni niebieskich i fiołkowych, najsłabiej zaś są pochłaniane promienie żółte i zielone.

Skuteczność działania różnych promieni zależy następnie od tego, jaka część pochłoniętej przez chlorofil energji promienistej zostaje zużytkowana w procesie asymilacyjnym. Kwestji tej są poświęcone prace Kniepa i Mindera oraz Warburga i Negeleina.

Kniep i Minder użyli do swoich doświadczeń filtrów dla oddzielenia jednych promieni od drugich, a mianowicie roztworu dwuchromianu potasu i amonjakalnego roztworu tlenku miedzi. Pierwszy filtr dawał światło pomarańczowe, złożone z promieni czerwonych, pomarańczowych i żółtych, drugi zaś

światło niebieskie, złożone z promieni zielonych, niebieskich i fiołkowych. Do obu filtrów dobrano źródła światła w ten sposób, ażeby po przefiltrowaniu światła otrzymać promieniowanie o jednakowej energji, co zostało sprawdzone przy pomocy aktynometru. Gałązka *Elodea canadensis*, umieszczona kolejno za jednym i drugim filtrem, wydzielała w jednostce czasu jednakową ilość pęcherzyków gazu, co świadczyło o jednakowem natężeniu przyswajania. Ponieważ, jak widzieliśmy, światło o dłuższej fali jest słabiej pochłaniane niż światło o krótszej fali, wynika stąd, że pierwszy rodzaj światła jest w silniejszym stopniu użytkowany podczas przyswajania od drugiego rodzaju. Różnica jednak jest niewielka i nie przenosi 20—30%. Jak wielka odsetka pochłoniętej energji jest użytkowana, tego doświadczenia Kniepa i Mindera nie mówią. Wynika natomiast z nich wniosek bardzo ważny, że słabsze pochłanianie promieni o dłuższej fali równoważy się silniejszem ich działaniem. W ten sposób wpływ różnych promieni na przyswajanie dwutlenku węgla wypada jednakowy.



Ryc. 893. Widma pochłaniania: *A* chlorofil *a*, *B* chlorofil *b*, *C* fikocyjanina, *D* fikoerytryna. — *A* i *B* według Willstättera i Stolla, *C* i *D* według Kostyczewa.

Warburg i Negelein pracowali inną metodą. Rozkładali oni światło przy pomocy spektroskopu na składowe promienie i po wymierzeniu ich energji przy pomocy bolometru działali niemi na roślinę. Rośliną, użytą w tych doświadczeniach, była jednokomórkowa zielenica *Chlorella*, umieszczona w roztworze kwaśnego węglanu sodu. Roślina ta pochłaniała dwutlenek węgla

z węglanu, powodując przez to zmianę kwasowości cieczy. Mierząc kwasowość tejże, można było obliczyć natężenie asymilacji. Warstwa cieczy z glonem była przytem tak gruba, a światło stosunkowo tak słabe, że było ono całkowicie pochłaniane. Porównując energję związaną przez asymilację z energją promieniowania, obliczyli ci autorowie, jaka część pochłoniętego promieniowania jest użytkowana przy asymilacji. Wyniki tych obliczeń są zestawione w następującej tabeli:

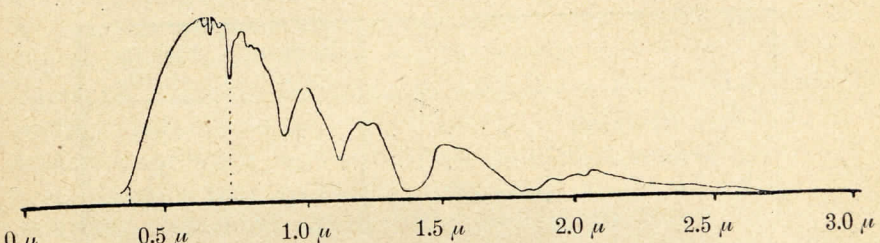
Barwa światła	Długość fal w $\mu\mu$	Stosunek energji zużytej do pochłoniętej w procentach
Czerwone	610—690	59.0
Żółte	578	53.5
Zielone	546	44.4
Fiolkowe	436	33.8

Wypadają z tych wyników znaczne różnice między różnemi rodzajami promieni, dochodzące do 40%. Różnice te są większe niż w doświadczeniach KNIEPA i MINDERA, ale idą w tym samym kierunku: promienie o dłuższej fali są skuteczniejsze, niż promienie o krótszej fali. Trudno powiedzieć, czy te różnice odpowiadają dokładnie rzeczywistości, gdyż w doświadczeniach WARBURGA i NEGELEINA badana roślina znajdowała się w warunkach nienaturalnych, bo w roztworze kwaśnego węglanu sodu.

Wyniki WARBURGA i NEGELEINA dowodzą, że chloroplasty dosyć dobrze zużytkowują pochłoniętą przez nie energję promienistą: mniej więcej połowa zostaje zużytkowana. W naturalnych jednak warunkach i w porównaniu nie do pochłoniętego światła, lecz do całkowitej energji promieniowania słońca, jakie spada na roślinę, zużytkowanie jest bardzo słabe i wynosi średnio około 6%.

Chcąc ocenić rolę, odgrywaną przez różne promienie w naturalnych warunkach, trzeba wziąć pod uwagę skład światła. Bezpośrednie światło słoneczne ma maksymalną energję w pomarańczowej części swojego widma (ryc. 894). Skutkiem tego działanie promieni o dłuższej fali w tym przypadku góruje nad wszystkiemi innemi. W świetle rozproszonem przeciwnie maksymum przypada na promienie błękitne, czego dowodem jest błękitny kolor nieba. Ponieważ jednak światło rozproszone jest słabe, promienie o dłuższej fali zawsze grają rolę dominującą w życiu roślin lądowych. W wodzie skutkiem silniejszego pochłaniania przez wodę promieni o dłuższej fali promienie o krótszej fali nabierają tem większego znaczenia, im woda jest głębsza.

Żółte barwiki chloroplastów, karotynoidy, różnią się jeden od drugiego stopniem utlenienia tak samo, jak chlorofil *b* od chlorofilu *a*. Karotyna ma wzór $C_{40}H_{56}$, ksantofil $C_{40}H_{56}O_2$. Budowa drobiny tych barwików nie jest jeszcze znana. Oddzielić je można od chlorofilu i następnie jeden od drugiego dzięki różnej rozpuszczalności w różnych organicznych cieczach. W ust. 7 już był opisany sposób, który pozwala oddzielić chlorofil od żółtych barwików. Do wyciągu alkoholowego trzeba dodać benzyny i skłócić. Po pewnym czasie benzyna oddziela się od alkoholu i tworzy nad nim osobną warstwę. Chlorofil przechodzi wtedy do benzyny i nadaje jej ciemnozieloną barwę; żółte barwiki natomiast pozostają w dolnej alkoholowej warstwie, która przybiera żółtawe zabarwienie. Dokładniej mówiąc, tylko ksantofil pozostaje całkowicie w alkoholu z powodu swojej nierozpuszczalności w benzynie. Natomiast karotyna, która jest rozpuszczalna w benzynie, przechodzi częściowo do górnej warstwy. Barwiki te różnią się cokolwiek barwą: karotyna ma odcień czerwony (barwa korzenia marchwi!), ksantofil jest czysto żółty. W przyswajaniu dwutlenku węgla nie biorą one żadnego udziału i ich znaczenie fizjologiczne jest nieznane.



Ryc. 894. Rozkład energji w widmie bezpośredniego promieniowania słońca. Energja świetlna odgraniczona punktowanemi linjami. — Według LANGLEYA.

Liczne rośliny niższe zawierają w swoich chloroplastach oprócz barwików opisanych powyżej, jeszcze inne, im tylko właściwe. A więc sinice i krasnorosty zawierają błękitny barwik fikocyjaninę, oraz czerwoną fikoerytrynę. Oba te barwiki wykazują, podobnie jak chlorofil, fluorescencję: fikocyjanina — czerwoną, fikoerytryna — pomarańczową. Fi-

kocyjanina i fikoerytryna w przyswajaniu dwutlenku węgla grają rolę podobną do roli chlorofilu. Fikocyjanina pochłania tylko pomarańczowe promienie, fikoerytryna — oprócz nich jeszcze zielone i niebieskie (ryc. 893, *C* i *D*). Udział obu tych barwików w asymilacji dwutlenku węgla stoi w związku z ich fluorescencją. Barwiki bez fluorescencji (karotynoidy) nie biorą udziału w asymilacji. Dzięki wielkiej ilości fikoerytryny, nadającej im barwę czerwoną, krasnorosty mogą schodzić głęboko w morze, gdzie skutkiem pochłaniania przez wodę promieni o dłuższej fali dochodzą tylko promienie o fali krótszej. Dowodzą tego między innemi doświadczenia Richtera, który badał wpływ składu światła na asymilację zielenic i krasnorostów. Jeżeli się oznaczy przez 100 natężenie tego procesu w pełnem słońcu, to w świetle przepuszczonem przez czerwony i błękitny filtr natężenie wypada:

	Czerwone światło	Błękitne światło
Ulva (zielenica)	35	23
Laurentia (krasnorost) . . .	7	27
Lithothamnion (krasnorost) .	11	45

Dla należytej oceny tych liczb trzeba wziąć pod uwagę, że natężenie błękitnych promieni w świetle słonecznem jest o wiele mniejsze niż promieni czerwonych (por. ryc. 894).

Żółty barwik brunatnic, fikoksantyna, należy do karotynoidów i ma wzór sumaryczny $C_{40}H_{56}O_6$, to znaczy jest silniej niż ksantofil utlenioną karotyną. Barwik ten nie fluoryzuje i nie jest czynny podczas asymilacji. Dodatkowe barwiki, występujące w chloroplastach okrzemek i wiciowców, nie zostały jeszcze zbadane z powodu drobnych rozmiarów tych roślin.

Pierwszym dającym się rozpoznać produktem przyswajania dwutlenku węgla są rozpuszczalne w wodzie cukry o wzorze $C_6H_{12}O_6$. Jest to glikoza albo może fruktoza: wobec łatwości, z jaką jedna przechodzi w drugą, trudno jest rozstrzygnąć. Cukry te, należące do monoz, ulegają przemianom, które przeważnie prowadzą do wytwarzania w ciałkach zieleni ziarenek skrobi, dających się uwidocznić przy pomocy jodu. W tym celu liść trzeba wygotować w alkoholu dla usunięcia chlorofilu i poddać działaniu alkoholowego roztworu jodu. Obecność skrobi zdradza się przez ciemne, prawie czarne zabarwienie.

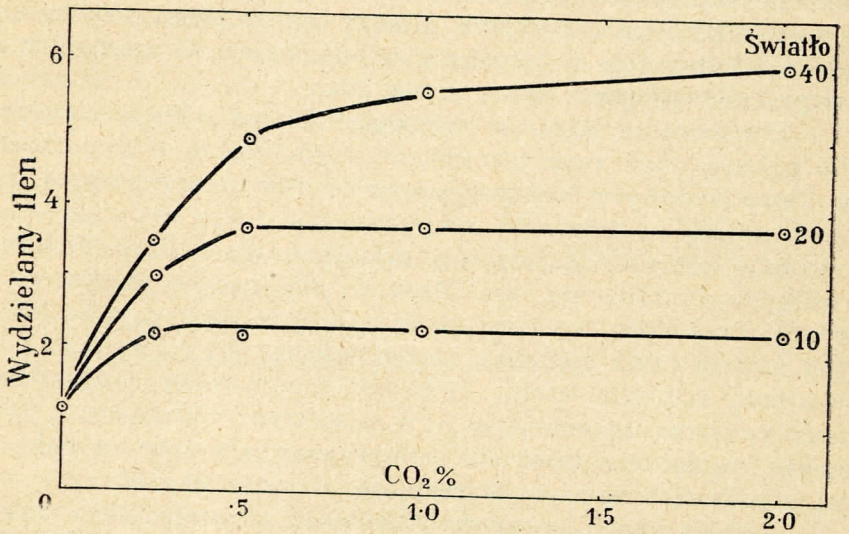
Jest to t. zw. jodowa próba, wynaleziona przez Sachsa. Próba ta daje możność wykonania niektórych bardzo ciekawych doświadczeń. Jeżeli przykryć liść nieprzezroczystym papierem, w którym wycięto pewne części, mające kształt liter, i wystawić liść na działanie światła, to przykryte części liścia nie wytworzą skrobi i litery wyrysują się na nim ciemną barwą na jasnem tle. Jest to jeszcze jeden dowód, że przyswajanie odbywa się tylko pod działaniem światła. Bardzo pouczające jest także doświadczenie, w którem liść jest utrzymywany na świetle, ale w powietrzu pozbawionem dwutlenku węgla. Liść taki nie daje próby Sachsa, co dowodzi, że skrobia pochodzi z dwutlenku węgla. Zamiana glikozy na skrobię odbywa się przez kondensację połączoną z odwodnieniem. O mechanizmie tej przemiany będzie mowa w ust. 284.

Powstawanie skrobi w chloroplastach ma wielkie znaczenie dla rośliny, gdyż zmniejsza ciśnienie osmotyczne w komórkach, w których odbywa się przyswajanie. Bez niego gromadzące się w miarę powstawania rozpuszczalne cukry wytworzyłyby ogromne ciśnienie osmotyczne, szkodliwe dla rośliny. Niektóre rośliny jednoliścienne, np. liljowate, nie tworzą skrobi w liściach. Przyczyną tego jest słabe natężenie przyswajania, które jest właściwe tym roślinom. Jeżeli jednak, jak to wykazał Godlewski, sztucznie zasilić liście podobnych roślin rozpuszczalnemi cukrami, umieszczając je w powietrzu obfitującem w dwutlenek węgla albo poprostu zanurzywszy w roztworze glikozy, to w ciałkach zieleni wytwarzają się ziarenka skrobi.

Oprócz skrobi z prostych cukrów powstają także cukry bardziej złożone, szczególnie sacharoza ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Skrobia jest tylko przejściową formą substancyj organicznych, wytwarzanych z dwutlenku węgla. W nocy, z ustaniem przyswajania, ziarenka jej znikają, przemieniając się zpowrotem na glikozę, która jest odprowadzana z liści do innych części roślin. U niektórych roślin niższych (część wiciowców, okrzemki, sinice, brunatnice, krasnorosty) skrobia nie tworzy się wcale, a zamiast niej powstają przy asymilacji inne węglowodany albo tłuszcze (por. str. 53, 61, 82, 90, 102).

272. Wpływ czynników zewnętrznych na przyswajanie dwutlenku węgla. Prawo minimum. Cały szereg czynników zewnętrznych wpływa na natężenie przyswajania dwutlenku węgla. Są to: 1) temperatura, 2) koncentracja dwutlenku węgla, 3) światło, 4) koncentracja pokarmów mineralnych, 5) wilgotność. Wzmożenie każdego z nich przyśpiesza asymilację

w pewnych granicach, które będą omówione poniżej. Można dla wpływu każdego z tych czynników wykreślić charakterystyczną krzywą, przyjmując za odcięte natężenia danego czynnika, za rzędne odnośne natężenia asymilacji. Krzywa taka wypadnie jednak różna, zależnie od tego jakie natężenie mają wszystkie inne czynniki. Ogólny charakter jej nie zmieni się przytem, ale będzie ona wznosiła się tem wyżej, im konstelacja pozostałych czynników będzie bardziej korzystna dla procesu asymilacyjnego. Jest to t. zw. prawo minimum, stwierdzone najpierw przez LIEBIGA dla pokarmów mineralnych, następnie

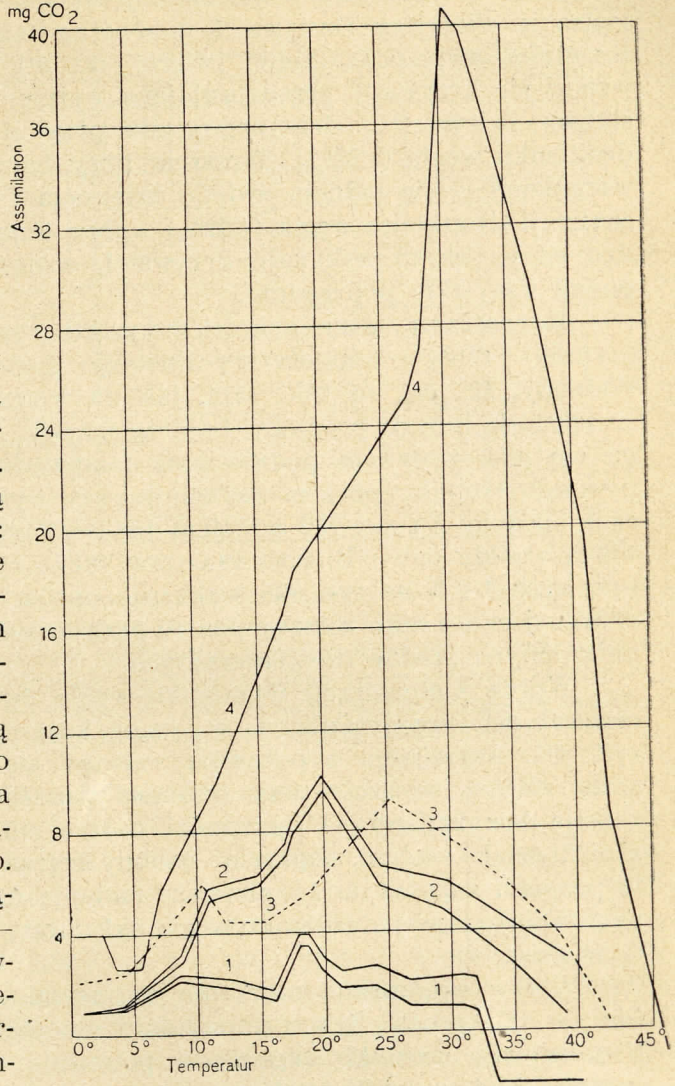


Ryc. 895. Zależność asymilacji dwutlenku węgla u *Fontinalis* od jego koncentracji w wodzie przy różnem oświetleniu. Koncentracja dwutlenku węgla w objętościowych procentach, wydzielony tlen i oświetlenie w dowolnych jednostkach. Wszystkie doświadczenia wykonane w tej samej temperaturze. — Według JAMESA.

rozszerzone przez BLACKMANA na wszystkie czynniki, wpływające na produkcję substancyj organicznych przez zielone rośliny. Nazwa tego prawa wiąże się z tem, że niedostateczne natężenie jednego czynnika hamuje działanie każdego innego. O takim czynniku mówimy, że jest on w minimum, albo inaczej, że gra rolę czynnika ograniczającego.

Jako ilustrację prawa minimum można przytoczyć doświadczenia JAMESA (ryc. 895) nad wpływem koncentracji dwutlenku węgla na asymilację wodnego mchu *Fontinalis*. Asymilacja wzmaga się przy zwiększeniu koncentracji dwutlenku węgla z początku szybko, następnie coraz słabiej, wreszcie po-

cząwszy od pewnej koncentracji dwutlenku pozostaje bez zmiany. Krzywa wobec tego z początku wznosi się a potem idzie równolegle do osi odciętych. Wznosi się ona jednak na różną wysokość zależnie od siły światła: im światło jest silniejsze, tem wyżej. Podobne zjawiska wykazali BLACKMAN, MISS MATTHAEI i LUNDEGARDH dla wpływu temperatury (ryc. 896). Krzywe mają tu inny kształt: wznoszą się one do pewnej wysokości, poczem nie idą równolegle do osi odciętych, lecz zniżają się szybko. Prawo minimum ujawnia się jednak w taki sam sposób. W niesprzyjających warunkach — przy świetle równem $^1/_{25}$ dziennego i przy normalnej koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze (0.03%) wpływ temperatury jest słaby, jak na to wskazują krzywe 1, wznoszące się niewysoko (górna



Ryc. 896. Asymilacja dwutlenku węgla u ziemniaków 1) przy $^1/_{25}$ światła dziennego i 0.03% CO_2, 2) przy pełnem świetle dziennem i 0.03% CO_2, 3) przy świetle $^1/_{25}$ i 1.22% CO_2 i 4) przy pełnem świetle i 1.22% CO_2. Dla przypadków 1 i 2 podana jest asymilacja pozorna (dolna krzywa) i rzeczywista (górna krzywa), dla przypadków 3 i 4 — tylko pozorna. — Według LUNDEGARDHA.

z nich podaje asymilację rzeczywistą, dolna — pozorną). W bardziej sprzyjających warunkach — przy pełnem świetle dziennem i koncentracji normalnej wpływ temperatury jest znacznie silniejszy (krzywa 2, podwójna tak samo jak w poprzednim wypadku). Mniej więcej do tej samej wysokości wznosi się krzywa 3, przedstawiająca wpływ temperatury przy słabem świetle ($^1/_{25}$ dziennego), ale przy dużej koncentracji dwutlenku węgla (1.22%). Wreszcie przy bardzo sprzyjających warunkach — w pełnem świetle dziennem i przy dużej koncentracji dwutlenku węgla (1.22%) wpływ temperatury jest bardzo silny, jak to wskazuje krzywa 4, wznosząca się wysoko ponad wszystkie poprzednie.

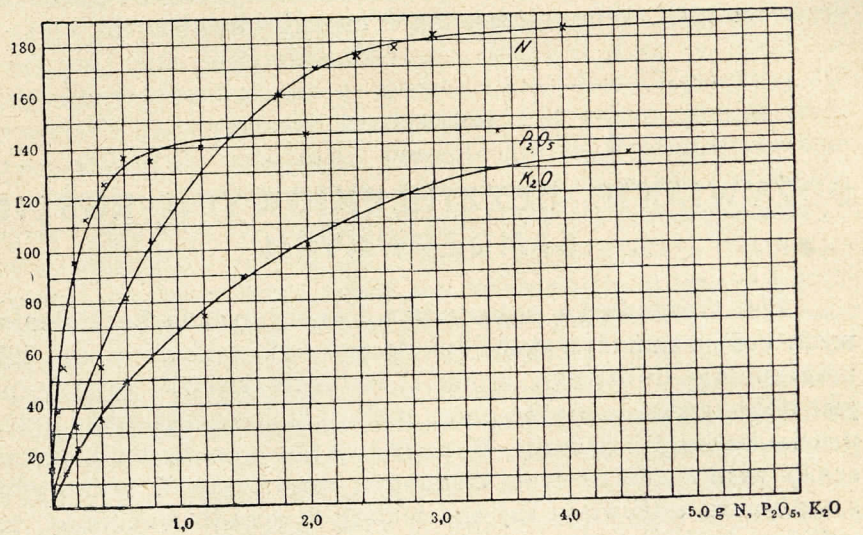
Rozpatrzmy teraz pokolei wszystkie wymienione powyżej czynniki. Wpływ temperatury ilustruje dostatecznie ryc. 896. Widzimy, że jest on taki sam, jak na wzrost (por. ryc. 847) i większość innych procesów fizjologicznych. Asymilacja wzmaga się pod wpływem podniesienia temperatury, ale tylko do pewnego stopnia, poczem następuje przy wysokich temperaturach spadek. Na str. 732 podałem już wytłumaczenie tego zjawiska według teorji Blackmana (por. także ryc. 848). Przebieg krzywych 1 i 3 na ryc. 896 wykazuje oprócz głównego wierzchołka jeszcze inne niższe: jest to prawdopodobnie wynik nieuniknionych błędów doświadczalnych.

Wpływ koncentracji dwutlenku węgla, światła i pokarmów mineralnych przedstawia się w formie krzywych tego typu co ryc. 895. Asymilacja z początku wzmaga się silnie, następnie coraz słabiej, wreszcie przy dalszem wzmożeniu czynnika pozostaje bez zmiany. O ile chodzi o sole mineralne, to każda z nich działa osobno, stanowiąc osobny czynnik (ryc. 897). Warto przytem zaznaczyć, że pierwsze badania nad wpływem różnych koncentracyj dwutlenku węgla były przeprowadzone przez Godlewskiego.

Wpływ wilgotności otoczenia na asymilację nie przedstawia się tak prosto, jak u poprzednio omówionych czynników. Niekorzystne warunki wilgotności powodują zmniejszenie zawartości wody w roślinie. Niedostateczna zawartość wody osłabia asymilację dwiema drogami: wpływa ona bezpośrednio, a nadto powoduje zwężenie lub nawet zamknięcie szparek, osłabiając dopływ dwutlenku węgla. Zmniejszenie plonów skutkiem posuchy jest wymowną tego ilustracją.

W warunkach naturalnych u roślin lądowych czynnikiem ograniczającym asymilację jest zwykle dwutlenek węgla, którego koncentracja w atmosferze jest bardzo mała — zaledwie

0.03% według objętości (około $^1/_2$ *mg* na litr). U roślin wodnych rolę czynnika ograniczającego gra zwykle światło, którego natężenie silnie słabnie w wodzie.



Ryc. 897. Zależność wytworzonej masy organicznej od ilości związków azotu, fosforu i potasu w pożywce. Na osi odciętych ilości mineralnych pokarmów w gramach, na osi rzędnych — wytworzona masa organiczna także w gramach. Każda krzywa przedstawia wpływ danej soli przy obfitem zaopatrzeniu rośliny we wszystkie inne i w tych samych warunkach oświetlenia, temperatury i t. d. — Według Rippela.

