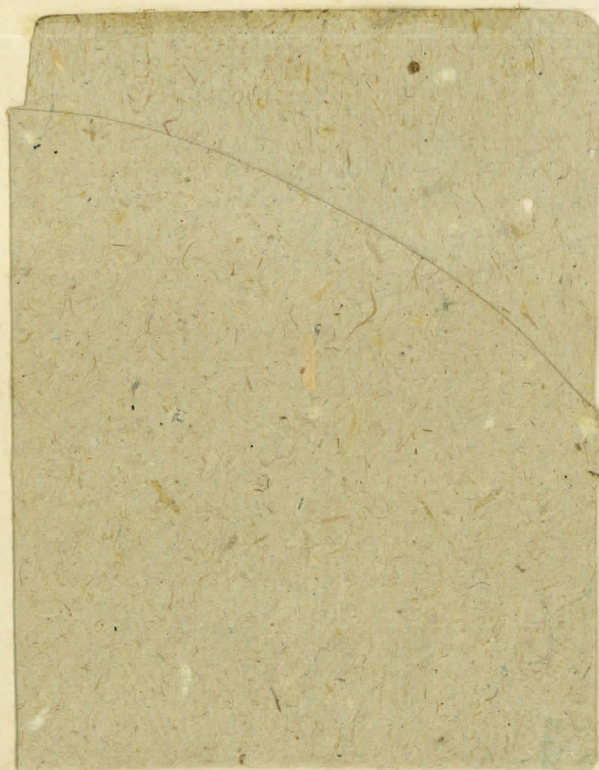


Biblioteka Pedagogiczna CEN
nr inw.: KG - 542



BC KSK / 542





Rozwój Świata Zwierzęcego
Tom I.
Embryologia Ogólna

Niektóre inne prace tegoż autora.

Idea ewolucji w biologii. Przeszłość, stan obecny i wpływ na rozwój wiedzy ludzkiej. Warszawa 1910.

Zasady anatomii porównawczej.

Tom I. Wiadomości wstępne. Anatomia porównawcza zwierząt bezkręgowych. Warszawa 1899.

Tom II. Anatomia porównawcza zwierząt kręgowych. Warszawa 1903.

Zootomia praktyczna. Warszawa 1908.

Zoologia dla klas wyższych szkół średnich. Lwów 1909.

Wiadomości z zoologii dla klas niższych szkół średnich (ze współudziałem Dr. T. Wiśniowskiego). Wyd. III. Lwów 1910.

Podręcznik zoologii dla młodzieży od lat 10 do 14. Wyd. IV. Warszawa 1912.

Szlakami wiedzy. Szkice i odczyty dla wykształconego ogółu o zagadnieniach biologii współczesnej. Wyd. II. Lwów 1909.

Uczeni i uczniowie. Lwów 1910.

Z zagadek życia. Szkice i odczyty z dziedziny biologii. Wyd. II. Lwów 1908.

Z zagadnień biologii i filozofii przyrody. Wyd. II. Lwów 1905.

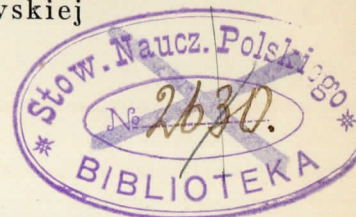
Z teki biologa. Lwów 1905.

Wiadomości początkowe z biologii. Wyd. II. Warszawa 1907.

Księga pamiątkowa ku uczczeniu trzydziestoletniej działalności naukowej i piśmienniczej Prof. Dr. Józefa Nusbaum-Hilarowicza wydana staraniem uczniów. Lwów 1911.

59
N-89

Dr. Józef Nusbaum-Hilarowicz
Profesor Wszechnicy Lwowskiej



Rozwój Świata Zwierzęcego

Tom pierwszy

Embryologia Ogólna

7263/1



Nakład Henryka Lindenfelda. Warszawa 1912.

Skład główny w księgarni G. Centnerszvera i S-ki.

Wydawnictwo Naukowe
Warszawa

CENTRALNA BIBLIOTEKA PEDAGOGICZNA
przy N.O. S.B.
w Warszawie

542



WYDAWNICTWO

MP 24877/

Czcionkami Drukarni Naukowej, Warszawa, Mazowiecka Nr. 8.

Kochanemu Koledze

PROFESOROWI DOKTOROWI HENRYKOWI KADYIEMU

w dowód szczerej przyjaźni i głębokiej czci

Autor

W otaczającej nas przyrodzie najbardziej, niewątpliwie, tajemnicze i dla umysłu ludzkiego pociągające są zjawiska życia, a pośród nich najgłębsze chyba budzą zainteresowanie te, które tyczą się zachowania gatunku.

Na czym polega zjawisko płciowości w przyrodzie ustrojowej i jaką jest jego istota; jak się odbywa przedziwny fenomen zapłodnienia i jakie drogi do niego prowadzą; jak przebiega tajemniczy, a iście cudowny rozwój zarodka, zdążający dziwnymi szlakami, w sposób niezmiernie złożony, a tu i owdzie znów uderzająco prosty, do wytworzenia skomplikowanego ustroju; w jaki sposób drobne, mikroskopijne bryłki elementów rozrodczych są przenosicielami nieskończonej ilości znamion, odziedziczanych przez potomstwo po rodzicach i przodkach odleglejszych; jakie są przyczyny i prawa dziedziczności, zmienności, krzyżowania się ras i gatunków; jak przeróżne warunki i czynniki zewnętrzne wpływają na bieg rozwoju zarodkowego; co i w jaki sposób określa płeć rozwijającego się ustroju; jaki był gubiący się w pomroce czasu początek i pierwszy rozwój życia na ziemi; jak na podstawie budowy anatomicznej, rozwoju zarodkowego i świadectw paleontologicznych, dziś w tak wielkiej zebranych obfitości, wyobrazić sobie można dzieje rodowego rozwoju świata zwierzęcego i jakie jest wreszcie stanowisko człowieka

w świecie organicznym — oto zagadnienia, których rozwiązanie stanowi wprost potrzebę ducha ludzkiego, problematy, które dotyczą spraw jak najżywiej nas obchodzących, które sięgają w głąb zagadki życia, a więc pytania interesujące nie tylko specjalistę-biologa, lecz wogóle każdego myślącego człowieka.

Nauka o rozwoju zwierząt w ciągu ostatniego ćwierćwiecza szczególnie szybkim krokiem podążyła naprzód i, bez przesady rzecz można, uległa gruntownemu przewrotowi. W tym czasie ustalili się kierunek fizyologiczny dociekań rozwojowych, powstała i dojrzała nowa nauka, którą zwiemy dziś mechaniką rozwojową, została wypracowana metoda doświadczalna w embriologii, otworzyły się nowe widnokręgi w nauce o dziedziczności i zmienności, zrodziło się całe mnóstwo nowych zagadnień natury ogólnej.

W r. 1887 wydałem książkę p. t. *Zasady ogólne nauki o rozwoju zwierząt*. Była to w literaturze, przeznaczona dla wykształconego ogółu, pierwsza próba syntetycznego ujęcia wiadomości z dziedziny embriologii ogólnej. Już wtedy zwróciłem uwagę na budzące się do życia nowe zagadnienia doby dzisiejszej.

Jeżeli jednak wówczas mogłem się streścić w niewielkiej stosunkowo książce, to obecnie, wobec olbrzymiego powiększenia się materiału, zarówno faktycznego, jak i teoretycznego, opracowanie tegoż przedmiotu wymaga znacznie więcej miejsca.

Wielostronny rozwój nauki i szeroko zakreślony plan dzieła usprawiedliwiają tytuł bardzo ogólny: *Rzecz o świecie zwierzęcego*.

Dzieło składać się będzie z trzech tomów, z których jednak każdy utworzy zamkniętą w sobie całość.

Ten oto tom pierwszy zawiera wstęp historyczny, rozmnażanie płciowe, sprawę dziedziczności oraz związane z nią doniosłe zagadnienia t. zw. genetyki (nauki o rozrodzie). Drugi zawrze rozwój osobnika zwierzęcego, mechanikę rozwojową i rozmnażanie bezpłciowe wraz z zagadnieniami nauki o restytucji. Trzeci poświęcony będzie sprawie rodowodu świata zwierzęcego, a to na podstawie krytycznej oceny faktów z dziedziny anatomii porównawczej, embriologii i paleontologii.

Pisząc tę książkę, korzystałem z bardzo obfitej specjalnej literatury naukowej. Byłem atoli w tem szczęśliwym i ułatwiającem pracę położeniu, iż właśnie w ciągu ostatnich kilku lat pojawiło się w literaturze europejskiej wiele obszernych dzieł treści ogólnej, z których niemało czerpać mogłem materiału, że wymienię tylko dzieła ogólnobiologiczne O. Hertwiga, E. Korschelta i K. Heidera, H. T. Morgana, W. Batesona, V. Haeckera, R. Goldschmidta, E. Bauera, J. P. Lotsy'ego, W. Johannsena, H. de Vriesa, J. Loeba i innych. Literaturę podaję na końcu każdego tomu, ale ze względu, że dzieło jest przeznaczone głównie dla wykształconego ogółu, nie zaś dla osób specjalnie poświęcających się naukom biologicznym, poprzestaję tylko na źródłach najważniejszych lub szczególnie obchodzących czytelnika polskiego.

Dziś wiedza w każdej dziedzinie sięga zbyt głęboko, analizuje zbyt dokładnie i krytycznie, ażeby można było załatwić się krótko i ogólnikowo z wiel-

kimi jej problematami bez obawy pobieżności, a, co gorsza, nieścisłości. Wszystkie atoli poruszone tu, a niejednokrotnie zawile zagadnienia usiłowałem omówić możliwie jasno i przejrzysto, tak iż książkę może z korzyścią, sądzę, przeczytać nie tylko biolog, lecz zarówno początkujący słuchacz uniwersytecki, przyrodnik czy medyk, jako też lekarz, nie mający sposobności bezpośredniego stykania się z nowszą literaturą biologiczno-embryologiczną, oraz nauczyciel, pragnący odświeżenia dawno nabytych wiadomości nowymi zdobyczami wiedzy.

Nadto miałem też zawsze na myśli szerszy nasz ogół wykształcony, tych wszystkich, co, nie mając uniwersyteckiego wykształcenia biologicznego, żywo wszakże interesują się wielkimi zagadnieniami przyrodniczymi. Dlatego też dzieło to nie ma bynajmniej charakteru podręcznika, lecz jest książką do czytania, przeznaczoną jednak dla osób przyzwyczajonych do lektury poważnej i gruntownej.

Lwów, 1. stycznia 1912.

Józef Nusbaum-Hilarowicz.

Treść.

ROZDZIAŁ I.

Morfologia a fizjologia. Stanowisko embriologii pośród innych nauk biologicznych	1
Morfologia a fizjologia. Podział morfologii. Stanowisko embriologii. Dziedziny pograniczne. Mechanika rozwoju.	

ROZDZIAŁ II.

Dzieje pojęć embriologicznych. Czasy starożytne.	8
Czasy najdawniejsze. Grecja starożytna. Alkmeon. Demokryt. Anaxagoras. Arystoteles: rodzaje płodzenia, dziedziczenie cech nabytych, produkty rozrodcze, rozwój zarodkowy, dziedziczność, powstawanie płci i potworności.	

ROZDZIAŁ III.

Dzieje pojęć embriologicznych (c. d.). Wiek XVI, XVII, XVIII. Teoria praeformacji . . .	16
Wiek XVI. H. Fabricius. Wiek XVII. W. Harvey. Descartes. A. van Leeuwenhoek. Wiek XVIII. Spallanzani. M. Malpighi. Teoria praeformacji, Swammerdam. Owuliści i animalkuliści. Haller. Leeuwenhoek. Malpighi. Malebranche. Vallisneri. Bonnet. Leibnitz. Krytyka teorii praeformacji. P. L. Moreau de Maupertuis. Buffon.	

ROZDZIAŁ IV.

Dzieje pojęć embriologicznych (c. d.). Upadek teorii praeformacji. Wiek XIX. Czasy nowsze	29
Upadek teorii praeformacji. Teoria epigenezy. F. K. Wolff. Jędrzej Sniadecki. Wiek XIX. Pander. Karol E. v. Baer.	

R. Remak. Nowsze dzieje embryologii. Embryologia porównawcza. T. H. Huxley. Rathke. Kölliker. A. Kowalewski. E. Haeckel. Teoria gastraei. Prawo biogenetyczne. Kierunek fizyologiczny. W. Roux. O. Hertwig. Zagadnienie dziedziczności. A. Weismann. Badania doświadczalne. Czynniki rozwoju. Powstanie genetyki.

ROZDZIAŁ V.

Rozmnażanie płciowe. Elementy rozrodcze.

Jajo 55

Rozmnażanie płciowe. Elementy rozrodcze i zapłodnienie. Rozmnażanie bezpłciowe. Jajo. Budowa ogólna. Rozmiary zwierzęcia a wielkość i liczba jaj. Wpływ deutoplazmy. Sposób i warunki rozwoju zarodków a wielkość i liczba jaj. Współzależność wielkości i liczby. Dwupostaciowość jaj.

ROZDZIAŁ VI.

Jajo zwierzęce 66

Ooplazma. Deutoplazma. Typy jaj zależnie od ilości i układu deutoplazmy. Pochodzenie deutoplazmy. Pęcherzyk zarodkowy i plamka zarodkowa. Ciało środkowe. Jądro żółtkowe. Mitochondria. Błony jajowe. Rozwój jaja. Jajniki.

ROZDZIAŁ VII.

Komórka płciowa męska, czyli plemnik . . . 87

Plemnica. Plemnik. Kształt plemników. Plemniki wiciowate i ich części. Różne postacie plemników. Plemniosieszki. Rozwój plemników. Jądra. Odżywianie się plemników. Rozwój plemnika ze spermatydy.

ROZDZIAŁ VIII.

Dojrzewanie komórek płciowych 114

Bezpośredni i pośredni podział komórki. Stałość liczby chromozomów. Znaczenie dojrzewania komórek płciowych, czyli redukcji chromatyny. Dojrzewanie jaja. Różne typy redukcji chromatyny. Dojrzewanie plemników. Analogia z jajami. Zagadnienie redukcji chromatyny. Chromozom dodatkowy.

ROZDZIAŁ IX.

Zapłodnienie 135

Str.

Str.

Uwagi wstępne. Istota zapłodnienia. Zapłodnienie sztuczne. Przenikanie plemnika do jaja. Losy jąder i centrozomów. Karyogamia.

ROZDZIAŁ X.

Zapłodnienie (c. d.) 148

Indywidualność chromozomów. Podścielisko cech dziedzicznych. Dlaczego jajo dzieli się dopiero po zapłodnieniu. Znaczenie płciowości i zapłodnienia. Amfimiksja Weismanna. Polispermia.

ROZDZIAŁ XI.

Rozdzielnopłciowość i obupłciowość. Przenoszenie plemni z narządów płciowych męskich do żeńskich. Spółkowanie. Składanie i pielęgnowanie jaj 164

Rozdzielnopłciowość i obupłciowość. Zapłodnienie u obupłciowców i rozdzielnopłciowców. Zapłodnienie zewnętrzne. Początki spółkowania. Zapłodnienie wewnętrzne. Kieszonki nasienne. Plemniosieszki. Przenoszenie się plemni. Prącie. Drugorzędne znamiona płciowe. Pielęgnowanie jaj i młodych. Jajorodność i żyworość.

ROZDZIAŁ XII.

Czas rozwoju 187

Okres zarodkowy i pozarodkowy; przyczyny powodujące jeden i drugi. Czas rozwoju. Czynniki, od których on zależy.

ROZDZIAŁ XIII.

Dziedziczność. Podścielisko znamion dziedzicznych 194

Jądro, w szczególności chromozomy, jako substrat dziedziczności. Garnitury chromozomów. Poglądy i doświadczenia Boveriego. Plazma jako siedlisko dziedziczności. Plazma jako substrat dziedziczności wobec mechaniki rozwoju i przebiegu zapłodnienia.

ROZDZIAŁ XIV.

Dziedziczność (c. d.). Problemat odziedziczenia cech nabytych. 203

Dziedziczność a cecha nabyta. Pojęcie dziedziczności znamion nabytych. Dziedziczenie okaleczeń. Dziedzicz. zmian czynnościowych. L. Tower (*Sensibility*). Dziedziczność cech nabytych wobec eksperymentu. Brown-Séquard. Doświadczenia Klebsa, Blaringhema, Schübelera, Standfussa, Kammerera. Spór o dziedziczenie cech nabytych. Indukcja równoległa. A. Weismann. Teoria ciągłości plazmy zarodkowej i dziedziczności. Dowody za teorią zmian blastogenicznych i indukcją równoległą. Dalsze wyniki doświadczeń Towera. Dowody za dziedzicznością zmian somatogenicznych. Doświadczenia Guthrie.

ROZDZIAŁ XV.

Dziedziczność (c. d.). Bastardacja 224

Powinowactwo płciowe. Metysy a hibrydy. Bastardacja wogóle. Bastardy sztuczne. Bastardy wzajem przemienne. Bastardy naturalne ryb, płazów, ptaków, zwierząt ssących (muły i osłomuły, leporydy).

ROZDZIAŁ XVI.

Bastardacja (c. d.) Mendelizm 235

Bastardy w stosunku do znamion rodzicielskich. Bastardy pośredkowe, mozaikowe i mieszane. Bastardacja matrokliniczna i patrokliniczna. Bastardacja wzajem przemienna. Bastardacja rozszczepna. Grzegorz Mendel i jego teoria. Reguła pierwsza mendelizmu. Cechy panujące, ustępujące, antagonistyczne. Nowość krzyżownicza. Reguła druga. Czystość gamet. Reguła trzecia, czyli niezależności. Wahania w urzędywistnianiu się reguł mendelizmu.

ROZDZIAŁ XVII.

Dziedziczność (c. d.). Teoria czynników w zjawiskach rozszczepiania się cech u mieszanców 253

Teoria obecności i nieobecności Batesona. Teoria czynników. Wzory dziedziczności. Znaczenie naukowe teorii czynników. Zagadnienie podścieliska czynników.

ROZDZIAŁ XVIII.

Bastardy somatyczne i szczepionkowe (rostowe) oraz chimery 263

Bastardy wegetatywne wśród zwierząt i roślin. Doświadczenia Winklera. Chimery. Chimery periklinalne.

ROZDZIAŁ XIX.

Powstawanie płci 273

Poszukiwania dawniejsze i nowsze. Chromozomy dodatkowe. Dwupostaciowość plemników. Dwupostaciowość i predestynacja jaj. Wpływ warunków zewnętrznych na płęć. Powstawanie płci jako przejaw dziedziczności w świetle teorii Mendla. Wnioski ogólne.

ROZDZIAŁ XX.

Zmienność i różne jej rodzaje 297

Zmienność ciągła. Prawo i krzywe Queteleta. Współczynnik zmienności. Dlaczego zmienność ciągła podlega prawu Queteleta. Krzywe wielowierzchołkowe. Nowsze badania zmienności ciągłej. Phaenotyp i genotyp. Linie czyste. Dobór sztuczny.

ROZDZIAŁ XXI.

Zmienność (c. d.). 318

Zmienność skokowa. Warianty a mutanty. Zmienność ciągła nie jest zasadniczo różna od skokowej. Mutanty jako wyraz działania warunków zewnętrznych. Wnioski ogólne.

ROZDZIAŁ XXII.

Dzieworództwo, czyli partenogeneza 331

Dzieworództwo naturalne. Jego okresowość. Jego typy. Dzieworództwo sztuczne. Boveriego teoria zapłodnienia. Badania Loeba i jego teoria zapłodnienia. Różne sposoby wywoływania partenogenezy. Dzieworództwo sztuczne u kręgowców. Rozwój larw i form dorosłych z jaj sztucznie pobudzonych do rozwoju dzieworodnego.

ROZDZIAŁ XXIII.

Rozmnażanie krewniacze, czyli wsobne . . . 347

Związki wsobne wśród roślin. Związki wsobne a krzyżowanie się wśród roślin. Związki wsobne wśród zwierząt, w hodowli. Związki wsobne wśród ludzi. Znaczenie związków

wsobnych w historii kultury ludów pierwotnych. Skutki wsobności wobec eksperymentu. Przyczyny zmniejszania się płodności w związkach wsobnych.

Str.

Literatura	358
Spis rysunków	371
Alfabetyczny spis nazwisk	375
Rzeczowy spis alfabetyczny	379

Ważniejsze omyłki druku,
które przed czytaniem poprawić należy:

Str.	wiersz	zamiast	winno być
2	2 od dołu	Whölera	Wöhlera
10	16 od góry	Περὶ ζώων	Περὶ ζώων
36	17 od dołu	Purkinije	Purkinje
64	w oznaczeniu rysunku	♂ ♂ ♀	♂ ♀ ♂
65	3 od dołu	Phyloxera	Phylloxera
73	14 od góry	Colkins	Calkins
119, 124 in. 129, 145 in., 149 in.	w różnych miejscach	<i>Ascaris megaloccephala</i> var. <i>univalvens</i> , <i>bivalvens</i>	<i>Ascaris megaloccephala</i> var. <i>univalens</i> , <i>bivalens</i>
165	13 od góry	rozdzielnopłciowa	obupłciowa
176	17 " "	<i>Bonellia</i>	<i>Bonellia</i>
178	11 od dołu	<i>Nymphea</i>	<i>Nymphaea</i>
184	6 od góry	<i>Nemotodes</i>	<i>Nematodes</i>
198	2 od dołu	Tennanta	Tennenta
212	4 " "	Nilssena-Bodae	Nilssona-Ehle
213	18 " "	F. Fischer	E. Fischer
226	13 " "	<i>Pelargonia</i>	<i>Pelargonium</i>
228	16 " "	<i>Strongylocentratus</i>	<i>Strongylocentrotus</i>

ROZDZIAŁ PIERWSZY.

Morfologia a fizjologia. Stanowisko embriologii pośród innych nauk biologicznych.

Dwie są wielkie grupy nauk w dziedzinie biologii: grupa nauk morfologicznych i fizjologicznych. Morfologia to nauka o kształcie, postaci, budowie ustroju, fizjologia — o funkcjach, czynnościach życiowych. Obie te grupy nauk biologicznych są jak najściślej z sobą związane. Każdy bowiem narząd lub układ narządów rozpatrywać można ze stanowiska jednej lub drugiej. Możemy np. zastanawiać się nad budową układu narządów oddechowych, rozpatrywać krtani z jej licznymi chrząstkami, więzadłami, mięśniami, tchawicę, sposób jej rozgałęziania się na prawe i lewe oskrzele, dalej, sposób dzielenia się ostatnich na coraz drobniejsze gałązki i wreszcie na najdelikatniejsze oskrzeliki zakończone woreczkowatymi lejkami, których ścianki zawierają liczne pęcherzyki płucne, co wszystko razem, otoczone opłucną, tworzy płuca: prawe i lewe. Będzie to anatomiczne rozpatrywanie narządów oddechowych. Możemy, dalej, badać część tych narządów za pomocą mikroskopu, analizować np. budowę mikroskopową krtani, rozpatrywać, dajmy na to, nabłonek powlekający jej wewnętrzną powierzchnię i opatrzony na wolnej stronie rzęskami. Będzie to anatomiczno-mikroskopowe, czyli histologiczne rozpatrywanie narządów oddechowych.

To wszystko będą dociekania morfologiczne, jako dotyczące formy, budowy, struktury.

Ale możemy też dociekać czynności narządów oddechowych, t. j. badać ostatnie ze stanowiska fizyologicznego. W jaki sposób kurczą się i rozkurczają pewne mięśnie krtani, w jaki sposób naprężają się struny głosowe i jak powstaje głos, lub jak i dlaczego kurczą się i rozszerzają płuca przy wdechu i wydechu, co się staje z powietrzem do płuc przenikającym, jaka w nich zachodzi wymiana gazów, co się dzieje z tlenem pochłanianym w płucach przez krew i skąd się bierze dwutlenek węgla, wydzielany ze krwi do płuc i wydalany z nich podczas wydychania?

Dla zrozumienia istoty zjawisk życiowych, dla poznania zasadniczych problemów biologicznych morfologia i fizyologia mają jednakowo ważne znaczenie, co jednak wymaga pewnego wyjaśnienia. Pozornie bowiem mogłoby się здаwać, że forma, budowa ustroju jest czemś podrzędniejszym, czynności natomiast szczególniejszą mają doniosłość dla poznania zagadnień biologicznych. Błędne to zapatrywanie ma swą przyczynę w nieuzasadnionem, sędzę, przekonaniu, jakoby elementarne objawy życiowe były tylko pewnymi kombinacjami przejawów chemicznych i fizycznych, a fizyologia wyłącznie chemią i fizyką żywego ustroju. Od czasu, kiedy w pierwszej połowie 19. wieku upadły dawne poglądy witalistyczne, przyjmujące, iż życiem rządzą swoiste, specjalne siły — siły życiowe; kiedy przekonano się, że w pracowni chemicznej sztucznie wytworzyć można związki chemiczne organiczne*, o których długo sądzono, iż mogą powstawać tylko w żywym ustroju pod wpływem siły życiowej; odkąd przekonano się, że ciepło, wytwarzane przez żywy ustrój, jest, podobnie jak w maszynie parowej, produktem spalania się węgla i że w ustroju, jak w maszynie, energia cieplna przekształca się w inne rodzaje energii; że, dalej, oko jest fizyczną ciemnią optyczną, a w uchu mamy aparat struno-

* Jednym z najważniejszych w tej dziedzinie odkryć była sztuczna synteza mocznika, ciała, które jest produktem rozkładu ciał białkowych w żywym ustroju; synteza była dokonana przez Wöhlera w trzecim dziesiątku dziewiętnastego stulecia.

wy, nastrojony jakby na drgania, odpowiadające różnym tonom w przyrządach akustycznych, jednym słowem, od czasu, gdy na każdym kroku zaczęto odkrywać przejawy chemiczne i fizyczne, zachodzące w żyjącym organizmie i warunkujące różne sprawy biologiczne — od tego czasu, powtarzam, uznano fizyologię za chemię i fizykę żywego ustroju, a jako taką za ogromnie ważną przewodniczkę w dociekaniaх biologicznych, pod pewnym względem ważniejszą od morfologii. Ważniejszą jednak ona nie jest. Obie te gałęzie biologii są równorzędne, bo forma, struktura, organizacja również olbrzymią odgrywają rolę w elementarnych przejawach życiowych.

Życie polega, między innemi, na bezustannej i celowej, t. j. do zachowania tegoż życia prowadzącej reakcyi ustroju na czynniki świata zewnętrznego. Otóż sposób i rodzaj tego reagowania zależą nietylko od właściwości chemicznych i fizycznych ustroju, lecz w równej mierze od jego budowy, organizacji.

Wyobraźmy sobie bryłkę marmuru, mającą raz kształt sześcianu, drugi raz w tej samej masie przybierającą postać kuli o gładkiej powierzchni i wreszcie w tej samej masie zmiażdżoną na możliwie drobniutki pył. Własności chemiczne tej materji będą we wszystkich trzech przypadkach dokładnie takie same, i reakcyje jej na odczynniki chemiczne okażą się zawsze jednakowe. Ale wyobraźmy sobie, że silny podmuch wiatru zadziała na tę materję: sześcian nie ruszy się z miejsca, kula potoczy się daleko po płaszczyźnie, zmieni swe położenie względem innych przedmiotów, a drobny miazg, rozproszony, zniknie nam z oczu. A więc różne reakcyje na ten sam bodziec są tutaj wynikiem jedynie różnej formy, rozmaitej postaci tej samej masy materji. Albo przykład bardziej uderzający. Z tej samej masy marmuru wykujmy bezkształtną bryłkę lub Apollina Belwederskiego — ileż odmiennych właściwości, ile różnych cech przedstawiać będzie jedna i druga postać materji! Albo, wreszcie, wyobraźmy sobie rwący potok, w jego nurtach obracające się koło, od którego wiedzie przenośnia do młyna lub do kuźni; tu i tam

ten sam czynnik zewnętrzny, tu i tam te same materiały, części drewniane, kamienne, żelazne, ale tu i tam różna budowa, odmienna struktura, a w rezultacie tu i tam odmienne czynności: tu mielenie ziarna, tam ruch młota kującego żelazo. Widzimy zatem, że forma, budowa mieć może znaczenie olbrzymie. A jeżeli to się dzieje w przyrodzie martwej, to coś dopiero w żywym ustroju, dla którego organizacja jest warunkiem bytu, dla którego budowa jest najważniejszą właściwością! Dzięki niej przecież ciała żywe oznaczamy nazwą ustrojowych, czyli organizowanych. A czyż można porównać budowę najbardziej choćby skomplikowanej maszyny z organizacją żywego jestestwa, złożonego z części ciała, narządów, tkanek, milionów komórek, z których każda ma ze swej strony niesłychanie skomplikowaną strukturę? Otóż w żywym jestestwie, posiadającym organizację tak niezmiernie złożoną, właściwości budowy odgrywają równie doniosłą rolę, jak sprawy chemiczne. Protoplasma, to materialne podścielisko wszelkich zjawisk życiowych, jest nie tylko wprost mieszaniną pewnych złożonych związków chemicznych z grupy ciał białkowych, lecz nadto obdarzona jest niezmiernie skomplikowaną i subtelną organizacją; zważmy bowiem, że jedna część jej tworzy w komórce jej ciało — t. zw. cytoplasma, inna, karyoplasma, wchodzi w skład jądra oraz zawartego w nim jąderka; że jedna i druga zawierają części stałe, włókna i różnego rodzaju ziarnistości, pogrążone w istocie bardziej płynnej, że te części stałe tworzą swoiste rusztowania, zręby, że wśród plazmy występują systemy włókienek niezmiernie subtelnych, krzyżujących się nieraz z sobą w sposób wielce złożony. Ta skomplikowana budowa jest równie nieodzownym warunkiem czynności życiowych, jak i swoista natura chemiczna ciał, wchodzących w skład protoplazmy. Jeżeli więc kiedyś — w przyszłości może niezbyt dalekiej — uda się chemikom na drodze syntezy wytworzyć pewne złożone ciała białkowe, to pozostanie jeszcze niesłychanie daleka droga do wytworzenia białka żywego, gdyż warunkiem życia byłoby przede wszystkim nadanie tym związkom chemicznym organizacji, budowy, właściwej żywym ustrojom. Nie chemik więc stworzyć może kiedyś brył-

kę żywej materii, lecz biolog, badający organizację i czynności przez nią uwarunkowane; odległy ideał chemika — to wykrycie składu chemicznego materii żywej i synteza jej związków organicznych, ideał biologa — to poznanie najsubtelniejszej struktury materii ustrojowej, oraz zbadanie procesów życiowych, przez nią uwarunkowanych.

Z powyższego dostatecznie chyba wynika doniosłe znaczenie morfologii w naukach biologicznych.

Otóż morfologia obejmuje rozmaite gałęzie wiedzy biologicznej. Badanie budowy ustroju dorosłego bez zagłębiania się w szczegóły budowy mikroskopowej stanowi anatomię, która znów, zależnie od tego, czy tyczy się ustroju ludzkiego, czy też poszczególnych zwierząt, dzieli się na antropotomię (anatomię ciała ludzkiego) i zootomię. Badanie budowy mikroskopowej ustrojów, dociekanie szczegółów, dostrzegalnych tylko przy pomocy tak doniosłego środka optycznego, jakim jest mikroskop, stanowi zadanie anatomii mikroskopowej, czyli histologii (nauki o tkankach), a dział ostatniej, dotyczący w szczególności budowy samej komórki, jej składników morfologicznych, stanowi cytologię.

Lecz możemy badać budowę ustroju jako całości samej w sobie, lub też porównywać jego budowę z organizacją innych jestestw, bliżej lub dalej genetycznie z nim związanych, lub nawet z budową ustrojów bardzo odeń odległych. Na podstawie tych porównań wysnuwamy wnioski co do stosunku organizacji różnych grup zwierzęcych oraz co do wzajemnego ich pokrewieństwa. Ta gałąź nauki — to anatomia porównawcza.

Wreszcie, możemy badać budowę zwierzęcia nie zupełnie już rozwiniętego, lecz rozwijającego się dopiero, dociekać zmian kolejnych w rozwoju zarodka od najwcześniejszej fazy jego życia, kiedy zarodek jest jeszcze jedną tylko komórką, stopniowo poprzez wszystkie stadia jego kształtowania się. Jest to zadanie embriologii, nauki o rozwoju.

Powiedzieliśmy, że wszystkie te nauki należą do grupy nauk morfologicznych. Tak twierdzono do najnowszych jeszcze niemal czasów. Ale w rozwoju umiejętności ludzkich

zauważyć możemy interesujące zjawisko, stale powtarzające się w dziejach myśli. Oto, kiedy w danej dziedzinie badań nagromadzi się pewna ilość faktów i pewien zasób organicznie powiązanych z sobą poglądów, cały ten systemat zdobywczy tworzy określoną naukę, dla której wynajdujemy odpowiednią nazwę. W wiekach dawnych nie było nauki histologii, ani cytologii, bo nie było badań mikroskopowych, i nieznany był systemat faktów i poglądów, który dziś stanowi treść nauki o tkankach zwierzęcych lub o komórce organicznej. W miarę dopiero, jak rosła liczba nowopoznawanych faktów i zapytrywań, wyłoniły się odpowiednie nauki oznaczone osobnymi nazwami. Ale rozwijające się i rosnące w treść poszczególne umiejętności dziedzin pokrewnych stykają się z czasem swemi granicami, tu i owdzie niejako zlewając się z sobą, wkraczając jedne w drugie. Stąd powstają dziedziny pograniczne (to, co Niemcy nazywają *Grenzgebiete*), wkraczające nieraz w kilka nauk pokrewnych. To samo właśnie stało się także z naukami morfologicznymi, zwłaszcza z embryologią, która szczególnie rozwijała się w ostatnich czasach, jako nauka pełna uroku, a mająca do rozwiązania wiele zagadnień pierwszorzędного znaczenia. Bo rzecz prosta, iż, badając sposoby rozwoju zarodka, drogi, jakimi rozwój ten kroczy, zmiany poszczególne, jakim płód ulega, nie możemy zatrzymać się na samej tylko formie, nie możemy wprost zadowolić się stosunkami kształtów i postaci, lecz, biorąc rzeczy coraz głębiej, zatrzymujemy się przed zagadnieniem, dlaczego tą, a nie inną drogą rozwój kroczy, przed pytaniem, jakie siły rządzą temi dziwnymi ze wszech miar zmianami, które harmonijnie zdążają od komórki jajowej ku coraz bardziej złożonemu ustrojowi doskonalącego się płodu. Jednym słowem, zastanawiamy się nad czynnikami rozwoju embryonalnego, wkraczając w ten sposób w dziedzinę nauki o czynnościach—fizyologii. Tą drogą wyłoniła się w ostatnich latach w morfologii, a zwłaszcza w embryologii cała nowa dziedzina pograniczna, którą nazwałbym *fizyologią formy*, nauką, dociekającą, że tak powiem, czynników kształtowania się organizacyi. Jak zobaczymy niżej, niektórzy oznaczają

tę dziedzinę pograniczną, a przynajmniej znaczną jej część, nazwą *mechaniki rozwoju*. Słowem, jest to jak gdyby *dynamika form*, podczas gdy czysta, w dotychczasowym, dawniejszem znaczeniu, embryologia lub anatomia porównawcza były tylko *statyką form organicznych*. Te nowe, niezmiernie interesujące kierunki w dociekaniach embryologicznych będziemy mieli sposobność poznać bliżej w niektórych dalszych rozdziałach naszej książki.

ROZDZIAŁ DRUGI.

Dzieje pojęć embryologicznych. Czasy starożytne.

Rzućmy okiem na dzieje embryologii, nauki o rozwoju zwierząt w najobszerniejszym znaczeniu tego wyrazu, znajomość bowiem historii danej nauki nieodzowną jest dla każdego, kto pragnie zapoznać się z nowszymi jej wynikami i stanem współczesnym. Historia wiedzy jasne rzuca światło na obecną jej stanowisko i pozwala należycie zgłębić istotne jej cele i dążenia filozoficzne. Historia wiedzy poucza, z jaką oględnością przyjmować należy wszelkie teorie naukowe i jak krytycznie zapatrywać się trzeba na pewne fakta, które poniekąd, zdawałoby się, nie ulegają już wcale wątpliwości. Najbardziej pozornie ustalone zapatrywania upadały niejednokrotnie pod nieubłaganą cięciem ostrza dalszych badań. Dlatego też poznanie, choćby w skróceniu, dziejów nauki wykazuje szkodliwość dogmatyzmu, z jakim przyjmujemy nieraz pewne wyniki wiedzy współczesnej.

Od najdawniejszych już czasów, do jakich sięga pamięć historii, świat zwierzęcy wywierał zawsze silny wpływ na wrażliwą duszę ludzką. Wymownie dowodzą tego wierzenia kosmogoniczne i mitologiczne wszelkich ludów starożytnych. Początkowo jednak bliższe interesowanie się życiem zwierząt miało za podkład głównie cele praktyczne: materialne lub religijne. Księgi starożytne Żydów i Hindusów wykazują, że

ludy te były obznajmione z otaczającym je światem zwierzęcym tylko o tyle, o ile on dotyczył ich wierzeń religijnych, poezji i potrzeb materialnych; niektóre inne ludy starożytne również z tych samych względów interesowały się światem zwierzęcym. O badaniach naukowych nie było jeszcze mowy.

Badanie budowy wewnętrznej zwierząt, a tem samem zwracanie także uwagi na pewne zjawiska rozwoju rozpoczynają się w pewnym stopniu w Egipcie, gdzie religia nakazywała balsamowanie nie tylko istot czczonych jako święte (ibis, ichneumon), lecz pozwalała także balsamować ciała ludzkie oraz zwierząt, nie należących do gatunków ubóstwianych; prowadziło to do zaznajamiania się z postacią, położeniem i budową narządów wewnętrznych.

To też Grecy starożytni, u których palono ciała zmarłych, śpieszyli nieraz do Egiptu, by uczyć się tam anatomii. Galen przedsięwziął podobno podróż do Egiptu celem obejrzenia szkieletu ludzkiego wyrobionego ze spiżu.

Pośród filozofów starożytnej Grecji, którzy zastanawiali się wszechstronnie nad ogólnymi zagadnieniami bytu i istotą zjawisk, byli też i tacy, których szczególnie zajmowały kwestie płodzenia i rozwoju zwierząt.

Alkmeon z Krotony, uczeń Pitagorasa, posiadał już np. pewne, wprawdzie bardzo niedokładne, pojęcia embryologiczne. Filozof ten twierdził, między innemi, że głowa wykształca się wcześniej, niż inne części ciała, co zgadza się do pewnego stopnia ze znanym faktem, iż we wczesnym okresie życia płodu głowa jest bardzo duża w stosunku do reszty ciała. Lecz twierdził także, co jednak było zupełnie bezpodstawne, iż płód w łonie matki odżywia się za pośrednictwem skóry.

Demokryt z Abdery, genialny twórca poglądów atomistycznych, był jednym z pierwszych badaczy w dziedzinie anatomii porównawczej, albowiem, studiując wytrwale budowę różnych zwierząt, porównywał je z sobą; w mniejszym stopniu interesował go rozwój zwierząt; przypuszczał on między innemi, że płyn nasienny pochodzi ze wszystkich



części ciała, czym bardzo żywo zajmował się także Arystoteles.

Anaxagoras w wysokim stopniu interesował się sprawami potworności i rozwoju zwierząt. Za jego czasów urodziło się w Atenach jagnię jednorogie. Lud poczytywał to za cud i za przepowiednię nieszczęścia. Filozof ów, w celu wytłumaczenia tej potworności, zbadał budowę czaszki jagnięcia i wykazał osobliwy skład jej kości. Niektóre jego pojęcia embryologiczne były nader błędne i dziwaczne; nauczał np., że łasica rodzi przez pysk, a ibisy i wrony zapładniają się dziobami. Już Arystoteles jednak uważał te twierdzenia Anaxagorasa za całkiem bezpodstawne.