273. Gospodarka energetyczna zielonych roślin samożywnych. Jak to już było podane powyżej, jedynem źródłem energji dla zielonych roślin samożywnych jest światło. Rośliny te pochłaniają znaczną część padającego na nie promieniowania słonecznego. Większa część energji pochłoniętego promieniowania zamienia się na ciepło i w odżywianiu nie bierze żadnego udziału. Tylko pewna nieznaczna część promieniowania, wynosząca kilka procentów, a złożona z fal pewnej określonej długości zostaje zużytkowana podczas przyswajania dwutlenku węgla. Zostaje ona zamagazynowana w wytworzonych podczas asymilacji cukrach w formie energji chemicznej i stanowi zapas, z którego roślina w miarę potrzeby czerpie energję potrzebną jej do życia. Energja chemiczna jest energją potencjalną i w tej formie nie może być użytkowana do wykonywania jakichkolwiek czynności fizjologicznych. Dopiero przez utlenienie związków organicznych w procesie, zwanym oddychaniem, zostaje energja chemiczna uwolniona

i znajduje bezpośrednie zastosowanie. W ten sposób energja promienista bierze bezpośredni udział w jednej tylko czynności fizjologicznej zielonych roślin samożywnych — w przyswajaniu dwutlenku węgla. Wszystkie inne czynności są zasilane przez energję wolną, otrzymaną z energji chemicznej.

ROZDZIAŁ X

ODŻYWIANIE BEZZIELENIOWYCH ROŚLIN SAMOŻYWNYCH

274. Gospodarka pokarmowa i energetyczna bezzieleniowych roślin samożywnych. Jak to już było podane w ust. 268, przerabianie dwutlenku węgla i wody na związki organiczne jest dokonywane nietylko przez rośliny zielone, lecz także przez pewne bakterje. Badania WINOGRADSKIEGO dostarczyły pierwszych wiadomości o tych ciekawych organizmach. Jakkolwiek samożywne, odżywiają się one jednak w sposób odmienny od roślin zielonych.

Co się tyczy pokarmów, potrzebują one, podobnie jak rośliny zielone, wody, soli mineralnych (tych samych, co rośliny zielone!), dwutlenku węgla i tlenu. Ale oprócz tego potrzebują jeszcze innych substancyj nieorganicznych: siarkowodoru, amonjaku, soli żelazawych, wodoru i t. p., zależnie od gatunku. Oprócz tego omawiane bakterje różnią się od roślin zielonych jeszcze tem, że nie przyjmują z otoczenia żadnych substancyj organicznych. Niektóre nawet nie znoszą ich wcale i pod ich działaniem ulegają zatruciu. Są to, można powiedzieć, rośliny bardziej samożywne od roślin zielonych.

Gospodarka energetyczna bezzieleniowych roślin samożywnych jest także inna, niż u roślin zielonych. Nie posiadając chlorofilu, nie pochłaniają one energji świetlnej i całą potrzebną do życia energję czerpią z zasobów energji chemicznej, zawartych w wspomnianych powyżej różnych substancjach nieorganicznych, nieużytkowanych przez rośliny zielone. Są one utleniane przez omawiane bakterje i zawarta w nich energja chemiczna jest przemieniana na bliżej nieokreśloną energję wolną, która służy do wytwarzania substancyj organicznych, w sposób zresztą dotychczas nieznany.

Samożywne bakterje dzielą się na grupy według natury utlenianych przez nie substancyj na siarczane, nitryfikacyjne, żelaziste, wodorowe i metanowe, nie licząc innych, mniej znanych.

275. Bakterje siarczane. Najlepiej zbadane z tych organizmów są gatunki rodzaju *Beggiatoa* (por. ryc. 67). Są to stosunkowo duże nitkowate bakterje, których kolonje mogą samorzutnie przenosić się z miejsca na miejsce. Występują one w wodach, zawierających siarkowodór, nie znoszą jednak większych stężeń tej substancji. Wystarczają im drobne ilości siarkowodoru, jakie tworzą się wszędzie przez gnicie ciał białkowych i redukcję siarczanów. Wymagania ich pod względem innych pokarmów zostały wyjaśnione przez kultury WINOGRADSKIEGO. Autorowi temu udało się hodować *Beggiatoa* w wodzie z siarczanego źródła w Langenbrücken, do której dodawano cokolwiek siarkowodoru. Woda ta zawierała poza solami mineralnemi ślady amonjaku i kwasu azotowego i tylko 0.0005% substancyj organicznych. Dodanie do niej substancyj organicznych nie sprzyjało rozwojowi omawianych bakteryj, a przy większych dawkach nawet działało szkodliwie. Kultury potrzebowały nadto dostępu tlenu i dwutlenku węgla z powietrza. W tych warunkach *Beggiatoa* rozwijały się bardzo szybko i wytwarzały znaczne ilości substancyj organicznych. W nieobecności siarkowodoru albo dwutlenku węgla bakterje te ginęły.

Bardzo ciekawe są przemiany, którym ulega siarkowodór w bakterjach siarczanych. Gaz ten zostaje z początku utleniony na siarkę i wodę według równania:

$$2H_2S + O_2 = 2S + 2H_2O$$

Utworzona w ten sposób siarka gromadzi się obficie w protoplazmie. Uwalnia się przytem 61 kaloryj kilogramowych energji na każdą gramodrobinę siarkowodoru. Jeżeli bakterjom braknie siarkowodoru, utleniają one nagromadzoną w ich komórkach siarkę na kwas siarczany:

$$2S + 3O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4$$

Kwas siarczany wstępuje w reakcję z węglanami i daje odnośne siarczany. Dlatego też bakterje te nie rozwijają się w sztucznych kulturach bez węglanu wapnia albo magnu. Utlenianie siarki daje jeszcze więcej energji, niż początkowo utlenienie siarkowodoru, bo 142 kaloryj kilogramowych. Energja ta częściowo przynajmniej zużywa się na przyswajanie dwutlenku węgla. Światło w tym procesie nie gra żadnej roli

i *Beggiatoa* rozwijają się równie dobrze w ciemności, jak i na świetle.

Oprócz *Beggiatoa* jest wiele innych bakteryj siarczanych o odmiennym sposobie życia, zawsze jednak utleniających takie czy inne związki siarki.

276. Bakterje nitryfikacyjne. Jest to zjawisko znane oddawna, że amonjak w glebie zamienia się samorzutnie na kwas azotowy, dokładniej mówiąc, sole amonowe na azotany. Z tej tak zwanej nitryfikacji korzystano dawniej do wyrobu saletry. Początkowo myślano, że zachodzą tu same tylko procesy nieorganiczne. Okazało się jednak, że nitryfikacja nie odbywa się, jeżeli gleba zostanie ogrzana do temperatury wrzenia wody albo będzie poddana działaniu chloroformu. Doprowadziło to do wniosku, że omawiane zjawisko jest skutkiem czynności mikroorganizmów. Przez długi czas nie udawało się jednak wyszukać bakteryj, które są czynne w procesach nitryfikacyjnych. Stosowano najrozmaitsze pożywki bez żadnego wyniku. Zagadnienie zostało rozwiązane przez Winogradskiego przy zastosowaniu metod, wynalezionych przez niego w pracy nad bakterjami siarczanemi.

Wiedząc o istnieniu bakteryj samożywnych, nie potrzebujących żadnych gotowych związków organicznych, Winogradski zastosował pożywkę, złożoną wyłącznie z substancyj mineralnych, a mianowicie o składzie następującym:

Woda z jeziora Zurychskiego . . .	1000 *g*
Siarczan amonu	1 „
Fosforan potasu	1 „
Zasadowy węglan magnu	5 „

Pożywka ta została zaszczepiona drobną cząsteczką ziemi. Natychmiast zaczęła się żywa nitryfikacja i w krótkim czasie sole amonowe zostały przemienione w azotany. Dodanie natomiast drobnych nawet ilości związków organicznych wstrzymywało rozwój kultury. Bakterje, powodujące omawiany proces, zostały znalezione na dnie naczynia w galaretowatej masie, która wytworzyła się na nierozpuszczalnym węglanie magnu.

Dalsze badania wykazały, że nitryfikacja składa się z dwóch odrębnych procesów, przebiegających jeden za drugim pod działaniem dwóch różnych organizmów. Z początku tworzy się przez utlenianie amonjaku kwas azotawy:

$$2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + 158\ Cal.$$

Potem kwas azotawy zostaje utleniony na kwas azotowy:

$$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3 + 43\ Cal.$$

W powyższych równaniach podane są także ilości uwolnionej energji chemicznej, która służy tym bakterjom do przyswajania dwutlenku węgla.

Bakterje, wytwarzające kwas azotawy, niewszędzie są jednakowe: w Starym Świecie są to owalne komórki z licznemi rzęskami *(Nitrosomonas)*, w Ameryce — drobne kuliste formy *(Nitrosococcus)*. Bakterje, wytwarzające kwas azotowy, mają postać bardzo drobnych laseczek *(Nitrobacter)*.

Doświadczenia Godlewskiego wykazały, że bakterje nitryfikacyjne giną, jeżeli dostęp dwutlenku węgla do nich zostanie przerwany. Samożywność ich w ten sposób została dowiedziona ponad wszelką wątpliwość.

277. Bakterje żelaziste, wodorowe i metanowe. Badania, zapoczątkowane przez Winogradskiego, zostały szeroko rozwinięte przez wielu innych badaczy i wykazały, że istnieje poza bakterjami siarczanemi i nitryfikacyjnemi wiele innych bakteryj samożywnych.

Stwierdzono, że niektóre bakterje żelaziste (np. *Spirophyllum*) przyswajają dwutlenek węgla kosztem energji, uwalnianej przy utlenianiu wodorotlenku żelazawego na żelazowy:

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3 + 109\ Cal.$$

Stwierdzono dalej, że wodór, który wytwarza się nieraz przy gniciu, jest utleniany przez pewne bakterje samożywne (*Bacillus oligocarbophilus*, *Bacillus pantotrophus* i inne). Metan, który przy gniciu tworzy się zwykle razem z wodorem, zostaje użytkowany przez swoiste bakterje *(Bacillus metanicus*, *Bacillus hexacarbovorum* i t. d.), które go utleniają na wodę i dwutlenek węgla:

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O + 213\ Cal.$$

Kosztem energji uwolnionej przy tych procesach odbywa się również przyswajanie dwutlenku węgla przez wspomniane bakterje.

W ostatnich czasach wykryto samożywne bakterje, utleniające tlenek węgla, a nawet torf i węgiel. Organizmy te nie są jeszcze należycie zbadane.

ROZDZIAŁ XI

ODŻYWIANIE ROŚLIN CUDZOŻYWNYCH

278. Pokarmy roślin cudzożywnych. Nie wszystkie rośliny cudzożywne są należycie zbadane pod względem odżywiania. To, co wiemy o tych rzeczach, odnosi się właściwie tylko do pleśni i bakteryj. O odżywianiu natomiast śluzowców, grzybów kapeluszowych i bezzieleniowych roślin nasiennych wiemy bardzo mało. Z tem zastrzeżeniem przystępujemy do wykładu wiadomości o pokarmach roślin cudzożywnych. W przeciwieństwie do roślin samożywnych nie przyswajają one dwutlenku węgla i skutkiem tego potrzebują gotowych substancyj organicznych. Oprócz tego pobierają z otoczenia sole mineralne, wśród których muszą być między innemi także sole azotowe. Poza tem potrzebują naturalnie wody. Co się tyczy tlenu, wymagania ich są bardzo różne, zależnie od gatunku. Rozróżniamy wśród nich aeroby, potrzebujące tlenu, i anaeroby, nie potrzebujące tlenu, a nawet nie znoszące go. Różnica między niemi jest zresztą względna, jak to już było wzmiankowane w ust. 240. Każda roślina znosi tylko takie koncentracje tego gazu, które nie przewyższają pewnego maksymum. Anaeroby są głównie pomiędzy bakterjami. Bakterje odznaczają się wogóle ogromną rozmaitością w sposobie bytowania, która stoi w jaskrawej sprzeczności z jednostajnością ich morfologji. Bardzo ciekawe są formy ich, wiążące wolny azot, który dla wszystkich innych roślin jest zupełnie bezużyteczny.

Pod względem sposobu odżywiania rośliny cudzożywne są podobne do zwierząt. Różnią się jednak zasadniczo od nich tem, że budują swoje ciała białkowe z bezazotowych związków organicznych i nieorganicznych jonów azotowych, podczas gdy zwierzęta nie mogą tego uskutecznić inaczej, jak tylko przy pomocy gotowych organicznych związków azotowych (aminokwasów). Dokładniejsze wiadomości o tem będą podane w ust. 287.

Z punktu widzenia ekologicznego rośliny cudzożywne dzielą się na roztocze (saprofity) i pasorzyty. Pierwsze żywią się substancjami organicznemi, pobieranemi z resztek organizmów martwych. Drugie żywią się kosztem organizmów żywych. Odżywianie pasorzytów jest dotychczas bardzo mało znane, gdyż bardzo często nie dają się one hodować na sztucznych pożywkach. Tak jest naprzykład z rdzami. Bardzo ciekawe są pasorzyty zielone, takie jak jemioła *(Viscum)* albo niektóre formy z rodziny trędownikowatych *(Euphrasia, Melampyrum)* i sandałowatych *(Thesium)*. Posiadają one wprawdzie chlorofil i przyswajają przy jego pomocy dwutlenek węgla, nie mogą jednak obejść się bez żywiciela. Co do jemioły, stwierdzono, że pobiera ona z żywiciela tylko wodę i sole mineralne. Co do innych zielonych pasorzytów, niewiadomo dotychczas, z jakiej przyczyny mają tak dziwny sposób życia. Poza zielonemi pasorzytami, rośliny owadożerne są także pewnego rodzaju przejściem między roślinami samożywnemi a cudzożywnemi.

279. Udział soli mineralnych w odżywianiu roślin cudzożywnych. Rośliny cudzożywne, podobnie jak samożywne, pobierają z roztworów soli głównie poszczególne jony, które im są potrzebne. Można zatem tu także mówić o jonach zamiast o solach. Rośliny cudzożywne potrzebują tych samych jonów, co samożywne, z tą tylko różnicą, że jony Ca nie są im potrzebne, zaś z jonów azotowych odpowiada im daleko lepiej NH_4 niż NO_3. Grzyby kapeluszowe zresztą potrzebują także wapnia. Jako ilustrację można przytoczyć skład pożywki Raulina, jednej z najlepszych pożywek, używanych do hodowli roślin cudzożywnych. Zawiera ona na 1500 g wody:

Sacharoza	— 70.0 g	K_2CO_3	0.60 g
NH_4NO_3	— 4.0 „	$(NH_4)_2SO_4$	0.25 „
$NH_4H_2PO_4$	— 0.6 „	$FeSO_4$	0.07 „
$MgSO_4$	— 0.4 „	$ZnSO_4$	0.07 „

Cynk w tej pożywce poza swoją rolą pokarmową wywiera działanie podniecające, przyśpieszając wzrost i powodując większą produkcję masy organicznej.

Osobnego omówienia wymagają jony azotowe. Dla zielonych roślin samożywnych jony NH_4 i NO_3 są równie dobrym pokarmem. Natomiast dla roślin cudzożywnych o wiele lepszym pokarmem jest NH_4. Niektóre pleśnie wogóle nie mogą zaspokajać swoich potrzeb azotowych jonami NO_3, np. *Rhizopus nigricans, Mucor Mucedo*. Trzeba tu jednak wziąć pod uwagę tę okoliczność, że użyteczność pokarmu zależy nietylko od jego istotnej wartości odżywczej, ale także od różnych pobocznych okoliczności, w tej liczbie od wpływu jego na reakcję środowiska. Jak to już było wyjaśnione w ust. 270, z powodu nierównomiernego pobierania poszczególnych jonów podłoże przybiera zwykle reakcję kwaśną przy solach amonowych, reakcję zasadową przy azotanach. Nadmiar jonów H lub OH jest za-

wsze szkodliwy. Z nadmiarem jonów *OH* organizmy mogą walczyć, zobojętniając je przy pomocy wytwarzanych przez nie kwasów. Te formy, które kwasów nie wytwarzają, nie znoszą skutkiem tego azotanów. Względem nadmiaru jonów *H* rośliny nie posiadają środków zaradczych poza specyficzną wytrzymałością na ich działanie. Grzyby naogół znoszą dobrze zakwaszanie podłoża, bakterje natomiast o wiele gorzej.

Są pewne rośliny cudzożywne, które stanowią wyjątek z ogólnego prawidła i nie mogą zaspokajać swoich potrzeb azotowych przy pomocy nieorganicznych jonów. Dają się one hodować tylko na takich pożywkach, które zawierają peptony, albo nawet tylko w obecności bardziej złożonych ciał białkowych. Takie rośliny pod względem odżywiania nie różnią się od zwierząt. Nie mogą one budować kwasów aminowych potrzebnych do syntezy ich własnych ciał białkowych i biorą je gotowe z obcych ciał białkowych. Tego rodzaju rośliny są nieliczne i spotyka się je głównie pomiędzy pasorzytami; przykładem ich może służyć zarazek tężca *(Bacillus anthracis)*, potrzebujący peptonów, i zarazek błonicy *(Bacterium diphteriae)*, wymagający złożonych ciał białkowych. Z organizmów niepasorzytniczych można przytoczyć bakterje mleczne (por. ust. 292).

Oprócz opisanych krańcowych przypadków są także pośrednie. Liczne rośliny cudzożywne lepiej rosną na organicznych związkach azotowych, jakkolwiek mogą także zadowalać się nieorganicznemi. Naprzykład drożdże mogą dobrze rosnąć w pożywkach, zawierających sole amonowe, lepiej jednak rozwijają się w obecności peptonów. Rozmaite inne rośliny cudzożywne, zarówno grzyby jak i bakterje, rosną lepiej na aminokwasach i asparaginie, niż na solach amonowych. Dla wytłumaczenia tego zjawiska trzeba rozpatrzyć sposób zużytkowywania organicznych pokarmów azotowych.

Otóż rośliny cudzożywne nie zużytkowują w całości organicznych związków azotowych, lecz odszczepiają od nich amonjak i zużytkowują go osobno od pozostałego związku pozbawionego azotu. Dlatego też wartość odżywcza organicznych związków azotowych jest tem większa, im łatwiej one odszczepiają amonjak. Naturalnie taka przemiana omawianych związków nie powoduje większych zmian w kwasowości środowiska. W szczególności odszczepienie amonjaku od kwasów aminowych daje odnośne oksykwasy o takim samym mniej więcej stopniu dysocjacji elektrolitycznej:

$$R{-}CH(NH_2){-}COOH + H_2O = R{-}CH(OH){-}COOH + NH_3$$

Uwolniony amonjak nie powoduje również znaczniejszych zmian w kwasowości środowiska, gdyż jest natychmiast zużytkowywany w miarę powstawania. Dla rozwoju roślin utrzymanie niezmiennej kwasoty środowiska jest bardzo korzystne. Rozwijają się one przeto w obecności organicznych związków azotowych lepiej niż przy solach amonowych, powodujących zakwaszenie środowiska.

Osobno trzeba rozpatrzyć przypadek, kiedy pożywka zawiera mieszaninę takich kwasów aminowych, które biorą udział w tworzeniu ciał białkowych. Wówczas roślina ma zadanie syntezy ciał białkowych znacznie ułatwione. Pewna część potrzebnych do tego składników jest gotowa, pozostaje sfabrykować tylko brakujące. W takich warunkach tylko część kwasów aminowych ulega rozkładowi, reszta zaś zostaje użyta w całości do syntezy ciał białkowych. Podobnie zresztą dzieje się, jeżeli roślina utrzymuje jeden tylko kwas aminowy, ale taki, który wchodzi w skład ciał białkowych. Wówczas pewna jego część bierze bezpośrednio udział w syntezie ciał białkowych.

Przy odżywianiu peptonami albo ciałami białkowemi dzieje się coś podobnego do poprzedniego przypadku. Substancje te zostają rozłożone na aminokwasy, z których roślina buduje swoje ciała białkowe, kombinując te same składniki, ale w innym stosunku.

280. Udział substancyj organicznych w odżywianiu roślin cudzożywnych. Zasadniczym pokarmem organicznym dla roślin cudzożywnych są cukry. Wszystkie prawie rośliny cudzożywne rozwijają się najlepiej na pożywkach, zawierających te substancje, niektóre nawet nie rosną na żadnych innych. Nie znaczy to jednak, żeby inne związki organiczne nie mogły służyć pokarmem. Przeciwnie bardzo różne związki mogą służyć do tego celu: alkohole, kwasy, aminy, fenole i t. d. Użyteczność ich zależy od tego, im bardziej te związki są podobne do cukrów. Dlatego też związki z prostym łańcuchem atomów węgla są lepszemi pokarmami od izomerów z rozgałęzionym łańcuchem; związki o 3 i więcej atomach są lepszemi pokarmami od podobnych związków z jednym lub dwoma atomami węgla; substancje z grupami hydroksylowemi są lepszemi pokarmami od analogicznych substancyj z nieutlenionemi atomami węgla i t. d.

Skutkiem tego np. kwas propjonowy jest gorszym pokarmem od kwasu mlecznego, kwas mleczny — gorszym od kwasu winnego. Istotnie kwas propjonowy:

$$CH_3{-}CH_2{-}COOH$$

zawiera dwa atomy węgla nieutlenione, kwas mleczny:

$$CH_3—CH(OH)—CCOH$$

tylko jeden, zaś kwas winny:

$$COOH—CH(OH)—CH(OH)—COOH$$

ma wszystkie atomy węgla utlenione.

Miarą dobroci pokarmu jest wytworzona masa organiczna. Naprzykład CZAPEK otrzymał w swoich kulturach *Aspergillus niger*, prowadzonych przez 21 dni przy temperaturze 28°, plony następujące:

Przy użyciu		inuliny	620 *mg*
„	„	fruktozy	524 „
„	„	glikozy	477 „
„	„	mannitu	416 „
„	„	gliceryny	289 „
„	„	glikolu	74 „

Są wśród roślin cudzożywnych także „specjaliści“, wymagający pewnych określonych substancyj. Naprzykład aerobowa bakterja *Spirochaeta cytophaga*, rozkładająca celulozę, wymaga bezwarunkowo tej substancji, jako pokarmu organicznego. Glikoza natomiast działa na nią trująco.

Jeżeli chodzi o substancje, zawierające asymetryczne atomy węgla, rośliny są nadzwyczajnie wrażliwe na różnice w optycznej izomerji. Zwykle tylko jedna odmiana optyczna jest przerabiana przez nie. Naprzykład glikoza jest przerabiana tylko w prawoskrętnej odmianie, fruktoza zaś tylko w lewoskrętnej, kwas winny — tylko w prawoskrętnej i t. d.

281. Wiązanie wolnego azotu i denitryfikacja. Organiczne związki azotowe odgrywają w życiu roślin rolę nadzwyczajnie ważną, gdyż z nich głównie składa się żywa substancja. Źródłem ich są nieorganiczne związki azotu, znajdujące się w glebie i w wodach: sole amonowe i azotany, częściowo także azotyny. Wolny natomiast azot jest dla roślin bezużyteczny, gdyż w warunkach naturalnych nie łączy się z żadnym innym pierwiastkiem. Wspomniane nieorganiczne związki azotu są w części pochodzenia nieorganicznego: pod wpływem wyładowań elektrycznych w atmosferze pewna ilość azotu zostaje związana z tlenem i wraz z wodą deszczową opada na ziemię w postaci azotanów i azotynów. Są to jednak ilości tak drobne, że nie wystarczyłyby żadną miarą do wyżywienia roślinności na ziemi a przez to samo i świata zwierzęcego. Większa część związanego azotu na ziemi jest pochodzenia organicznego, mianowicie wytworzona przez pewne szczególne bakterje, posiadające wyjątkową zdolność wiązania azotu.

Bakterje te żyją częściowo w glebie i wodach, częściowo w symbiozie z pewnemi roślinami nasiennemi. Z początku zajmiemy się temi formami, które żyją swobodnie. Pierwsze dokładniejsze badania w tej dziedzinie zawdzięczamy znowu WINOGRADSKIEMU, który tyle zasług położył w badaniach nad bakterjami. Wykrył on w glebie pewien gatunek *Clostridium*, nazwany przez niego na cześć PASTEURA *Clostridium Pasteurianum*. Ten anaerobowy organizm żyje w symbiozie z pewnemi aerobowemi bakterjami, które zabezpieczają go od szkodliwego wpływu tlenu. *Clostridium Pasteurianum* daje się łatwo hodować przy pomocy pożywki, zawierającej glikozę i sole mineralne, ale pozbawionej związków azotowych. Jeżeli taką pożywkę zaszczepić odrobiną ziemi, zaczyna się energiczna fermentacja masłowa, połączona z wytwarzaniem związków azotowych. Bakterje tworzą przytem galaretowate masy, t. zw. zooglee. Wiązanie azotu jest połączone z wiązaniem wolnej energji, której dostarcza fermentacja masłowa. Na 1 *g* zużytego przy fermentacji cukru przypada 0.0025—0.003 *g* związanego azotu.