Najznakomitszym atoli znawcą embryologii i wogóle nauki o rozmnażaniu się zwierząt był w starożytności Arystoteles, ten niepojętej wprost wiedzy filozof, ojciec wszystkich gałęzi przyrodoznawstwa. Jego słynne dzieło *Περὶ ζῴων γενέσεως* — pięć ksiąg o płodzeniu i rozwoju zwierząt — to istna skarbnica faktów. Niepodobna, aby wszystko, co podaje wielki stagiryta, było wynikiem jego własnych spostrzeżeń. Co do tego więc dzieła, jak i co do wielu innych, musimy raczej przypuścić, że filozof grecki oparł się na licznych innych źródłach, które dla nas zaginęły. Bądź co bądź, jego poglądy w danej sprawie to podstawa wszystkich późniejszych dociekań w dziedzinie nauki o rozwoju; dlatego też nieco obszerniej je rozpatrzmy.

Poglądy te można podzielić w poniższy sposób ze względu na ogólne problemata, wiążące się najściślej z dzisiejszemi naszymi zagadnieniami w kwestyi rozwoju świata zwierzęcego, albowiem — rzecz niezmiernie interesująca — liczne pytania natury ogólnej, które stawiał sobie głęboki i dziwnie wszechstronny umysł wielkiego filozofa, dziś jeszcze zaprzątają ducha przyrodników.

Przedewszystkiem tedy zastanawia się on nad rodzajami płodzenia i rozróżnia: 1° rozmnażanie się bez udziału rodziców, czyli samorództwo (*generatio spontanea s. aequivoca*). Ostatnie przyjmuje on dla niektórych roślin, dla wielu owadów i licznych zwierząt niższych, które nazywa skorupkowemi; tak np. ostrygi i inne mięczaki powstają ja-

koby samorodnie, a jakkolwiek badanie anatomiczne pokazuje, że w ciele ich występują twory o wyglądzie jaj, istotnie, jak dziś wiemy, niemi będące, to jednak, twierdzi filozof grecki, twory te są tylko rodzajem tłuszczu, stanowiącego zapasy pokarmowe. Jak zobaczymy niżej, ta błędna teoria samorództwa trwała przez wiele wieków. 2° Rozmnażanie się bez zapłodnienia przyjmuje Arystoteles dla niektórych ryb oraz pszczół. Jest to zjawisko, które dziś nazywamy dzieworództwem, a więc zdolność samicy do produkowania potomstwa bez uprzedniego zapłodnienia. Wszelako Arystoteles sądził, że u tych zwierząt „zasada (*principium*) męska i żeńska nie są zróżnicowane, lecz zlane z sobą w tym samym osobniku“, wskutek czego nie wymagają zapłodnienia przez płć inną. Otóż co do tego powiłał Arystoteles pewne zjawiska całkiem odmiennej natury: obupłciowość, czyli hermafrodytyzm, z dzieworództwem. Pierwsza polega istotnie na obecności w ciele jednego osobnika obu rodzajów narządów płciowych (męskich i żeńskich), drugie na zdolności samicy do wydawania potomstwa bez uprzedniego zapłodnienia. Fakt, iż pewne ryby są obupłciowe, o czym właśnie Arystoteles wspomina, okazał się z czasem zupełnie prawdziwym; dziś znamy te ryby — należy do nich rodzaj *Serranus* z morza Śródziemnego. Pszczoły zaś nie są wcale obupłciowe, lecz w pewnych przypadkach rozradzają się przez dzieworództwo. Dziś bowiem istotnie wiemy, że królowa pszczół może składać jaja, albo będąc zapłodniona, albo też bez uprzedniego zapłodnienia, czyli dzieworodnie, i że z jaj niezapłodnionych powstają zawsze samce, czyli trutnie. Zasługuje w każdym razie ze wszech miar na uwagę, iż takie niezmiernie trudno stwierdzić się dające fakta z dziedziny embryologii pszczół znane były Arystotelesowi, jakkolwiek on błędnie je sobie tłumaczył. 3° Rozmnażanie za pośrednictwem pędów (*παραβλαστάνειν*), czyli bezpłciowe opisuje Arystoteles, obok roślin, także u niektórych zwierząt najniższych, ale w ogólności krótko bardzo je traktuje. 4° Rozmnażaniu płciowemu, przy którym odbywa się zapłodnienie płci żeńskiej przez męską, poświęca Arystoteles najwięcej miejsca

w swem dziele. Rolę obu płci wyobraża sobie w ten sposób, iż samica daje materię, a samiec ruch, pobudzając materię do rozwoju, udzielając jej jakby energii — pogląd, który wobec dzisiejszych badań nie wytrzymuje krytyki. Do tego poglądu powrócimy raz jeszcze później, kiedy mówić będziemy o zjawiskach zapłodnienia i o odnośnych teoriach.

Z kolei zastanawia się wielki myśliciel starożytności nad pewnemi zagadnieniami biologicznymi, jakie i dziś zaprzatają umysły badaczy. Zadaje sobie pytanie, azali znamiona, których człowiek nabywa w życiu osobistem, przenoszą się na potomstwo, t. j. czy są dziedziczne; dochodzi do wniosku, że tak jest w samej rzeczy; przytacza nawet przykłady ludzi, którzy przez przypadek utracili palec, a których synowie, potem przez nich spółdzeni, urodzili się bez odpowiedniego palca. Dziś jednak nauka nie przyznaje dziedzictwa tego rodzaju okaleczeń. W związku z tem rozpatruje Arystoteles pytanie, skąd pochodzi „nasienie“, czy tylko z pewnej części ciała, czy też ze wszystkich jego części; za ostatniem przypuszczeniem przemawia, według niego, fakt, że „kaleka“, któremu brak pewnej części ciała, rodzi nieraz takiegoż „kalekę“. Rozbierając jednak *pro* i *contra*, dochodzi wreszcie do wniosku, że nasienie, czyli wogóle substancja rodzicielska, z której płód się rozwija, powstaje nie ze wszystkich części ciała rodzica; przeciwników traktuje przytem dosyć zjadliwie, zapytując, azali nasienie i z „trzewików“ ojca pochodzić może.

W dalszym ciągu znajdujemy opis produktów rozrodczych u różnych zwierząt, w szczególności opis jaj i nasienia oraz sprawy zapłodnienia, rzecz prosta, tylko w najgrubszych przejawach, z powodu bowiem braku szkieł powiększających nie znano w starożytności ani jaj wielu zwierząt, np. ssaków, ani też plemników w nasieniu żadnego zwierzęcia. Nie znając jaj ssaków*, zastanawia się Arystoteles nad

* Jaja zwierząt ssących (oraz człowieka) odkryte zostały dopiero w pierwszej połowie 19. wieku (E. v. Baer); przez pewien czas sądzono błędnie, że jajami są t. zw. pęcherzyki Graafa w jajnikach zwierząt ssących, t. j. torebki, widzialne gołym okiem, w których dopiero mieści się drobnutkie jajeczko, jedno w każdej torebce.

pytaniem, co stanowi „nasienie“ żeńskie, czyli substancję, odpowiadającą np. jajom ptaków, przyczem na podstawie różnych zawiłych rozumowań dochodzi do całkiem błędnego wniosku, iż substancję tę stanowią wypływy miesięczne. Wypowiada atoli bardzo słuszny i głęboki pogląd, iż „katamenia“ u kobiet odpowiadają okresom rui u zwierząt.

Co się tyczy samego procesu rozwojowego, na uwagę zasługuje zapatrywanie Arystotelesa, iż zarodek rozwija się stopniowo i że poszczególne narządy i części ciała występują w nim kolejno w pewnym określonym porządku. Pogląd ten, zupełnie słuszny i przez późniejsze badania stwierdzony, nader jest interesujący z tego względu, iż w wiekach późniejszych (w 18. stuleciu) zapanował pogląd wprost przeciwny, a nawskroś błędny, głoszący, iż w rozwijającym się zarodku znajdują się już gotowe wszystkie części ciała i narządy przyszłego ustroju, lecz tylko wielkości miniaturowej. Była to t. zw. teoria praeformacyi, która dopiero w końcu 18. stulecia ustąpiła miejsca teorii epigenety, twierdzącej, że rozwój odbywa się stopniowo i że składniki morfologiczne ciała występują kolejno jedno po drugim, teorii opartej na tysiącach jak najoczywistszych faktów. Arystoteles tedy był epigenetykiem i pod tym względem zajmował w zupełności stanowisko nauki dzisiejszej.

W jaju ptasim zarodek tworzyć się ma pierwotnie z białka (pogląd błędny), a dopiero później zaczyna się odżywiać żółtkiem. Nasamprzód powstawać ma serce (co również nie odpowiada rzeczywistości) wraz z naczyniami krwionośnymi, z których jedno (naczynie pępowinowe) dochodzi do żółtka, skąd ma pobierać pożywienie dla embryonu. Po wytworzeniu się serca mają z kolei powstawać inne narządy: mózg, mięso, kości, ścięgna. Przytacza też filozof grecki wiele innych faktów embryologicznych, z których liczne są całkiem prawdziwe: opisuje błony w jajach mięczaków, kreśli obraz przeobrażania się owadów poprzez gąsienicę i poczwarkę aż do stanu dojrzałego, odróżnia trafnie przeobrażenie zupełne od niezupełnego, w którym to ostatniem poczwarka różni się od owadu dorosłego głównie tylko brakiem skrzydeł. Opisuje dalej rozwój mięczaków głowonogów, podając

trafnie, że w ich zarodkach pęcherz żółtkowy wystaje naze-wnątrz z otworu ust.

Bardzo obszernie zajmuje się też Arystoteles sprawą dziedziczności, podobieństwem dzieci do rodziców i przyczyną tego zjawiska oraz czynnikami, powodującymi powstawanie tej lub innej płci. Przyczynę podobieństwa lub różnicy dzieci względem każdego z rodziców słusznie upatruje Arystoteles jak gdyby w kombinowaniu się znamion dziedzicznych ojca i matki, w tem, że w każdym poszczególnym przypadku pod jednymi względami przeważa wpływ nasienia męskiego, pod innymi żeńskiego, a dalej, że znamiona otrzymywane w spadku po dziadach lub pradziadach kombinują się także w rozmaity sposób u dzieci. „Jedna część dziecka może być podobną — powiada — do ojca, druga do matki, trzecia natomiast do dziadka“.

Co do przyczyn powstawania płci, różni filozofowie starożytni — jak pisze Arystoteles — zapatrywali się na tę sprawę rozmaicie. Anaxagoras twierdził, że wszystko zależy od nasienia męskiego: jeżeli nasienie pochodzi z prawej strony ciała ojca, produkuje ono dzieci płci męskiej, jeśli zaś z lewej — żeńskiej. Według Empedoklesa natomiast, jeżeli macica jest „ciepła“, powstaje osobnik płci męskiej, jeżeli zaś „zimna“ — to żeńskiej. Zdaniem Demokryta wreszcie wszystko zależy od tego, czy przeważa nasienie ojca, czy matki.

Otóż Arystoteles poddaje krytyce wszystkie te poglądy swoich poprzedników, ale i własne jego zapatrywania w omawianej sprawie są bezpodstawne, a przytem bardzo naiwne. Samiec — twierdzi on — jako cieplejszy (?) wytwarza nasienie „więcej zagotowane“, niż samica! Jeżeli siła twórcza cieplejszego nasienia męskiego nie wystarcza do wytworzenia znów samca, przeważa wpływ nasienia samicy, i rodzi się też samica. Ale w zasadzie płeć w zarodku jest określona już w chwili, kiedy powstaje serce, tylko uwidocznia się znacznie później, z powstaniem narządów rozrodczych. Dowody Arystotelesa są niezmiernie naiwne; powiada on np., że przy wiatrach północnych (jako zimniejszych) rodzi się więcej samic, przy południowych (jako cieplejszych) wię-

cej samców, albo — jeżeli zwierzęta podczas parzenia się spoglądają ku północy, rodzą potomstwo żeńskie. Natura lądu, klimatu i wody ma również wpływać na powstawanie tej lub innej płci. Wreszcie, między innemi, opisuje też filozof grecki różne przypadki potworności u człowieka i zwierząt, starając się wytłumaczyć ich genezę; był on zatem także ojcem teratologii — nauki o potwornościach, która dzisiaj stanowi ważny dział wiedzy o rozwoju ustrojów.

ROZDZIAŁ TRZECI.

Dzieje pojęć embryologicznych (c. d.). Wiek XVI, XVII, XVIII. Teorya praefor- macyi.

Po upadku państwa Rzymskiego, kiedy nad całą Europą zawisł złowrogi obłok ciemnoty, w rozwoju nauk przyrodniczych wogóle, a w biologii w szczególności, długo nastąpiła przerwa. Nauka o rozwoju zwierząt, jako część biologii, była więc także w zupełnym zastoju. Przyczyniły się do tego różne okoliczności: z jednej strony niski stan nauk wogóle, z drugiej — przesady, dotyczące badań biologicznych, bo przecież, między innemi, papież Bonifacy VIII zabronił dokonywania sekcyi na trupach ludzkich, wreszcie brak odpowiednich środków do badań, a wiadomo, że dopiero z udoskonaleniem mikroskopu i wynalezieniem różnych metod technicznych możliwem się stało naogół badanie rozwoju embryonalnego zwierząt.

Począwszy dopiero od XVI. wieku, spotykamy się z biologami, którzy pracowali w zajmującej nas dziedzinie. W tem stuleciu, jak i w następem, wymienić można cały szereg badaczy, którzy oddawali się z zapalem poszukiwaniom w dziedzinie historii rozwoju. Były to postacie niezmiernie ciekawe; tacy np. Fabricius, Swammerdam, Harvey, Malpighi, Redi i inni po dziś dzień wzbudzają w nas podziw swem nadzwyczajnem umiłowaniem wiedzy i ukochaniem prawdy, swą niezwykłą pomysłowością w przeprowadzaniu doświadczeń nader prostymi środkami, swym wiel-

kim artyzmem w preparowaniu drobnych zwierząt przy pomocy bardzo ograniczonych środków technicznych, a pod tym względem byli oni prawdziwymi wirtuozami.

Hieronim Fabricius, zwany od miejsca swego urodzenia *ab Aquapendente*, ogłasza dwie rozprawy, *De formato foetu* (1600) oraz *De formatione foetus* (1604), które należy uważać za jedne z najpierwszych prac naukowych treści embryologicznej. Mówiąc w nich o płodzie ludzkim i zwierzęcym, podaje pewne szczegóły o błonach embryonalnych, a na wizerunkach wyobraża rozwój kurczęcia od samego początku, kiedy nie można jeszcze dostrzedz żadnej niemal zmiany w jajach, aż do wyklucia się pisklęcia.

Jednym z uczniów Fabriciusa był słynny Wilhelm Harvey, lekarz angielski, którego dzieło *Exercitationes de generatione animalium* (1651) było poświęcone wyłącznie embryologii. Karol I-szy udzielił mu wszelkich pomocy do wykonywania doświadczeń i do czynienia spostrzeżeń w dziedzinie, która miała stanowić treść jego dzieła, a między innemi ofiarował mu na ten cel wiele łań cielnych ze swego zwierzyńca windsorskiego. Jednakże nad ssakami Harvey mało czynił poszukiwań; głównie zajmował go rozwój kurczęcia, a pod tym względem uzupełnił badania swego nauczyciela. Niestety, dzieło Harvey'a nie doszło do nas w całości, w czasie bowiem zaburzeń po śmierci Karola I-go dom Harvey'a zrabowano, i wtedy to zginęła interesująca część manuskryptu, która zawierała traktat o rozmnażaniu się owadów. W dziele powyższem Harvey wypowiada myśl, iż „jajo jest wspólną pierwociną wszystkich zwierząt“ (*ovum esse primordium commune omnibus animalibus*) oraz że „wszystko, co żyje, powstaje z jaja“ (*omne vivum ex ovo*). Aforyzm ten ogromnej był doniosłości, a w dziejach embryologii miał znaczenie wprost epokowe, bo dopiero z chwilą, gdy uznano jajo za pierwszy element rozwojowy, za ową pierwocinę, z której wytwarza się zarodek, badania embryologiczne na właściwe wejść mogły tory. Jednakże wówczas nieznane jeszcze były jaja wielu zwierząt; nie wiadano np., gdzie one się mieszczą i jak wyglądają u ssaków, i dopiero Regner de Graaf w słynnem swem dziele *De mulierum organis*.



Opera omnia (Lejda, 1677) zwrócił był uwagę na obecność w jajnikach kobiet i samiec zwierząt ssących szczególnych pęcherzyków, które uznał za jaja, jakkolwiek pęcherzyki te, zwane dziś na cześć ich odkrywcy pęcherzykami Graafa, okazały się (v. Baer) nie jajami właściwymi, lecz torebkami, w których dopiero zawarte jest jajeczko znacznie drobniejszych wymiarów, niż sam pęcherzyk. Harvey był zwolennikiem hipotezy tchnienia nasiennego (*aura seminalis*), według której z nasienia męskiego ma się rozchodzić jakoby pewien rodzaj materii lotnej, atmosfery, promieniującej zeń i mogącej zapłodnić jajo; nie zachodzi więc, według tego błędnego mniemania, bezpośrednie zetknięcie się substancji męskiej z żeńską elementów rozrodczych, lecz plemnica (*sperma*) może z odległości, przez owo tchnienie, zapłodnić jajo. Pogląd ten był w zasadzie bardzo podobny do analogicznego twierdzenia Fabriciusa, a pozostawał też w związku z ideą Arystotelesa, iż tylko samica daje materię, a samiec — pobudkę do ruchu.

Innego zapatrywania był słynny filozof Descartes, który w dziele swem *Traité de l'homme et de la formation de foetus* (wydanem dopiero po śmierci autora, w r. 1662) hołdował pogładowi Hipokratesa, twierdząc, że podczas zapłodnienia dwie ciecz, męska i żeńska, zagrzewają się i kipią, zmieszawszy się z sobą. Z tego burzenia się wynika ruch wewnętrzny, dzięki któremu powstaje naprzód serce, a dopiero wywiązujące się w niem ciepło daje podniecie do tworzenia się innych narządów — spekulacje, które, rzecz naturalna, nie miały żadnej podstawy faktycznej.

Tajemnica zapłodnienia zaprzętała też wielu innych biologów 17. wieku, a dla problemu tego nowa nastała era, kiedy przyrodnik holenderski, Antoni van Leeuwenhoek, około r. 1677 odkrył pod mikroskopem plemniki w nasieniu męskim, które nazwał *animalcula* — zwierzątko, ponieważ jak widział, obdarzone są ruchem samoistnym; na obecność tych poruszających się ciałek w nasieniu męskim zwrócił po raz pierwszy uwagę Leeuwenhoek student Ludwik Hamm, którego też z tego względu uważać należy za współodkrywcę plemników. W dalszym ciągu naszego wstępu dziejowego bę-

dziemy mieli sposobność poznania dziwnej bardzo teorii, zw. teorią praeformacyi, według której plemniki mają być jakoby miniaturkami przyszłych zwierząt. Ale niezależnie od tego rozmaici biologowie dociekali znaczenia fizyologicznego spermy i problemu zapłodnienia, a niektórzy podjęli nawet bardzo trudne doświadczenia, których pomysłowość jest iście zdumiewająca. Doświadczenia takie przeprowadził genialny biolog 18. wieku, Spallanzani.

Gdy już poprzednik jego, Malpighi, czynił bezskuteczne próby zapłodnienia nasieniem męskim jaj prządków jedwabnika, wydobytych z jajnika tego owadu, Spallanzani (około r. 1780) spróbował zapłodnić jaja różnych płazów wodnych, np. żaby lub traszki, w ten sposób, że powlekał je warstwą spermy, wydobytej z pęcherzyków nasiennych samców tych zwierząt. Sztucznie w ten sposób zapłodnione jaja rozwijały się doskonale. Nadto udało mu się, również z dobrym skutkiem, przeprowadzić doświadczenia nad sztucznym zapłodnieniem jaj jedwabnika i otrzymać tą drogą gąsieniczki. Zachęcony próbami, postanowił Spallanzani zastosować swą metodę także do zwierząt ssących. W tym celu trzymał przez kilka tygodni sukę, a kiedy zauważył u niej ciekawie się, zastrzyknął jej do macicy pewną ilość nasienia świeżego z psa, i oto w 62 dni po sztucznym zapłodnieniu suka porodziła troje szczeniąt. Dalej usiłował Spallanzani otrzymać sztucznie mieszańce różnych gatunków płazów, zapładniając jaja spermą obcych gatunków. Wreszcie przekonał się, iż woda, w której znajduje się sperma płazów, przefiltrowana przez kilkakrotnie złożoną bibułę, traci swą siłę zapładniającą, gdy tymczasem osad z bibuły, dany znów do wody, działa na jaja. Doświadczenie to, aczkolwiek całkiem proste, wielkie miało znaczenie, albowiem dowodziło, że stałe części zawarte w nasieniu (plemniki) są elementami zapładniającymi, nie zaś, jak podówczas jeszcze bardzo wielu biologów, przyjmując naukę Harvey'a, błędnie sądziło, że to tchnienie nasienne (*aura seminalis*) z pewnej oddali może zapłodnić jajo. Około tegoż czasu, a nawet wcześniej (1761—1765) Koelreuter usiłował odsłonić tajemnicę zapłodnienia w dziedzinie botaniki za pośrednictwem również pomysłowych doświadczeń, sztucznie

przenosząc pyłek kwiatowy; tą drogą otrzymał różne mieszańce roślinne. Zobaczymy atoli, że dokładne wyjaśnienie sprawy zapłodnienia i jego istoty nastąpiło dopiero w drugiej połowie 19. wieku.

Mówiąc o Spallanzanim, wspomnieliśmy o znakomitym jego poprzedniku w dociekaniach embryologicznych, Marcelim Malpighim (ur. pod Bolonią w r. 1628), który wogóle wielkie położył zasługi na polu biologii, tak zoologii, jak i botaniki. Badania nad przeobrażeniami owadów, zwłaszcza jedwabnika, spostrzeżenia, dotyczące wewnętrznych procesów przy przemianie gąsienicy w poczwarkę i motyla, naprowadziły go na myśl zbadania także rozwoju kurczęcia. Poprzednicy jego, Arystoteles, Fabricius, Harvey, nie stosowali mikroskopu do poszukiwań embryologicznych, Malpighi zaś zaczął się nim posługiwać (*De formatione pulli, De ovo incubato, Opera omnia*. 1687). Jego obserwacje nad historią rozwoju jaja kurzego, tą drogą prowadzone, były bardzo szczegółowe i dokładne, jak na ówczesny stan techniki mikroskopowej, przyczem liczne, podane przezeń rysunki były stosunkowo bardzo dobre.

W dziejach biologii 17. i 18. stulecia przewijają się pewne teorye ogólniejszego znaczenia, które szczególnie wywarły wpływ na embryologię.

Jedną z najbardziej interesujących była teorya praeformacyi, czyli ewolucyi, zwana inaczej szufladkową. Hołdowali jej liczni pierwszorzędni uczeni ówczesni, jak Swammerdam, Malpighi, Leeuwenhoek, Spallanzani, Vallisneri, Bonnet, Haller, Hartsoecker, Gautier, z filozofów Malebranche i Leibnitz, oraz wielu innych.

Jednym z pierwszych rzeczników tej teorii był Swammerdam, ur. w Amsterdamie w r. 1637. W dziele *Biblia naturae*, które za życia sprzedał za lichą cenę, zmuszony do tego nędzą, a które zostało wydane (1737) dopiero po jego śmierci, znajdujemy prawdziwe skarby naukowe. Między innemi opisał on tam rozwój jaja żabiego, podając pierw-

sze rysunki brózdowania, czyli dzielenia się jaja; opisał nadto dokładnie przeobrażenia kijanki żabiej, a co najważniejsza, podał opis rozwoju owadów, przedewszystkiem zaś cyklu ich przeobrażeń poprzez gąsienicę, poczwarkę, aż do owadu dorosłego. Otóż, zauważywszy, że z pod skórki poczwarki przebijają odnóża i skrzydła motyla, i wypreparowawszy te narządy w poczwarcę, Swammerdam doszedł do wniosku, że w poczwarcę już od pierwszej chwili (co jest błędne) znajduje się gotowy, zwinięty motyl, a nawet, że już w gąsienicy, która wkrótce ma się zaskorupić w poczwarkę, tkwi gotowa poczwarka. Boerhave opowiada, że nie obudziło takiego podziwu u współczesnych, jak kiedy Swammerdam pokazał — i to „raz nawet w obecności wielkiego księcia Toskanii“ — jak motyl tkwi już ze swemi skurczonemi i zwiniętymi częściami w gąsienicy, „a z niewiarogodną zręcznością i przy pomocy nie do uwierzenia delikatnych narzędzi usunął przytem powłokę gąsienicy, tak iż ujawniło się, co tam było ukryte“.

Swammerdam i inni porównywali te fakta ze znanymi zjawiskami, iż w paku kwiatowym znajdują się również ukryte przyszłe listki kielicha, płatki, pręciki i słupki, skurczone, zwinięte, skulone, które podczas dojrzewania pąka prostują się i rozwijają w kwiat. Te i inne tym podobne obserwacje prowadziły do błędnego uogólnienia, iż w przyrodzie organicznej w ogólności nie odbywa się rozwój w tem znaczeniu, aby zjawiały się części ciała lub narządy nowe, które dotąd nie istniały, niema zatem nowotworzenia się składowych części ciała zarodka; lecz przeciwnie, w jajach, z którego ma powstać istota zwierzęca, znajdują się już wszystkie narządy i części jej ciała w miniaturowej wielkości, gęsto i ściśle ułożone obok siebie i dlatego skulone, zwinięte. Rozwój zarodka jest rozwojem (*evolutio*) we właściwym, nie zaś przenośnym znaczeniu tego wyrazu, gdyż jest rozwijaniem się niejako, prostowaniem się zwiniętych dotąd i powikłanych części ciała oraz ich wzrostem. Ewolucyoniści wyobrażali sobie, że np. w jajach kurczaka są już gotowe i całkiem wykształcone skrzydła, nogi, pióra, szkielet, mięśnie, mózg, serce, narządy trawienia, słowem, wszystkie części ciała

i organy pisklęcia. Narządy te są tak drobne, że niepodobna ich zauważyć w jajach; nie widać ich też dlatego, że są przezroczyste; kości, chrząstki, trzewia — wszystko to jest w jajach przezryste, jak szkło! Dopiero, kiedy w miarę rozwoju zarodka wszystkie narządy i części ciała zaczynają się powiększać, wówczas przestają być przezroczyste, a organizacja staje się widoczną. W celu unaocznienia tego poglądu powoływano się, jak rzekliśmy, na powstawanie części kwiatowych z pąka, w którym one są już gotowe, zwinięte, skulone.

Teorya ewolucyi wiodła konsekwentnie do jeszcze śmielszych a dziwniejszych wniosków. Skoro nigdy nie odbywa się nowotworzenie narządów, skoro istnieją już one wszystkie w miniaturowych rozmiarach, więc w jajach zawarty jest także jajnik przyszłego osobnika z gotowymi jajami, a te znowu zawierają miniaturowe osobniki trzeciego z kolei, przyszłego pokolenia; trzeba zatem konsekwentnie przypuścić, że w każdym jajach mieści się już cały przyszły długi szereg pokoleń, że generacye osobników istnieją już tedy w zaraniu, zanim jeszcze zaczynają się rozwijać. Osobnik każdego pokolenia jest zatem niby skorupą zewnętrzną, która kryje w swym wnętrzu całe tysiące coraz drobniejszych osobników, zawartych jedne w drugich. Przypomina to owe aptekarskie pudełeczka tekturowe jedne w drugich, coraz mniejsze. Późniejsze pokolenia osobników mieszczą się coraz bardziej nawewnątrz i są coraz mniejsze. Stąd nazwano tę teorię szufladkową, albo teorią wtłoczenia (*Einschachtelungstheorie*). Przypuszczano, że w jajnikach matki Ewy znajdowały się już w gotowym stanie miniaturowe osobniki wszystkich pokoleń ludzkich, jakie od czasów jej żyły na kuli ziemskiej i jakie istnieć będą w przyszłości aż do końca świata, a znakomity fizyolog Albrecht Haller, profesor w Getyndze, autor słynnego dzieła *Elementa Physiologiae* (1758), obliczył nawet ilość ludzi, jaką przypuszczalnie istnieć będzie aż do końca świata i jaką szóstego dnia Bóg stworzył odrazu i zawarł jako nieskończenie drobne miniatutki w jajnikach matki Ewy; twierdził bowiem, że niema w przyrodzie żadnego nowotworzenia się — *nulla est epigenesis* — że wszystko odrazu zostało stworzone i istniało

w świecie organicznym od pierwszego już zarania. Podobne poglądy dziś wydają się nam niedojrzałymi i wprost dziecinnymi, a jednak miały żarliwych obrońców wśród wybitnych uczonych, którym, jako idee z góry powzięte, prawdziwe bielmo kładły na oczy.

Pomiędzy ewolucjonistami utworzyły się dwie szkoły: animalkulistów, czyli spermistów, oraz owulistów.

Jak wiadomo, w skład nasienia męskiego, czyli plemni (spermy), wchodzi plemniki, męskie komórki rozrodcze, w postaci długich nitek, opatrzonych na przodzie zgrubiałymi główkami. Dostrzegł je — jak to zaznaczyliśmy już — po raz pierwszy pod mikroskopem student Ludwik Hamm (według innych Hammen) około r. 1677, a następnie potwierdził to odkrycie A. van Leeuwenhoek, znalazłszy je w plemni różnych gatunków zwierząt.

Leeuwenhoek nauczał, że plemnik jest maleńkiem zwierzątkiem (*animalculum*); główkę jego uważał za miniaturkę głowy zwierzęcej, a nadto odróżniał kończyny, tułów, ogon. Części te — nauczał — są niewyraźne i najczęściej w plemniku zupełnie niewidoczne z powodu bardzo małych rozmiarów. Inni, obalamuceni powziętą z góry myślą, twierdzili, że odróżniają nawet w plemniku wszystkie składowe części ustroju. Hartsoeker w dziele *Essay de Dioptrique* (r. 1694) z wielką starannością wyrysował w plemniku ludzkim człowieczka siedzącego w kuczki, a Gautier dostrzegł nawet wyraźne rysy twarzy ludzkiej. Do czegoż nie jest zdolna siła wyobraźni przy niedostatecznie wyrobionej technice badań! Ówczesne bowiem mikroskopy były jeszcze bardzo pierwotnej budowy i nie pozwalały na dokładniejsze poszukiwania.

Leeuwenhoek twierdził, że płeć potomstwa zależy jedynie od płci *animalculum*, czyli zwierzątka (plemnika). Niektórzy, jak Mikołaj Andry (1710), przypuszczali, że jajo służy tylko za pożywienie i schronienie dla owych zwierzątek. Ostatnie, zetknąwszy się z jajem, przenikają do jego wnętrza, zamykają za sobą otwór ogonkiem i zaczynają rosnąć. Jeśli kilka naraz chce wejść do jaja, walczą ze sobą, a wskutek tego jedne odgryzają i kaleczą innym różne członki, przez co właśnie mogą przychodzić na świat kaleki i po-

twory. Według Andry'ego zwierzątka plemnikowe mają już nawet obyczaje zwierząt dorosłych, np. *animalcula* owcy trzymają się razem stadami, czemu jednak później Prevost i Dumas zaprzeczyli. Ich zdaniem *animalcula* nie są pełnymi miniaturowymi zwierzętami, lecz stanowią tylko wykształcone układy nerwowe, a z jaja przyrastają do nich inne narządy w celu utworzenia całkowitego ustroju. Leeuwenhoek twierdził, że obserwowane przezeń *animalcula* ulegają przeobrażeniom, linieją, a nawet mogą spółkować z sobą i rozmnażać się!

W taki więc sposób zwolennicy szkoły animalkulistów nauczali, że przyszłe pokolenia istnieją już gotowe w plemnikach, że zatem pierwszy człowiek zawierać musiał w swych plemnikach miniaturowe wszystkie późniejszych pokoleń ludzkich, w myśl teorii szufladkowej.

Czego innego uczyli owuliści, na których czele stanęli oprócz Hallera — Malpighi i Malebranche. Według nich, jak wiemy, przyszłe pokolenia każdego gatunku zwierząt zawarte są w jajach. Antoni Vallisneri w dziele o historii rodzenia człowieka i zwierząt (1721) oraz we wcześniejszym, traktującym o rozwoju owadów (1720), powiada, że płód cały mieści się już w jaju, a plemniki służą tylko do pobudzenia jaja. Vallisneriemu czyniono zarzut, że, skoro nasienie służy tylko za podniecie dla jaj, w tych zaś tkwią wszystkie przyszłe pokolenia, to dlaczego zdarza się tak często, iż potomstwo podobne jest do ojca. Ale odparł on ten zarzut odpowiedzią, iż wyobraźnia matki może wywierać wpływ na przemianę płodu i nadawać mu cechy podobne do ojcowskich, które matka się przejmie. Bonnet atoli i Haller w inny sposób objaśniali wpływ ojca na potomstwo. Nasienie stanowi przecież, w ich mniemaniu, pokarm dla płodu, zawartego w jaju, a oto od jakości pokarmu zależeć może pewna różnorodność w kształtowaniu się płodu. Muł, mieszaniec osła i kłaczy, pochodzi od istotki zawartej w jaju kłaczy, lecz, ponieważ nasienie osła zawiera więcej cząstek do odżywiania uszu, a mniej dla odżywiania ogona, przeto płód kłaczy wykształca się tu w istotę o dłuższych uszach i krótszym ogonie!

Jednym z najwybitniejszych owulistów był także słynny przyrodnik szwajcarski, Bonnet. W r. 1745 odkrył on zjawisko dzieworództwa (partenogenezy) u drobnych owadów — mszyc. Zauważył, że samice mszyc w ciągu lata, nie będąc zapłodnione, rodzą potomstwo, które znów produkuje dzieworodne pokolenie przez szereg generacji (dopiero w jesieni pojawiają się obok samiec i samce). Odkrycie to stanowiło tryumf dla owulistów, którzy negowali znaczenie plemników, sądząc, że w jajach zawarte są już gotowe miniatury przyszłych zwierząt. Sądziło się, że fakta te stwierdzają niezbitnie prawdziwość ich teorii, ale z tych dobrze zaobserwowanych faktów wysnawali błędne wnioski, bo z możliwości partenogenetycznego rozwoju jaj w pewnych szczególnych, wyjątkowych przypadkach nie wynika bynajmniej zbieżność plemnika wogóle i prawdziwość idei praeformacyi!

Obrońcą teorii ewolucyi był także Leibnitz, który przez swój autorytet, jako głośny filozof, zyskał dla niej bardzo wielu zwolenników. Twierdził on, że i dusza, podobnie jak ciało, nie rozwija się w tem znaczeniu, jak to przyjmuje dzisiejsza psychologia, lecz że istnieje już w zarodkach wykształcona, gotowa dla całych pokoleń. W swojej *Monadologii* (Op. phil.) powiada Leibnitz: „...ściśle badania... wykazały obecnie, że organizmy... powstają zawsze z zarodków (*semences*), w których niewątpliwie była już praeformacja...; w zarodku tym istnieje przed urodzeniem nie tylko ciało organizmu, lecz i dusza, jednym słowem, cały osobnik...”. W pewnym miejscu swej *Theodicee* (Opera phil.), powołując się na spostrzeżenia Leeuwenhoeka, wyraża się on w sposób następujący: „Sądzę, że dusze, które stają się zrazu duszami ludzkimi, istniały w zaraniu w nasieniu... istniały u przodków, poczynawszy od Adama, czyli od początku świata”.

Teorya ewolucyi stanowi dla badacza dziejów nauki interesujący i pouczający przykład, jak silnie pewne błędne teorie zakorzenione być mogą w umysłach uczonych i filozofów i jak uparcie i samowładnie panują w ciągu całych lat dziesiątek. Poucza nas także, jak wielką doniosłość ujemną mogą mieć pewne błędne poglądy apriorystyczne. Pod ich wpływem wszyscy prawie biologowie 17. i 18. stulecia

upatrywali w obserwowanych zjawiskach dowody na korzyść ewolucji i praeformacji, ale, co gorsza, widziano i rysowano pod ich wpływem to, co było niezgodne z faktami, i wstrzymywano się od krytycznej analizy. Cały gmach tej teorii wydaje się nam dziś czemś wysoce niedorzecznym, a jednak hołdowali jej najwięksi uczeni, wiara zaś w nieukończoną podzielność materii wystarczała im zupełnie do przyjęcia milionów minimalnie drobnych, a już we wszelkie narządy opatrzonych istotek, objętych jedne przez drugie i zawartych w mikroskopijnych elementach rozrodczych, w jajach lub plemniku! To też Bonnet nazywa teorię praeformacji „jednym z największych zwycięstw rozumu nad zmysłami“.

Przeciwno tym nawskroś błędnym i szkodliwym zapatrywaniom, szkodliwym, bo powstrzymywały badania naukowe, wcześniej już, jakkolwiek przez długi czas zupełnie bezskutecznie, zaczęto walczyć. Niektórzy nadto autorowie wygłaszali poglądy, które nie zwalczały wprawdzie bezpośrednio teorii praeformacji, lecz w zasadzie jej przeczyły. Do nich należeli dwaj słynni biologowie francuscy 18. wieku: Piotr Ludwik Moreau de Maupertuis oraz G. L. C. de Buffon.

Maupertuis w dziele p. t. *Venus physique*, wydanym w roku 1744, tłumaczyć usiłował procesy embryonalne przez zasadę pewnego przyciągania wyborczego. Podobnie jak w płynie, w którym rozpuszczone są rozmaite substancje, drobiny jednorodne, przyciągając się wzajemnie, wytwarzają kryształki pewnych ciał, tak też, zdaniem Maupertuisa, drobne cząstki, których każda część ciała dostarcza żywiołom płciowym, układają się w ostatnich w pewnym określonym porządku, wskutek czego z żywiołów tych powstać może ustrój podobny do tego, z jakiego wszystkie te cząstki pochodzą. Zobaczmy niżej, że pogląd ten przypomina pewne późniejsze teorie biologiczne, np. tak zw. teorię pangenety K. Darwina, które dążyły do wytłumaczenia zjawisk dziedziczności, a które wkrótce rozpatrzemy.

W późniejszej rozprawie swojej p. t. *Essai sur la formation des corps organisés* (1754) Maupertuis przypisuje każdej cząsteczce materii pewien instynkt, rodzaj pa-

mięci, za której pomocą cząsteczki te tak się układają w rozwijającym się płodzie, jak były ułożone w ciele rodzicielskim. Zdaniem uczonego francuskiego, potworności powstają stąd, iż niektóre cząsteczki zapomniały, jak i gdzie były pierwotnie umieszczone. Jeśli muł, pochodzący ze skrzyżowania osła z klaczą, jest nieplodny, to tylko dlatego, że cząsteczki nie wiedziały, jak się rozmieścić; „należąc do dwóch różnych natur, wahały się, jak się ułożyć: według przyrodzenia osła, czy też konia, a wskutek tej niepewności wcale się nie rozmieściły“.

Do teorii Maupertuisa bardzo były zbliżone poglądy Buffona. W dziele *Histoire naturelle générale et particulière* (1749) wygłasza on hipotezę, według której w przyrodzie istnieją ożywione cząsteczki, nie stanowiące ani zwierząt, ani roślin, lecz ich zasadnicze części składowe. Cząsteczki te są bardzo rozmaite i mniej lub więcej złożone. Z nich powstają formy zwierzęce lub roślinne w ten sposób, iż cząsteczki wstępują w pewne „modele“. Każda postać organiczna przedstawia więc, według filozofa francuskiego, taki „model“. Te szczególne modele organiczne różnią się od zwykłych, np. od form do lania kul, tem, że w nich odlewa się nie tylko „postać zewnętrzną“, lecz i „ukształtowanie wewnętrzne“ (*moule intérieure*). Cząsteczki nie ulegają zniszczeniu; można je rozłączyć, ale będą zawsze istniały, jakkolwiek pod postacią niezawsze dla zmysłów dostępną. Kiedy ciało osiąga pewien stopień dojrzałości, cząsteczki owe przechodzą ze wszystkich części ciała do narządów płciowych, gdzie z ich połączenia powstają „żyjotka nasienne“ (plemniki). Ale ponieważ, rozumuje Buffon, cząsteczki pochodzą ze wszystkich części ciała, przeto „kształtowanie wewnętrzne“ zmusza je do tego, aby, będąc w macicy, ułożyły się w celu ukształtowania płodu w sposób podobny do tego, w jaki rozmieszczone były w ustroju rodzicielskim, którego są wytworami.