Badania BEIJERINCKA wykryły inną jeszcze swobodnie żyjącą formę bakteryj, wiążących azot powietrzny, formę, odgrywającą szczególnie ważną rolę w przyrodzie. Jest to *Azotobacter chroococcum*, duża bakterja, przypominająca swoim wyglądem sinicę. W przeciwieństwie do *Clostridium Pasteurianum* jest ona aerobem i związki organiczne są przez nią utleniane. *Azotobacter* na 1 *g* zużytego cukru wiąże do 0.08 *g* azotu, to znaczy 30 razy więcej od *Clostridium*. Obecność tego organizmu stwierdzono nietylko w glebach różnego rodzaju, ale także w wodach słodkich i słonych.

Badania KRZEMIENIEWSKIEGO nad *Azotobacterem* stwierdziły fakt ciekawy, że próchnica gleby sprzyja rozwojowi tej bakterji, pomimo tego że nie jest użytkowana jako pokarm. Sztuczna próchnica, otrzymana z cukru, tego działania nie wywiera. BORTELS wykazał następnie, że popiół naturalnej próchnicy wywiera ten sam wpływ, co próchnica sama. Działają tu więc substancje mineralne gleby. Dalsze badania wyjaśniły, że pierwiastkiem, pobudzającym wiązanie azotu przez *Azotobactera*, jest molibden.

Poza tem żyją w glebie i w wodach inne jeszcze bakterje, wiążące azot, ale mają mniejsze znaczenie i nie zostały jeszcze należycie zbadane.

Przechodzimy teraz do bakteryj, wiążących azot w symbiozie z roślinami nasiennemi. Najlepiej znane są te ich formy, które żyją w korzeniach motylkowatych. Są to laseczkowate bakterje, nazwane *Bacterium radicicola*. Jak to wykazał Prażmowski, wchodzą one przez włośniki do komórek kory pierwotnej i wywołują w niej przerosty w formie bulwek (por. ryc. 603, *A*). Zachodzi tu pomiędzy dwoma organizmami stosunek symbiozy, który polega na tem, że bakterja otrzymuje od rośliny motylkowatej pokarmy zarówno organiczne, jak i nieorganiczne, z wyjątkiem azotowych, a tych ostatnich jej dostarcza wzamian. Skutkiem tego motylkowate mogą rosnąć doskonale nawet na glebie ubogiej w związki azotowe. Współżycie motylkowatych z bakterjami, wiążącemi azot, nie jest jednak zupełnie niewinną symbiozą, z której obie strony odnoszą równe korzyści. Świadczy o tem fakt, że bakterje w bulwkach korzeniowych przybierają szczególną rozgałęzioną postać. W sztucznych kulturach takie postaci u różnych bakteryj można wywołać przez pogorszenie warunków życia. Zdarza się nadto, że rośliny motylkowate cierpią skutkiem współżycia z bakterjami, wiążącemi azot, zamiast tego, żeby się rozwijać lepiej. Wypada z tego, że ten rodzaj współżycia jest właściwie walką, w której roślina motylkowata bierze górę, ale niezawsze.

Współżycie bakteryj z motylkowatemi zostało zbadane przez Hellriegela i Willfartha. Autorzy ci hodowali różne rośliny uprawne w jałowym piasku, opatrzonym we wszystkie potrzebne dla roślin sole oprócz azotowych. Kultury były wykonywane w dwojaki sposób: jedne były podlane wodnym wyciągiem gleby z pola, gdzie dane rośliny były uprawiane, drugie otrzymywały tylko czystą wodę. Wyniki przedstawia następująca tabela:

	Z wyciągiem z gleby		Bez wyciągu	
	Sucha masa nadziemnych części w *g*	Przybytek azotu w *mg*	Sucha masa nadziemnych części w *g*	Przybytek azotu w *mg*
Owies . .	0.659	− 1	0.671	± 0
Gryka . .	0.040	± 0	0.060	± 0
Seradela .	18.190	+ 395	0.062	± 0
Łubin . .	42.451	+ 1286	0.921	− 8
Groch . .	20.426	+ 473	0.928	− 2

Z tej tabeli widoczne jest odrazu, że na rośliny, nie żyjące w symbiozie w *Bacterium radicicola* (owies, gryka), wyciąg z ziemi nie wywarł żadnego działania. Zarówno z wyciągiem, jak i bez niego rozwój roślin jest bardzo mizerny z powodu braku pokarmów azotowych, a nadto niema żadnego przybytku azotu ponad ilość zawartą w nasionach. Natomiast na motylkowate wyciąg z ziemi wywarł wpływ bardzo wybitny. Bez niego rozwój roślin był równie słaby, jak u owsa i gryki, i tak samo nie było przybytku azotu. Rośliny zaś podlane wyciągiem z ziemi wykazały wielki przyrost wagi i znaczny przybytek azotu. Na ich korzeniach stwierdzono wytworzenie się typowych bulwek z bakterjami. Oczywiście przybytek związanego azotu nie mógł pochodzić skądinąd, jak tylko z powietrza za pośrednictwem bakteryj. Dodatkowym dowodem było w tych doświadczeniach to, że wyciąg z gleby nie wywierał działania na rośliny motylkowate, o ile był zagotowany: bakterje były w takim wyciągu zabite. Późniejsze doświadczenia francuskich badaczy Schloesinga i Laurenta wykazały bezpośrednio ubytek wolnego azotu powietrznego w kulturach motylkowatych, hodowanych w zamkniętej przestrzeni.

Bakterje motylkowatych stanowią kilka odrębnych gatunków, które wprawdzie nie dają się odróżnić od siebie po cechach morfologicznych, ale wyróżniają się przez to, że nie z każdym gatunkiem motylkowatych mogą współżyć. Naprzykład, bakterje grochu nie mogą żyć w korzeniach grochodrzewu *(Robinia)* i odwrotnie. Beijerinckowi udało się otrzymać czyste kultury omawianych bakteryj na sztucznej pożywce. Okazało się, że wymagają one ciał białkowych, jako pokarmu azotowego.

W ostatnich czasach wykazano, że poza motylkowatemi, niektóre inne rośliny także korzystają z azotu wiązanego przez bakterje, żyjące w korzeniach. Stwierdzono to dla olszy *(Alnus)*, woskownicy *(Myrica)*, rokitnika *(Hippophaë)* i oliwnika *(Elaeagnus)*. Bulwki tworzą się tu trochę inaczej niż u motylkowatych, bo nie przez przerost tkanki korowej, lecz przez wytwarzanie obok siebie licznych, krótkich a silnie rozgałęzionych korzeni pochodnych (ryc. 603, *B*).

Są oprócz tego fakty, które wskazują na to, że w pewnych przypadkach grzyby, wchodzące w skład mykorhizy, wiążą wolny azot i zasilają związkami azotowemi odnośne rośliny. Wykazano np., że *Podocarpus* i wrzos *(Calluna)* mogą rosnąć całemi latami i rozwijać się zupełnie normalnie w piasku, nie zawierającym żadnych związków azotowych. Co do wrzosu

udało się to zagadnienie zbadać bliżej. Wydzielono z niego symbiotyczny grzyb, który okazał się grzybem niedoskonałym z rodzaju *Phoma*. W sztucznych kulturach wiąże on wolny azot. Przypadek wrzosu jest bardzo ciekawy jeszcze przez to, że grzyb żyje nietylko w korzeniach, ale w całej roślinie do kwiatów i zalążków włącznie. Przez to nasiona są zarażone grzybem. Podobne przerastanie całego ciała rośliny grzybnią stwierdzono także u trawy *Lolium temulentum*, ale tu wiązania wolnego azotu niema.

Wszystkie te procesy, wiążące azot powietrzny, mają ogromne znaczenie, stanowiąc jedyne wydatne źródło związków azotowych, bez których życie jest niemożliwe. Jest to rzecz tem bardziej doniosła, że istnieją bakterje denitryfikacyjne, odtleniające azotany z wydzieleniem wolnego azotu, a przez to uszczuplające zapasy rozporządzalnych związków azotowych. Są to zarówno aeroby jak i anaeroby, bardzo w przyrodzie rozpowszechnione.

282. Gospodarka energetyczna roślin cudzożywnych. Rośliny cudzożywne czerpią energję życiową całkowicie z energji chemicznej związków organicznych. Mogą to być związki pobierane z otoczenia, które wówczas nie są przyswajane, lecz utleniane albo rozkładane z uwolnieniem zawartej w nich energji chemicznej. Częściej jednak zdarza się, że pobrane związki organiczne są z początku przerabiane na inne związki, właściwe danej roślinie, a potem część ich ulega zniszczeniu i wydziela zawartą w nich energję. W każdym razie pod względem gospodarki energetycznej rośliny cudzożywne różnią się zarówno od zielonych, jak i bezzieleniowych roślin samożywnych. Rośliny zielone bowiem czerpią energję do życia z promieniowania, zaś bezzieleniowe rośliny samożywne z nieorganicznych substancyj pobranych z otoczenia. W ostatniej instancji energja zawsze pochodzi z promieniowania, energja bowiem chemiczna, zawarta w substancjach organicznych i nieorganicznych, przerabianych przez rośliny, pochodzi ostatecznie z promieniowania słońca.

ROZDZIAŁ XII

PRZEMIANY MATERJI W ROŚLINACH

283. Ogólny charakter przemian materji w roślinach. Przemiany materji w roślinach odbywają się w sposób, odbiegający bardzo silnie od zwykłych metod wykonywania podobnych reakcyj chemicznych w laboratorjach. Najważniejszą ich osobliwością jest to, że odbywają się przy niskiej temperaturze, a jednak przebiegają ze znaczną szybkością. Tłumaczy się to tem, że we wszystkich tych procesach są czynne specyficzne katalizatory, t. zw. fermenty albo enzymy, które są przez roślinę wyrabiane, a nie zostały dotąd otrzymane sztucznie.

Drugą osobliwością przemian materji w roślinie jest ta bardzo ważna okoliczność, że w komórkach panuje wielkie ciśnienie, wynoszące średnio kilkanaście atmosfer, co także wywiera wielki wpływ na przebieg reakcyj chemicznych.

Trzecią osobliwością omawianych przemian jest asymetrja drobin większości związków, biorących w nich udział. Podczas gdy przy zwykłych metodach laboratoryjnych otrzymuje się zawsze mieszaninę równych ilości prawo- i lewoskrętnych odmian danej substancji, roślina wyrabia zawsze tylko jedną odmianę. Naprzykład glikoza tworzy się w roślinach tylko w prawoskrętnej formie, fruktoza natomiast zawsze w odmianie lewoskrętnej.

Skutkiem słabej dotychczas znajomości mechanizmu przemian materji w roślinach nie umiemy wykonywać większości odbywających się w nich reakcyj, np. nie umiemy dokonywać sztucznie syntezy cukrów z wody i dwutlenku węgla.

284. Fermenty[1]. Fermenty albo enzymy są to szczególne katalizatory, wytwarzane i działające w komórkach. Znajomość tych niezmiernie ważnych substancyj jest jeszcze bardzo niedokładna, gdyż nie udało się dotąd otrzymać ich w stanie czystym. Preparaty, jakiemi rozporządzamy, zawierają zawsze mniejszą lub większą ilość domieszek. Preparaty te są koloidami; nawet najbardziej oczyszczone od domieszek wykazują one zjawisko Tyndalla i nie dyfundują przez błony. Trudności w badaniu fermentów wzmagają się jeszcze bardziej skutkiem małej ich trwałości. Ulegają one łatwo rozkładowi nawet pod działaniem słabych czynników chemicznych.

Fermenty są przeważnie rozpuszczalne w wodzie i glicerynie, nierozpuszczalne w alkoholu. Z tego korzysta się dla wyosobnienia ich z tkanek roślinnych i zwierzęcych. Metoda jest w głównych zarysach następująca. Tkankę poddaje się z początku działaniu substancyj, które zabijają protoplazmę,

[1]) Bliższe wiadomości o tych substancjach można znaleźć w książce: E. Waldschmidt-Leitz. Die Enzyme (Braunschweig, 1926).

nie szkodząc fermentom. Do tego można użyć chloroformu, toluolu, tymolu i t. p. substancyj. Następnie trzeba tkankę rozdrobnić, np. przez rozcieranie z piaskiem, ażeby porozrywać błony komórkowe, przez które fermenty, jako ciała koloidalne, nie przenikają. Otrzymaną w ten sposób miazgę wyługowuje się wodą albo wodnym roztworem gliceryny, ewentualnie z zastosowaniem prasy hydraulicznej. W ten sposób np. otrzymać można z drożdży maltazę, ferment powodujący hydrolizę maltozy.

Niezawsze jednak ta metoda prowadzi do celu, gdyż fermenty są często związane ze składnikami komórki przez adsorbcję albo w inny jaki sposób. Naprzykład sacharaza, zawarta w drożdżach razem z maltazą, tylko w nieznacznej części daje się wyługować przez wodę. Ten ferment, powodujący hydrolizę sacharozy, jest ukryty w błonie komórkowej pomiędzy drobinami pewnych węglowodanów, grających rolę materjałów zapasowych. Skutkiem tego dla uwolnienia sacharazy trzeba z roztartych na miazgę drożdży usunąć z początku ciała białkowe działaniem pepsyny, a następnie rozpuścić wspomniane węglowodany działaniem amylazy. Dopiero wtedy woda swobodnie wyługuje sacharazę. Jeszcze większe trudności przedstawia wyosobnianie fermentów nierozpuszczalnych w wodzie, np. lipazy z nasion rącznika, powodującej hydrolizę tłuszczów. Trzeba tu stosować osobne, bardzo złożone metody, któremi zajmować się nie będziemy.

Otrzymane w formie roztworów preparaty fermentów można w pewnym stopniu oczyścić od domieszek. Prace, prowadzone w tym kierunku przez Willstättera i jego uczniów, doprowadziły już do tego wyniku, że niektóre fermenty, np. sacharaza, zostały oczyszczone i od ciał białkowych, i od węglowodanów. Niestety, zupełne oczyszczenie dotychczas jeszcze nie powiodło się.

Dla uwolnienia preparatów fermentów od domieszek używa się kilku sposobów. Dla oczyszczenia ich od krystaloidów (soli i t. p.), wystarczy je poddać dializie. Strącanie przy pomocy alkoholu albo soli ciężkich metali daje możność oddzielenia ich od takich koloidów, które strącają się trudniej od nich. Najlepszym środkiem jest jednak adsorbcja przy pomocy rozmaitych nierozpuszczalnych koloidalnych substancyj: kaolinu, wodorotlenków glinu i żelaza i t. d. Przez systematyczne stosowanie środków adsorbcyjnych udało się szkole Willstättera otrzymać wyniki wprost zadziwiające.

Sukcesy Willstättera mają swoje źródło w wielkiej rozmaitości, jaką wykazują własności adsorbcyjne fermentów i towarzyszących im ciał. Dzięki temu można nietylko oddzielić od fermentów wiele nieczynnych substancyj, ale także oddzielić jeden ferment od drugiego ze wspólnych roztworów. Przez systematyczne stosowanie adsorbcji przy pomocy kaolinu, wodorotlenku glinu i taniny z dodatkiem strącania działaniem soli ołowiu udało się o tyle oczyścić sacharazę, że otrzymany wkońcu preparat wykazywał działanie 3000 razy silniejsze od surowego, który służył za punkt wyjścia. Jest to najlepszy wynik, jaki został osiągnięty; innych fermentów nie udało się jeszcze oczyścić tak dalece. Jako przykład oddzielenia fermentów od siebie, można przytoczyć oddzielenie sacharazy od maltazy w wyciągach drożdży. Użyto do tego specjalnego wodorotlenku glinu o składzie $AlO(OH)$, który z roztworów sacharazy i maltazy adsorbuje całkowicie maltazę, nie ruszając sacharazy. Po odfiltrowaniu można następnie uwolnić maltazę, rozpuszczając wodorotlenek glinu w zasadzie. W podobny sposób z soku trzustkowego zwierząt oddzielono od siebie cztery zawarte w nim fermenty: trypsynę, erepsynę, amylazę i lipazę.

Z powodu nieotrzymania fermentów w stanie czystym, nie znamy jeszcze ich składu chemicznego. Jednak oczyszczenie preparatów od ciał białkowych i węglowodanów wykazuje, że nie należą one ani do jednej, ani do drugiej z tych dwóch kategoryj związków organicznych. Niema pewności nawet, czy to są wogóle związki organiczne. Stała obecność metali, w szczególności żelaza, nawet w najczystszych preparatach wskazuje na to, że metale wchodzą w ich skład.

Fermenty działają jako katalizatory, przyśpieszając swoją obecnością rozmaite reakcje chemiczne, odbywające się w organizmach: hydrolizę, utlenianie i t. d. Pozornie nie biorą one udziału w tych reakcjach, działając jakgdyby samą tylko swoją obecnością. W rzeczywistości tak nie jest. Łączą się one z substancjami, które ulegają przemianom w danej reakcji, ale oddzielają się w stanie niezmienionym od jej produktów. Działanie przyśpieszające fermentów jest proporcjonalne do ich ilości, co daje możność mierzenia tych ilości, nie w jednostkach bezwzględnych coprawda, ale w pewnych względnych, osobnych dla każdego fermentu.

Fermenty różnią się od innych katalizatorów swoistością swojego działania. Każdy ferment przyśpiesza tylko pewne ściśle określone reakcje chemiczne. Naprzykład sacharaza przy-

śpiesza hydrolizę sacharozy, nie wpływając wcale na przebieg hydrolizy maltozy, jakkolwiek są to reakcje bardzo podobne i dające częściowo nawet te same produkty: z sacharozy tworzy się glikoza i fruktoza, z maltozy zaś sama tylko glikoza. I odwrotnie maltaza, przyśpieszająca hydrolizę maltozy, nie działa na hydrolizę sacharozy. Jeszcze ciekawszy przykład specyficzności enzymów mamy w porównaniu maltazy z emulsyną. Maltaza oprócz hydrolizy maltozy przyśpiesza także hydrolizę pewnych glikozydów, t. zw. α-glikozydów, natomiast nie działa na ich stereoizomery β-glikozydy. Odwrotnie emulsyna, ferment zawarty w gorzkich migdałach, rozkłada β-glikozydy, nie wpływając na α-glikozydy (por. ust. 288). Wogóle fermenty są bardzo wrażliwe na wszelkie różnice w stereoizomerji i działają tylko na te odmiany optyczne danych związków, które występują w roślinach. Specyficzność fermentów ma rozmaity zakres i działanie ich nie ogranicza się do jednej tylko substancji, jednej tylko reakcji. Tak więc widzieliśmy, że maltaza działa nietylko na maltozę, ale także na α-glikozydy. W związku z powyższem trzeba zaznaczyć, że nazwy fermentów są z reguły wyprowadzane z nazw odnośnych substancyj, podlegających ich działaniu, przez zamianę ich końcówki na aza. Narzykład maltaza od maltozy, sacharaza od sacharozy. Są jednak wyjątki z tego prawidła: inwertyna (synonim sacharazy), emulsyna, erepsyna i t. d.

Działanie fermentów zależy, poza ich ilością, od temperatury i wielu czynników chemicznych. Rozpatrzmy przedewszystkiem wpływ temperatury. Działanie fermentów z podniesieniem temperatury silnie wzrasta, potem po osiągnięciu pewnego optymum słabnie i wreszcie znika, ażeby już po oziębieniu nie wrócić. Naprzykład dla amylazy (diastazy), fermentu przyśpieszającego hydrolizę skrobi, optymum leży przy 63^0, temperatura zniszczenia jest 85^0. Wpływ temperatury na fermenty jest zupełnie analogiczny do wpływu, wywieranego na większość czynności fizjologicznych, z tą tylko różnicą, że optymum i maksymum leżą o wiele wyżej (por. ust. 237).

Z czynników chemicznych bardzo silny wpływ wywiera na fermenty przedewszystkiem kwasowość środowiska. W środowisku zbyt kwaśnem fermenty nie działają. Przy zmniejszeniu kwasowości działanie ich wzrasta do pewnego optymum, potem przy dalszem osłabieniu kwasowości słabnie i wreszcie ustaje znowu. Optymum dla różnych fermentów jest bardzo różne, jak to widać z następującej tabeli:

Ferment	Optymalna kwasowość
Pepsyna	1.5
Sacharaza	4.2
Lipaza rącznika . .	4.7
Maltaza	6.5
Amylaza trzustki . .	6.9
Erepsyna	7.8
Lipaza trzustki . .	8.0
Trypsyna	8.2

Różnica optymalnej kwasowości dla krańcowych przypadków (pepsyna — trypsyna) wynosi kilka miljonów razy ($10^{6\,7}$).

Poza jonami H i OH wiele innych czynników chemicznych wywiera wpływ na fermenty, wzmagając albo osłabiając ich działanie. Klasycznym przykładem substancyj, wzmagających działanie fermentów, jest enterokinaza, wydzielana przez gruczoły kiszkowe. Pod jej wpływem trypsyna, wydzielana przez trzustkę, powoduje hydrolizę ciał białkowych. Bez enterokinazy trypsyna nie działa na ciała białkowe. Analogiczny przypadek stwierdzono u drożdży. Wytwarzają one zymazę, ferment powodujący rozkład cukrów na alkohol i dwutlenek węgla. Zymaza może być wydzielona przez wygniatanie prasą hydrauliczną. Otóż ten ferment nie działa bez pewnej substancji, wytwarzanej również przez drożdże. Substancja ta daje się z łatwością wyługować z wysuszonych drożdży. Zymaza, otrzymana z takich wyługowanych drożdży, nie działa na cukry. Działanie jednak wznawia się po dodaniu wspomnianego wyciągu z drożdży. Wyciąg ten nie traci swoich własności pod wpływem gotowania.

Hamująco działają na fermenty sole ciężkich metali i różne substancje organiczne o działaniu dezynfekcyjnem i znieczulającem, jak toluol, tymol, chloroform i t. d. To działanie hamujące jest podobne do działania tych substancyj na czynności życiowe organizmów, ale jest o wiele słabsze. Skutkiem tego można dobierać takie dawki, że czynności życiowe mikroorganizmów, które są zawsze obecne w roztworach fermentów, zostaną powstrzymane, ale działanie fermentów będzie osłabione tylko w nieznacznym stopniu. Jest to bardzo ważne przy badaniach nad fermentami, gdyż roztworów ich nie można poddawać wyjaławianiu.

Fermenty, podobnie jak wszystkie inne katalizatory, przyśpieszają reakcje równie silnie w ich przebiegu prostym, jak

i odwrotnym. Zauważono to najpierw na maltazie. Ferment ten przyśpiesza hydrolizę maltozy, która przytem rozpada się na glikozę według równania:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$$

Otóż jeżeli dodać maltazy do roztworu glikozy, to tworzy się cukier podobny do maltozy, t. zw. izomaltoza, o takim samym wzorze sumarycznym. Nie ulega wątpliwości, że drobina izomaltozy powstaje przez połączenie dwóch drobin glikozy z wydzieleniem drobiny wody według powyższego równania, odczytanego w odwrotnym kierunku. Dzieje się to oczywiście dzięki przyśpieszającemu działaniu maltazy. Nie jest to jednak ścisłym dowodem odwracalności działania fermentów, gdyż izomaltoza nie jest identyczna z maltozą. Przyczyną tej niedokładności są wpływy uboczne, pochodzące z innych fermentów, które towarzyszą maltazie. Francuskiemu chemikowi Bourquelot udało się jednak dowieść zupełnie ściśle odwracalności w działaniu fermentów na przykładzie emulsyny. Emulsyna tem różni się od innych fermentów, że działa w roztworze alkoholu, który strąca inne fermenty. Skutkiem tego można badać łatwo jej działanie niezależnie od innych fermentów. Emulsyna, jak to już było podane powyżej, powoduje hydrolizę β-glikozydów na glikozę i alkohole. Pod jej działaniem z mieszaniny glikozy i alkoholów tworzą się zpowrotem odnośne glikozydy.

Fermentów jest bardzo dużo. Z samych tylko drożdży wydzielono: sacharazę, maltazę, zymazę, katalazę, laktazę, karboksylazę, karboligazę, fosfatazę i erepsynę[1]). Wśród fermentów można wyróżnić przedewszystkiem trzy grupy: hydrolizujące, utleniające i redukujące. Pierwszy rodzaj fermentów przyśpiesza hydrolizę złożonych związków organicznych: złożonych cukrów, tłuszczów, ciał białkowych, glikozydów. Do nich należą wszystkie dotychczas przytoczone przykłady. Dalsze wiadomości o nich będą przytoczone w ust. 285—8. Druga grupa obejmuje liczne fermenty, przyśpieszające utlenienie. O nich będzie mowa w ust. 291. Trzecia grupa zawiera fermenty, przyśpieszające odtlenienie. Oprócz tego jest wiele innych fermentów, które nie dadzą się rozklasyfikować według jakiegoś systemu. Do takich należy np. zymaza, czynna przy fermentacji alkoholicznej, laktolaza, działająca przy fermentacji mlecznej, katalaza, rozkładająca nadtlenek wodoru na wodę i tlen, i t. d.

[1]) Laktaza powoduje hydrolizę laktozy, fosfataza — hydrolizę estrów kwasu fosforowego, erepsyna — hydrolizę peptonów i polipeptydów. Karboksylaza rozkłada kwasy organiczne, karboligaza — aldehydy.

285. Węglowodany. Z pomiędzy niezmiernie licznych związków organicznych, wchodzących w skład roślin, węglowodany są najważniejsze, gdyż stanowią materjał, z którego tworzą się wszystkie inne. Nazwa ich pochodzi stąd, że drobina ich zawiera wodór i tlen w takim samym stosunku jak woda, to znaczy na każdy atom tlenu przypadają dwa atomy wodoru. Stwarzają się przez to pozory, jakgdyby to były związki węgla z wodą. W istocie są to alkohole wieloatomowe i zarazem aldehydy albo ketony.

Węglowodany dzielą się na proste i złożone. Złożone powstają z prostych przez kondensację z wydzieleniem wody. Odwrotnie proste tworzą się ze złożonych przez hydrolizę. Zależnie od tego, z ilu drobin prostych węglowodanów składa się drobina złożonego węglowodanu, otrzymuje on nazwę bisacharydu, trisacharydu i t. d. Jeżeli drobina węglowodanu jest tak duża, że skład jej dokładnie nie mógł być oznaczony, nadaje mu się ogólną nazwę polisacharydu. Proste węglowodany są nazywane także monosacharydami. Zależnie od obecności grupy aldehydowej czy ketonowej noszą one nazwę aldoz albo ketoz. Niezbyt złożone węglowodany są rozpuszczalne w wodzie i mają słodki smak; nazywane są ogólnie cukrami. Bardziej złożone nie są słodkie i tworzą tylko koloidalne roztwory albo są zupełnie nierozpuszczalne.

Klasyfikacja monosacharydów opiera się na ilości atomów węgla w drobinie, która to ilość wynosi co najmniej dwa. Stąd pochodzi podział węglowodanów na biozy, triozy, tetrozy, pentozy, heksozy, septozy i t. d. W roślinach występują tylko biozy, triozy, pentozy i heksozy. Najważniejsze są te ostatnie. Od nich też zaczniemy przegląd węglowodanów.

Heksozy naturalnie mogą mieć formę aldoz i ketoz o wzorach:

aldozy: $CH_2(OH)—[CH(OH)]_4—CHO$

ketozy: $CH_2(OH)—[CH(OH)]_3—CO—CH_2OH$

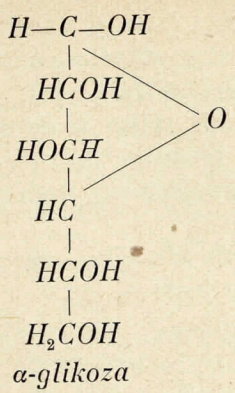
Aldozy zawierają 4 asymetryczne atomy węgla[1]) i istnieją skutkiem tego w 16 odmianach stereoizomerycznych. Z tego

[1]) Właściwie asymetrycznych atomów u aldoz jest 5, zaś u ketoz 4, jak to będzie dokładniej wyjaśnione poniżej.

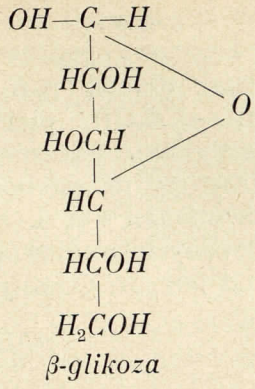
w roślinach występują 3: glikoza, mannoza i galaktoza, wszystkie w prawoskrętnej odmianie. Ketozy zawierają 3 asymetryczne atomy węgla i skutkiem tego ilość możliwych stereoizomerów wynosi tu 8. Z nich występuje w roślinach tylko lewoskrętna fruktoza (lewuloza), jeżeli nie liczyć lewoskrętnej sorbozy, która tworzy się podczas fermentacji owoców jarzębiny. Zarówno aldozy jak i ketozy z powodu posiadania grup aldehydowych, względnie ketonowych, redukują płyn FEHLINGA z wydzieleniem tlenku miedziawego. Płyn FEHLINGA sporządza się, jak wiadomo, przez dodanie do wodnego roztworu siarczanu miedzi kwasu winnego a następnie wodorotlenku sodu. Otrzymany w ten sposób ciemnobłękitny roztwór pod wpływem heksoz i niektórych innych cukrów przy ogrzewaniu odbarwia się z wydzieleniem czerwonego osadu tlenku miedziawego *(Cu_2O)*.

Najważniejszą z heksoz jest glikoza, która występuje wszędzie w roślinach, rozpuszczona w soku komórkowym. Tworzy się ona bezpośrednio podczas przyswajania dwutlenku węgla i gra rolę podstawowego materjału, z którego roślina wyrabia wszystkie inne związki organiczne. Bierze skutkiem tego udział we wszystkich nieomal czynnościach fizjologicznych, między innemi także w oddychaniu. Z powodu swojej łatwej rozpuszczalności i stosunkowo niewielkich rozmiarów drobin, glikoza nadaje się doskonale do transportu. W tej właśnie formie znaczna część materji organicznej jest przeprowadzana w roślinie z jednych narządów do drugich przy pomocy tkanki sitowej. Stosunkowo rzadko glikoza odgrywa rolę substancji zapasowej. Do tej czynności jest ona niewygodna, gdyż z powodu wielkiej liczebności drobin wytwarza bardzo silne ciśnienie osmotyczne a nadto stosunkowo łatwo przenika przez błonę protoplazmatyczną. Przykładem rośliny, gromadzącej glikozę, może służyć cebula *(Allium Cepa)*. Glikoza wchodzi nadto w skład większości złożonych węglowodanów a także w skład glikozydów, związków, o których będzie jeszcze mowa w ust. 288.

Glikoza występuje w dwóch odmianach α i β, różniących się kątem skręcania płaszczyzny polaryzacji, rozpuszczalnością w wodzie, topliwością i niektóremi innemi własnościami. Najłatwiej odróżniają się one skręcaniem płaszczyzny polaryzacji: odmiana α jest dwa razy bardziej czynna od β. Odmiany te są stereoizomerami, pochodzącemi stąd, że grupa aldehydowa w drobinie glikozy ma postać asymetryczną skutkiem istnienia w niej laktonowego wiązania według wzorów:



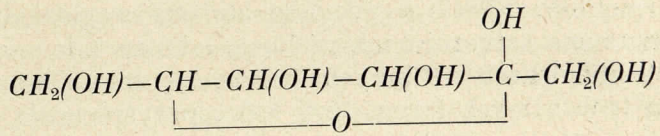
α-glikoza



β-glikoza

W drobinie aldoz zatem są właściwie nie 4 asymetryczne atomy węgla, lecz jest ich 5. Odmiany te z łatwością przechodzą jedna w drugą. Podobne odmiany istnieją także u innych monosacharydów, najlepiej jednak zostały zbadane u glikozy.

Poza glikozą bardzo rozpowszechnionym w roślinach rodzajem heksoz jest fruktoza. Oba te cukry z łatwością zresztą przemieniają się jeden w drugi. Fruktoza także posiada w swojej drobinie laktonowe wiązanie i tworzy odmiany α i β. Dokładny jej wzór jest następujący:



W drobinie fruktozy zatem są właściwie nie 3, lecz 4 asymetryczne atomy węgla. Fruktoza wchodzi w skład niektórych złożonych węglowodanów (sacharozy, inuliny).

Pozostałe heksozy, mannoza i galaktoza, występują w stanie wolnym tylko w nieznacznych ilościach, biorą natomiast udział w tworzeniu niektórych złożonych węglowodanów (hemiceluloz).

Przechodzimy teraz do pentoz. Cukry te wchodzą w skład pewnych złożonych węglowodanów (hemiceluloz), w stanie zaś wolnym występują w roślinach tylko w bardzo nieznacznych ilościach. Są to tylko aldozy o ogólnym wzorze:

$$CH_2(OH)—[(CH(OH)]_2—CHO$$

Z ośmiu możliwych stereoizomerów są w roślinach tylko dwa: arabinoza i ksyloza, obie w prawoskrętnych odmianach.

Tetroz w roślinach nie stwierdzono. Triozy natomiast tworzą się przejściowo podczas fermentacji alkoholicznej. Znana jest zarówno aldoza *($CH_2OH—CHOH—CHO$)*, jak i ketoza *($CH_2OH—CO—CH_2OH$)*, pierwsza z nich tylko w odmianie optycznie nieczynnej. Wreszcie jedyna możliwa dioza *($CH_2OH—CHO$)* tworzy się prawdopodobnie przejściowo podczas przyswajania dwutlenku węgla.

Ze złożonych węglowodanów najważniejsze są te, które pochodzą od heksoz. Ogólny ich wzór jest:

$$(C_6H_{10}O_5)_nH_2O$$

W nim n może przybierać różne wartości, począwszy od 2. Przy wielkich wartościach wskaźnika n pisze się ten wzór zwykle w formie

$$(C_6H_{10}O_5)_n$$

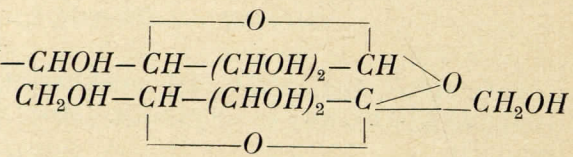
Złożone węglowodany przez gotowanie z kwasami ulegają hydrolizie i przemieniają się na heksozy według równania:

$$(C_6H_{10}O_5)_nH_2O + (n-1)H_2O = nC_6H_{12}O_5$$

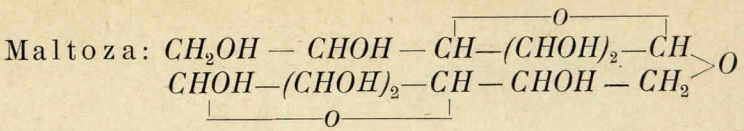
Ta sama reakcja odbywa się także pod wpływem specjalnych fermentów. Niektóre prostsze złożone węglowodany zostały otrzymane sztucznie, np. maltoza, laktoza (ale nie sacharoza!). W komórkach roślinnych tworzą się one z heksoz pod wpływem tych samych fermentów, które przyśpieszają ich rozkład. Dzieje się to według przytoczonego powyżej równania, odczytanego w odwrotnym kierunku.

Rozpatrzmy ważniejsze węglowodany złożone, tworzące się w roślinach przez kondensację heksoz. Rozpoczniemy od bisacharydów, mających ogólny wzór $C_{12}H_{22}O_{11}$. Są to łatwo rozpuszczalne w wodzie substancje o słodkim smaku. Jest ich trzy: sacharoza albo cukier trzcinowy, maltoza albo cukier słodowy i trehaloza albo mykoza. Wszystkie obracają płaszczyznę polaryzacji na prawo. Sacharoza tworzy się przez połączenie glikozy z fruktozą, pozostałe dwa bisacharydy składają się natomiast tylko z glikozy.

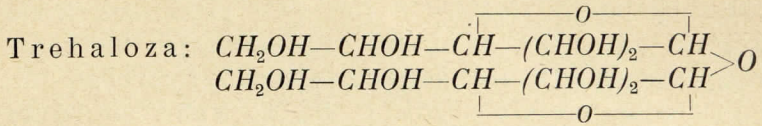
Sacharoza:



Maltoza:



Trehaloza:



Najbardziej rozpowszechnioną z bisacharydów jest sacharoza, która gra często rolę materjału zapasowego, np. w korzeniach buraków *(Beta vulgaris)*. Może ona być materjałem zapasowym, gdyż nie przenika prawie wcale przez błonę protoplazmatyczną, jakkolwiek jest krystaloidem (por. str. 818). Jak widać ze wzoru, sacharoza nie posiada żadnej wolnej grupy aldehydowej ani ketonowej i skutkiem tego nie redukuje płynu FEHLINGA. Pod działaniem fermentu sacharazy rozkłada się na równe ilości glikozy i fruktozy. Ponieważ lewoskrętna fruktoza silniej obraca płaszczyznę polaryzacji od prawoskrętnej glikozy, otrzymuje się przytem lewoskrętną mieszaninę heksoz w miejsce prawoskrętnej sacharozy. Ta zmiana zdolności obracania płaszczyzny polaryzacji pozwala śledzić przebieg hydrolizy sacharozy. Nazwa inwertyny, nadawana nieraz sacharazie, pochodzi właśnie od tego zjawiska. Sacharoza tworzy się w roślinie przez kondensację glikozy z fruktozą prawdopodobnie pod działaniem tejże sacharazy. Doświadczalnie to działanie sacharazy nie zostało jeszcze stwierdzone.

Maltoza powstaje podczas hydrolizy skrobi pod działaniem diastazy. Posiadając wolną grupę aldehydową, redukuje ona płyn FEHLINGA. Pod działaniem specjalnego fermentu, maltazy, rozpada się na glikozę. Na maltazie zauważono po raz pierwszy odwracalność działania fermentów. Sacharaza na maltozę nie działa.

Trehalozę wreszcie spotyka się tylko u grzybów. Płynu FEHLINGA nie redukuje. Rozkłada się na glikozę pod działaniem trehalazy. Zarówno sacharaza, jak maltaza, nie wywierają na nią żadnego działania.

Często spotykana u zwierząt laktoza czyli cukier mleczny, rozpadający się przy hydrolizie na glikozę i galaktozę, nie występuje u roślin wcale.

Z trisacharydów $C_{18}H_{32}O_{16}$ najważniejsza jest rafinoza, szeroko rozpowszechniona w świecie roślinnym, występująca

*

np. w burakach cukrowych obok sacharozy. Jest to prawoskrętna słodka substancja, rozpuszczalna w wodzie, nie redukująca płynu FEHLINGA. Składa się ona z fruktozy, glikozy i galaktozy. Sacharaza odszczepia od niej fruktozę i zostawia melibiozę, bisacharyd złożony z glikozy i galaktozy. Emulsyna odszczepia natomiast galaktozę, pozostawiając nietkniętą sacharozę. Kwasy powodują odrazu całkowitą hydrolizę.

Pomijając tetrasacharydy, $C_{24}H_{42}O_{21}$, które nie odgrywają poważniejszej roli w roślinach, przechodzimy do polisacharydów. W przeciwieństwie do omówionych dotychczas mniej złożonych węglowodanów są to substancje koloidalne, o smaku niesłodkim. Do nich należą: skrobia, glikogen, inulina, celuloza i hemicelulozy.

Skrobia jest najważniejszą substancją zapasową roślin. Tworzy się ona przez kondensację glikozy, której drobiny łączą się przytem w znacznej ilości z wydzieleniem wody. Ile drobin glikozy przypada przytem na jedną drobinę skrobi, niewiadomo; jest to w każdym razie ilość znaczna. Widoczne to jest np. z tego, że z pomiarów ciśnienia osmotycznego roztworów skrobi ziemniaczanej wypada dla cząsteczek (drobin?) zawartych w takim roztworze masa 120 tysięcy razy większa od atomu wodoru. Skrobia tworzy się w formie ziarenek, których postać i budowa były już opisane w ust. 8. Ziarenka te powstają przedewszystkiem w chloroplastach, gdzie podczas przyswajania dwutlenku węgla nadmiar glikozy, nieodprowadzony do innych części rośliny, przybiera taką formę. Jest to przejściowe magazynowanie węglowodanów, gdyż w nocy skrobia z chloroplastów znika. Natomiast w nasionach, bulwach i t. p. zbiornikach zapasów skrobia gromadzi się na czas dłuższy.

Ziarenka skrobi lekko nabrzmiewają w zimnej wodzie, w gorącej natomiast pęcznieją tak silnie, że rozpływają się i zlewają ze sobą, tworząc roztwór koloidalny, t. zw. klajster. Skrobia nie redukuje płynu FEHLINGA. Charakterystyczną reakcją dla niej jest błękitne zabarwienie pod działaniem jodu, które to zabarwienie znika przy ogrzewaniu i powraca, nieco osłabione, przy oziębieniu. Wszędzie w roślinach, gdzie występuje skrobia, znajdują się także fermenty, które przyśpieszają jej hydrolizę oraz wytwarzanie się zpowrotem skrobi przez kondensację glikozy. Fermentów tych jest dwa: diastaza (albo amylaza), przemieniająca skrobię na maltozę, i maltaza, przemieniająca maltozę na glikozę. W szczególnie dużych ilościach wytwarzają się one w kiełkujących nasionach,

zawierających skrobię (w ziarnach zbóż w szczególności), z których mogą być otrzymane przez wyługowywanie wodą. Do celów przemysłowych (w browarach i gorzelniach) ziarna zbóż (szczególnie jęczmienia) poddaje się kiełkowaniu tak długo, ażeby się wytworzyły możliwie duże ilości fermentów. Takie wykiełkowane ziarna noszą nazwę słodu.

Kiełkujące ziarna zbóż dają piękny przykład zastosowania prawa działania mas do zjawisk fizjologicznych. Jak wiadomo, według tego prawa reakcje mogą odbywać się swobodnie tylko wtedy, jeżeli produkty ich są usuwane ze środowiska, w którem reakcja się odbywa. Każde nagromadzenie produktów reakcji hamuje ją i może nawet powstrzymać zupełnie. Otóż jeżeli z kiełkującego ziarna wytnie się zarodek, to przemiana skrobi na cukry ustaje. Dzieje się to skutkiem nagromadzenia cukrów w bielmie, gdyż nie są one wtedy zużytkowywane. Że to nie jest powodowane przez brak fermentów, ani przez żadną inną przyczynę, dowodzą doświadczenia, polegające na dołączeniu do ziarna gipsowego słupka w miejsce usuniętego zarodka. Jeżeli koniec tego słupka zanurzyć w wodzie, hydroliza skrobi będzie odbywała się normalnie, jeżeli natomiast zanurzy się go w roztworze glikozy, hydroliza zostaje wstrzymana. Wynik tych doświadczeń tłumaczy się bardzo łatwo: w pierwszym przypadku produkty hydrolizy przez dyfuzję uchodzą z bielma, w drugim zaś pozostają i hamują hydrolizę.

Glikogen odgrywa u zwierząt taką samą rolę, jak skrobia u roślin („zwierzęca skrobia“). Spotyka się go jednak także u roślin, a mianowicie u grzybów i bakteryj, między innemi tworzy się obficie w drożdżach (do $^1/_3$ suchej wagi). Jest to substancja, która występuje w komórkach w postaci koloidalnego roztworu. Specjalny ferment, t. zw. glikogenaza, hydrolizuje go, tworząc glikozę. Jod barwi glikogen na kolor brunatny.

Inulina zastępuje skrobię u niektórych złożonych (*Compositae*). Występuje ona w komórkach w postaci roztworu, z którego może być wydzielona działaniem alkoholu w formie sferokryształów (ust. 8). W przeciwieństwie do skrobi i glikogenu składa się ona z fruktozy.

Oprócz tego u niższych roślin stwierdzono istnienie wielu innych zapasowych substancyj, które prawdopodobnie są węglowodanami. Są to np.: leukosyna u *Chrysomonadinae* (ust. 20), paramylon u *Eugleninae* (ust. 21). Natura chemiczna tych substancyj nie jest jeszcze zbadana.

Celuloza czyli błonnik jest głównym składnikiem błon komórkowych (por. ust. 6). Jest to polisacharyd, którego drobina składa się z kilkuset drobin glikozy. Celuloza jest związkiem bardzo trwałym i ustępuje pod tym względem ze składników błony tylko ligninie. Jest ona nierozpuszczalna w wodzie i nie podlega działaniu rozcieńczonych kwasów. Stężony kwas siarczany przy ogrzewaniu rozpuszcza ją, zamieniając na glikozę. Celuloza stanowi dla rośliny kapitał martwy, gdyż nie może być zużytkowywana w procesach przemiany materji. Rośliny naogół nie posiadają fermentów, rozkładających celulozę. Tylko pasorzyty oraz niektóre bakterje wytwarzają podobne fermenty, ujmowane ogólną nazwą cytazy.

W przeciwieństwie do celulozy, hemicelulozy, które wchodzą również w skład błony komórkowej, są materjałami zapasowemi. Ulegają one łatwo hydrolizie i dają mannozę i galaktozę, a nadto arabinozę albo ksylozę. Są to substancje szeroko rozpowszechnione w świecie roślinnym (por. str. 14). W największych ilościach tworzą się one w niektórych nasionach, np. u palm (ust. 6, ryc. 3) stanowią główny materjał zapasowy nasion. Hemicelulozy spotyka się także u roślin niższych, np. błona drożdży składa się głównie z nich.

Do węglowodanów są zbliżone inne jeszcze składniki błony komórkowej. Są to przedewszystkiem substancje pektynowe oraz gumy i śluzy. Substancje pektynowe różnią się od celulozy i hemicelulozy tem, że rozgotowują się w wodzie na galaretowatą masę. Głównym ich składnikiem jest kwas galakturonowy:

$$COOH-(CHOH)_4-CHO$$

Gumy i śluzy już pod działaniem zimnej wody zamieniają się w galaretę. Przy hydrolizie dają one arabinozę, galaktozę i kwasy o nieznanej jeszcze budowie.

Lignina jest złożonym związkiem aromatycznym.

Osobne miejsce zajmuje wśród substancyj budujących błony chityna. Rozpowszechniona szeroko w świecie zwierzęcym, u roślin występuje ona tylko u grzybów. Jest to jakiś bliżej nieznany związek azotowy o budowie zbliżonej do węglowodanów. Ulega hydrolizie pod wpływem stężonego kwasu siarczanego albo solnego, dając między innemi glikozamin:

$$CH_2OH-(CHOH)_3-CHNH_2-CHO$$

286. Tłuszcze. Tłuszcze odgrywają w roślinie rolę substancyj zapasowych. Nadają się one doskonale do tej roli, bo

zawierają w sobie więcej energji chemicznej, niż jakiekolwiek inne substancje zapasowe: 1 *g* tłuszczu przy spaleniu daje $9^1/_2$ kilogramowych kaloryj ciepła, podczas gdy 1 *g* skrobi tylko 4 *kal*, 1 *g* ciał białkowych $5^1/_2$. Nadto tłuszcze nie rozpuszczają się w wodzie i przez to nie powiększają niepotrzebnie ciśnienia osmotycznego. Są to łatwo topliwe substancje stałe albo ciecze nierozpuszczalne w wodzie i zimnym alkoholu, rozpuszczalne w gorącym alkoholu i eterze. Występują w protoplazmie w formie kropelek barwiących się sudanem III na czerwono, kwasem osmowym na czarno (ust. 8). W największych ilościach gromadzą się one w nasionach wielu roślin, np. lnu *(Linum usitatissimum)*, konopi *(Cannabis sativa)*, słonecznika *(Helianthus annuus)*, rącznika *(Ricinus communis)*, niektórych palm i t. d.

Pod względem chemicznym tłuszcze są estrami gliceryny z kwasami tłuszczowemi nasyconemi i nienasyconemi. Najważniejszą rolę odgrywają przytem trzy kwasy:

palmitynowy . . . . . $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$
stearynowy . . . . . $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$
oleinowy . . . . $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$

Rozmaitość tłuszczów jest powodowana przez rozmaitą naturę i rozmaity stosunek ilościowy zawartych w nich kwasów oraz przez ewentualną obecność tych kwasów w stanie wolnym. Kwasy palmitynowy i stearynowy dają tłuszcze stałe, kwas oleinowy — płynne. Punkt topliwości skutkiem tego jest tem niższy, im więcej dany tłuszcz zawiera kwasu oleinowego.

Tłuszcze nie są zużytkowywane bezpośrednio, lecz ulegają przedtem hydrolizie na glicerynę i kwasy tłuszczowe. Naprzykład palmitynjan gliceryny rozkłada się według równania:

$$\begin{aligned} &CH_2-O-CO-(CH_2)_{14}-CH_3\\ &\quad|\\ &CH-O-CO-(CH_2)_{14}-CH_3+3H_2O=\\ &\quad|\\ &CH_2-O-CO-(CH_2)_{14}-CH_3\\ =\ &CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)+3CH_3-(CH_2)_{14}-COOH \end{aligned}$$

Hydroliza tłuszczów odbywa się pod działaniem specjalnego fermentu, t. zw. lipazy, która tworzy się obficie w kiełkujących oleistych nasionach. Ten sam ferment przyśpiesza naturalnie także syntezę tłuszczów. Roślinna lipaza różni się od lipaz, występujących u zwierząt, nierozpuszczalnością w wodzie. Przemiany chemiczne, którym ulegają tłuszcze przy użytko-

waniu ich, nie ograniczają się do hydrolizy. Powstałe podczas niej kwasy tłuszczowe i gliceryna zamieniają się następnie na cukry. Mechanizm tej przemiany jest dotychczas zupełnie nieznany. Podobnie nie jest znany mechanizm przemiany węglowodanów na tłuszcze.