Teorie Maupertuisa i Buffona zasługują z kilku względów na uwagę. Przedewszystkiem zawierają ideę o kolejnym kształtowaniu się części podczas rozwoju zarodka, wyłączając tedy myśl o praeformacji, powtórne zaś przyjmują istnienie pewnych drobnych cząsteczek, wędrujących z tk-

nek ciała ku elementom rozrodczym, myśl, jak zobaczymy niżej, ściśle wiążącą się z niektórymi późniejszymi teoryami dziedziczności, jakkolwiek nie mającą podstaw faktycznych. Idee obu francuskich przyrodników surowo były krytykowane przez zwolenników praeformacyi, zwłaszcza zaś przez Hallera, Bonneta i Spallanzaniego.

ROZDZIAŁ CZWARTY.

Dzieje pojęć embryologicznych (c. d.). Upadek teorii praeformacyi. Wiek XIX. Czasy nowsze.

Ostateczny cios poniosła szkoła ewolucjonistów dopiero przez znakomitą teorię epigenezy Fryderyka Kacpra Wolffa, ur. w Berlinie 1733 r. W r. 1759 ogłosił on słynną rozprawę *Theoria generationis*, opartą na epigenezie. Pomimo niewielkiej objętości, rozprawa ta była bardzo w treść obfita i miała ogromną doniosłość dla postępu wiedzy. Ponieważ w pracy tej młody Wolff bardzo surowo i śmiało krytykował teorię ewolucyi, nie dziw więc, że zyskał sobie wkrótce wielu nieprzyjaciół pomiędzy większością ówczesnych embryologów i fizyologów, zawziętych zwolenników teorii praeformacyi. To też z początku na pracę młodego uczonego niewiele zwracano uwagi. Dopiero, gdy w r. 1812 znakomity anatom Meckel przełożył na język niemiecki równie ważną pracę Wolffa, O tworzeniu się kanału pokarmowego, i zwrócił uwagę świata naukowego na wielką jej doniosłość, teoria epigenezy Wolffa zaczęła zyskiwać coraz więcej zwolenników. Za życia Wolffa teorie jego tylu miały nieprzyjaciół, że, kiedy protektorowie przedstawili uczonego jako kandydata na katedrę fizyologii w kolegium medyko-chirurgicznem w Berlinie, profesorowie kolegium zaprotestowali przeciwko temu, aby miewał publiczne wykłady; uważano, że przyniosłoby to ujmę i szkodę nauce.

W roku 1766 cesarzowa Katarzyna powołała Wolffa do Petersburga, gdzie do końca życia (1794) pracował spokojnie w tamtejszej akademii z wielką dla nauki korzyścią.

Największa zasługa Wolffa polega na tem, iż wykazał niedorzeczność teorii ewolucyi oraz dowiódł, że w jajach nie ma żadnych istniejących już organów, lecz że różne narządy i części ciała ustroju występują jedne po drugich i rozwijają się stopniowo — prawda, którą wszystkie późniejsze badania tysiąckrotnie stwierdziły i o której obecnie przy udoskonalonej technice mikroskopowej każdy się może naocznie przekonać. Jest to dziwny zaiste fakt, iż wielkie przewroty w dziejach rozwoju ludzkiego ducha sprowadzane były często przez proste wznawianie powszechnie znanych idei, przez powrót do dawnej prawdy, uważanej w danej chwili za błędną, a niegdyś przyjmowanej naiwnie, bez dostatecznych dowodów naukowych. Starożytni pojmowali życie jako rzeczywistą przemianę, powstawanie istot jako rzeczywiste tworzenie się czegoś nowego, co przedtem nie istniało, a jednak, jak słusznie powiada Alfred Kirchhoff, nie Arystoteles, ale Wolff jest ojcem nauki o rozwoju: Arystoteles bowiem przyjmował tylko, Wolff zaś dowiódł tworzenia się i stopniowego rozwoju organizmów. Najważniejszych dowodów empirycznych na korzyść swojej teorii epigenezy dostarczył Wolff w pracy o rozwoju przewodu pokarmowego (ogłoszonej po łacinie w r. 1768).

Wiadomo, iż kanał pokarmowy kurczenia jest narządem bardzo złożonym i przedstawia cewkę, w różnych miejscach rozmaita posiadając średnicę, a w związku z cewką tą znajdują się rozmaite gruczoły, jak ślinianki, wątroba, trzustka.

Otóż Wolff wykazał, że w stanie najpierwotniejszym przewód pokarmowy kurczenia przedstawia wprost tylko cienką, płaską blaszkę, która później dopiero przeobraża się w rynienkę, a następnie zamyka w cewkę. Wolff opisuje stopniowo te różne fazy rozwoju, a jeśli zważymy, że spostrzeżenia te, w zasadzie prawdziwe, czynił w czasie, kiedy mikroskop i wogóle technika badań embryologicznych znajdowały się jeszcze na bardzo pierwotnym szczeblu, musimy przyznać Wolffowi genialny dar obserwacyjny. Wolff miał

już dosyć dokładne, jak naówczas, pojęcie o budowie komórkowej organizmu; twierdził on, że narządy składają się z maleńkich pęcherzyków i że dana część ciała jest uorganizowaną wtedy, gdy zawiera owe pęcherzyki. Miał już też Wolff pewną, jakkolwiek niecałkiem dokładną ideę o listkach zarodkowych zwierząt, t. j. o owych najwcześniej występujących w zarodku organach blaszkowatych, z których drogą fałdowania i innych procesów embryonalnych powstają wszystkie późniejsze systematy narządów, składające ciało dojrzałego zwierzęcia. „Analogia tworzących się części zarodka — powiada Wolff — zasługuje na uwagę fizyologów w wysokim stopniu“. Po kolei występują w rozwoju różne „systemy“, z których wytwarza się całkowite zwierzę. „System, występujący nasamprzód i przedewszystkiem przyjmujący określoną postać, jest to układ nerwowy“. Następnie powstaje, według Wolffa, masa mięśniowa. Później — „system trzeci, naczyniowy“, a wreszcie „czwarty — przewód pokarmowy, utworzony według takiego samego typu i, jako skończona, zamknięta w sobie całość, podobny do trzech pierwszych systematów“. Faktyczna strona powyższych spostrzeżeń Wolffa okazała się błędną, pomimo to wszakże, uwzględniając stan ówczesnej wiedzy embryologicznej, metody badania oraz panujące naówczas poglądy, musimy przyznać, że w przytoczonych słowach Wolffa przebłyskują już myśli i prawdy głębokie, które w przyszłości, mniej lub więcej zmodyfikowane, posłużyły za podstawę dalszemu postępowi embryologii.

Liczne pojęcia Wolffa musiały być z natury rzeczy błędne. Tak np., zdaniem jego, każda część ciała zarodka powstaje z części przedtem istniejącej, jako wydzielina płynnego soku, zagęszczającego się stopniowo oraz przeobrażającego się w małe wzgórki; wzgórki te przedstawiają, zdaniem Wolffa, zasadniczą postać zaczątków większej części organów. Wydzieliny zaś te wytwarzają się pod wpływem pewnej specjalnej siły *vis essentialis*, ograniczonej w swoim działaniu. Pogląd, iż z cieczy nieorganizowanej pod wpływem owej tajemniczej siły mogą jakoby powstawać części organizowane, narządy najbardziej złożone, zupełnie jest chybiony, ale pa-

miętajmy, że za czasów Wolffa wierzono jeszcze we wszechwładne działanie sił życiowych. Równie błędnym jest pogląd Wolffa, iż zapłodnienie jest tylko dostarczeniem pokarmu dla jaja.

W czasie, kiedy teorya epigenezy miała jeszcze bardzo mało zwolenników, kiedy tacy uczeni, jak Jerzy Cuvier, wątpili o prawdziwości teorii Wolffa i dowodzili, że odkrycia jego nie obalają bynajmniej teorii ewolucyi, w czasie, kiedy odkrycia Bonnet'a i Spallanzaniego zdawały się tak silnie popierać ideę uprzedniego istnienia zarodków — wielki nasz myśliciel i naturalista, Jędrzej Śniadecki (uczeń Spallanzaniego), głosił w wiekopomnej swojej *Teorii jestestw organicznych* (1804) poglądy, dowodzące, jak trzeźwo zapatrywał się on na istotę rozwoju i jak wyraźnie wyznawał już teorię epigenezy. „Kaźda roślina, zwierz kaźdy, człowiek — powiada Śniadecki — rozpoczynają się w szczupłej bardzo materyi częstce... w jednej kropli płynu, w której raz rozpoczęty bieg życia idzie swoim porządkiem coraz dalej, wyrabiając, rozpoczynając i rozwijając coraz nowe soki i narzędzia, dopóki nareszcie do ostatniego kresu doskonałości wzrostu swego nie dojdzie“... „W upłodnionem jajku — mówi on dalej — gdzie kaźde nie jest uformowane narzędzie, ale tylko w przyzwoicie wyrobionej i przygotowanej materyi umieszczona siła indywidualna, potrzebne najprzód jest wolne ciepło dla podniecenia i utrzymania pierwszej czynności tej siły... Wyrobienie różnych soków, części i narzędzi idzie kolejno i postępuje porządnie, i w całym tym pięknym szeregu jedna czynność organiczna usługuje drugiej i jest pierwszem do niej przygotowaniem i wstępem...“

Śniadecki w dziele swoim nie krytykuje otwarcie teorii ewolucyi; w przypisku* streszcza tylko poglądy ewolucjonistów i powiada, że inni fizyologowie w taki sposób tłumaczą sobie rozmnażanie, sam jednak osobiście nie oświadcza się nigdzie za ideą praeformacyi, a z przytoczonych wyżej urywków wnosić można, iż zupełnie jej nie przyjmuje.

* *Teorya jestestw organicznych*. Wilno. Wydanie Józefa Zawadzkiego. 1861. Str. 79.

Z następców Wolffa szczególnie wielkie znaczenie dla postępu embryologii mieli Pander i Baer, uczniowie Döllingera.

Powiedzieliśmy wyżej, że już Wolff posiadał pewne prześwytki idei o listkach zarodkowych u zwierząt. Pander, który, mówiąc o odkryciach poprzednika swojego, wyraża się: *omnem tamen laudem supereant egregiae Wolfii observationes*, poprowadził dalej i rozwinął idee Wolffa. W dziele swem o rozwoju kurczęcia (1817) Pander nietylko podaje liczne nowe szczegóły, dotyczące faktycznej strony przedmiotu, ale także odróżnia ściśle oraz stwierdza obserwacyami istnienie listków zarodkowych.

Pander rozróżniał trzy listki: śluzowy, surowiczy, a pomiędzy nimi trzeci — naczyniowy. O roli wszakże tych listków w dalszym rozwoju Pander niewiele się dowiedział, pozostawiając otwarte pole badania znakomitemu współpracownikowi swemu w dziedzinie embryologii, Karolowi E. v. Baerowi. Pracę swoją wykonał Pander przy współudziale nauczyciela swego Döllingera, profesora w Würzburgu, oraz znakomitego rysownika Daltona. W taki sposób, powiada Baer, „utworzyło się owo dla nauki pamiętne przymierze“, w którym połączyli się z sobą: weteran fizyologii, młodzieniec pełen zapału i miłości dla wiedzy, oraz nieporównany artysta, by „wspólnemi siłami dać trwałą podstawę embryologii ustroju zwierzęcego“.

Alb. v. Kölliker dzieli dzieje embryologii na trzy okresy: 1-szy od Arystotelesa do Wolffa, 2-gi od Wolffa do Schwanna i 3-ci od Schwanna do naszych czasów. Naszem zdaniem, byłoby może słuszniej wyróżnić specjalny okres od Wolffa do Baera, albowiem zasługi tego badacza dla postępu nauki o rozwoju zwierząt tak były wielkie, iż, jak słusznie powiada Fr. Balfour, wszystkie następne prace w tym kierunku były tylko dopełnieniem i rozszerzeniem odkryć, przez męża tego dokonanych.

Baer, ur. w r. 1792 w Estlandyi, ukończywszy studia w Dorpacie, słuchał w Würzburgu wykładów Döllingera, który nietylko zbudził w nim zamiłowanie do anatomii porównawczej i embryologii, ale wpłynął nań także bardzo ko-

rzystnie, jak powiada E. Haeckel, przez swój kierunek naturfilozoficzny. Z Würzburga przeniósł się następnie do Berlina, a stamtąd do Królewca, gdzie miewał wykłady zoologii i embryologii, potem zaś (1834) osiedlił się w Petersburgu jako członek tamtejszej akademii nauk; zmarł w r. 1876. Najważniejsze jego dzieło, *Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion* (1828, 1837), uważać musimy za bezwarunkowo najlepsze, jakie zjawiało się kiedykolwiek w literaturze embryologicznej wszystkich czasów i ludów. Baer rozwinął teorię listków zarodkowych. „Odróżnianie warstw zarodkowych (czyli listków), mówi Baer, nadało nowy zwrot badaniom embryologicznym... Przedewszystkiem... zarodek dzieli się na część zwierzęcą i plastyczną. Kiedy następuje rozdział, każdy pokład składa się z dwóch warstw. W pokładzie dolnym, plastycznym, czyli roślinnym, powstają, zdaniem Baera, listki słuzowy i naczyniowy, każdy o organizacyi swoistej. W górnym, zwierzęcym lub surowiczym pokładzie odróżnić można listek mięśniowy i skórny“. W ten sposób Baer rozróżnia cztery listki zarodkowe w rozwoju zwierząt: skórny, mięśniowy, naczyniowy i słuzowy. Dalej, opisuje tworzenie się rozmaitych narządów. Dochodzi do słusznego i prawdziwego wniosku, iż większość organów powstaje z tych pierwotnych warstw, czyli listków zarodkowych, w taki sposób, iż ostatnie tworzą fałdy, zrastające się swymi brzegami w zamknięte rurki; dlatego też większość narządów przedstawia się we wczesnem stadyum swego rozwoju w postaci cewek (układ nerwowy, przewód pokarmowy, serce i t. d.).

Z ogromnej liczby nowych i nieznanych dotąd faktów poszczególnych, zauważonych przez Baera, wspomnimy następujące.

W roku 1827 wydał Baer małą rozprawkę, która głosiła światu o ważnem odkryciu naukowem. Baer pierwszy dostrzegł i opisał jajo ssaków, dotąd przez nikogo nie widziane. Jaja ludzkie i wogóle ssaków są ukryte w małych pęcherzykach w jajniku, w t. zw. pęcherzykach Graafa, po raz pierwszy przez ostatniego zauważonych i za same jaja niewłaściwie poczytanych. Baer wykazał, że dopiero wewnątrz

tych tworów mieści się jajeczko właściwe — kulisty pęcherzyk bardzo małych wymiarów.

Baer zauważył dalej pewne charakterystyczne stadyum w rozwoju ssących, a mianowicie zarodek jednowarstwowy w postaci kulistego pęcherza, nazwany później blastulą (p. dalej). Tenże uczony wykazał w płodzie kręgowców istnienie szczególnego narządu wielkiej wagi, zwanego struną grzbietową, wykrył sposób tworzenia się błon, otaczających zarodek, rozwój układu nerwowego (cewki nerwowej), wątroby, płuc i t. d. Baer zrobił wszystko prawie, rzecz można, co przy ówczesnym stanie techniki mikroskopowej i nauki można było dla postępu embryologii uczynić.

Ale Baer nie zadowalał się tylko przedstawianiem faktów, lecz dzieło jego przepełnione jest także rozmaitymi ogólnymi wywodami teoretycznymi, a duch filozoficzny z każdej wieje stronicy. Ci wszyscy, tak liczni, niestety, przyrodnicy, którzy niedoceniają znaczenia wielkich uogólnień w nauce, niech posłuchają tego wzoru ścisłego badacza: „...nawet błędne, lecz w określony sposób wypowiedane wnioski ogólne więcej zawsze nauce przynosiły pożytku, aniżeli przezorne wstrzymywanie się od nich; one bowiem pobudzają do poprawek i do ściślejszego uwzględniania wszelkich okoliczności“. Baer pierwszy w genialny sposób pojął istotę wszelkiego rozwoju, ocenił ideę stopniowego różnicowania się, czyli indywidualizacyi. „Rozwój osobnika — powiada ten myśliciel — jest historią wzrastającej indywidualizacyi pod każdym względem“. A nie tylko rozwój osobnika zwierzęcego, lecz i rozwój wszechświata całego jest — według Baera — takąż ciągle wzrastającą indywidualizacją, czyli różnicowaniem się rzeczy jednorodnych na różnorodne. Mamy tu przed sobą toż samo prawo postępu, które w tyle lat później tak pięknie i wszechstronnie rozwinął genialny Herbert Spencer.

Jeszcze poprzednicy Baera słusznie twierdzili, iż wyższe formy zwierzęce w poszczególnych stadiach swego rozwoju odpowiadają rozwiniętym formom w szeregu zwierząt niższych i że rozwój poszczególnych osobników odbywa się według tych samych praw, co rozwój całego państwa zwierzęcego. Otóż Baer, porównywając rozwój niższych i wyż-

szych zwierząt, dochodzi do wniosku nieco odmiennego, ale niewłaściwego: iż zarodki zwierząt wyższych, ulegając stopniowym przemianom podczas rozwoju indywidualnego, są w różnych okresach tego rozwoju podobne do zarodków zwierząt niższych. Ta idea Baera została następnie zmieniona, szeroko rozwinięta i dla teorii przemiany gatunków wielką miała doniosłość, jako t. zw. prawo biogenetyczne E. Haeckla, czyli prawo równoległości rozwoju osobnikowego i rodowego ustrojów.

Opisując rozwój narządów zarodkowych, Baer nie sprowadził jednak rozmaitych zmian, zachodzących przy tym rozwoju, do spraw komórkowych, nie wiedział o tem, że jajo jest komórką i rozpada się na liczne mniejsze komórki, z których dopiero tworzą się listki zarodkowe. Nie można wszakże robić z tego powodu zarzutu Baerowi, albowiem dopiero ulepszenie mikroskopu pozwoliło Teodorowi Schwannowi w r. 1838—39 odkryć i opisać komórki zwierzęce, a odtąd dla embryologii nowa rozpoczęła się era.

Zanim przystąpimy do tego najnowszego okresu rozwoju embryologii, rzućmy jeszcze okiem na niektóre ważniejsze zdobycze, dokonane w historii rozwoju do czasów Schwanna.

W r. 1825 Purkinije odkrywa pęcherzyk zarodkowy w jajach ptasiem (czyli jądro komórki), a Coste w r. 1834 znajduje to samo w jajach ssaków. W rok potem R. Wagner odkrywa plamki zarodkowe, czyli jąderka w jajach zwierzęcych.

W r. 1824 Prévost i Dumas opisują rozpad rozwijającego się jaja żabiego na pomniejsze kule, a później Rusconi dostrzega to samo w jajach rybiem. Autorowie ci nie zdają sobie jeszcze jednak sprawy z tego, iż owe kule są pierwszymi komórkami zarodka.

Ważne pytanie, jakie nastręczyło się embryologom po odkryciu przez Schwanna komórki zwierzęcej, polegało na tem, jakie są najpierwsze procesy rozwoju zapłodnionego jaja i kiedy mianowicie powstają w zarodku komórki wchodzące w skład organów dojrzałego zwierzęcia. C. Th. v. Siebold widział dzielenie się jaj u robaków okrągłych, a dalej Bischoff i Reichert (1840), zajmując się badaniem pierw-

szych stadiów rozwoju kręgowców, przekonali się, iż jajo ulega stopniowemu podziałowi, czyli przewężaniu na pewną ilość kul, zwanych dlatego przewężniami; te to kule są właściwie najpierwszymi komórkami ciała płodu. Tak więc potwierdzili oni wspomniane wyżej obserwacje Prévosta i Dumasa oraz Rusconiego.