Oprócz cukrów znaleziono w roślinach inne jeszcze substancje o podobnych właściwościach fizycznych, a mianowicie nierozpuszczalne w wodzie i w zimnym alkoholu, rozpuszczalne w gorącym alkoholu i w zimnym eterze. Nazwano je ogólnie lipoidami. Stanowią one obok ciał białkowych ważny składnik protoplazmy (por. str. 17). Najważniejsze z nich są lecytyny, które pod względem chemicznym są zbliżone do tłuszczów. Budowa ich jest następująca: tylko dwa ogniwa łańcucha węglowego w glicerynie są złączone z kwasami tłuszczowemi, trzeci jest złączony z kwasem ortofosforowym, który znowu jest złączony z choliną. Ogólny wzór lecytyn jest zatem następujący:

$$\begin{array}{l} CH_2-O-CO-R' \\ | \\ CH\ -O-CO-R'' \\ | \\ CH_2-O-PO-O-(CH_2)_2-NOH\equiv(CH_3)_3 \\ \qquad\qquad\ | \\ \qquad\qquad OH \end{array}$$

Cholina, wchodząca w skład lecytyn,

$$(CH_3)_3\equiv NOH-CH_2-CH_2OH$$

jest zarazem alkoholem i silną zasadą. Rozpuszcza się ona łatwo w wodzie i alkoholu, trudno natomiast w eterze.

Lecytyny w przeciwieństwie do tłuszczów nie stanowią substancyj zapasowych i najobficiej występują w narządach roślin, będących w stadjum szybkiego wzrostu, np. w pączkach, pyłku kwiatowym i t. d. Biorą one bezpośredni udział w przemianach materji, udział dotychczas bliżej niewyjaśniony. Podobną do lecytyn rolę w życiu roślin odgrywają także inne lipoidy: fosfatydy i fitosteryny. Fosfatydy są zbliżone do lecytyn, ale mają drobiny o wiele większe i bardziej złożone, zawierają węglowodany i inne jeszcze grupy organiczne. Fitosteryny natomiast mają skład zupełnie inny; są to cykliczne alkohole bez fosforu i azotu, o wzorze $C_{27}H_{45}OH$ i temu podobnych.

Pod względem chemicznym zbliżone do tłuszczów są rozmaite odmiany wosku, a także kutyna i suberyna. Są

to również estry, nie zawierające jednak gliceryny. Rola fizjologiczna tych substancyj jest zupełnie odmienna: nie biorą one żadnego udziału w przemianach materji, ochraniają natomiast roślinę od szkodliwych wpływów zewnętrznych.

287. Ciała białkowe. Ciała białkowe są to koloidalne związki organiczne o wielkich drobinach, zawierających oprócz węgla, wodoru i tlenu azot, siarkę, a czasem także i fosfór. Są to bardzo ważne składniki protoplazmy (por. str. 17). Posiadają one wszystkie własności fizyczne typowych odwracalnych koloidów, opisane już w ust. 258. Przy ogrzewaniu ulegają strąceniu i denaturacji. Co się tyczy własności chemicznych, są to bardzo słabe elektrolity, wytwarzające zarówno jony H, jak i OH. Wchodzą one skutkiem tego w reakcje zarówno z kwasami, jak i zasadami. Ciała białkowe są czynne optycznie, mianowicie są lewoskrętne. Pod działaniem kwasów, a jeszcze lepiej pod wpływem specjalnych fermentów, ulegają one hydrolizie, dając mnóstwo różnych substancyj. Ponieważ te składniki mogą w dodatku występować w różnym stosunku, ciała białkowe wykazują bezgraniczną nieomal rozmaitość. Jest rzeczą możliwą, że każdy gatunek roślin ma swoiste ciała białkowe.

Bliższe zbadanie składu drobiny ciał białkowych jest zasługą Emila Fischera[1]). Przez hydrolizę udało mu się określić składniki ciał białkowych, a następnie przez łączenie ich otrzymać związki podobne do tych ciał. Przedewszystkiem trzeba tu odróżnić proste ciała białkowe (proteiny) od złożonych (proteidów). Złożone ciała białkowe są połączeniami prostych z innemi substancjami (węglowodanami albo kwasem nukleinowym).

Zajmiemy się z początku prostemi ciałami białkowemi. Nie wszystkie ich składniki są znane. Nie ulega jednak wątpliwości, że głównemi składnikami są kwasy aminowe o wzorze:

$$R-CH(NH_2)-COOH$$

w którym R może mieć skład bardzo różny. Jest rzeczą znamienną, że we wszystkich kwasach tego rodzaju, wchodzących w skład ciał białkowych, grupa aminowa jest położona obok grupy karboksylowej (położenie α). To nie przeszkadza zresztą temu, że w grupie R mogą znajdować się inne grupy aminowe

[1]) Fischer E. Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine. Leipzig, 1906.

(np. u argininy, patrz dalej). Ważniejsze kwasy aminowe są następujące:

glikokol $CH_2(NH_2)-COOH$

d-alanina $CH_3-CH(NH_2)-COOH$

l-leucyna $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>\!CH-CH_2-CH(NH_2)-COOH$

l-tyrozyna $OH\langle\rangle-CH_2-CH(OH_2)-COOH$

d-arginina $\begin{matrix}NH_2\\NH\end{matrix}\!\!>\!C-NH-(CH_2)_3-CH(NH_2)-COOH$

Niektóre z omawianych kwasów są dwuzasadowe, np.:

kwas l-asparaginowy $COOH-CH_2-CH(NH_2)-COOH$

l-cystyna $COOH-CH(NH_2)-CH_2-S-$
$-S-CH_2-CH(NH_2)-COOH.$

Cystyna zasługuje na szczególną uwagę jako jedyny znany składnik ciał białkowych, zawierający siarkę.

Jest to rzeczą nadzwyczajnie ciekawą, że w skład ciał białkowych wchodzą tylko ściśle określone optyczne izomery kwasów aminowych, co zostało zaznaczone w powyższym spisie.

Te rozmaite kwasy aminowe mogą łączyć się ze sobą dzięki temu, że ich grupa aminowa nadaje im własności zasadowe. Łączenie odbywa się według równania:

$$R'-NH_2+R''-COOH=R'-NH-CO-R''+H_2O$$

Powstają w ten sposób związki zwane peptydami: di-, tri,...., polipeptydy, zależnie od ilości zawartych w nich kwasów aminowych. Polipeptydy skutkiem tego zawierają w swoich drobinach łańcuchy następującej budowy:

$$\ldots-NH-\underset{|}{\underset{R_1}{CH}}-CO-NH-\underset{|}{\underset{R_2}{CH}}-CO-NH-\underset{|}{\underset{R_3}{CH}}-CO-\ldots$$

Podczas hydrolizy łańcuchy te zostają przerwane pomiędzy ogniwami *CH* i *CO* i wolne kwasy aminowe zostają zregenerowane. Proste peptydy są to substancje krystaliczne, podobne do kwasów aminowych, zupełnie niepodobne do ciał białkowych. Bardziej złożone polipeptydy natomiast upodobniają się coraz bardziej do ciał białkowych. Już pentapeptydy

są substancjami koloidalnemi i dają charakterystyczną dla ciał białkowych reakcję biuretową (o tej reakcji patrz dalej). Najwyższa ilość drobin kwasów aminowych, jaką dotąd udało się złączyć w jedną drobinę polipeptydu, wynosi 19. W naturalnych ciałach białkowych ta ilość prawdopodobnie przekracza 100.

Roślinne proteiny można podzielić na 4 grupy:

1. Albuminy. Rozpuszczalne w czystej wodzie, nierozpuszczalne w alkoholu, strącają się przez nasycenie siarczanem amonu. Częste u zwierząt, u roślin występują tylko w nieznacznych ilościach, między innemi w ziarnach zbóż (w ziarnach pszenicy stanowią 0.4%, ale jednocześnie 10% masy zarodka).

2. Globuliny. Nierozpuszczalne w czystej wodzie i w alkoholu, rozpuszczalne w rozcieńczonych roztworach solnych, strącają się przez półnasycenie siarczanem amonu albo przez zupełne nasycenie siarczanem magnu. Do tej grupy należy większość zapasowych ciał białkowych u roślin, występujących w formie ziarn aleuronu, np. w nasionach motylkowatych, rącznika i t. d. (ust. 8). Wyjątkowe stanowisko zajmują ziarna zbóż, które zawierają tylko 0.7—1.5% globulin.

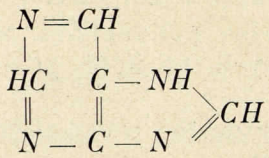
3. Prolaminy są nierozpuszczalne w czystej wodzie i roztworach soli, rozpuszczają się tylko w 70% alkoholu. Stanowią one główną część składową ciał białkowych w ziarnach zbóż.

4. Wreszcie gluteliny są nierozpuszczalne w wodzie, w roztworach solnych i alkoholu, rozpuszczalne tylko w rozcieńczonych zasadach. Znajdują się one w ziarnach zbóż obok prolamin.

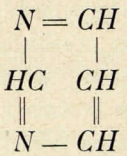
Do tego dochodzą jeszcze peptony, produkty hydrolizy ciał białkowych pod wpływem fermentów typu pepsyny (patrz dalej o tych fermentach). Peptony różnią się od innych ciał białkowych tem, że nie strącają się przy gotowaniu i przy działaniu solami.

Złożone ciała białkowe czyli proteidy można podzielić na glikoproteidy i nukleoproteidy. Pierwsze są połączeniami ciał białkowych z węglowodanami. Odznaczają się one śluzowatą konsystencją swoich roztworów. U zwierząt są bardzo rozpowszechnione, jako główna część składowa wydzielin błon śluzowych. U roślin są one rzadkie. Nukleoproteidy stanowią główną część składową jądra. Z nich prawdopodobnie składa się chromatyna. Są to połączenia ciał białkowych z kwasami nukleinowemi. Kwasy nukleinowe są bardzo

złożonemi połączeniami kwasu fosforowego, węglowodanów oraz pochodnych puryny:



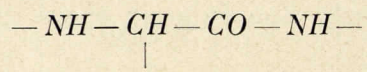
i pirymidyny:



Dla kwasu nukleinowego, wydzielonego z drożdży, otrzymano wzór sumaryczny:

$$C_{38}H_{49}N_{15}O_{29}P_4$$

Ciała białkowe mogą być rozpoznawane przy pomocy pewnych charakterystycznych reakcyj. Z nich bezwzględnie pewną jest tylko t. zw. biuretowa. Polega ona na tem, że do badanej substancji dodaje się ługu sodowego i następnie kilka kropel rozcieńczonego roztworu siarczanu miedzi. W obecności ciał białkowych występuje wtedy zabarwienie fioletowe. Jest to próba na charakterystyczne dla ciał białkowych wiązanie:



Wszystkie inne reakcje ciał białkowych są próbami na poszczególne kwasy aminowe. Naprzykład reakcja Millona (czerwony osad przy gotowaniu z roztworem tlenku rtęciowego w nadmiarze kwasu azotowego) jest próbą na tyrozynę, reakcja ksantoproteinowa (żółty osad pod działaniem stężonego kwasu azotowego) jest próbą na aromatyczne pierścienie i t. d.

Jak to już było wyjaśnione w ust. 270, rośliny budują ciała białkowe z bezazotowych związków organicznych (głównie cukrów). Związki te są przerabiane na kwasy aminowe przez przyłączenie grupy aminowej, pochodzącej z jonów NH_4 albo NO_3 i odpowiednie inne zmiany w budowie drobiny. Powstałe w ten sposób kwasy aminowe łączą się następnie w sposób opisany powyżej, tworząc ciała białkowe. Rośliny zatem do syntezy ciał białkowych nie potrzebują gotowych kwasów aminowych, jak tego wymagają zwierzęta. Wyjątki z tego ogólnego prawidła są nieliczne (por. ust. 279).

U wyższych roślin większa część ciał białkowych tworzy się w liściach, gdzie obfitość węglowodanów, powstających podczas przyswajania dwutlenku węgla, sprzyja silnie temu procesowi. Badania Godlewskiego wykazały, że światło wywiera silny wpływ na syntezę ciał białkowych, powiększając trzykrotnie ich ilość w porównaniu z roślinami hodowanemi w ciemności przy takich samych innych warunkach, między innemi przy takiem samem zaopatrzeniu w cukry i jony azotowe. Działanie światła polega tu na fotochemicznej redukcji jonów azotowych, z których tworzy się amonjak.

Rośliny różnią się od zwierząt nietylko pod względem syntezy ciał białkowych, ale także co do sposobu ich użytkowania. Przy zużytkowywaniu ciała białkowe często ulegają rozkładowi. Dzieje się to we wszystkich organizmach. Rośliny jednak z produktów rozkładu odbudowują ciała białkowe, nie tracąc nic ze związków azotowych, podczas gdy zwierzęta pewną część produktów rozkładu ciał białkowych w postaci mocznika, kwasu moczowego i innych podobnych substancyj wydzielają nazewnątrz. Najlepiej daje się obserwować rozkład ciał białkowych w kiełkujących nasionach motylkowatych, które zawierają dużo ciał białkowych. Niezmiernie ciekawem zjawiskiem, towarzyszącem temu procesowi, jest gromadzenie się asparaginy, amidu kwasu asparaginowego:

$$NH_2-CO-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

Ten amid znajduje się w ciałach białkowych w stanie gotowym, gdyż w tej właśnie postaci kwas asparaginowy wchodzi w ich skład. Jednakże ilości asparaginy, występujące przy hydrolizie ciał białkowych w roślinach, są tak duże, że muszą w znacznej części pochodzić z przemiany innych kwasów aminowych poza asparaginowym. Asparagina w odpowiednich warunkach przemienia się zpowrotem na odnośne kwasy aminowe, które zostają zużytkowane do syntezy ciał białkowych.

Przy wszelkich przemianach ciał białkowych są naturalnie czynne fermenty, t. zw. proteolityczne. Zostały one bardzo dokładnie zbadane u zwierząt, u których występują w wielkich ilościach w sokach trawiennych. U roślin są one mniej znane, co pochodzi w znacznej mierze stąd, że nie gromadzą się

w nich nigdzie w większych ilościach i przeto są trudniejsze do badania.

Zwierzęce fermenty proteolityczne są trojakiego rodzaju: pepsyna, trypsyna i erepsyna. Pepsyna, występująca w soku żołądkowym, działa tylko w środowisku kwaśnem i rozkłada ciała białkowe na peptony. Trypsyna, występująca w soku trzustkowym, działa w środowisku zasadowem i rozkłada ciała białkowe na kwasy aminowe. Erepsyna wreszcie, występująca i w soku trzustkowym, i kiszkowym, działa tylko na peptony, rozkładając je na kwasy aminowe.

Roślinne fermenty proteolityczne mają charakter zbliżony do trypsyny, gdyż rozkładają ciała białkowe odrazu na kwasy aminowe. Pierwszym poznanym fermentem proteolitycznym u roślin była papajotyna z soku mlecznego *Carica Papaya* (z rodziny *Caricaceae*). Później stwierdzono obecność takich fermentów w kiełkujących nasionach, drożdżach, sokach trawiennych roślin owadożernych i t. d. W niektórych przypadkach, np. u drożdży i roślin owadożernych, stwierdzono, że fermenty proteolityczne są złożone z dwóch odrębnych fermentów, jednego o charakterze pepsyny, drugiego o charakterze erepsyny.

Jest rzeczą bardzo ważną, że fermenty proteolityczne działają także na polipeptydy. Ujawnia się przytem specyficzny charakter tych fermentów, bo okazuje się, że działaniu ich ulegają tylko te polipeptydy, które składają się z izomerów optycznych, wchodzących w skład naturalnych ciał białkowych.

288. Alkohole, kwasy, glikozydy i inne związki organiczne. Alkohole odgrywają bardzo ważną rolę w życiu roślin, a mianowicie alkohole szeregu tłuszczowego. Podstawowe dla wszystkich funkcyj fizjologicznych substancje, węglowodany, są alkoholami wieloatomowemi poza swojemi funkcjami aldehydowemi i ketonowemi. W roślinach występują oprócz tego różne alkohole, nie posiadające innych funkcyj chemicznych. Tu należy przedewszystkiem alkohol etylowy $CH_3—CH_2—OH$, powstający podczas oddychania beztlenowego i fermentacji alkoholicznej. Jest to substancja o charakterze wydalin, gdyż nie może być zużytkowana przez roślinę. Tylko szczególne formy bakteryj mogą go użytkować, przerabiają go mianowicie na kwas octowy. W przeciwieństwie do tego gliceryna, $CH_2OH—CHOH—CH_2OH$, ulega z łatwością różnym przemianom chemicznym w roślinie (por. ust. 286). W stanie wolnym znajduje się ona tylko przejściowo, przeważnie wchodzi w skład

tłuszczów. Z alkoholów wieloatomowych zasługuje na uwagę mannit, stała lewoskrętna substancja o wzorze:

$$CH_2OH—(CHOH)_4—CH_2OH$$

Jest ona szeroko rozpowszechniona wśród roślin, szczególnie u grzybów. Przez utlenienie daje glikozę albo mannozę.

Przez utlenianie alkoholów łatwo tworzą się kwasy organiczne, bardzo często spotykane u roślin. Najważniejsze z nich są następujące:

Kwas octowy $CH_3—COOH$. Tworzy się przy utlenianiu alkoholu etylowego przez bakterje.

Kwas masłowy $CH_3—CH_2—CH_2—COOH$. Tworzy się przy fermentacji masłowej.

Kwas mleczny $CH_3—CHOH—COOH$. Tworzy się podczas fermentacji mlecznej, zależnie od gatunku bakteryj w formie prawoskrętnej, lewoskrętnej albo nieczynnej.

Kwas szczawiowy $COOH—COOH$ jest szeroko rozpowszechniony wśród roślin zarówno w stanie wolnym, jako też w postaci soli. Zwłaszcza w postaci kryształów soli wapniowej rzuca się on w oczy (ryc. 23). Szczawian wapnia stanowi wydalinę, która nie jest przez roślinę przerabiana.

Kwas jabłkowy $COOH—CH_2—CHOH—COOH$ występuje często w tkankach sukulentów i w soczystych owocach zimniejszych krajów: jabłkach, śliwkach, wiśniach i t. d. Spotyka się tylko lewoskrętną odmianę.

Kwas winny $COOH—CHOH—CHOH—COOH$ występuje w soczystych owocach cieplejszych krajów: w winogronach, morelach, brzoskwiniach i t. d. Spotyka się tylko prawoskrętną i nieczynną odmianę.

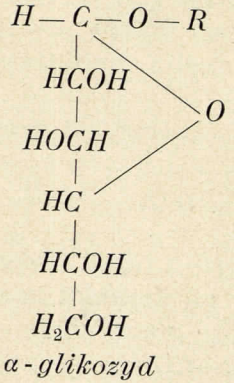
Kwas cytrynowy $COOH—COH<\begin{matrix}CH_2—COOH\\CH_2—COOH\end{matrix}$ spotyka się często w roślinach cieplejszych krajów: cytrynach, pomarańczach i t. d.

Wyższe kwasy o 16 i 18 atomach węgla wchodzą w skład tłuszczów (ust. 286).

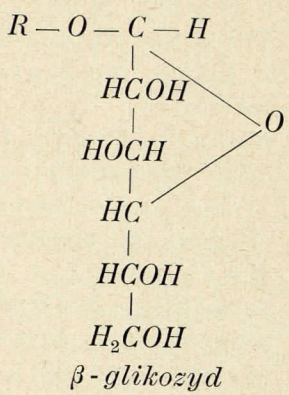
Wymienione powyżej kwasy nie zawierają azotu. Przez wprowadzenie do ich drobin grup aminowych powstają kwasy aminowe, które służą do syntezy ciał białkowych (ust. 287).

Oprócz opisanych dotychczas substancyj występuje w roślinach wiele innych, których rola w życiu rośliny nie została dotąd wyjaśniona. Najważniejsze z nich są: glikozydy, garbniki, terpeny i alkaloidy.

Glikozydy są to estrowe połączenia glikozy (albo innej heksozy) z rozmaitemi substancjami, przeważnie z alkoholami. Pod wpływem kwasów i fermentów ulegają one hydrolizie, dając glikozę i drugi składnik w stanie wolnym. Ponieważ glikoza występuje w odmianach α i β, glikozydy tworzą również podobne odmiany:



α-glikozyd



β-glikozyd

Te dwa rodzaje glikozydów różnią się jaskrawo swojem zachowaniem się względem fermentów. Fermenty, powodujące hydrolizę α-glikozydów, nie działają na β-glikozydy. Maltaza rozkłada pierwszy rodzaj glikozydów, emulsyna — drugi (por. ust. 284).

Najprostszym glikozydem jest metylglikozyd o wzorze:

$$(C_6H_{11}O_5)—O—CH_3$$

Jako przykład złożonego glikozydu można przytoczyć amigdalinę, która występuje w nasionach migdałów, wiśni, śliwek i t. d., nadając im gorzki smak. Budowa jej jest następująca:

$$(C_6H_{11}O_5)—(C_6H_{10}O_5)—O—CH<\begin{matrix}CN\\C_6H_5\end{matrix}$$

Zawiera ona dwie drobiny glikozy. Jedną z tych drobin można odszczepić przy pomocy maltozy:

$$(C_6H_{11}O_5)—(C_6H_{10}O_5)—O—CH<\begin{matrix}CN\\C_6H_5\end{matrix} + H_2O =$$

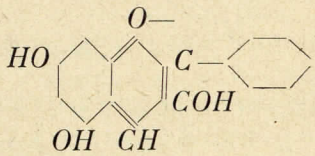
$$= C_6H_{12}O_6 + (C_6H_{11}O_5)—O—CH<\begin{matrix}CN\\C_6H_5\end{matrix}$$

Powstaje przytem nowy glikozyd prostszej budowy. Pod działaniem emulsyny amigdalina rozkłada się na dwie drobiny glikozy, aldehyd benzylowy i kwas cyjanowodorowy:

$$(C_6H_{11}O_5)—(C_6H_{10}O_5)—O—CH<\begin{matrix}CN\\C_5H_5\end{matrix} + 2H_2O =$$

$$= 2C_6H_{12}O_6 + HCN + C_6H_5—CHO.$$

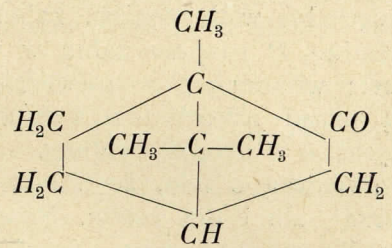
Osobną grupę glikozydów stanowią antocyjaniny, czerwone i niebieskie barwiki, występujące często w soku komórkowym, szczególnie w kwiatach i owocach (ust. 8)[1]. Zawierają one obok glikozy substancje z charakterystycznem jądrem:



Niektóre żółte barwiki, t. zw. flawonolowe, są również glikozydami i mają budowę podobną do antocyjanin. Inne żółte barwiki, t. zw. antochlory, nie zostały jeszcze zbadane.

Garbniki są to substancje o cierpkim smaku, dające z solami żelaza czarne osady. Ich skład chemiczny jest bardzo różny. Wszystkie zawierają jądra benzolowe. Niektóre z nich są glikozydami.

Terpeny stanowią główną część składową t. zw. olejków eterycznych, wytwarzanych w rozmaitych tkankach wydzielniczych. Mają one przyjemny zapach i są łatwo lotne. Pod względem chemicznym są to osobliwe związki cyklowe. Jako przykład można przytoczyć kamforę, która tworzy się obficie w drzewie kamforowem *(Camphora officinarum)* (ryc. 341):

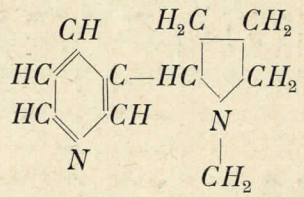


Do terpenów zbliżony jest kauczuk i gutaperka, występujące w soku mlecznym wielu roślin.

Alkaloidy są to azotowe zasady organiczne, które się wytwarzają w niektórych roślinach. Poszczególne rodzaje alkaloidów są przytem właściwe ściśle określonym roślinom, jako

[1]) Onslow W. T. The anthocyanin pigments of plants. Cambridge, 1925.

ich cecha fizjologiczna. Alkaloidy są trujące. Ich skład chemiczny jest bardzo złożony. Jako przykład można przytoczyć skład nikotyny, która występuje w liściach tytoniu, związana z kwasami jabłkowym i cytrynowym:



Liczne alkaloidy znajdują zastosowanie w lecznictwie, jak np. morfina, atropina, kokaina i t. d.

Trzeba jeszcze wspomnieć o witaminach. Są to substancje roślinne, które są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania organizmów zwierzęcych. Brak witaminów powoduje rozmaite ciężkie choroby, np. kseroftalmję, rachityzm, beri-beri, szkorbut i t. p. Bardzo małe ilości witaminów wystarczają dla uleczenia tych chorób. Organizm zwierzęcy nie wyrabia witaminów i pobiera je w stanie gotowym od roślin. Niektóre części roślin są szczególnie bogate w witaminy, np. zielone pędy, soczyste owoce, warstwa aleuronowa ziarn zbóż. Substancje te są nietrwałe i rozkładają się łatwo, szczególnie przy gotowaniu. Dlatego też tylko świeże pokarmy są naprawdę pożywne, wszelkie konserwy natomiast z powodu słabej zawartości witaminów mają małą wartość. Z tego samego powodu surowe owoce mają wielkie znaczenie dla należytego odżywiania. Witaminy są rozmaitego rodzaju. Rozróżnia się witaminę *A* rozpuszczalną w tłuszczach, zabezpieczającą przed rachityzmem; witaminę *B* rozpuszczalną w wodzie, zabezpieczającą od beri-beri; witaminę *C* rozpuszczalną w wodzie i alkoholu, chroniącą przed szkorbutem i inne. Niektóre witaminy zostały otrzymane w drodze syntezy.

Liczne fakty świadczą o tem, że witaminy są niezbędne nietylko dla zwierząt, ale i dla roślin. Naprzykład taki fakt został stwierdzony dla rzęsy *(Lemna minor)*. Roślina ta rośnie bardzo powoli na czysto mineralnej pożywce. Dodanie niewielkiej ilości torfu, w którym znajdują się witaminy wytworzone przez bakterje, przyśpiesza bardzo silnie rozwój rośliny. Ilość wytworzonej substancji organicznej wzrasta 62 razy po dodaniu 0.0004 objętości wyciągu torfowego.

Wreszcie o substancjach wzrostowych, wytwarzanych przez rośliny, była już mowa w § 233.

ROZDZIAŁ XIII

PRZEMIANY ENERGJI W ROŚLINACH

289. Ogólny charakter przemian energji w roślinach. Ponieważ przemiany energji towarzyszą przemianom materji, wiele wiadomości o przemianach energji podano już mimochodem w poprzednich rozdziałach. Obecnie trzeba to zagadnienie potraktować osobno, łącząc w jedną całość wszystkie odnośne dane. Przemiany energji są o wiele trudniejsze do uchwycenia od przemian materji i dlatego są mniej od nich znane.

Energja pobrana przez roślinę z otoczenia jest magazynowana w formie energji chemicznej w związkach organicznych. W tej formie energja nie może służyć do wykonywania procesów życiowych, gdyż jest unieruchomiona wewnątrz drobin. Zostaje ona zmieniona przez utlenienie lub rozkład substancyj organicznych w procesach oddychania i fermentacji, które będą omówione w dalszych ustępach. Przybiera wtedy formę energji wolnej, która bierze bezpośredni udział w procesach życiowych. Dokładniejszych wiadomości o formie energji, uwalnianej przy oddychaniu i fermentacji, dotąd nie posiadamy i tu jest jedna z najdotkliwszych luk w fizjologji roślin. Nie ulega jednak żadnej wątpliwości, że część tej energji zamienia się na ciepło. Zazwyczaj nawet większa część jej ulega tej przemianie, która stanowi degradację energji. Niezawsze jednak. Naprzykład Doyer, badając przy pomocy kalorymetru wytwarzanie ciepła przez siewki pszenicy, otrzymał następujące wyniki, obliczone w kalorjach kilogramowych w stosunku do kilograma ziarn:

Dzień kiełkowania	Energja uwolniona przez oddychanie	Ciepło wydzielone przez siewki
2 dzień	2135	363
3 „	3802	540
4 „	6277	2938
5 „	6886	3216
6 „	8837	4341

Energja, uwolniona przy oddychaniu i fermentacji a niezamieniona na ciepło, zużytkowuje się w pewnej części na wykonywanie pracy mechanicznej, której wymaga wzrost, w części

na wytworzenie prądów elektrycznych lub, co zdarza się bardzo rzadko (u bakteryj i wiciowców), światła, w przeważnej jednak części idzie na zasilenie procesów syntetycznych, przyczem przechodzi znowu w energję chemiczną. Jest to rzecz naturalna, gdyż wszystkie procesy fizjologiczne mają w gruncie rzeczy naturę chemiczną.

Oddychanie i fermentacja, któremi będziemy zajmowali się w dalszych ustępach, różnią się od siebie tem, że przy oddychaniu produkty procesu z wyjątkiem dwutlenku węgla pozostają wewnątrz komórki, tymczasem produkty fermentacji są wszystkie wydalane nazewnątrz.

290. Oddychanie. Oddychanie jest zwykle utlenianiem, rzadziej rozkładem substancyj organicznych. Zawsze jednak jest to proces egzotermiczny. Ponieważ dostarcza on wolnej energji potrzebnej do życia, odbywa się wobec tego w każdej komórce i ma swoje siedlisko w protoplazmie i jądrze.

Rozpatrzmy z początku normalną formę oddychania, która jest procesem utleniającym. Pierwsze zagadnienie, którem musimy się zająć, jest natura chemiczna utlenianych substancyj. W normalnych warunkach są to zawsze proste cukry o wzorze $C_6H_{12}O_6$: glikoza albo fruktoza. Cukry te znajdują się wszędzie w żywych komórkach, zwykle jednak w niewielkich ilościach. W miarę jednak zużywania wytwarzają się one przez hydrolizę skrobi i innych złożonych węglowodanów. Bezpośrednio te złożone węglowodany utlenianiu nie ulegają, tak samo jak tłuszcze, które również przemieniają się w proste cukry, o ile służą materjałem do oddychania. Jeżeli roślina będzie hodowana w ciemności, wówczas po wyczerpaniu zapasowych węglowodanów i tłuszczów ulegają utlenianiu ciała białkowe, z początku zapasowe, później także składowe części protoplazmy. Pod tym względem rośliny różnią się zasadniczo od zwierząt, które zawsze, nawet przy najobfitszem zaopatrzeniu w węglowodany i tłuszcze, zużywają pewną część swoich ciał białkowych.

Przebieg procesu oddechowego jest bardzo złożony. Nie jest to proste utlenianie, gdyż węglowodany przy zwykłej temperaturze nie dają się utleniać inaczej, jak tylko przy użyciu gwałtownych środków chemicznych w rodzaju kwasu azotowego. Bliżej opiszemy przebieg oddychania osobno w następnym ustępie. Teraz zadowolimy się tylko podaniem końcowych jego produktów. Podobnie jak przy paleniu, jest to dwutlenek

węgla i woda. Można zatem przedstawić oddychanie sumarycznem równaniem:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6H_2O + 6CO_2 \qquad (A)$$

które jest odwróceniem równania, określającego przyswajanie dwutlenku węgla, o ile się usunie barwik z obu stron równania (por. ust. 271). Z równania *(A)* można obliczyć ilość uwalnianej podczas oddychania energji chemicznej. Wynosi ona naturalnie tyle, ile wiąże się energji promienistej podczas przyswajania dwutlenku węgla, a mianowice 674 kilogramowych kaloryj na każdy mol glikozy.

Oddychanie jest połączone z wymianą gazów z otoczeniem. Wytwarzany przy utlenianiu związków organicznych dwutlenek węgla wydziela się nazewnątrz. Jednocześnie tlen potrzebny do tego procesu wchodzi do rośliny. Ta wymiana gazów daje się stwierdzić tylko w nocy, gdyż w dzień pod działaniem światła odbywa się oprócz oddychania przyswajanie dwutlenku węgla, które powoduje odwrotną wymianę gazów: pochłanianie dwutlenku węgla z atmosfery i wydzielanie tlenu. A mianowicie w normalnych warunkach przyswajanie odbywa się daleko bardziej energicznie niż oddychanie, skutkiem czego wymiana gazów ma taki charakter, jakgdyby oddychania nie było wcale. Oddychanie jednak odbywa się bez przerwy. Można tego dowieść, powstrzymując przyswajanie dwutlenku węgla działaniem chloroformu; wówczas roślina wydziela dwutlenek węgla i pochłania tlen tak samo na świetle, jak w ciemności.

Stosunek ilości wydzielonego dwutlenku węgla do pochłoniętego tlenu jest różny, zależnie od natury chemicznej utlenianych podczas oddychania substancyj. Stosunek ten, obliczony według objętości, nazywa się ilorazem oddechowym. Najczęściej iloraz ten jest równy jedności:

$$\frac{CO_2}{O_2} = 1$$

Jest tak wtedy, gdy są utleniane cukry, co można z łatwością przewidzieć z równania *(A)*. Widoczne jest bowiem z tego równania, że ilość drobin dwutlenku węgla, wytworzonego przy oddychaniu, jest równa ilości drobin zużytego tlenu. Ponieważ według prawa Avogadro w równych objętościach gazów w tych samych warunkach jest ta sama ilość drobin, bez względu na ich skład, objętości dwutlenku węgla i tlenu przy utlenianiu cukrów są równe i ich stosunek jest równy jedności.

Jeżeli jednak utlenianiu ulegają tłuszcze, iloraz oddechowy spada znacznie poniżej jedności. Można to obserwować np. przy kiełkowaniu nasion lnu. Iloraz oddechowy może przytem obniżyć się nawet do 0.3. Przyczynę tego zjawiska można łatwo wytłumaczyć, jeżeli weźmie się pod uwagę, że tłuszcze zawierają o wiele mniej tlenu niż cukry (tłuszcze 6%, cukry 53%). Jak to już było wzmiankowane, tłuszcze nie utleniają się bezpośrednio, lecz z początku zamieniają się na cukry. Ta przemiana wymaga zużycia wielkiej ilości tlenu. W ten sposób przy utlenianiu tłuszczów zużywa się daleko więcej tlenu, niż przy równoważnej pod względem zawartości węgla ilości cukrów. Mianownik ilorazu oddechowego skutkiem tego wzrasta i sam iloraz maleje.

Iloraz oddechowy jest mniejszy od jedności także przy utlenianiu ciał białkowych, jest jednak wtedy większy niż u tłuszczów. Tłumaczy się to zawartością tlenu, która u ciał białkowych wynosi 20.9—23.5%, a więc jest pośrednia między tłuszczami a cukrami.

Iloraz oddechowy może wypaść bardzo mały z innej jeszcze przyczyny. Utlenianie związków organicznych podczas oddychania odbywa się stopniowo i z początku powstają substancje bogatsze w tlen od początkowych. Dopiero później te przejściowe związki utleniają się na wodę i dwutlenek węgla. Otóż zdarza się u niektórych roślin, że przejściowe związki przez dłuższy czas pozostają nieutlenione, skutkiem czego roślina może pochłaniać tlen, nie wydzielając dwutlenku węgla. Ten przypadek mamy u sukulentów. U tych roślin w nocy cukry utleniają się na kwasy organiczne, przeważnie na kwas jabłkowy:

$$2C_6H_{12}O_6 + 3O_2 = 3\,\underset{\underset{COOH}{|}}{CH_2}\!-\!\underset{\underset{COOH}{|}}{CH(OH)} + 3H_2O$$

Z nastaniem dnia, przy współudziale światła kwasy utleniają się dalej. Wytwarzany przytem dwutlenek węgla nie wydziela się jednak nazewnątrz, lecz zostaje natychmiast przyswojony. Dzięki temu sukulenty wydzielają bardzo mało dwutlenku węgla do atmosfery. Jest to dla nich bardzo korzystne, gdyż wymiana gazów z otoczeniem jest u nich bardzo ograniczona z powodu małej ilości szparek, co ujawnia się między innemi w bardzo słabej transpiracji (por. ust. 257).

Iloraz oddechowy może być także większy od jedności. Dzieje się to podczas przemiany cukrów w tłuszcze, np. przy

dojrzewaniu nasion lnu lub rącznika. Powstają wtedy ciała ubogie w tlen z substancyj silnie utlenionych. Nadmiar tlenu uchodzi przytem nazewnątrz w formie dwutlenku węgla. Licznik ilorazu oddechowego powiększa się zatem nadmiernie, co musi pociągnąć za sobą powiększenie wartości ilorazu ponad normalną wartość równą jedności. W doświadczeniach nad rącznikiem iloraz dochodzi do 4.7.

Ostatni przypadek jest bardzo ciekawy z tego powodu, że wyjaśnia właściwe znaczenie ilorazu oddechowego. Wielkość ta oddaje wielkie usługi przy badaniach nad oddychaniem, ale określa ten proces tylko pośrednio, gdyż dotyczy właściwie nie oddychania, lecz wymiany gazów między rośliną a otoczeniem. Otóż wymiana gazów jest powodowana nietylko przez oddychanie, lecz także przez rozmaite inne procesy fizjologiczne, takie jak przemiana cukrów na tłuszcze, przytoczona powyżej.

Mówiąc o produktach oddychania, mieliśmy dotychczas na uwadze tylko wodę i dwutlenek węgla. Są to najważniejsze produkty i przy utlenianiu cukrów i tłuszczów nic więcej się nie tworzy, o ile nie liczyć produktów przejściowych. Przy utlenianiu ciał białkowych powstają jednak oprócz tego związki azotu, siarki i ewentualnie także fosforu, gdyż te wszystkie pierwiastki wchodzą w ich skład. Związki te pozostają w komórce i z nastaniem sprzyjających warunków są zużytkowywane do regeneracji ciał białkowych. Pod tym względem rośliny różnią się zasadniczo od zwierząt, u których produkty utlenienia ciał białkowych są wydalane nazewnątrz. Roślina gospodaruje związkami azotu bardziej oszczędnie od zwierzęcia.

Natężenie oddychania jest zmienne zależnie od wewnętrznych i zewnętrznych czynników. Mierzy się ono ilością dwutlenku węgla, wydzielaną w jednostce czasu, w stosunku do jednostki suchej masy. U roślin, zawierających dużo celulozy albo martwe tkanki (naczynia i włókna), trzeba właściwie brać pod uwagę nie całą masę rośliny, lecz tylko żywą jej substancję.

Co do czynników wewnętrznych, stwierdzono, że tkanki młode, będące w pełni życia, szybko rosnące, oddychają daleko intensywniej od tkanek starszych, które zakończyły swój wzrost. Zranienia, które powodują procesy regeneracyjne, wywołują także wzmożenie oddychania. Z czynników zewnętrznych na pewno został stwierdzony tylko wpływ temperatury. Działanie jej jest takie same, jak we wszystkich innych przypadkach: z podniesieniem temperatury natężenie oddychania

wzrasta do pewnego optymum, poczem następuje gwałtowny spadek. Przyczyny tego zjawiska są takie same, jak gdzie indziej (por. ust. 237).

Optymum oddychania leży wysoko. Z biegiem czasu przesuwa się ono jednak w stronę niższych temperatur, np. u grochu leży ono w pierwszej godzinie doświadczenia przy 50°, w następnych — przy 35°, u pszenicy przesuwa się od 40° do 35°. Pochodzi to stąd, że przy wysokich temperaturach, prawdopodobnie skutkiem uszkodzenia żywej substancji, oddychanie słabnie zczasem. To osłabienie oddychania następuje u grochu i pszenicy począwszy od temperatury 30°—35°, u łubinu nawet od 20°—25°.

Jeżeli roślina będzie umieszczona w atmosferze pozbawionej tlenu, oddychanie normalne staje się niemożliwem. Powinna wtedy nastąpić śmierć, tak jak to się dzieje w podobnych warunkach ze zwierzętami. Rośliny jednak wykazują większą wytrzymałość od zwierząt, w tej liczbie także zielone rośliny samożywne. W nieobecności tlenu potrafią one zdobyć potrzebną do życia energję w sposób, nie wymagający tlenu. Sposób ten polega na rozkładzie cukrów na alkohol etylowy i dwutlenek węgla według równania:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Wzmiankowany proces uwalnia na każdą gramodrobinę rozłożonego cukru 24 kilogramowych kaloryj energji. Jest to 25 razy mniejsza ilość od tej, jakiej dostarcza oddychanie, może jednak wystarczyć do podtrzymania życia, o ile zużyje się odpowiednia ilość cukru. Ze względu na to, że omawiany proces odgrywa w życiu podobną rolę jak oddychanie, można go nazywać również oddychaniem, ale dla odróżnienia od właściwego oddychania oddychaniem beztlenowem. Dla dokładniejszego określenia pojęć można nazywać oddychanie właściwe tlenowem. Oddychanie beztlenowe jest często nazywane śródcząsteczkowem, ale taka nazwa nie jest trafna, gdyż podczas oddychania beztlenowego nie odbywają się wewnątrz drobiny cukrów żadne procesy, któreby można było upodobnić do oddychania.

Oddychanie beztlenowe jest mniej korzystne dla rośliny, niż oddychanie tlenowe. Niedość na tem, że jest ono mniej wydajne. Szkodzi ono roślinie przez nagromadzenie alkoholu, który nie może być przez nią dalej przerabiany. Dlatego też zielone rośliny samożywne tylko przez czas ograniczony mogą żyć bez tlenu.

Obie formy oddychania są ściśle ze sobą związane i stanowią dwie różne odmiany tego samego procesu fizjologicznego, jak to będzie wyjaśnione w następnym ustępie.

291. Mechanizm oddychania. Mechanizm oddychania stanowi jeden z najciekawszych problematów fizjologji. Zarówno oddychanie tlenowe, jak i beztlenowe, nie dadzą się odtworzyć *in vitro*. Cukry przy temperaturze pokojowej nie dadzą się utlenić inaczej, jak tylko przy pomocy gwałtownych środków chemicznych w rodzaju kwasu azotowego. Przemiany zaś cukrów na alkohol nie potrafimy dokonać w żaden sposób.

Zajmijmy się z początku oddychaniem tlenowem. Jest rzeczą *a priori* pewną, że w tym procesie biorą udział fermenty. W istocie fermenty, powodujące utlenienie, zostały znalezione we wszystkich roślinach. Nazwano je ogólnie oksydazami. Rozróżnia się przytem oksydazy właściwe, które same przez się dokonują utleniania, i peroksydazy, które utleniają tylko w obecności nadtlenku wodoru. Obecność oksydaz można uwidocznić przy pomocy substancyj, zmieniających swoją barwę przy utlenianiu. Używa się w tym celu hydrochinonu, który żółknie, albo benzydyny, która niebieszczeje, i t. p. substancyj.

Istota różnicy między oksydazami właściwemi a peroksydazami została wyjaśniona przez Bacha i Chodat'a przy pomocy następującej hipotezy. Oksydazy właściwe są według niej mieszaniną dwóch fermentów: oksygenazy, wytwarzającej nadtlenek wodoru z wody i tlenu, i peroksydazy o własnościach opisanych powyżej. Oksygenaza nie występuje osobno z powodu swojej małej trwałości. Teorja ta została potwierdzona doświadczalnie przez Korczewskiego[1]). Korczewski wykazał mianowicie, że wykryta przez Raciborskiego[2]) oksydaza jodkowa ma wszystkie cechy oksygenazy. Wspomniana oksydaza jodkowa jest wytwarzana przez grzybnię kropidlaka *(Aspergillus niger)* i wydzielana przezeń do pożywki. Nazwa „jodkowej" pochodzi od jej własności utleniania jodku potasu z wydzieleniem jodu. Jak wiadomo, taka reakcja następuje pod działaniem nadtlenku wodoru na jodek potasu. Stąd nasuwa się przypuszczenie, że oksydaza jodkowa wytwarza nadtlenek

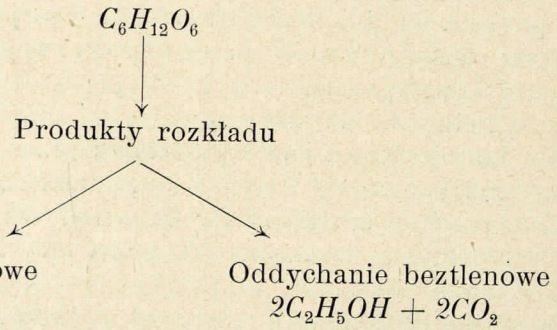
[1]) Korczewski M.: Studja nad t. zw. oksydazą jodkową wydzielaną przez grzybnię kropidlaka *(Aspergillus niger)*. — Rozprawy Polskiej Akademji Umiejętności. Serja B, Tom 61 (1922).

[2]) Raciborski M.: Ueber die Jodidreaktion des Aspergillus. — Bulletin Internat. Acad. Sc. Cracovie. Série B. Année 1905.

wodoru. Obecność nadtlenku wodoru w roztworach tej oksydazy dała stwierdzić się bezpośrednio przy pomocy związków tytanu. Dodając do oksydazy jodkowej jakąkolwiek peroksydazę, otrzymuje się ferment zupełnie podobny do prawdziwej oksydazy, wywierający działanie utleniające bez pomocy jakiejkolwiek innej substancji.

Stwierdzenie obecności oksydaz w komórkach roślinnych nie wytłumaczyło jednak mechanizmu oddychania, albowiem żadna z poznanych oksydaz nie działa na cukry. Wszystkie substancje używane do wykrywania tych fermentów należą do szeregu aromatycznego. Stąd łatwo dojść do przypuszczenia, że cukry przed utlenieniem ulegają w komórkach roślinnych rozkładowi i dopiero produkty rozkładu ulegają działaniu oksydaz. W jaki sposób odbywa się ten rozkład, nie jest jeszcze wiadome. Z pewnością są przytem czynne pewne specyficzne fermenty.

Jest rzeczą bardzo znamienną, że rośliny zaczynają rozkładać cukry na alkohol i dwutlenek węgla, skoro tylko zostaną pozbawione tlenu. Takie natychmiastowe przejście od utleniania do rozkładu jest możliwe tylko wtedy, jeżeli pierwsze stadja obu tych procesów odbywają się w jednakowy sposób. Jest rzeczą naturalną przypuścić, że cukry ulegają rozkładowi na takie same substancje prostsze bez względu na to, czy tlen jest obecny, czy też nie. Substancje te następnie zostają utlenione albo rozłożone na alkohol i dwutlenek węgla. Ten związek między oddychaniem tlenowem a beztlenowem można przedstawić przy pomocy schematu:



Potwierdzeniem powyższej teorji jest fakt, że pod działaniem drożdży na cukry wytwarzają się substancje, ulegające łatwo utlenieniu przez oksydazy.

Podobnie jak oddychanie tlenowe odbywa się przy współudziale fermentów, tak samo jest z oddychaniem beztlenowem.

Ferment czynny w tym przypadku został odkryty przez Buchnera i nazwany zymazą. Wydzielenie go jest bardzo trudne. Buchner otrzymał go po raz pierwszy przez wyciskanie pod prasą hydrauliczną soku z roztartych dokładnie komórek drożdży. Taki sok dodany do roztworu cukru rozkładał go na alkohol i dwutlenek węgla. Zawiera on obok zymazy substancję, która ją aktywuje (por. str. 877). Później osiągnięto ten sam skutek w sposób prostszy przez zabicie komórek drożdży działaniem acetonu albo przez oziębienie. Takie martwe drożdże dokonywały również fermentacji alkoholicznej. Zymaza została wykryta także u roślin wyższych.

292. Fermentacja. Fermentacja jest, tak samo jak oddychanie, chemicznym procesem egzotermicznym i odgrywa w życiu rośliny tę samą, co oddychanie, rolę, dostarczając wolnej energji. Pod względem chemicznym jest to przeważnie rozkład substancyj organicznych, który zresztą może odbywać się w rozmaity sposób, skutkiem czego lepiej jest mówić o fermentacjach w liczbie mnogiej. Niektóre fermentacje polegają jednak na utlenianiu lub uwodnieniu. Jak to już było zaznaczone w ust. 289, różnica między fermentacjami a oddychaniem polega na tem, że produkty fermentacyj wszystkie są wydalane nazewnątrz, podczas gdy przy oddychaniu pozostają one wewnątrz komórek, z wyjątkiem jedynie dwutlenku węgla.

Fermentacje odbywają się tylko w roślinach cudzożywnych, ale nie we wszystkich, gdyż znaczna ich część oddycha tak samo, jak rośliny zielone.

Badania nad fermentacjami zostały postawione na gruncie prawdziwie naukowym stosunkowo niedawno, jakkolwiek odnośne zjawiska są znane od czasów głębokiej starożytności. Jest to nieśmiertelną zasługą Pasteura. Rozpatrzymy najważniejsze rodzaje fermentacyj.

Najlepiej znanym rodzajem fermentacji jest fermentacja alkoholiczna. Z podobnym procesem spotkaliśmy się już u roślin samożywnych: oddychanie beztlenowe jest procesem chemicznie identycznym z fermentacją alkoholiczną. Jest tylko ta różnica między niemi, że podczas oddychania tylko dwutlenek węgla jest wydalany nazewnątrz, inne natomiast produkty pozostają w roślinie. Te produkty są w przeważnej części alkoholem etylowym, poza tem zawierają one drobne ilości innych alkoholi (gliceryna, alkohol amylowy), kwasów (kwas octowy, bursztynowy), aldehydu octowego i inne.