Liczba powstających w ten sposób komórek powiększa się coraz bardziej, i one to właśnie grupują się obok siebie w specjalne warstwy, czyli listki zarodkowe, dalszym znów ulegające zmianom. Wszelako pogląd ten, jakkolwiek bardzo racjonalny i zgodny z rzeczywistością, został niezadługo niesłusznie zachwiany przez Karola Vogta, który w r. 1842, opisując rozwój płazów (*Alytes*) i ryb (*Coregonus*), twierdził, iż kule przewężne nie stanowią pierwszych komórek zarodka, lecz ulegają zanikowi, zlewając się w jednorodną masę, w której zupełnie swobodnie formują się na nowo komórki, służące do budowy ciała zarodka. Późniejsze atoli poszukiwania Reicherta, Rathkego, a szczególnie prace Köllikera nad rozwojem mięczaków głowonogów (1844) wykazały bezzasadność poglądu Vogta i utrwaliły prawdę embryologiczną, iż kule przewężne są najpierwszymi komórkami zarodka, oraz że w rozwoju embryonalnym wszystkie powstające komórki są bliższymi lub dalszymi potomkami jajowej i produktów jej przewężania się, czyli brózdowania.

Kiedy w taki sposób coraz bardziej wyświetlano znaczenie jaja zwierzęcego i produktów jego podziału, teoria powstawania z nich listków zarodkowych i dalszego udziału ostatnich w rozwoju zarodka także coraz piękniej się rozwijała. Reichert czynił pierwsze próby poszukiwań nad rozwojem kurczęcia ze stanowiska histologicznego. Po nim zaś Robert Remak, urodzony w 1815 roku w Poznaniu, profesor w Berlinie, w wielkopomnym dziele swem, *Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere* (1851), przeistoczył dotychczasowe poglądy na rolę listków zarodkowych. On pierwszy odróżnił w płodzie trzy listki zarodkowe, w takim znaczeniu, jak je do dziś dnia nauka przyjmuje. Z początku powstają, według Remaka, dwa listki: zewnętrzny, z którego stopniowo rozwija się skóra,

układ nerwowy i narządy zmysłowe, i wewnętrzny, dający początek nabłonkowi przewodu pokarmowego oraz rozmaitych gruczołów (wątroby, trzustki i t. d.) i płuc. Pomiedzy te dwa listki wsuwa się następnie listek trzeci, czyli środkowy, oddzielający się od wewnętrznego i dający początek muskulaturze, kościom, sercu, naczyniom krwionosnym, nerkom, oraz narządom rozmnażania. Zasługi Remaka dla historii rozwoju do dwu sprowadzić się dają punktów: on pierwszy ściśle i trafnie ustalił naukę o listkach zarodkowych i on też pierwszy głównie sprowadził embryologię na grunt histologiczny, t. j. zastosował do niej naukę o budowie komórkowej ustroju. Dzieło Remaka, podobnie jak wyżej wspomniane dzieło Baera, należy do najklasyczniejszych i najznakomitszych prac, jakie pojawiły się kiedykolwiek w dziedzinie morfologii zwierzęcej.

Nowsze dzieje embryologii zwierząt wyższych wiążą się już jak najściślej z obecnem jej stanowiskiem. Odkrycia więc Hisa, Haeckla, Köllikera, Kowalewskiego, Balfoura, braci Hertwigów i wielu innych badaczy rozpatrzmy już w dalszych specjalnych częściach tej książki, traktujących o zagadnieniach, nad którymi uczeni ci pracowali.

Dla pełności obrazu ogólnego dziejów embryologii należy jeszcze poświęcić kilka słów temu, w jaki sposób zaczęła się budzić do życia embryologia porównawcza, której zadaniem jest wyprowadzenie ogólnych praw embryologicznych drogą porównywania i zestawiania z sobą faktów, dotyczących rozwoju rozmaitych grup zwierzęcych.

Powiedzieliśmy już wyżej, że Baer porównywał z sobą rozwój zwierząt wyższych i niższych, co naprowadziło go na myśl o pewnem podobieństwie ich rozwoju. Ponieważ jednak naówczas panowała w nauce t. zw. teoria typów, której twórcą był genialny anatom, Jerzy Cuvier (1816), a która głosiła, iż wszystkie zwierzęta stworzone i zbudowane zostały według czterech odmiennych typów (typu kręgowców, stawowatych, mięczaków i promieniaków), nie mających z sobą nic wspólnego, Baer, pod wpływem tych idei, jakkolwiek niezależnie od Cuviera, starał się wykazać, że te

cztery typy zwierząt zasadniczo różnią się pomiędzy sobą także i pod względem embryologicznym i że rozmaite stadya rozwoju u wszystkich przedstawicieli tego samego typu są jednakowe, u różnych zaś typów odmienne.

W roku 1849 znakomity zoolog angielski, Tomasz H. Huxley, pierwszy uczynił świetne porównanie pomiędzy listkami zarodkowymi kręgowców a głównymi warstwami ciała ustroju zwierząt jamochłonnych; warstwy te oznaczył on nazwą ektodermy i entodermy. Pogląd ten zyskał niezadługo wielkie uznanie w Anglii. W roku 1860 Herbert Spencer w szkicu swym o organizmie społecznym (*Westminster Review*) powiada już: „W całym państwie zwierzęcem, począwszy od jamochłonów, pierwsze stadya rozwoju są całkiem jednakowe. W zarodku polipa zupełnie tak samo, jak w jajku ludzkim, oddziela się od masy komórkowej, z której ma się istota utworzyć... warstwa zewnętrzna i... wewnętrzna, czyli, że użyjemy wyrazów Huxley'a, ... ektoderma i entoderma“.

Poglądy znakomitego zoologa angielskiego, które wyprzedziły, rzec można, bieg nauki, w Niemczech przez dłuższy czas nie zwracały na siebie uwagi.

Postęp embryologii porównawczej począł się głównie od czasu, kiedy idee Darwina (1859) wywierać zaczęły wpływ ożywczy na nauki biologiczne wogóle, a na morfologię zwierząt w szczególności.

Fakta i teorye z dziedziny embryologii porównawczej gromadziły się początkowo bardzo powoli i sporadycznie. Nad rozwojem kręgowców pracował porównawczo Rathke; zbadał on embryologię żółwi, żmij, krokodyli, a nawet opisał rozwój niektórych zwierząt stawonogich. Jeszcze w r. 1842 Kölliker, a później w 1854 Zaddach, znajdowali listki zarodkowe w rozwoju owadów i porównywali je z listkami kręgowców. Kölliker widział u owadów dwa listki zarodkowe, a Zaddach — trzy, poczytując jednak błędnie t. zw. owodnię (*amnion*), t. j. błonę, otaczającą zarodek, za listek zewnętrzny.

Poglądom tym przestano atoli nadawać wszelkie znaczenie, skoro w r. 1863 pojawiła się znakomita rozprawa prof. Weismanna p. t. *Rozwój owadów dwuskrzyd-*

dłtych, gdzie uczony ten stanowczo obala teorię listków zarodkowych u owadów, a, pozostając pod wpływem teorii typów, dochodzi do błędnego wniosku, iż pomiędzy rozwojem zwierząt stawonogich a kręgowych żadnego niema podobieństwa. Był to prawdziwy cios dla idei wspólności rodowej typów zwierzęcych.

W r. 1865—67 A. Kowalewski dokonał pamiętnego w embryologii odkrycia, znalazłszy w rozwoju najniższego kręgowca — lancetnika (*Amphioxus lanceolatus*) charakterystyczną formę zarodkową o dwu listkach, zwaną gastrulą, a także wykazawszy, że tak ważny narząd, jak układ nerwowy, rozwija się u lancetnika w takiż sposób, jak u kurczęcia, i że w zarodku tej istoty występuje też bardzo wcześnie struna grzbietowa (jest to nasamprzód zjawiająca się część szkieletu wewnętrznego w postaci sprężystego pręcika, leżącego na grzbiecie). W r. 1866 tenże znakomity embryolog wykrył obecność gastruli, cewki nerwowej, struny grzbietowej u t. zw. osłonice, t. j. grupy, zaliczanej podówczas do niższych zwierząt, a której pokrewieństwa z kręgowcami nikt się wtedy nie był domyślał.

El. Miecznikow w roku 1866 wskrzesił znów myśl o obecności u zwierząt stawonogich listków zarodkowych, ale tylko dwóch. W roku zaś 1869 Miecznikow, badając rozwój niedźwiadka (*Scorpio*), doszedł do przekonania, że zwierzę to posiada trzy listki zarodkowe, odpowiadające trzem listkom zarodkowym Remaka u kręgowców.

Poglądy i przypuszczenia te, stanowiące pierwsze kroki w dziedzinie embryologii porównawczej, były jeszcze atoli bardzo niepewne i chwiejne, a liczni poważni badacze oświadczały się przeciw utożsamianiu narządów embryonalnych zwierząt wyższych i niższych.

Przyczynę tej niepewności i różnorodności zdań bardzo łatwo sobie wytłumaczyć.

W badaniach przyrodniczych metoda poszukiwań pierwszorzędą odgrywa rolę. Podobnie jak bez teorii, bez myśli przewodniej najściślejsze i najdokładniejsze prace będą gromadziły martwe tylko fakty, pozbawione nieraz wszelkiego naukowego znaczenia, tak też i przy najdzielniejszej podniecie

ducha badania nasze słabe bardzo wydadzą owoce, jeśli metody są niewyrobite i nieustalone.

Embryologia zwierząt kręgowych zawdzięczała szybki swój rozwój metodzie cięć, oddawna już przez badaczy używanej. Metoda ta polega na tem, że za pomocą rozmaitych odczynników chemicznych nadajemy tkankom zarodka odpowiednią twardość, a następnie robimy szereg cieniutkich skrawków, zupełnie prawie przezroczystych. Skrawki te zabarwia się następnie pewnymi odczynnikami i tak zabarwione rozpatruje pod mikroskopem. Nigdybyśmy, na przykład, nie mogli stanowczo stwierdzić, z ilu warstw komórek składa się ciało zarodka, gdybyśmy je rozpatrywali wprost z powierzchni. Poprzeczne natomiast lub podłużne przekroje dają nam dokładny obraz. Podobnie wszelkie zagięcia, fałdy, wypukłości i ich stosunki wzajemne w ciele zarodka tylko drogą przecięć dokładnie zbadane być mogą.

Otóż do roku 1871 w poszukiwaniach nad rozwojem stawonogów, robaków oraz innych zwierząt bezkręgowych prawie wcale nie używano metody cięć, pomimo iż w embryologii kręgowców oddawna była już znana. Małe wymiary jajeczek i zarodków i połączone z tem rozmaite trudności techniczne onieśmiały uczonych do użycia tej metody. W r. 1871 prof. Kowalewski wprowadził tę metodę do badań embryologicznych nad zwierzętami bezkręgowymi, a słynna jego praca, *Studia embryologiczne nad robakami i stawonogami*, zarówno jak i wyżej wspomniane prace nad rozwojem lancetnika i osłonice, stanowią z tego względu nową epokę w rozwoju embryologii.

Użycie tej nowej metody okazało się niezmiernie płodnem w skutki. Kowalewskiemu udało się dowieść jak najściślejszej homologii* pomiędzy listkami zarodkowymi stawonogów i robaków oraz zwierząt kręgowych.

Jak tu, tak i tam występują trzy listki zarodkowe: wewnętrzny, środkowy i zewnętrzny, a każdy z nich

* Części homologiczne są to takie, które odpowiadają sobie jak najzupełniej pod względem budowy i rozwoju, które mają zatem jednakowe znaczenie morfologiczne. Bliższe wyjaśnienie tego pojęcia znajdzie czytelnik poniżej.

daje początek pewnym określonym narządom, tym samym u różnych grup zwierzęcych.

U robaków (*Sagitta* oraz u dżdżownicy) występuje w rozwoju woreczek o podwójnych ściankach, czyli typowa gastrula, podobnie jak u lancetnika, u wszystkich zaś wogóle zbadanych przez Kowalewskiego form tworzą się ostatecznie, podobnie jak u kręgowców, najprzód dwa listki zarodkowe, później zaś przybywa do nich i listek trzeci (środkowy). Z listka zarodkowego zewnętrznego powstaje wszędzie skóra i układ nerwowy, z wewnętrznego zaś — nabłonek przewodu pokarmowego, podobnie jak u kręgowców. Ze środkowego wreszcie w podobny sposób tworzą się: muskulatura ciała, tkanka łączna i mięśnie przewodu pokarmowego, narządy wydzielnicze (u robaków) i t. d., słowem, jak powiada Kowalewski, możnaby do szczegółów doprowadzić podobieństwo w rozwoju wszystkich prawie narządów u tych grup zwierzęcych.

Jakkolwiek liczne badania późniejsze bardzo wiele dodały do tego, co uczynił Kowalewski dla embryologii robaków i owadów, jemu jednak zawdzięcza nauka utorowanie drogi do tej trudnej dziedziny badań, po której następcom jego łatwiej było już kroczyć.

Pomimo wszystkich tych uderzających faktów, które powinnyby były znacznie zmienić dotychczasowe poglądy na wzajemne pokrewieństwo różnych grup zwierzęcych, liczni zoologowie nie mogli pozbyć się jeszcze głęboko zakorzenionej wiary w odrębność morfologiczną typów zwierzęcych, w t. zw. teorię typów, stworzoną przez Jerzego Cuviera i Ernesta Baera, według której każdy typ zwierzęcy posiada pewien odrębny, jemu tylko wyłącznie właściwy plan budowy i rozwoju, dotyczący wszystkich najważniejszych stron organizacyi. Dlatego też zoologowie ci nie mogli zgodzić się na to, aby listki zarodkowe oraz inne narządy, jakie spotykamy u osłonik, robaków lub stawonogów, były morfologicznie jednoznaczne z listkami i organami zwierząt kręgowych, nie chcieli w ten sposób przyznawać tu żadnej homologii.

Kowalewski śmiało i dosadnie starał się obalić ten pogląd. „Powiadają — mówi ten uczony — że, jeśli nawet listki

zarodkowe i błony embryonalne jednakowe są u różnych typów zwierzęcych, nie mogą być atoli uważane za narządy jednoznaczne już przez to samo, że do różnych należą typów. Ale, przeciwnie, jeśli kręgowce, uważane jako typ wysoko uorganizowany, wyprowadzamy od jakiegoś odległego przodka, należącego do jednego z niższych typów zwierzęcych, np. do mięczaków (może osłonik) albo robaków, w takim razie listki zarodkowe najniższych kręgowców (lancetnika) musimy porównać z listkami tychże typów. Jeśli zaś tylko listki zarodkowe lancetnika uważamy za homologiczne listkom zarodkowym robaków lub mięczaków, to należy toż samo uczynić i z listkami wyższych kręgowców“.

Kowalewski czyni dalej słuszną uwagę, że istnieją liczne grupy przejściowe lub formy zwierząt bezkręgowych, jak np. *Sagitta*, która z jednej strony zbliża się do mięczaków (na zasadzie układu nerwowego), z drugiej zaś do robaków; cóż więc, pyta Kowalewski, czynić z listkami zarodkowymi takich grup przejściowych, czy uważać je za homologiczne listkom zarodkowym robaków, czy mięczaków? Jeśli nie mamy uważać listków zarodkowych tych różnych grup zwierzęcych za narządy morfologicznie jednoznaczne, w takim razie w każdym typie, u każdej formy przejściowej, w każdej grupie, niepewne mającej stanowisko w układzie zwierząt, powinniśmy narządy te uważać za coś *sui generis*, a to byłby wynik pozbawiony wszelkiej podstawy naukowej.

W 1873 roku E. Ray-Lankester ogłosił ważną pracę o pierwotnych listkach zarodkowych zwierząt, o powstawaniu z nich różnych narządów i o ich znaczeniu dla klasyfikacyi zwierząt. Wystąpił on także jako zwolennik teorii homologii listków zarodkowych w państwie zwierzęcem.

Prace A. Kowalewskiego i R. Lankester pobudziły E. Haeckla do ogłoszenia w r. 1874 słynnej rozprawy p. t. *Die Gastraea-Theorie, die phylogenetische Classification des Thierreichs und die Homologie der Keimblätter*, której myśl zasadniczą wypowiedział już przedtem w swojej Monografii gąbek wapiennych. W teorii gastraei Haeckel starał się na zasadzie prawa biogenetycznego (t. j. podobieństwa pomiędzy rozwojem osobnika a rozwojem

rodowym całego świata zwierzęcego) z jednej, teorii zaś listków zarodkowych z drugiej strony — dać podstawy naturalnemu układowi zwierząt i wykryć pokrewieństwo genealogiczne różnych grup zwierzęcych.

Oto jak streścić można teoryę Haeckla. Całe państwo zwierzęce rozpada się na dwa wielkie działy: na starszą, niższą grupę — *Protozoa* i młodszą, wyższą — *Metazoa*. *Protozoa*, czyli pierwotniaki w budowie swej wznoszą się tylko do stadium komórki lub do stadium bardzo prostego narządu, czyli grupy jednakowych komórek; nigdy nie występują tu listki zarodkowe, nigdy nie zjawiają się zróżnicowane tkanki ciała, i niema właściwego przewodu pokarmowego. Są one prawdopodobnie polifiletycznego pochodzenia, t. j. rozwinęły się z kilku form pierwotnych. *Metazoa*, czyli tkankowce odznaczają się tem, że wszystkie pochodzą od jednej wspólnej formy, która przedstawiała woreczek o dwóch ściankach ciała i jednym otworze gębowym i którą Haeckel nazywa *gastraea*. Tkankowce zawsze posiadają listki zarodkowe, właściwy przewód pokarmowy (z wyjątkiem niewielu wstecznie rozwiniętych form) i zróżnicowane tkanki ciała. Z listków zarodkowych dwa pierwotne, t. j. zewnętrzny i wewnętrzny, odziedziczone zostały przez wszystkie tkankowce, poczynając od gąbek, a kończąc na człowieku, od prarodzicielskiej formy *gastraea*.

Przyjmując w ten sposób wspólność pochodzenia wszystkich tkankowców z pierwotnej formy *gastraea*, Haeckel dowodzi tem samem homologii, czyli tożsamości morfologicznej dwu pierwszych listków zarodkowych w całym tym dziale zwierząt. Stadium rozwoju osobników, odpowiadające właśnie tej prarodzicielskiej hipotetycznej gastraei, czyli stadium zwane gastrulą, odnalazł Haeckel w rozwoju gąbek, Kowalewski w rozwoju jamochłonów, robaków, osłonice i lancetnika, Joh. Müller i A. Agassiz w rozwoju szkarłupni, E. R. Lankester w rozwoju mięczaków. Opierając się na powyższych faktach, Haeckel uogólnił to zjawisko i przypuścił, że embryonalna forma gastruli jest wspólną dla wszystkich tkankowców, a jeżeli czasami nie występuje wyraźnie, to zapewne tylko wskutek jakiegoś szczególnego przystoso-

wania. Jak każda teorya naukowa, tak też i teorya gastraei różnie przez różnych uczonych była oceniana. Jedni odmawiali jej wszelkiego znaczenia, drudzy twierdzili, że Haeckel nie powiedział nic nowego, że postać gastruli była już odkryta przez jego poprzedników w rozwoju lancetnika, osłonice, szkarłupni t. t. d.

Wychodząc z idei monofiletycznego pochodzenia (t. j. z jednej wspólnej formy) wszystkich tkankowców i opierając się na teorii gastraei oraz na homologii listków zarodkowych, Haeckel starał się przeprowadzić homologię pomiędzy rozmaitemi grupami narządów u różnych typów, a wreszcie narysować drzewo rodowe, czyli genealogiczne zwierząt. Ze wspólnej formy gastraei rozwinęła się według Haeckla w jednym kierunku gastraea z symetrią ciała promienistą, i ta dała początek zwierzętom jamochłonnym, w drugim zaś gastraea z symetrią ciała dwuboczną, a z tej powstały robaki niższe (nie mające jamy ciała), później zaś robaki wyższe (z jamą ciała), z których w czterech różnych kierunkach rozwinęły się cztery wyższe typy: szkarłupnie, mięczaki, stawonogi i kręgowce.