W formie najbardziej typowej odbywa się fermentacja alkoholiczna u drożdży (por. ust. 69). Te mikroorganizmy stanowią coś pośredniego między aerobami a anaerobami. Mogą one żyć przez czas nieograniczony bez tlenu, ale rosną i rozmnażają się tylko w obecności tlenu. Dokonują one fermentacji alkoholicznej przy wszelkich warunkach, ale w obecności tlenu oprócz tego oddychają w sposób normalny. Można tego dowieść, zużytkowując pomiary Buchnera i Rappa. W nieobecności tlenu tworzą drożdże mniej więcej tyleż dwutlenku węgla, ile alkoholu etylowego. Widoczne to jest z sumarycznego równania omawianego procesu:

$$C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2C_2H_5OH$$

W doświadczeniach Buchnera i Rappa wykonanych bez dostępu tlenu wypadł stosunek dwutlenku węgla do alkoholu:

$$\frac{CO_2}{C_2H_5OH} = \frac{99{\cdot}4}{100}$$

Natomiast przy należytem przewietrzaniu kultury otrzymano stosunek o połowę większy:

$$\frac{CO_2}{C_2H_5OH} = \frac{152{\cdot}5}{100}$$

Widocznem jest, że przy należytym dostępie tlenu trzecia część wydzielanego dwutlenku węgla pochodzi z oddychania tlenowego. Jeżeli zważymy, że przy utlenieniu cukru uwalnia się 25 razy więcej energji, niż przy rozłożeniu tej samej ilości cukru na dwutlenek węgla i alkohol, to przyjdziemy do wniosku, że drożdże mogą z łatwością zaspokoić przy pomocy oddychania swoje potrzeby energetyczne bez fermentacji. Fermentacja jest dla nich niezbędna tylko w braku tlenu, tak samo jak oddychanie beztlenowe dla roślin zielonych.

Nie wszystkie cukry są przerabiane przez drożdże. Najłatwiej ulega fermentacji glikoza i fruktoza, trudniej mannoza, jeszcze trudniej galaktoza. Cukry złożone są użytkowane tylko o tyle, o ile są przez te organizmy rozkładane na cukry proste. Tak są przerabiane maltoza i sacharoza; pierwsza, jak wiadomo, przez hydrolizę rozkłada się na glikozę, druga zaś na glikozę i fruktozę. Laktoza nie ulega fermentacji, gdyż drożdże nie mogą jej rozłożyć na cukry proste. Przez dłuższe kultury w pożywce, zawierającej obok innych cukrów laktozę, można jednak „przyzwyczaić“ drożdże do laktozy i spowodować

jej przerabianie. Skrobi drożdże zużytkowywać nie mogą. Dlatego też przy zastosowaniach technicznych (w browarach i gorzelniach) poddaje się skrobię z początku scukrzeniu przy pomocy słodu, a potem dopiero działa się na nią drożdżami. Natomiast przerabiają drożdże glikogen, a pewne ich gatunki także dekstryny.

W normalnych warunkach poza alkoholem etylowym tworzą się przy fermentacji alkoholicznej tylko niewielkie ilości innych substancyj organicznych. Przez dodanie pewnych substancyj można jednak wywołać w tym procesie zaburzenia, skutkiem których powiększa się znacznie ilość dodatkowych produktów. Naprzykład przez dodanie siarczynu sodu (Na_2SO_3) można powiększyć ilość wytwarzanej gliceryny. W czasie wojny światowej korzystano z tego w Niemczech do technicznego wyrobu tej niezbędnej do prowadzenia wojny substancji.

Poza drożdżami niektóre pleśniaki dokonują bardzo energicznej fermentacji alkoholicznej, np. *Mucor javanicus, Mucor Rouxii.* Te grzyby mogą żyć życiem anaerobowem i rozwijają się doskonale bez tlenu. Inne gatunki, np. *Mucor Mucedo,* nie mogą rosnąć bez tlenu, ale potrafią dłuższy czas obchodzić się bez niego, zdobywając sobie energję życiową przez fermentację. Inne jeszcze, np. *Rhizopus nigricans,* mogą wytrzymać bez tlenu tylko przez krótki czas. Pleśniaki mogą, w przeciwieństwie do drożdży, przerabiać rozmaite substancje organiczne poza cukrami, między innemi skrobię. Szczególnie energicznie zużytkowuje ją wschodnio-azjatycki gatunek *Mucor Rouxii.*

Fermentacja alkoholiczna, tak samo zresztą jak i wszystkie inne rodzaje fermentacji, podlega przyśpieszającemu działaniu temperatury. Bardzo ciekawy jest wpływ wywierany na nią przez trucizny: w niewielkich dawkach powodują one znaczne jej przyśpieszenie.

Drugim bardzo rozpowszechnionym rodzajem fermentacji jest fermentacja mleczna. Dokonują jej pewne gatunki bakteryj (np. *Bacterium lactis acidi*). Szczególnie łatwo następuje ona w mleku. Proces rozpoczyna się od rozkładu cukru mlecznego na glikozę i galaktozę, poczem następuje rozkład tych prostych cukrów na kwas mleczny:

$$C_6H_{12}O_6 = 2CH_3{-}CHOH{-}COOH + 14\ Cal.$$

Oprócz laktozy i jej składników omawiane bakterje zużytkowują fruktozę, mannozę i maltozę, sacharozę natomiast tylko w słabym stopniu. Pod względem odżywiania azotowego

są one bardzo wymagające i nie rozwijają się bez peptonów albo innych rozpuszczalnych ciał białkowych. Są to organizmy anaerobowe, które swoje potrzeby życiowe zaspokajają całkowicie przy pomocy energji, otrzymywanej przez rozkład cukrów na kwas mleczny. Jednakże nie są one wrażliwe na tlen i mogą żyć w jego obecności. Zależnie od gatunku bakterje mleczne tworzą kwas mleczny prawoskrętny, lewoskrętny albo nieczynny. Niektóre bakterje mleczne odbiegają od opisanego powyżej typu i oprócz kwasu mlecznego wytwarzają inne jeszcze substancje: kwas octowy, gazy i t. d. Bakterje mleczne są czynne przy procesach kwaszenia ciasta, kiszenia kapusty i innych podobnych zjawiskach.

Trzecim ważnym rodzajem fermentacji jest fermentacja masłowa, dokonywana przez różne bakterje ściśle anaerobowe, to znaczy nie znoszące tlenu. Produktami jej jest kwas masłowy, dwutlenek węgla i wodór albo metan, oprócz tego w mniejszych ilościach alkohol etylowy, kwas octowy i mleczny. Wogóle ten rodzaj fermentacji jest procesem mniej określonym od obu poprzednio omówionych. W najprostszej formie można go przedstawić przy pomocy równania:

$$C_6H_{12}O_6 = CH_3{-}CH_2CH_2{-}COOH + 2CO_2 + 2H_2 + 13\ Cal.$$

Pod względem pokarmów bakterje masłowe są bardzo mało wymagające i przerabiają wszelkie węglowodany, nie wyłączając celulozy. Odgrywają one bardzo ważną rolę w przyrodzie, rozkładając substancje organiczne w bagnach i innych podmokłych stanowiskach, gdzie tlen nie ma dostępu. Bakterje masłowe są bardzo liczne. Wśród nich zasługują na szczególną uwagę gatunki rodzaju *Clostridium*, charakteryzującego się tem, że jego komórki mają kształt wrzecionowaty podczas tworzenia zarodników. Wyjątkowe znaczenie ma gatunek *Clostridium Pasteurianum*, wiążący wolny azot, jak to już było wyjaśnione w ust. 281.

Procesy fermentacyjne mogą polegać także na utlenianiu. Klasycznym przykładem tego może służyć utlenianie alkoholu na kwas octowy przez *Bacterium aceti*, czyli fermentacja octowa. Proces ten odbywa się według równania:

$$C_2H_5OH + O_2 = CH_3{-}COOH + H_2O + 117\ Cal.$$

Jest to reakcja, którą można, w przeciwieństwie do opisanych poprzednio rodzajów fermentacji, wykonywać sztucznie środkami laboratoryjnemi. Dostarcza ona trzecią część tej energji, która uwalnia się przy spalaniu alkoholu.

Reakcją uwodnienia jest fermentacja mocznikowa, przemieniająca mocznik na węglan amonu:

$$CO(NH_2)_3 + 2_2HO = CO_3(NH_4)_2 + 14\ Cal.$$

Dzięki niej wydzielane przez zwierzęta związki azotowe przybierają postać, w której mogą być z łatwością przyswojone przez rośliny. Dokonują jej pewne bakterje *(Urobacillus Pasteurii, Urococcus ureae)*, które po większej części są aerobami. Ponieważ podczas tej fermentacji uwalnia się mało energji, organizmy te przerabiają jednocześnie różne inne związki organiczne.

Większa część procesów fermentacyjnych jest dokonywana przez bakterje. Ich zdolności w tym kierunku wykazują wprost nieprzebraną różnorodność. Powyżej zostały przytoczone tylko najbardziej typowe i najlepiej zbadane przypadki. Oprócz nich jest ogromna ilość innych. Niema takiego związku organicznego, któryby nie był przerabiany przez osobne bakterje. Nawet związki tak trwałe, jak błonnik, lignina i chityna, są rozkładane przez specyficzne gatunki bakteryj. Na osobną wzmiankę zasługują bakterje, odtleniające siarczany i rozkładające ciała białkowe. Pierwsze wytwarzają siarkowodór. Drugie wytwarzają z ciał białkowych związki o wstrętnym zapachu (indol, skatol), a nadto wydzielają różne gazy: wodór, metan, dwutlenek węgla, siarkowodór, fosforowodór. Są wreszcie bakterje, odtleniające azotany z wydzieleniem wolnego azotu (bakterje denitryfikacyjne); o nich była już mowa w ust. 281. Wśród tych wszystkich rodzajów fermentacji są takie, które nietylko nie uwalniają energji, ale ją wiążą; takiem jest np. odtlenianie siarczanów. Oczywiście w podobnych przypadkach odbywają się obok nich inne procesy fermentacyjne, które dostarczają odnośnym organizmom potrzebnej do życia energji.

ROZDZIAŁ XIV

UDZIAŁ ROŚLIN W KRĄŻENIU MATERJI W PRZYRODZIE

293. Krążenie węgla i azotu w przyrodzie. Utrzymanie życia na ziemi jest możliwe tylko dzięki temu, że organizmy mają różne wymagania. Produkty bowiem procesów życiowych danej istoty żyjącej nie mogą służyć jej jako pokarm. Gdyby

zatem wszystkie istoty żyjące miały te same wymagania, zasób pokarmów byłby się wyczerpał po pewnym czasie i życie byłoby zamarło. Na szczęście produkty procesów życiowych jednych istot życiowych służą pokarmem dla innych istot, które znowu dostarczają pokarmu pierwszym. W ten sposób stwarza się krążenie materji w żywej przyrodzie. Głównym motorem tego krążenia jest przeciwstawienie świata roślinnego i zwierzęcego, które siebie wzajemnie zasilają.

Każdy z pierwiastków, wchodzących w skład organizmów, krąży oddzielnie. Rozpatrzmy najważniejsze z nich, mianowicie węgiel i azot.

Rośliny samożywne pobierają węgiel z atmosfery i z wód w formie dwutlenku węgla i przetwarzają go przy współudziale wody a pod działaniem promieni słonecznych na cukry, z których budują następnie inne związki organiczne. Te związki organiczne są spożywane przez zwierzęta i rośliny cudzożywne i zamieniane ostatecznie w drodze oddychania i fermentacji na dwutlenek węgla i wodę. Dwutlenek węgla powraca do atmosfery i wód, skąd zostaje znowu pobrany przez rośliny samożywne.

To krążenie węgla może odbywać się do nieskończoności, o ile zawartość dwutlenku węgla w atmosferze i hydrosferze nie będzie malała. W czasach historycznych takiej zmiany nie zauważono. Zmiany w ogólnej ilości wolnego dwutlenku węgla mogą się jednak odbywać, a to pod wpływem następujących przyczyn. Po pierwsze dwutlenek węgla jest stale zużytkowywany w procesach wietrzenia chemicznego i wiązany w formie węglanów wapnia i magnu. Oprócz tego jest on wiązany przez zwierzęta o wapiennym szkielecie (korale, ślimaki i t. d., w mniejszym stopniu przez rośliny o zwapniałych błonach (*Corallinaceae* i niektóre inne). Nadto pewna część substancyj organicznych nie ulega przemianie na dwutlenek węgla i wodę skutkiem zamiany na torf, węgiel kamienny i ropę naftową. Przez te trzy procesy ilość wolnego dwutlenku węgla niezbędnego dla roślin musi zmniejszać się coraz bardziej z biegiem czasu. Temu przeciwdziała wydzielanie dwutlenku węgla przez wulkany z wnętrza ziemi. Spalanie węgla, torfu i ropy przez człowieka działa w tym samym kierunku. Zależnie od tego, czy przeważają procesy wiążące dwutlenek węgla, czy też procesy uwalniające, zawartość tego gazu w atmosferze i hydrosferze może się zmniejszać albo zwiększać. Olbrzymie masy węgla kamiennego z epoki węglowej przemawiają za tem, że w tej

epoce ilość wolnego dwutlenku węgla na ziemi była większa niż obecnie.

W krążeniu azotu ujawnia się także przeciwstawienie świata roślinnego i zwierzęcego, chociaż w formie nieco innej. Rośliny zarówno samożywne, jak i cudzożywne, wytwarzają organiczne związki azotu przy pomocy nieorganicznych związków tego pierwiastka — soli amonowych i azotanów. Zwierzęta nie posiadają tej zdolności i spożytkowują gotowe organiczne związki azotowe roślinnego pochodzenia. Te związki zostają ostatecznie przemienione na proste związki w rodzaju mocznika, które działaniem bakteryj są przetwarzane na sole amonowe. Sole amonowe są zpowrotem zużytkowywane przez rośliny albo w formie niezmienionej, albo w formie azotanów po utlenieniu ich przez bakterje nitryfikacyjne.

To krążenie azotu może odbywać się do nieskończoności, ale znowu pod warunkiem, że ogólna ilość związanego azotu nie będzie się zmniejszała. Otóż, jak widzieliśmy w ust. 281, odbywają się w glebie i w wodach procesy fermentacyjne, rozkładające związki azotowe z wydzieleniem wolnego azotu. Te procesy powodują zmniejszenie ilości związanego azotu, które mogłoby wkońcu doprowadzić do zaniku świata organicznego. Na szczęście odbywają się na ziemi procesy, wiążące azot. Są one powodowane przez różne bakterje (*Azotobacter* i t. d.) oraz przez wyładowania elektryczne w atmosferze. Dzięki temu równowaga azotowa może być utrzymana.

Inne pierwiastki, biorące udział w życiu organicznem, wykazują również podobne krążenie, ale występując w stosunku do potrzeb organizmów w ilościach dużych, nie warunkują tak ściśle istnienia organizmów, jak węgiel i azot.

338

SKOROWIDZ ŁACIŃSKICH NAZW ROŚLIN

Gwiazdkami oznaczono stronice, na których są ryciny, odnoszące się do danych roślin

Abies 13, 243, 482*, 497*, 498*
Abietaceae 491, 492
Acacia 537, 540*
Acanthaceae 645
Acer 209*, 529, 581*, 602*, 603
Aceraceae 602
Acetabularia 123, 127*, 128*, 129
Achillea 656
Achnanthes 92*, 94
Aconitum 555*, 568*, 587
Acorus 28, 688*, 689
Acrasieae 65, 67, 81
Actinomycetes 72, 76
Adansonia 598
Aesculus 603
Agaricaceae 230
Agathis 492
Agave 667
Aglaozonia 147, 148*
Agrostemma 576*, 579*, 632*, 737*
Agrostideae 680, 681
Ajuga 527*, 644, 720
Albugo 196*, 197
Alchemilla 575
Aldrovanda 597
Alethopteris 458
Algae 49, 101
Alisma 659*, 831
Alismaceae 658, 659
Allium 11*, 19*, 544, 546*, 665*, 880
Allomyces 187, 193*
Alnus 523, 524*, 616*, 617*, 779*
Aloë 306*, 535, 538*, 666
Alsophila 368*
Althaea 580
Amanita 230
Amarantaceae 709
Amarantus 440*, 718, 719, 794
Amaryllidaceae 665, 667
Amentiferae 610, 611
Ampelopsis 325
Anabaena 83, 84*
Anagallis 579*, 580
Andraea 265*, 280*, 281
Andraeales 273, 281
Anemone 587
Angiopteris 371*
Annularia 392*
Antelminellia 93*
Anthemis 199
Anthoceros 21, 282*
Anthocerotales 281, 282
Antolithus 584
Anthophyta 443
Anthoxanthum 47, 678*
Antirrhinum 779
Apetalae 582, 609
Aphanocapsa 83, 84*, 86
Aphanochaete 118*
Apocynaceae 640
Araceae 516, 606, 689
Araliaceae 606
Araucaria 482*, 487, 488*, 491, 492
Araucariaceae 465, 489, 491
Archegoniatae 259
Archichlamydae 582
Archimycetes 189, 190
Arcyria 69*, 70
Arisaema 769
Aristolochia 442, 635
Aristolochiaceae 635
Aristolochiales 611, 635
Armeria 638
Armillaria 222*, 223*, 224*, 230*
Artemisia 653, 656
Arthrosporium 247*
Arthrostigma 331
Articulatae 336
Arum 687*, 689
Asarum 635
Asclepiadaceae 640
Ascolichenes 254
Ascomycetes 188, 203
Ascophyllum 168
Asparagus 537, 539*, 666
Aspergillus 212, 213*, 868, 905
Aspidium 39*, 332*, 341*, 345*, 350*, 352, 353*, 355*, 368*, 382
Asplenium 740
Aster 656
Asterionella 88*, 92
Asterocalamites 390, 392*
Asteroxylon 329*, 331, 357, 358*
Astilbe 563*
Astrantia 318*
Atrichum 259*
Atriplex 631
Aulacomnium 272*
Auricularia 226
Auriculariales 225, 226
Avena 27*, 681*, 703, 708, 709*, 737
Aveneae 680, 681
Avicennia 518, 519*
Azolla 386
Azobacter 78, 869

Bacillus 71*, 73, 74*, 75*, 76*, 78, 740, 863, 868
Bacteriastrum 93*, 94
Bacterium 72, 77, 78, 793, 868, 870, 909, 910
Baiera 479*, 480
Balsamia 211*
Bambusa 674*
Bambuseae 677, 681, 682
Bangia 180
Bangiales 180
Banksia 627*, 628
Barbula 268*, 269
Barcella 687*
Basidiolichenes 255
Basidiomycetes 188, 221
Batrachospermum 169, 171*, 172, 176
Bauhinia 530*
Beggiatoa 80*, 83, 861
Begonia 41, 301*, 511
Bellis 656, 657
Benettites 475, 478*
Benettitinae 457, 470, 475
Berberidaceae 587
Berberis 307, 540, 541*, 587
Beta 304*, 416*, 512, 521*, 631, 882
Betula 618*, 619*
Betulaceae 615
Biddulphia 93*, 94*
Bignoniaceae 645
Blastocladiales 189, 193
Boehmeria 627
Boletus 229
Bombacaceae 598
Borragaceae 412, 641, 645
Botrychium 372*, 373*
Botrydium 129, 130*
Bowenia 471*, 473
Brasenia 587*, 588, 589
Brassica 553*, 554, 595*, 719, 724*
Bromeliaceae 309, 515*, 669, 823
Bromus 682
Bryales 273
Bryonia 532*, 646
Bryophyta 49, 256
Bryopsis 133*
Bryum 268*
Butomaceae 659, 660
Butomus 660*

Cactaceae 535, 634
Caesalpiniaceae 19, 591
Calamariales 389, 390
Calamites 390*, 391*, 392*, 464
Calamophyton 360, 361*, 388
Calamostachys 391, 392*
Calamus 531*
Calla 689, 690
Callithamnion 179*
Callistephus 657
Callitris 483*
Calluma 636*, 637, 871
Calobryales 282, 293
Calobryum 293, 294*
Caloglossa 175*
Caltha 417*
Calycanthaceae 589
Calycanthus 561*
Calystegia 722*
Camellia 320*
Campanula 528*, 529, 650
Campanulaceae 650
Camphora 321*, 799
Canna 567*, 670
Cannabaceae 625, 627
Cannabis 627, 769, 770*, 887
Caprifoliaceae 647
Capsella 196*
Carduus 656
Carex 421*, 683*, 684*, 685*, 740, 823
Carica 894
Carpinus 409*, 619*, 620
Carum 580*, 607*
Caryophyllaceae 631
Castagnea 140*, 141*
Castanea 615, 822
Casuarina 611
Caulerpa 137*
Caytoniales 583*
Cedrus 499
Celastraceae 602
Celastrales 586, 599
Centaurea 557*, 654, 656
Centricae 87, 94
Centrospermae 576, 610 631, 748
Cephalaria 816*
Cerastium 413*, 558
Ceratium 62, 63*
Ceratophyllaceae 587
Ceratophyllum 512, 525, 587
Ceratozamia 444*
Cereus 536*, 634
Cetraria 248*, 250
Chaetomorpha 123, 125
Chamaerops 688
Chamaesiphon 85*, 86
Chantransia 169, 170*, 172, 177
Chara 32*, 182*, 183*, 184*, 185*
Characeae 102, 182
Cheiranthus 580*
Chelidonium 565*, 577*, 594*
Chenopodiaceae 631
Chenopodium 631*, 719
Chlamydomonas 40, 67, 103, 104*, 105*, 106*
Chlorella 111*, 851
Chlorococcum 110*, 111
Chlorophyceae 102, 103
Chondromyces 81*
Chorda 150, 151*
Chroococcus 249, 255
Chromulina 53, 54*
Chrysanthemum 656, 657
Chrysarachnion 58*, 66
Chrysococcus 55*
Chrysomonadinae 52, 53, 105, 885
Cichorioideae 323
Cichorium 656
Cinchona 647*
Cinnamomum 321*, 322, 584
Circaea 552*, 609, 666, 725
Cirsium 656
Cissus 738
Citrullus 646*
Citrus 601
Cladonia 249*, 250
Cladophora 123, 125*, 126
Cladothrix 80*
Cladoxylon 358, 359*, 360*
Clathrus 232, 233*
Clavaria 228*
Clavariaceae 229
Claviceps 43*, 217*, 218
Clematis 533
Closterium 96, 97*, 98*, 99*
Clostridium 78, 740, 869, 910
Cobaea 738
Coccinodiscus 93*, 94
Cocconeis 91*, 93
Cocos 688
Codium 134, 135*, 136*
Coelastrum 112*
Coenogonium 250*, 251
Coenopteridales 369, 370
Coffea 647
Colchicum 666
Coleochaete 119*
Collema 251*, 253*
Commelinaceae 669
Compositae 28, 323, 559, 570, 650, 651, 719, 885
Conjugatae 38, 41, 86, 95
Coniferae 457, 481
Contortae 635, 638
Convallaria 415*, 419, 420*, 666
Convolvulaceae 641, 645
Convolvulus 645
Copernicia 302
Coprinus 227*
Cora 255*
Corallina 174*
Corallinaceae 174
Corallorhiza 511*, 512, 673
Corchorus 599
Cordaianthus 467*, 468*
Cordaites 466*, 467*
Cordaitinae 457, 465, 472, 487, 488
Cormophyta 50
Cornaceae 606
Cornus 564*, 565, 605*, 606
Cornuvia 69*
Corticium 225
Corydalis 595
Corylus 556*, 579, 620*
Cosmarium 96, 97*, 98*, 99*
Cosmocladium 97*
Costaria 152*
Crassulaceae 589

*

Crenothrix 80*, 86
Cribrosphaera 52
Crocus 520*, 553, 667*, 668*
Crossotheca 459, 464*
Cruciferae 546, 565, 576, 580, 595
Cruoria 179*
Cryptandra 603*
Cryptogamae 444
Cucumis 646
Cucurbita 28, 311*, 315*, 316*, 421, 422*, 646
Cucurbitaceae 646
Cucurbitales 635, 645
Cupressaceae 491, 499
Cupressus 502
Cuscuta 543, 545*, 645
Cutleria 144, 146, 148*, 149*
Cutleriales 138, 144
Cyanophyceae 71, 82
Cyatheaceae 374, 380
Cyathus 232*
Cycadella 475, 476*
Cycadeoidea 475, 476*, 477*, 478*
Cycadinae 457, 469
Cycadinocarpus 469*
Cycadofilices 459
Cycas 453*, 470*, 471*, 473*, 474*
Cymbella 88*, 89,
Cyperaceae 683
Cypripedium 671*
Cytisus 744, 745

Dactylis 682
Dahlia 28, 657
Daphne 604*, 605
Dasycladaceae 129
Dasycladus 126*, 127
Datura 643*, 783, 785
Daucus 22
Debarya 100*
Delphinium 580*
Dendroceros 282*
Dentaria 554*
Desmidiaceae 95, 96
Desmidium 97*
Desmobacteriales 76
Deutzia 308*
Dialypetalae 582
Dianthus 303*, 632
Diatoma 89*, 90, 92
Diatomeae 16, 86, 87
Dicotyledones 510, 582
Dictamnus 327*, 601
Dictydium 69*
Dictyonema 255*
Dictyophyllum 380, 382
Dictyosiphon 142, 144*
Dictyota 159, 160*, 161*
Dictyotales 138, 159
Digitalis 642*, 643
Dilleniaceae 598
Dinobryon 52, 55*, 56
Dinoflagellatae 61
Dionaea 542, 543*, 596, 597
Dioon 450*, 452*, 454*, 472, 473*, 474*
Diospyros 637
Dipsacaceae 647, 648
Dipsacus 649
Dipteridaceae 373, 380
Dipteris 381*
Discolichenes 254
Discomycetes 206, 208, 252
Dorycordaites 465*
Draba 786
Dracaena 666, 667
Draparnaldia 42*, 117
Drimys 589
Drosera 321, 326*, 525, 541, 542*, 596*, 597*, 739
Droseraceae 596
Dryas 657

Ebenales 635, 637
Echinococcus 634
Echinospermum 581*
Echium 645
Ectocarpales 138, 139
Ectocarpus 138*, 139*, 140*, 145*, 146*
Elaphomyces 212
Elatine 295*
Eleagnus 308*, 523
Elodea 23, 621, 622, 623*, 769, 794, 844*, 851
Empusa 202*
Enantioblastae 658, 669
Encephalartos 471*, 472*, 474
Endocarpon 253*
Endophyllum 243
Enteromorpha 115, 121
Ephedra 451*, 506, 507*
Ephemerum 257
Epilobium 609
Epipactis 671*
Equisetales 388, 389
Equisetinae 356, 387
Equisetites 389
Equisetum 16, 298*, 334*, 343, 344*, 389, 841
Ericaceae 636
Ericales 635, 636
Erodium 601*
Erysiphaceae 214
Erythrochiton 545, 546*
Erythrotrichia 181*
Euasci 206
Euastrum 21*
Eubasidii 222
Eucalyptus 465, 609
Eucarex 684
Euchlaena 678
Euglena 29*, 60*, 61
Eugleninae 52, 59, 885
Eumycetes 188
Euphorbia 244*, 322*, 559, 629, 630*, 742
Euphorbiaceae 323, 629
Euphrasia 520, 643, 865
Evonymus 601*, 602
Exoascales 206, 208
Exoascus 207*
Exobasidiales 226, 227
Exobasidium 227*

Faba 591
Fagaceae 612
Fagales 610, 611
Fagus 302*, 435, 437*, 438*, 524*, 584, 614*, 709, 824*
Fagopyrum 628, 837*
Falkia 645
Festuca 681, 682*
Festuceae 681, 682
Ficaria 521*, 553
Ficus 16*, 301, 517, 518, 625*
Filicales 370, 373
Filicinae 332, 355, 361
Filicinae eusporangiatae 366—369
Filicinae leptosporangiatae 366—369
Filipendula 521*
Fissidens 267, 268*
Flagellata 49, 52
Fomes 229
Fontinalis 266*, 268*, 269, 856*
Fossombronia 292*
Fragaria 527*, 528, 578*, 592, 593*
Fragilaria 89*, 92
Fraxinus 47, 638*, 639
Fritillaria 564*
Frullania 292, 293*
Fucales 138, 161, 295
Fuchsia 308*, 609*
Fucus 32, 38, 161, 163, 164*, 166, 168, 169*
Fuligo 16, 17, 792
Funaria 257*, 258*, 260*, 261*, 272*, 275*, 276*, 277*
Fungi imperfecti 188, 246
Furcellaria 43*, 173*, 174

Galanthus 29*, 667*
Galeopsis 785
Galium 647
Gamopetalae 582, 635
Gangamopteris 464*
Gastromycetes 226, 230
Gentiana 639*, 734

Gentianaceae 639
Georgia 263*
Geraniaceae 600
Geraniales 586, 599
Geranium 413, 414*, 558, 567*, 600*, 601*
Gesneriaceae 645, 740
Giffordia 144, 146*
Gingko 415*, 480*
Gingkoinae 457, 479
Gladiolus 667
Gleichenia 340*, 377*
Gleicheniaceae 373, 376
Gloeosporium 247*
Glossopteridales 464
Glossopteris 464*
Glumiflorae 658, 673
Gnetinae 457, 505
Gnetum 455, 505, 506*
Gnidium 604*
Gonium 107*, 109, 110
Gonocaryum 323*, 324
Gossypium 577
Gramineae 16, 414*, 579, 673, 725*, 841
Graphis 248*, 250
Grevillea 627*, 628
Guttiferales 586, 597
Gymnodinium 61*, 62
Gymnogramme 353*
Gynandrae 658, 671

Haematococcus 103, 106, 107*
Haematoxylon 19
Hakea 627*, 628
Halidrys 165*, 167, 168
Halimeda 134, 135*
Halopteris 144, 146*
Haplobacteriales 76
Haplomitrium 293
Hedera 516*, 528*, 529, 606, 721
Heleocharis 725
Helianthus 28, 579, 637, 711*, 712, 713, 887
Helleborus 562, 657
Helobiae 657, 658
Hemibasidii 222, 234
Hepaticae 257, 264, 281
Heterocontae 129
Heurnia 640*
Hevea 631
Hieracium 308*, 656*, 786
Hippocastanaceae 603
Hippophaë 523
Hippuris 299*
Hordeae 681, 682
Hordeum 439*, 682, 839
Humulus 325*, 326, 532*, 627, 769
Hyacinthus 302
Hydnaceae 229
Hydnum 228*
Hydrilla 661, 662, 663*
Hydrocarpaceae 607, 608
Hydrocharis 661*, 662*, 709
Hydrocharitaceae 659, 660
Hydrodictyon 112, 113*
Hydropteridales 370, 383
Hydrurus 57*, 58, 732
Hyenia 360*, 383
Hymenomycetes 226, 227
Hymenophyllaceae 352, 373, 379, 412
Hymenophyllites 379, 380*
Hymenophyllum 362*, 364, 379, 380*
Hypericaceae 598
Hypericum 326*, 327, 597*, 598
Hyphaene 686*
Hyphomycetes 247
Hypochnaceae 229

Ilex 434
Impatiens 702, 719
Inula 652*, 653, 656
Iridaceae 665, 667
Iris 29*, 305*, 543, 545*, 664*, 667, 668*
Isoëtales 344, 395, 403
Isoëtes 339, 349*, 404*

Jatropha 629*
Juglandaceae 623
Juglandales 610, 622
Juglans 320*, 574*, 584, 623*
Juncaceae 665, 669
Juncus 669*
Jungermanniales acrogynae 282, 292
Jungermanniales anacrogynae 281, 291
Juniperus 452, 482, 483*, 500, 501*
Jussiaea 520*

Kaloxylon 459
Kaulfussia 371*
Kleinia 303*
Klukia 375*
Knautia 649

Labiatae 641, 643
Laboulbeniales 206, 218
Laccopteris 378, 379*
Lactarius 230
Lactuca 322*, 529*, 656
Lagenostoma 459, 462*, 463*
Laminaria 150*, 152*, 153*, 154*, 162*
Laminariales 138, 150, 295
Lamium 47, 568*, 644*
Larix 482*, 484*, 495*, 496
Lathraea 643
Lathyrus 244, 532, 533*, 756
Laurentia 854
Leathesia 142*, 143*
Ledum 211
Leguminosae 590, 788 789*, 795
Lemanea 169, 172*, 173, 178
Lemna 550*, 690, 794*, 838, 898
Lemnaceae 690
Lentibulariaceae 641, 643
Leontopodium 307, 656
Lepidium 730*, 731
Lipidocarpon 403*
Lepidodendraceae 401
Lepidodendrales 395, 400
Lepidodendron 400*, 401*, 464
Lepidophyllum 402*
Lepidostrobus 402*
Licea 69*
Lichenes 49, 248
Ligularia 653*, 656
Liguliflorae 654
Liliaceae 665
Liliiflorae 658, 664
Lilium 37*, 445, 446*, 555*, 573*, 575*, 664*, 665*
Linaceae 600, 601
Linaria 524, 525*, 556*, 563*, 721
Linum 319, 601, 887
Liriodendron 584
Lithothamnion 16, 174*, 182, 798, 854
Lobelia 651*
Lobeliaceae 650, 651
Lolium 872
Lonicera 412, 413*
Loranthaceae 521, 633
Loranthus 633
Lotus 25, 524*
Loxsoma 340*, 379
Lupinus 307*, 417*, 591
Luzula 669
Lychnis 563*
Lycogala 69*, 70
Lycoperdon 231*, 232
Lycopodiales 395
Lycopodiinae 332, 356, 394
Lycopodium 333*, 336*, 395*, 396*, 397
Lyginodendron 459
Lyginopteris 459*, 460*, 461*, 462*, 463*, 464*
Lygodium 363, 366*, 376
Lyngbya 85*
Lysimachia 528*
Lythraceae 607
Lythrum 572*, 607, 608*

Mabaea 629*
Macrocystis 156*, 157*, 158*

Macrozamia 471*
Majanthemum 666*
Magnolia 559*, 560, 561, 562, 584
Magnoliaceae 589
Magnoliales 584, 585, 589
Malva 580*, 598*
Malvaceae 243, 598
Malvales 586, 598
Manihot 631
Marattia 348*
Marattiaceae 348, 370, 479
Marattiales 369, 370
Marchantia 260*, 286*, 287*, 288*, 289*, 290*, 295
Marchantiales 283
Marpolia 86
Marsilia 386*, 387
Marsiliaceae 387
Marsupella 292, 293*
Matonia 378*
Matoniaceae 373, 378
Matricaria 199, 656
Matthiola 761
Mauritia 518*
Medicago 591
Medullosa 462
Melampsora 242*, 742
Melampsorella 243*
Melampyrum 520, 643, 865
Melandryum 234, 742, 769
Melanconiales 247
Melosira 93*, 94
Mentha 644
Mercurialis 419*, 423*
Meridion 88*, 89, 92
Merismopedia 82, 83*
Merulius 229
Mesotaeniaceae 95, 99
Mesotaenium 95, 96*
Metaphyta 49
Microsphaera 214*
Microspira 71*
Micrasterium 96, 97*
Mimosa 523*, 592, 796*
Mimosaceae 591
Mimulus 719*
Mirabilis 748*, 750, 758*
Mnium 274*, 277*
Monoblepharidales 189, 194
Monoblepharis 194*
Monocotyledones 411, 423, 510, 582, 657
Monotropa 524, 525*, 543, 637
Moraceae 16, 323, 324, 625
Morchella 206*, 208*
Morus 627, 769
Mougeotia 21*, 99*, 100*, 101
Mucor 199, 200*, 201*, 202, 702, 726, 865, 909
Musa 315*, 670*
Musaceae 670
Muscari 33*
Musci 256, 264
Mycetes 49
Mycetozoa 64
Myrica 523, 624
Myricales 610, 624
Myrtaceae 609
Myrtales 586, 607
Myrtus 609
Myxobacteriales 76, 81
Myxochrysis 58, 58*, 66
Myxogasteres 65, 68
Myxomycetes 49, 64

Nasturtium 729*
Nectria 215*, 216
Nelumbo 560*, 588
Neottia 511, 543, 673
Nepenthaceae 597
Nepenthes 542, 544*
Nereocystis 155*
Nerium 300*, 306, 640
Neuroloma 273, 281
Neuropteris 457, 458*, 462
Nicotiana 643, 709, 719, 799, 821
Nidularia 232
Nitella 185*
Nitrobacter 77, 863
Nitrosococcus 863
Nitrosomonas 77, 863
Noltea 603*
Nostoc 83, 84*, 85*, 249, 251, 283, 471
Nuphar 296*
Nyctaginaceae 748
Nymphaea 548, 577*, 581, 588*
Nymphaeaceae 587

Ochromonas 54*, 55
Ochrosphaera 52
Octaviania 231*, 232
Oedogonium 121*, 122*, 123
Oenothera 46, 312*, 609, 719, 778, 780, 781*, 785
Oenotheraceae 607, 609
Olea 639*
Oleaceae 638
Oligocarpia 377
Olpidium 190*
Oncidium 514*, 515
Onoclea 335*, 336, 364, 382
Onosma 308*
Oomycetes 189, 195
Ophioglossales 344, 362, 368, 369, 371
Ophioglossum 372*
Ophrys 521*
Opuntia 29*, 535, 537*, 634
Opuntiales 611, 634
Orchidaceae 409, 519, 521*, 581, 671
Orchis 521*, 672*
Ornithogalum 23*
Orobanchaceae 641, 643
Orobanche 520, 522, 543
Oscillaria 80, 82*, 83, 84*, 792
Osmunda 339*, 345*, 354*, 363, 366*, 374*
Osmundaceae 340, 373, 373—376
Osmundites 376
Oxalidaceae 600, 601
Oxalis 601, 719

Palaeostachya 391, 392
Palmae 687
Palmatopteris 332*
Palmella 105
Panax 606*
Pandanaceae 690
Pandanales 658
Pandanus 517*
Panicoideae 677, 678
Panicum 678*, 737
Papaver 565*, 566, 576*, 579*, 580, 594*, 595
Papaveraceae 322, 565, 594
Papilionaceae 523, 576, 590
Parietales 586, 596
Paris 575*, 666*
Parmelia 251* 252
Pecopteris 458
Peireskia 634
Pelargonium 601*, 749
Pellaea 348*
Pellia 291*
Pelvetia 168
Penicillium 42*, 213*, 214
Penium 97*
Pennatae 38, 41, 87
Peperomia 301*
Peridineae 52, 53, 61
Peridinium 52, 62*, 64*
Perisporiales 206, 214
Peronospora 198*
Persoonia 627*
Peziza 208*
Phaeophyceae 102, 138
Phalaris 737
Phallus 232, 233*
Phanerogamae 444
Phascus 257
Phaseolus 27*, 308*, 324*, 591, 771, 795*, 820
Philodendron 516*
Phleum 680*
Phoenix 13*, 688
Phoma 247*, 872
Phormidium 86, 319

Phormium 12
Phragmidium 239*, 242*, 245*
Phycomyces 708, 709*, 714*, 715, 723, 726
Phycomycetes 188, 189
Phyllocladus 485, 501*, 503, 504
Phylloglossum 348* 397*
Physcia 253*
Phythopthora 197*
Picea 482*, 498*, 499*, 500
Pilobolus 201*, 202
Pilostyles 523*
Pilularia 386*, 387
Pimpinella 570*
Pinales 489, 490
Pinguicula 326, 541*, 643
Pinnularia 87*, 89, 90*
Pinus 48, 49, 295*, 314*, 327*, 408*, 410, 427*, 428*, 429*, 430*, 433*, 455*, 456, 484, 485*, 486*, 487*, 490*, 491*, 492*, 493*, 494*, 495
Piper 324*, 576*, 624*
Piperaceae 624
Piperales 610, 623
Piptocephalis 201*, 202
Pirolaceae 637
Pirus 564*, 565, 592*, 593*, 594
Pisum 20*, 29*, 244, 580*, 591*, 871
Planococcus 71*
Plantaginaceae 642, 645
Plantago 556*, 570*, 645
Plasmodiophora 187, 190, 191*
Platoma 173, 180*
Platycerium 364, 367*, 382
Plectascales 206, 212
Plectobasidiales 226, 233
Plectonema 84, 85*
Plectranthus 308*
Pleurococcus 114*, 249
Pleurosigma 88*, 89, 90*
Plumbaginaceae 638
Plumbaginales 635, 637
Plumbago 323* 324
Poa 682
Poaeoideae 677, 680
Podocarpaceae 465, 504
Podocarpus 483*, 503*, 504, 871
Podospora 215*, 216
Podostemaceae 514, 548
Podostemon 513*
Pogonatum 270*
Polygonaceae 628
Polygonales 610, 628
Polygonatum 551*, 552, 666
Polygonum 412*, 574*, 628*
Polyphagus 192*
Polypodiaceae 374, 381
Polyporaceae 229
Polyporus 229*
Polysiphonia 117*, 175, 176*, 177*
Polysphondylium 68*
Polystictus 229
Polytrichaceae 269—270, 276
Polytrichum 262*, 269*, 270*, 272*, 274*, 275*
Populus 577*, 584, 622*
Porphyra 180, 181*
Potamogeton 414*, 415, 664
Potamogetonaceae 659, 664
Potentilla 592*
Primula 296*, 324*, 325*, 424, 510*, 511, 557*, 565*, 571*, 637, 734
Primulaceae 637
Primulales 635, 637
Pringsheimia 117*, 118
Proteaceae 465, 628
Proteales 610, 627
Protoasci 206, 219
Protobasidii 222, 237
Protococcales 103, 110, 249
Protococcus 249
Protophyta 49
Protopteridium 390*, 331*, 333
Prunus 297*, 307, 540, 578, 592*, 593*
Pseudobryopsis 133*
Pseudocodium 135*
Pseudomonas 71*
Pseudosolaneae 642
Pseudosporochnus 330*, 332
Pseudotsuga 499
Psilophytinae 330, 339, 355, 356
Psilophyton 357*, 331
Psilotales 395, 405
Psilotum 405*
Psyllophora 684
Pteridium 313*, 341, 342*, 345*, 354*, 382
Pteridophyta 49
Pteridospermae 457
Pteris 346*, 349*
Puccinia 237, 238*, 240*, 242, 243, 246
Pulsatilla 587
Pyronema 203, 204*, 205*, 208
Pyrenolichenes 254
Pyrenomycetes 206, 215, 252

Quercus 435, 584, 612*, 613

Rafflesiaceae 523
Ramondia 740
Ramularia 247
Ranales 585, 586
Ranunculaceae 317, 561, 587
Ranunculus 22, 417*, 445*, 549*, 587
Raphanus 553, 595, 722
Regnellidium 387
Rhachiopteris 459
Rhamnaceae 603
Rhamnales 586, 603, 605
Rhamnus 313*, 603*
Rheum 628*
Rhipidopteris 362, 363*, 364, 382
Rhipsalis 535, 537*, 634
Rhizophidium 191*
Rhizophora 410*
Rhizophoraceae 410
Rhizopus 201*, 865, 909
Rhodochorton 179*
Rhodocystis 77
Rhodophyceae 102, 169
Rhodothece 77
Rhoeadales 586, 594
Rhynia 328*, 331, 338, 356*, 357*, 358*
Rhytisma 209*
Ribes 540, 578, 594
Riccia 284, 285*, 286*
Ricinus 28*, 629*, 631, 887
Rivularia 83, 84*
Robinia 416*, 540, 541*, 871
Roccella 254
Rosa 25*, 245*, 540, 541*, 578*, 593*
Rosaceae 592
Rosales 585, 589
Rubiaceae 647
Rubiales 635, 647
Rubus 245, 580*, 592, 786
Rumex 440*, 628
Ruscus 537, 539*
Russula 227*
Rutaceae 545, 600, 601

Saccharomyces 17*, 220*, 703, 908
Saccharomycetaceae 220
Saccharum 303*, 677
Sagittaria 548*, 549, 659, 660*
Salicaceae 622
Salicales 610, 621
Salicornia 47, 537, 539*, 631, 842
Salix 511, 577, 584, 621*, 622, 769, 785
Salpiglossideae 642
Salvia 47, 318*, 644
Salvinia 355, 383*, 384*, 385*

Salviniaceae 386
Sambucus 29*, 435*, 647, 648*
Santalaceae 633
Santalales 610, 632
Saprolegnia 195*
Sarcina 77*
Sargassum 166*, 167*
Sarothamnus 822
Sassafras 584
Saxifraga 565*, 593*, 594, 734
Saxifragaceae 594
Scabiosa 649, 650*
Scenedesmus 111* 112
Schizaea 375*
Schizaeaceae 352, 373, 376
Schizomycetes 71
Schizonema 88*, 92
Schizophyllum 225
Schizophyta 31, 49, 70
Schizosaccaromycetes 220*
Schizostega 256*
Scirpus 685*
Scitamineae 657, 658, 669
Scleroderma 233, 234*
Sclerotinia 210* 211
Scolopendrium 344*, 363, 365*, 382
Scrophulariaceae 520, 641
Scytonema 249, 255
Sebastiania 629*
Secale 308*, 682
Sedum 305*, 561*, 562*, 590
Selaginella 342, 343*, 397, 398*, 399*
Selaginellales 395, 397
Semele 537, 539*
Sempervivum 243, 590, 720*
Senecio 416*, 558*, 654*, 655*, 656, 657
Senftenbergia 375*
Sequoia 314, 502
Serjania 530*, 531
Sigillaria 346, 401*, 464
Sigillariaceae 401
Sinapis 440*, 713, 721*, 722
Siphonales 103, 129
Siphonocladiales 103, 123
Sirogonium 100*, 101
Smilax 533, 534*
Solanaceae 412, 641, 643
Solanum 22, 27*, 552, 553*, 643, 717*, 744, 745, 857*
Sorbus 22*
Spadiciflorae 658, 686
Sparganiaceae 690
Sparganium 412*, 690*
Spartium 534. 535*
Spermatophyta 49, 406
Sphacelaria 145*
Sphacelariales 142
Sphaerocarpus 34*, 283, 284*, 768
Sphaeroplea 123, 124*
Sphaeropsidales 246
Sphaerotheca 214*, 215
Sphagnales 273, 278
Sphagnum 260*, 265*, 270, 271*, 272, 273*, 278*, 279*
Sphenophyllales 389, 392
Sphenophyllum 393*, 394*
Sphenopteris 459
Spinacia 769
Spirillum 71*, 73
Spirogyra 21*, 87, 99, 100*, 101*, 847*
Spirochaeta 71, 868
Spirophyllum 80
Spirotaenia 95, 96*
Sporodinia 199*
Stangeria 471*
Staphylea 600*, 602
Staphyleaceae 602
Staurastrum 96, 97*
Stauropteris 331*, 362, 363, 364, 370*
Stellaria 243
Stemonitis 69*, 70
Stenochlaena 341*, 382
Stephanopyxis 87
Sterculiaceae 598
Stereum 229, 255
Sticta 254*
Stigeoclonium 117*, 118
Stigmaria 402
Stigmatomyces 218, 219*
Stigonema 85*
Stipa 676, 680*, 681
Stratiotes 661, 662, 663*
Streptocarpus 544, 546*
Streptococcus 71*
Struthanthus 522
Surirella 91*, 93
Symphytum 558*
Synantherae 636, 649
Synchytrium 190
Synechocystis 83, 84*
Synedra 92*, 94
Synura 56*, 57
Syracosphaera 55*
Syringa 640

Taeniophyllum 513*
Taraxacum 581*, 656, 700*, 735*
Tavaresia 640*
Taxaceae 504
Taxales 489, 503
Taxodiaceae 491
Taxus 452, 504*
Telephoraceae 229, 255
Terfezia 212
Terminalia 414*
Tetraclinis 483*, 501
Thalictrum 557*, 587, 769
Thallophyta 50
Theobroma 598
Thesium 547*, 633*, 643, 865
Thymelaeales 586, 604
Thymus 304*, 644
Tilia 29*, 430*, 431*, 432*, 434*, 599*
Tiliaceae 598, 599
Tillandsia 512*, 513, 823
Tilletia 235*, 237*
Tilletiaceae 236
Tmesipteris 405*
Tolypothria 84, 85*
Tradescantia 23*, 36, 669, 728*, 794
Trapa 608*
Tremella 226*
Tremellales 225, 226
Trentepohlia 249, 251
Triceratium 93*
Trichia 69*
Trichomanes 337*, 339, 362, 363*, 379
Tricoceae 610, 628
Trifolium 417*, 557, 591
Triphragmidium 242*
Triticum 27*, 29*, 411*, 673*, 676*, 677*, 682*, 759*, 760, 819*
Tropaeolum 306*, 307*, 443, 716*
Tsuga 499
Tuber 212*
Tuberales 206, 211
Tubiflorae 635, 640, 654
Tulipa 554*, 666
Turritis 565*
Typha 689*, 690
Typhaceae 690

Udotea 134*
Ulex 534, 535*, 540, 735*
Ulmaceae 625, 627
Ulmus 626*, 627
Ulothrix 42*, 114*, 115*, 116*, 117
Ulotrichales 103, 114, 249
Ulva 115, 120*, 121, 792, 854
Umbelliferae 570, 580, 606, 607
Umbelliflorae 586, 605
Uredinales 40, 237
Urobacillus 811
Urococcus 811
Uromyces 242*, 244, 742
Urospora 125
Urtica 309*, 319, 325, 627, 756, 759*
Urticaceae 324, 625, 627
Urticales 610, 624

Usnea 248*, 250
Ustilaginaceae 236
Ustilaginales 234
Ustilago 234, 235*, 236*, 237*
Utricularia 512, 550*, 643

Vaccinium 210, 211, 636*, 637, 823
Valeriana 648, 649*
Valerianaceae 647, 648
Vallisneria 769, 793
Vallota 741*
Vanheurckia 88*, 91*, 92
Vanilia 673
Vaucheria 130, 131*, 132*, 133
Verbascum 25, 642
Veronica 419*, 642
Verrucaria 254*, 255
Vertebraria 464
Verticillatae 610, 611
Vicia 190, 244, 701
Vignea 684
Vinca 640
Vincetoxicum 640
Viola 565*, 567*, 570, 579*, 597*
Violaceae 596, 597,
Viscum 13*, 434, 522*, 581, 633*, 709, 864, 865
Vitaceae 603, 604
Vitis 317*, 325, 435*, 532, 533*, 578, 604*
Volvocales 103
Volvox 108*, 109*, 110
Vriesea 310*

Walchia 491
Welwitschia 455, 508*, 509*
Williamsoniella 475*

Xanthoria 248*, 250
Xylaria 216*, 217

Zamia 444*, 449*, 453*, 470*
Zanardinia 144, 147*
Zea 418*, 678, 679*
Zostera 549, 664
Zygnema 21*, 99
Zygnemaceae 95, 99
Zygomycetes 189, 199
Zygophyta 49, 86
Zygopteris 370*