„Nie potrzebuję nawet wchodzić w szczegóły — powiada prof. Vetter (1883) — aby wykazać, jaki przeobrażający wpływ wywarła teorya gastraei na całość morfologii zwierzęcej. Dostyć wspomnieć o tem, iż przez nią stara teorya typów Cuviera została obalona i zastąpiona przez ideę związku genealogicznego pomiędzy wszystkimi typami zwierząt, że przez nią jedna z najważniejszych nauk, embryologia porównawcza, otrzymała dopiero właściwe podstawy...”

Po utworzeniu się dwu pierwszych listków zarodkowych (zewnętrznego i wewnętrznego), odpowiadających skórze i ściance żołądkowej gastraei u wszystkich niemal tkankowców z wyjątkiem najniższych, przybywa w rozwoju jeszcze trzeci, środkowy listek zarodkowy, t. zw. *mezoderma*. Powstawanie i dalsze losy tego listka, który po największej części z dwu jeszcze składa się warstw, bardzo są różne u rozmaitych zwierząt. Haeckel w swojej teorii gastraei uważa prawie za niemożliwe rozwiązanie pytania, o ile ten listek jest narządem homologicznym we wszystkich typach zwierzęcych.

Sprawą powstawania mezodermy u różnych zwierząt i rozwoju z niej odpowiednich narządów zajmowano się w ostatnich czasach bardzo wiele. Położyli na tem polu zasługi: His, bracia Hertwigowie (1881), Waldeyer (1883), Kölliker, Rabl i wielu innych uczonych. Ponieważ jednak pytania te wkraczają już po części w dziedzinę bieżących kwestyi embryologicznych, powrócimy do nich w przyszłości, we właściwych miejscach.

Jak z jednej strony coraz bardziej uwydatniała się homologia listków zarodkowych w całym państwie zwierzęcem, oraz coraz bardziej wyświeślały się zjawiska rozwoju zarodkowego, embryonalnego, tak znów z drugiej — historia rozwoju pozarodkowego, czyli budowy i przemian larw zwierzęcych, dostarczała embryologii coraz więcej ważnego materiału naukowego. Pod tym względem embryologia zawdzięcza bardzo wiele licznym i w różnych czasach ogłoszonym pracom Agassiza, Gegenbaura, Kowalewskiego, Miecznikowa, Hatscheka, Fola, Selenki i innych.

Ostatnio opisany okres rozwoju embryologii, zwłaszcza od czasu pojawienia się dzieła Karola Darwina o powstawaniu gatunków (1859), a następnie słynnej pracy E. Haeckla, *Generelle Morphologie der Organismen* (1866), oraz wspomnianej wyżej teorii gastraei tegoż autora — cały ten okres, do dziś dnia zresztą jeszcze trwający, możnaby nazwać czysto morfologicznym, a może właściwiej descendancyjno-morfologicznym, albowiem dociekania embryologiczne owego okresu miały na widoku cele jedynie morfologiczno-porównawcze, uogólnienia zaś w tej dziedzinie nauki dotyczyły głównie stosunków genetycznych pomiędzy różnymi grupami ustrojów zwierzęcych. Musimy to bliżej nieco wyjaśnić.

Już wyżej zaznaczyliśmy, że K. E. v. Baer był twórcą zasady, iż w rozwoju osobnika występują pewne fazy, odpowiadające stanom budowy, właściwym zwierzętom stojącym niżej na drabinie ustrojowej. Powiedzieliśmy też, że zasadę tę szeroko usiłował rozwinąć i uzasadnić Ernest Haeckel w licznych dziełach swoich, zwłaszcza zaś we wspomnianej *Die Generelle Morphologie der Organismen*. Haeckel

nazwał tę zasadę prawem biogenetycznem, czyli prawem rekapitulacyi, a głosi ono, że rozwój osobnikowy jest krótkiem powtórzeniem rodowego, innemi słowy, że „ontogenia jest krótkiem powtórzeniem filogenii“. Nie wszystkie jednak objawy rozwoju osobnikowego dają się sprowadzić do stanów filogenetycznych już przez to samo, że zarodek, znajdując się w bardzo swoistych i szczególnych warunkach życiowych, czy to w łonie matki, czy to w złożonym na zewnątrz jaj, odżywiając się np. sokami ustroju macierzystego lub żółtkiem nagromadzonym w jaj jako pokarmem zapasowym, musi być do tych swoistych, szczególnych warunków bytu przystosowany i musi posiadać przeto liczne specjalne narządy embryonalne, jak np. błony płodowe, twory (pępowina), którymi przytwierdza się do ustroju matki, urządzenia umożliwiające mu oddychanie w jaj, resorbcyę żółtka i t. d., słowem, posiadać musi liczne urządzenia swoiste, wynikające z warunków życia zarodkowego albo też później z warunków życia larwowego. Urządzenia te nie mogą, rzecz prosta, odpowiadać żadnym właściwościom dorosłych ustrojów u grup, zajmujących niższe stanowisko w rozwoju rodowym, genealogicznym (filogenetycznym). Haeckel wyróżnił przeto w rozwoju osobnikowym dwa rodzaje zjawisk morfologicznych: jedne, nazwane przezeń staropochodnemi, czyli palingenetycznemi, które są niejako powtórzeniem owych stadyów rozwoju rodowego, i inne, nazwane nowopochodnemi, czyli cenogenetycznemi, które są wynikiem przystosowania się zarodka lub larwy do swoistych warunków ich życia*. Tak np. pojawianie się w rozwoju osobnikowym u ssaków szczególnych szczelin i łuków w szyjowej okolicy ciała, odpowiadających takimże łukom i szczelinom u ryb w ciągu całego ich życia i spełniających tu ważne czynności życiowe — to objaw palingenetyczny, powtórzenie w rozwoju osobnikowym pewnych stanów rozwoju rodowego. Obecność zaś pewnych błon płodowych, które zabezpieczają zarodek ssaka i umożliwiają jego odżywianie się w łonie matki — to już objaw cenogenetyczny.

* Czytelnika, pragnącego bliżej poznać zasadę rekapitulacyi, odsyłam do dzieła mego „Szlakami wiedzy“ wyd. 2, str. 323—359.

Otóż sądzono, że dokładne wyróżnianie cenogenezy i palingenezy i porównywanie stosunków rozwoju zarodka lub larwy z różnymi stanami budowy u zwierząt niższych — pozwoli nam odsłonić w znacznej mierze dzieje rozwoju rodowego, zrozumieć genealogię danej grupy zwierząt. Zaczęto tedy uważać embryologię za jeden z najważniejszych środków dla dociekań filogenetycznych. Ponieważ zaś w drugiej połowie ubiegłego stulecia teoria descendencji po pismach Karola Darwina wszechwładnie zapanowała w biologii, a za najważniejszy niemal cel dociekań w dziedzinie zoologii uważano wykrycie stosunków genealogicznych pomiędzy różnymi grupami zwierząt, rzecz naturalna, że na embryologię spoglądano głównie ze stanowiska descendencyjnego, a wartość jej i doniosłość naukową ceniono głównie o tyle, o ile przelewa światło na filogenezę. Toć znakomity embryolog angielski, Fr. M. Balfour, autor pierwszego podręcznika embryologii porównawczej, *Comparative embryology* (Londyn 1880—81), określa tę naukę jako składającą się z dwóch części: ontogenii i filogenii i na każdym kroku wysnuwać usiłuje wnioski rodowodowe na podstawie danych ontogenetycznych.

Każde nowe odkrycie w dziedzinie ontogenii wyzyskiwano wnet dla celów filogenetycznych. Wykrycie podobieństw lub różnic w procesach rozwoju osobnikowego u poszczególnych grup zwierzęcych, albo wykrycie podobieństw lub różnic w budowie i przekształceniach postaci młodocianych, czyli larw — wszystko to odbijało się natychmiast na poglądach i hipotezach filogenetycznych, a niektórzy badacze, zwłaszcza Ernest Haeckel, za pomocą kreślenia t. zw. drzew rodowych (*Stammbaum*) usiłowali uzmysławiać te hipotezy, opierające się na danych ontogenii, paleontologii i anatomii porównawczej.

Wskutek tego właśnie przez długi czas panował w embryologii kierunek wyłącznie morfologiczno-descendancyjny, a mniej interesowała biologów fizyologiczna strona rozwoju, mniej zajmowały ich czynniki procesów rozwojowych.

Kierunek bardziej fizyologiczny datuje się od czasu, kiedy zaczęto bliżej badać czynnościową stronę rozwoju, a dziś oba te kierunki, morfologiczny i fizyologiczny, uznawane są za

jednakowo ważne dla zrozumienia genezy życia. Ponieważ pierwszy z nich rozpatrzyliśmy już wyżej, z kolei zatem musimy rzucić okiem na dzieje fizyologicznego kierunku w badaniach embryologicznych*.

Kierunek ten przejawiał się w najrozmaitszych postaciach. Kwestya zapłodnienia, przenoszenia się znamion dziedzicznych z rodziców na dzieci, mechanika procesów rozwojowych i ich czynniki, wpływ warunków zewnętrznych i wewnętrznych na przebieg tych procesów — oto zagadnienia, jakimi zajmowali się zwolennicy tego kierunku, który ze względu na to, że często się opiera na metodzie doświadczalnej (eksperymentalnej), można też nazwać doświadczalną historią rozwoju w przeciwieństwie do opisowej, porównawczo-morfologicznej.

Jeszcze w roku 1851 Lotze w swojej *Ogólnej fizyologii życia cielesnego* dociekał przyczyn kształtowania się ustroju, a His w dwadzieścia kilka lat później, w pracy p. t. *Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung* (1874), usiłował sprowadzić kształtowanie się zarodka do spraw mechanicznych, mianowicie do praw niejednostajnie rozrastającej się blaszki elastycznej. Ten mechanistyczny kierunek w dociekaniach embryologicznych, w którym sprawy embryonalne starano się sprowadzić do różnych czynników natury mechanicznej, fizyko-chemicznej, rozwinął się bardzo wybitnie w drugiej połowie ubiegłego oraz w bieżącym stuleciu, a jednym z najzasłużeńszych propagatorów tego kierunku jest znakomity anatom i embryolog z Halli, Wilhelm Roux, który wydaje od lat wielu poświęcone temu kierunkowi czasopismo *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*.

W dociekaniach nad fizyologią rozwoju pierwsze miejsce zajmuje problemat zapłodnienia i dziedziczności. W r. 1875 Oskar Hertwig wykazał, iż u szkarłupni plemnik przenika do jaja, a główka plemnika, która, według dawniejszych jeszcze badań La Valette St. George'a, pochodzi z jądra prakomórki plemnikowej, łączy się z jądrem jajowem;

* Czytelnika, pragnącego poznać niektóre strony tego kierunku badań, odsyłam do szkicu mego p. t. *Mechanika rozwoju* jako nowa gałąź biologii w dziele *Szlakami wiedzy*, wyd. 2.

w ten sposób jądro jaja zapłodnionego jest produktem złączenia się jądra męskiego, t. zw. przedjądrza męskiego, z żeńskim, czyli przedjądrem żeńskim. W ten sposób Hertwig poznał istotę zapłodnienia, a ważne to odkrycie raz na zawsze usunęło spór pomiędzy owulistami i animalkulistami, z których jedni, jak wiemy, w jajach, inni w plemniku widzieli twór, dający początek nowemu osobnikowi. Odkrycie to wykazało, że tak element żeński, jak i męski odgrywają równie ważną rolę w przenoszeniu życia z pokolenia na pokolenie i że główną substancją, stanowiącą podścielisko materyjne znamion dziedzicznych, są jądra komórek rozrodczych, one to bowiem łączą się z sobą podczas zapłodnienia. Doniosłe odkrycie Hertwiga stało się punktem wyjścia dla bardzo licznych prac nad zapłodnieniem i związanymi z tem różnymi zagadnieniami biologicznymi u zwierząt i roślin. Z botaników Edward Strassburger, Guignard, z zoologów Ed. v. Beneden, T. Boveri, a z polskich uczonych K. Kostanecki i inni przyczynili się do wyjaśnienia sprawy zapłodnienia, którą wykryto z kolei także u pierwotniaków (Bütschli, Ryszard Hertwig, Maupas); z badań tych okazało się, że zapłodnienie przebiega w sposób mniej lub więcej podobny w całym świecie organicznym. W szczególności niezmiernie ważne były prace Ed. v. Benedena (1883), które wykazały, iż podczas zapłodnienia łączy się z sobą jednakowa ilość nitek (pętli) chromatynowych* pochodzenia plemnikowego i jajowego, że jajo zapłodnione zawiera tedy w swem jądrze zupełnie jednakową ilość nici chromatynowych, czyli chromosomów męskich i żeńskich, a co ważniejsza, że do komórek, pochodzących z podziału jaja zapłodnionego, przenika jednakowa też liczba chromosomów męskich

* W skład jądra komórkowego wchodzi części stałe i płynne; pierwsze występują głównie pod postacią szczególnych nitek lub ziaren substancji chciwie pochłaniającej różne barwiki sztuczne, a zwanej przeto barwiną lub chromatyną; nadto z części stałych jądra zasługują na uwagę t. zw. linina oraz jąderka, jedno lub kilka (rzadko znacznie więcej); część płynna nosi miano soku jądrowego. Nitki chromatyny, występujące podczas podziału komórki jako tworzywa samodzielne, noszą nazwę chromosomów (patrz niżej).

i żeńskich, ponieważ podczas podziału komórki jajowej i jej produktów każda nić chromatynowa podlega rozszczepieniu (wzdłuż) na dwie niteczki, przenikające do komórek potomnych.

Wkrótce odkryto też bardzo ważny proces, zachodzący w komórkach rozrodczych, a zwany ich dojrzewaniem, lub redukcją chromatyny. Polega on na tem, że tak młode jajo, jak i niedojrzała komórka plemnikowa pozbywają się połowy swoich chromosomów, wskutek czego, kiedy podczas zapłodnienia łączą się z sobą jądra dojrzałych komórek płciowych, liczba chromosomów w jajach zapłodnionych powraca znów do pierwotnego stanu. Ważnych odkryć na tem polu dokonali Ed. v. Beneden, Boveri, A. Weismann, v. Rath, Rückert, Haecker i inni. Badania te naprowadziły biologów na szerokie i bardzo ważne pole dociekań zjawisk dziedziczności, które ściśle są związane ze sprawą zapłodnienia. Jeszcze przedtem Karol Darwin usiłował dać teoretyczne objaśnienie dziedziczności przez „tymczasową“, jak ją sam nazwał, hipotezę pangenезы, przyjmującą, że ze wszystkich komórek ciała oddzielają się drobne cząstki, zbierające się w komórkach płciowych, które przeto mają zdolność odtworzenia takiegoż ustroju, z którego same powstały przez nagromadzenie się w nich owych cząstek. Herbert Spencer, Galton, Naegeli (1884) rozwijali też różne hipotezy co do istoty zjawiska dziedziczności, a zwłaszcza ostatni wielką miał zasługę, iż wyróżnił w komórkach płciowych szczególną substancję, która, jego zdaniem, ma być podścieliskiem cech dziedzicznych, a którą nazwał idioplazmą. Wkrótce Oskar Hertwig i Ed. Strassburger ogłosili zdanie, że ową idioplazmą Naegeliego jest substancja chromatynowa komórek płciowych — pogląd, który z małymi modyfikacjami do dziś dnia jest niemal panującym w nauce. Z teorią dziedziczności wiążą się w czasach najnowszych liczne prace eksperymentalne. Badania doświadczalne nad bastardacją, czyli sztucznym krzyżowaniem różnych odmian i gatunków zwierząt, oraz nad t. zw. rozszczepianiem się cech w myśl prawa Mendla, który jeszcze w r. 1865 ogłosił był swą pracę nad tym przedmiotem, lecz do-

piero w ostatnich kilkunastu latach doczekał się należytego uznania na podstawie różnych dociekań eksperymentalnych — oto zagadnienia, zajmujące obecnie wielu biologów, a które niżej poznamy.

Z teoryą dziedziczności związany jest szereg innych także prac, tworzących pewien nowy kierunek w dzisiejszych dociekaniaх embryologicznych. Zapoczątkowali go August Weismann (1892) i Wilhelm Roux. Pierwszy, twórca teoryi dziedziczności, zwanej teoryą ciążłości plazmy zarodkowej, sądził, że w jaju zapłodnionem, a mianowicie w idioplazmie jaja, t. j. w jego substancji chromatynowej, tkwią materialne zawiązki znamion dziedzicznych; zawiązki te mają występować pod postacią drobnych ciałek organizowanych, t. zw. determinantów, które łączą się w coraz wyższe jednostki organizowane, a same składają się jeszcze z najmniejszych wogóle cząstek materii organizowanej. Podczas podziału jaja do przyszłych komórek płciowych zarodka przenikają wszystkie rodzaje determinantów, do komórek zaś cielesnych tylko pewne ich grupy, pewne rodzaje. W miarę dzielenia się coraz dalszych pokoleń komórek zarodka wstępują do nich coraz bardziej tylko ograniczone grupy determinantów, a wreszcie do ostatnich pokoleń przenikają już tylko jednego rodzaju determinanty, nadające im ściśle określone piętno histologiczne.

Tą drogą odbywać się ma różnicowanie elementów komórkowych zarodka. Innego zdania był O. Hertwig (1898), autor teoryi biogenezy, który sądził, że do wszystkich komórek zarodka przenikają wszystkie rodzaje zawiązków dziedzicznych, lecz że w komórkach płciowych zachowują one wszystkie jednakową potęgę twórczą, w komórkach zaś cielesnych pewne zawiązki dziedziczne biorą górę nad innymi, wskutek czego komórki te otrzymują właśnie pewne specyficzne piętno histologiczne i podlegają określonemu różnicowaniu. Wilhelm Roux, autor t. zw. mozaikowej teoryi rozwoju, podzielał stanowisko Weismanna.

W ostatnich kilku dziesiątkach lat podjęto w embryologii bardzo ciekawe doświadczenia, w znacznej mierze mające na celu rozwiązanie pytania, czy do wszystkich komórek zarodka przenikają wszelkie zawiązki dziedziczne (w myśl

idei O. Hertwiga), czy też już w pierwszych stadyach rozwoju zarodka można zauważyć różnicowanie się zawiązków dziedzicznych i przenikanie tylko pewnych ich grup do pewnych komórek zarodka (w myśl zapatrywania Weismanna i Roux'a). Doświadczenia polegały na tem, że zarodek, złożony już z dwóch, czterech, ośmiu komórek, rozbijano (np. przez wstrząsanie) na oddzielne komórki, i oto, jeśli okazało się, że z każdej wolnej komórki zarodka (np. cztero lub ośmiokomórkowego) rozwinął się całkowity nowy zarodek (tylko cztery lub ośm razy mniejszy, niż normalny), miało to dowodzić, że do każdej z tych komórek przeniknęły wszelkiego rodzaju zawiązki dziedziczne. Doświadczenia podobne wykonywali liczni badacze, np. Chabry, Roux, Driesch, Wilson, O. Hertwig, Zoja, Fischel i inni.

Większa część tego rodzaju doświadczeń wykazywała, że do pierwszych dwóch, czterech, ośmiu, a nawet szesnastu komórek zarodka przenikają wszelkie rodzaje zawiązków, skoro z każdej z tych komórek, uwolnionej od reszty, rozwijały się zupełne zarodki, tylko, oczywiście, dwa, cztery, ośm lub szesnaście razy mniejsze od normalnych. Wykazał to Driesch dla jaj jeźowców, Zoja dla jaj meduz i inni autorowie dla jaj innych grup zwierząt. Wszelako były i wyniki odmienne, które przemawiały zatem więcej za poglądem Weismanna i Roux'a; Fischel wykazał, że u żebroplawów każda z dwóch lub czterech wolnych komórek dwu lub czterokomórkowego zarodka rozwija się wprawdzie, lecz daje zarodek z pewnym brakiem, defektem, z niedorozwojem pewnych żeberek rzęskowych, stanowiących narządy ruchu tych zwierząt, co zdawało się przemawiać za tem, że tu już w stadium kilku komórek każda z nich zawiera zawiązki dla pewnych tylko tworów przyszłego dorosłego organizmu.

Ostatecznie tedy okazało się, że różnicowanie się zawiązków embryonalnych u jednych ustrojów zachodzi wcześniej, u innych później, a w rezultacie doświadczenia z bogaciły naukę w bardzo wiele nowych zdobyczy faktycznych.

W związku z temi badaniami pozostawały w nowszych czasach i inne, dążące do wykrycia wogóle czynników rozwoju embryonalnego, do wyświeślenia, że tak powiemy,

mechanizmu rozwoju i odpowiedzenia na pytanie, azali w rozwoju ważniejszą rolę odgrywają czynniki wewnętrzne, czy zewnętrzne, t. j. zewnątrz działające na kształtujący się ustrój. Badano więc wpływ temperatury, ciśnienia, środków chemicznych, siły ciężenia i innych czynników na rozwój zwierząt i nagromadzono nader interesujący materiał faktyczny i teoretyczny w tej dziedzinie dociekań. Tą drogą rzucono też między innymi wiele światła na ważną sprawę odziedziczania się znamion nabytych (prace Fischera, Standfussa, Picteta, Kammerera i wielu innych nowszych badaczy).

Nie zadowolono się nadto w dziedzinie badań eksperymentalnych rozwojem zarodkowym, lecz zwrócono się też do pozarodkowego, zwłaszcza zaś do zjawisk wzrostu ustroju, a to znów doprowadziło do dociekań w dziedzinie regeneracji, czyli, ogólniej, restytucji ustrojów. Zadano sobie pytanie, czy i o ile ustrój, sztucznie pozbawiony pewnej części ciała, odtworzy ją, czyli odrodzi, i w jaki mianowicie sposób: czy w podobny do rozwoju embryonalnego, czy też w inny? To też dawne badania Trembley'a, Bonneta, Spallanzanego i Réaumura nad regeneracją stułbi (hydry) i pewnych robaków oraz Blumenbacha i Dugesa z pierwszej połowy 19. wieku odżyły na nowo w ostatnich kilku dziesiątkach lat pod wpływem metody doświadczalnej w embryologii i w biologii wogóle. Powstała cała nauka o regeneracji, która podjęła rozwiązanie lub przynajmniej wyświechtanie mnóstwa zagadnień pierwszorzędno znaczenia. Nazwiska Driescha, Loeba, Wolffa, Przibramma, H. T. Morgana, W. Roux'a splotły się z tą dziedziną dociekań, w której i polscy badacze nie małą odegrali rolę, zwłaszcza szkoła instytutu zoologicznego wszechwiedzy lwowskiej.

Widzimy zatem, że doświadczalna metoda badań i fizyologiczne kierunki dociekań w embryologii nowszych czasów rozwarły dla tej nauki całkiem nowe, dotąd nieznane widnokręgi, roztoczyły nowe horyzonty i uczyniły ją jedną z najważniejszych i najbardziej interesujących nauk biologicznych. Dla nowej nauki stworzono w ostatnich latach nazwę genetyki jako ogólniejszą i wszechstronniejszą.

ROZDZIAŁ PIĄTY.

Rozmnażanie płciowe. Elementy rozrodcze. Jajo.

Dwa są sposoby rozmnażania się jestestw organizowanych: płciowy i bezpłciowy. Rozmnażanie płciowe odbywa się przy udziale dwóch osobników, które najczęściej mniej lub więcej znacznie różnią się pomiędzy sobą i produkują dwa rodzaje komórek, czyli elementów płciowych, inaczej gamet: żeńskie — jaja i męskie — plemniki. Indywidua, produkujące jaja, są to indywidua żeńskie (samice), produkujące zaś plemniki — męskie (samce). Nietylko jednak ustroje wielokomórkowe, tkankowce, rozmnażają się drogą płciową; ten sposób rozradzania się jest właściwy także bardzo wielu pierwotniakom, jednokomórkowcom, możemy więc powiedzieć, że jest rozpowszechniony w całym państwie zwierzęcem, a nawet znacznie przeważa nad bezpłciowym, który występuje stosunkowo rzadziej. I w świecie zwierzęcym i w roślinnym płciowe rozmnażanie się i związane z tem występowanie dwóch płci jest zjawiskiem bardzo powszechnem. Istotą płciowego rozradzania się jest, jak niżej zobaczymy, łączenie się wzajemne obu komórek płciowych: jaja i plemnika, a powstały z tego połączenia element nosi ogólnie nazwę zygoty. Zygota zatem powstaje z połączenia obu gamet, męskiej z żeńską, a samą sprawę wzajemnego ich łączenia się nazywamy zapłodnieniem. U bardzo wielu pierwotniaków gamety są zupełnie jednakowe, obie komórki nie różnią się ani wielkością, ani kształtem, tak że niepodobna orzec, która jest mę-

ką, która zaś żeńską; podczas zapłodnienia łączą się tu więc z sobą dwie komórki jednakowe, a rozmnażanie takie zowieśmy izogamicznem (ἴσος — po grecku równy) w przeciwstawieniu do anizogamicznego, w którym obie gamety różnią się pomiędzy sobą wielkością i postacią. U wszystkich istot wielokomórkowych napotykamy rozmnażanie się anizogamiczne, a gamety różnią się między sobą wybitnie. Najczęściej gameta żeńska jest nieruchoma, kształtu kulistego lub jajowatego, opatrzona błoną i znacznych jest stosunkowo rozmiarów, a to wskutek tego, że zawiera mniejszą albo większą ilość pokarmu odżywczego dla mającego się z niej rozwinąć zarodka; szczególnie wielkimi gametami żeńskimi są jaja płazów, ryb, ptaków; właściwą komórkę jajową ostatnich stanowi kula żółtkowa, zawarta w jajach. Natomiast gamety męskie, czyli plemniki, są zwykle bardzo drobne, należą do najmniejszych wogóle komórek ciała, nie zawierają części pokarmowych, są cienkie, wiotkie, obdarzone zdolnością do ruchu i podczas zapłodnienia zachowują się czynnie w przeciwieństwie do gamet żeńskich, zachowujących się bardziej biernie. Komórka jajowa jest nieruchoma, a ruchliwy plemnik poszukuje jej, zbliża się i przenika do niej, by się z nią połączyć. Otóż ta odmienna rola fizyologiczna gamet, fakt, że komórka płciowa żeńska zawiera zwykle zapasy pokarmowe dla zarodka (t. zw. deutoplazmę, czyli żółtko odżywcze), męska zaś nie jest nimi obciążona i ma przeto znacznie mniejsze rozmiary, a w związku z tem żeńska jest ociężała, nieruchoma, męska natomiast wolno się porusza i czynniejszy bierze udział w sprawie zapłodnienia — wszystkie te okoliczności są przyczyną różnic w budowie obu rodzajów gamet, jakie znajdujemy u większej części ustrojów.

Przy rozmnażaniu płciowem, które odbywa się za pośrednictwem gamet, zachodzi zatem, jak widzieliśmy, z reguły połączenie obu elementów, i w ten sposób powstaje zygota, u twardogłowych zwana też jajem zapłodnionem. Z ostatniego drogą dzielenia się komórek powstaje osobnik potomny. W stosunkowo rzadkich atoli przypadkach, które niżej rozpatrzemy, gameta żeńska może, bez uprzedniego za-

płodnienia, podlegać dzieleniu się i tworzyć osobnik potomny. Zjawisko to jest znane pod nazwą dzieworodnego rozmnażania się, albo krócej dzieworództwa (parthenogenezy). Wiadomo, że mszyce (*Aphides*) rozmnażają się przez całe lato dzieworodnie, jedno pokolenie samic produkuje jaja, z których drogą dzieworództwa rozwija się pokolenie drugie tych owadów, również płci żeńskiej, i tak przez dwanaście zwykle pokoleń, aż dopiero w jesieni pojawiają się samce i samice, i wówczas to jaja są już zapładniane.

Czy więc zachodzi zapłodnienie, czy też jaja rozwijają się dzieworodnie, w każdym razie mamy tu rozmnażanie za pośrednictwem komórek płciowych i dlatego ten rodzaj rozradzania się nazywamy płciowym.

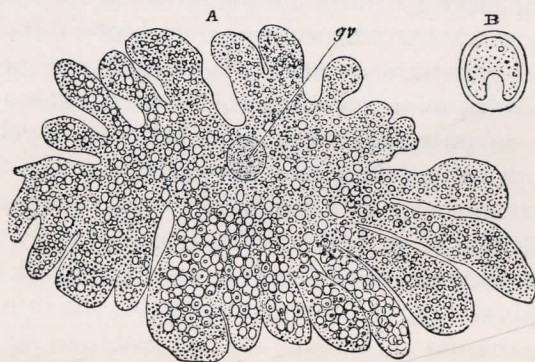
Ale zdarza się również, jakkolwiek znacznie rzadziej, że zwierzęta rozmnażają się bez udziału komórek płciowych: całe ciało dzieli się, czyli rozpada na kilka części, z których każda dorasta niebawem rozmiarów normalnych (jak to widzimy u pewnych robaków-pierścienic), albo też na ciele ustroju rodzicielskiego powstaje pączkowaty wyrostek wielokomórkowy, powiedzmy krócej — pączek, który odłącza się od ustroju macierzystego, usamodzielnia się i tworzy nowy osobnik, jak widzimy to u naszej stulbi (*Hydra*), która może się rozmnażać i za pośrednictwem komórek płciowych i drogą bezpłciową, przez pączkowanie. Bezpłciowem jest zatem takie rozmnażanie się, w którym komórki płciowe żadnego nie biorą udziału, a w ogólności rozróżniamy dwa sposoby tego rodzaju rozrodu, dzielenie się i pączkowanie, połączone jednak z sobą szeregiem przejść, jak to niżej szczegółowo rozpatrzemy.

Nietylko u twardogłowych, ale i u pierwotniaków, oprócz rozrodu płciowego widzimy też i bezpłciowy; w pierwszym, jak wiemy, dwa osobniki jednokomórkowe łączą się z sobą celem wytworzenia zygoty, ta zaś dopiero rozpada się na komórki potomne; w ostatnim ustrój jednokomórkowy pojedynczy, nie będący zygotą, rozpada się na ustroje potomne jednokomórkowe. Bliższe szczegóły, dotyczące tych zjawisk, poznamy niżej. Z kolei przystąpimy do rozpatrzenia płcio-

wego rozmnażania się, a przede wszystkim do poznania elementów płciowych.

Komórka płciowa żeńska, czyli jajo.

Jajo (*ovum*) przedstawia zawsze jedną komórkę, która, jak każda wogóle komórka, składa się z protoplazmy (cytoplazmy) i jądra (*nucleus*), zawierającego jedno lub wiele jąderek (*nucleoli*), oraz prawie zawsze jest ograniczona błoną komórkową. Jądro komórki jajowej nazywa się pęcherzykiem zarodkowym, jąderko zaś oznaczane bywa niekiedy mianem plamki zarodkowej, nadto prawie zawsze znajdujemy w protoplazmie jajowej mniej lub więcej tworów ziarnistych, stanowiących materiał odżywczy dla przyszłego zarodka; te zapasy pokarmowe oznaczamy nazwą żółtka odżywczego, albo deutoplazmy. Jajo zawiera niekiedy jeszcze inne szczególne twory, a prócz tego opatrzone bywa często dodatkowymi błonami ochraniającymi. Wszystkie te składowe części jaja niżej szczegółowo rozpatrzemy.



Rys. 1. A. Jajo stulbi (*Hydra*) z wypustkami (*pseudopodia*); gv — jądro.

Kształt jaj bywa najczęściej kulisty lub owoidny (jajowaty); rzadko jaja bywają spłaszczone w postaci krążków, lub mają postać bocheneczków chleba, jak u niektórych motyli (*Catocala*), jeszcze rzadziej bywają wrzecionowate, np. u robaków-cierniogłówów. U niektórych jamochłonów, np. u stulbi (*Hydra*), jajo ma postać pełzakowatą i jest opatrzone wypustkami plazmy, za których pomocą może pełzać

(rys. 1). Tak samo wygląda młode jajo pewnych gąbek, które jednak, dojrzawszy, zaokrągla się.

O wiele znaczniejsze są różnice co do wielkości jaj. Porównajmy np. jajo strusia, osiągające rozmiarów główki dziecięcej, z jajeczkiem wielkich zwierząt ssących, posiadającym przeciętnie 0,2 mm. średnicy, albo z mikroskopowej wielkości drobnymi jajeczkami wielu robaków pasorzytnych! Wielkość jaj nie pozostaje w ścisłym stosunku do rozmiarów ciała danego zwierzęcia. Jaja raka rzeczno lub żaby są bez porównania większe, aniżeli jaja człowieka, klaczy lub krowy. Wielkość jaj zależy w pierwszym rzędzie od większej lub mniejszej zawartości deutoplazmy, czyli żółtka odżywczego. Ilość zaś materiału odżywczego w jajach bywa mniejsza albo większa zależnie od tego, czy rozwijający się zarodek otrzymuje soki odżywcze od ustroju matki, czy też nie. Jajo ssaków, rozwijające się w łonie matki, jest przeto znacznie drobniejsze, aniżeli jajo ptasie, znoszone przez matkę nazewnątrż, ostatnie bowiem zawiera wielką masę żółtka, którym się żywi rozwijający się i wzrastający zarodek.

Ale nie tylko ilość materiału odżywczego warunkuje wielkość jaj u różnych zwierząt. Wielkość zależy także od liczby produkowanych jaj. Im więcej wogóle jaj zwierzę wytwarza, tem zazwyczaj są one drobniejsze, bo rzecz naturalna, że produkowanie wielu bardzo jaj znacznych rozmiarów byłoby zbyt wielką stratą dla ustroju matki. Z drugiej atoli strony liczba wytwarzanych jaj jest w niejakim związku z wielkością ciała zwierzęcia, ze sposobem i warunkami rozwoju zarodków oraz z bezpieczeństwem życiowym embryonów lub postaci młodocianych.

Co do wielkości ciała, należy pamiętać, że masa ciała wzrasta, jak sześciiany, siła zaś mięśniowa (zależna od wielkości przekroju poprzecznego mięśni) mniej lub więcej, jak kwadraty liniowego przyrostu, z czego wynika, że, im zwierzę jest większe, tem więcej stosunkowo zużywać musi sił do poruszania własnego ciała. A ponieważ, z drugiej strony, spożywane pokarmy stanowią jednocześnie i źródło sił dla

ustroju, i źródło substancji odżywczych dla potomstwa lub dla jaj, więc naturalnie zwierzęta większe, jako zużywające więcej sił na własne, indywidualne potrzeby, powinnyby produkować mniej jaj, co w wielu razach się sprawdza, jednak nie zawsze, bo wchodzi tu w grę i inne względy. Tak np. z pokrewnych sobie ptaków kurowatych bażant znosi 6 do 10 jaj, kuropatwa 10 do 15, a najmniejsza, przepiórka do 20. Że lepsze warunki odżywiania powodują większą produkcję jaj, to nie ulega wątpliwości; dowodem są takie np. fakta, iż obficie odżywiana królowa pszczoł produkuje w ciągu życia 40—50 tysięcy jaj, dobrze odżywiane kury znosić mogą do 247 jaj rocznie, gdy tymczasem lichy odżywiane zaledwie po kilkadziesiąt. Mamy też dowody, iż lepsze odżywianie matki wpływa niekiedy na zwiększanie się rozmiarów jaj, które obfitują wtedy w większą ilość materiału pokarmowego (deutoplazmy). Znakomity hodowca drobiu Baldamus podaje interesujący fakt, iż kanie znoszą jaja prawie dwa razy większe w latach, w których rodzi się w danej okolicy wiele bardzo myszy, stanowiących łup tych ptaków, a według Hisa tarczka zarodkowa jaj ptasich jest uboższa w żółtko jesienią, niż latem, kiedy warunki odżywiania są lepsze.

Co się tyczy sposobu oraz warunków rozwoju zarodków lub postaci młodocianych, to czynniki te, jak powiedzieliśmy, w bardzo wysokim stopniu również wpływają na liczbę produkowanych jaj, a tem samem i na ich rozmiary. I tak przedewszystkiem możemy zauważyć, że, skoro zwierzęta rozwijają się bezpośrednio, t. j. nie przechodzą stadium wolno żyjących larw, wówczas żółtka odżywcze mają więcej; kiedy zaś zarodki opuszczają błony jajowe we wcześniejszym stadium rozwoju i wiodą jeszcze przez czas dłuższy życie wolne, pobierając pożywienie samodzielnie, słowem, jeżeli żyją jako larwy (rozwój pośredni), wówczas, rzecz naturalna, jaja zawierać mogą stosunkowo mniej zapasowych części pokarmowych i są też wtedy mniejsze, ale zato mogą być liczniejsze. Znakomity przykład widzimy u skorupiaków wyższych z grupy dziesięcionogów. Nasz rak rzeczny, u którego podczas rozwoju nie zachodzą żadne przeobrażenia, t. j. brak

stadium larwy, wytwarza jaja bez porównania większe i obfitsze w żółtko, aniżeli pokrewne formy morskie, u których znajdujemy stadium wolno żyjącej larwy, zwanej żywikiem (*zoëa*); ale gdy rak nasz produkuje naraz tylko kilkadziesiąt, sto lub najwyżej do trzystu jaj, to pokrewne dziesięcionogi morskie produkują aż po kilka tysięcy i to znacznie mniejszych, niż jaja naszego raka. Podobnie też dżdżownice nasze, których młode nie przechodzą stadium wolno żyjącej larwy, produkują znacznie mniej jaj i to stosunkowo jaj większych, aniżeli liczne pokrewne formy morskie, u których występuje w rozwoju larwa (t. zw. trochosfera).

Mówiąc o warunkach rozwoju, musimy też zwrócić uwagę i na to, że zwierzęta, które wiodą życie pasorzytnicze, t. j. przebywają na ciele lub wewnątrz ciała innych ustrojów, nie tylko przez to są płodniejsze i więcej jaj wytwarzają, że znajdują się w doskonałych warunkach odżywiania, ale i przez to także, że życie pasorzytnicze naraża liczne jaja i młode na zagładę wobec złożoności ich procesu rozwojowego. Robaki wewnętrzne pasorzytne, których młode ulegają złożonym przeobrażeniom i wędrówkom, a nadto muszą wyszukiwać sobie w przyrodzie jednego lub kilku żywicieli, w których ciele odbywają określone stadia rozwojowe, muszą też wytwarzać bardzo wiele jaj. Albowiem z pośród olbrzymiej liczby jaj i zarodków zawsze pewna przynajmniej część znajdzie dla siebie odpowiednią kombinację warunków w przyrodzie, niezbędnych dla ich całkowitego cyklu rozwojowego. To też pasorzytna glista ludzka (*Ascaris lumbricoides*) wytwarza, według Escherichy, 64 miliony jaj, robak *Gordius*, żyjący pasorzytnie w ciele owadów, składa w ciągu dnia 8 milionów jaj po opuszczeniu swego żywiciela (H. Spencer), tasiemiec (soliter) produkuje, według Leuckarta, około 40 milionów jaj i t. d.

Wreszcie szczególne przystosowanie polega także na tem, iż, o ile jaja i młode, mające się z nich wylęgnąć, są lepiej zabezpieczone przed nieprzyjaciółmi lub wogóle przed szkodliwymi wpływami, o tyle liczba składanych jaj bywa mniejsza, a tem samem jaja takie dosięgają zwykle znaczniejszych rozmiarów. Ciernik (*Gasterosteus*), rybka, której

samiec strzeże jaj złożonych przez samicę w szczególnem gnieździe, składa tylko 80 do 100 jaj; *Cottus gobio*, rybka, której jaja strzeżone są przez samca, zgarniającego ikrę do specjalnego zagłębienia, składa 100 do 1000 jaj, różanka (*Rhodeus amarus*), znosząca jaja do skrzeli małża-skójk, gdzie są one dobrze ochraniające aż do czasu wylęgu, znosi również stosunkowo bardzo mało jaj, ale ostatnie są bez porównania większe, aniżeli jaja pokrewnych, znacznie większych ryb, np. karp. Iglica morska, której samiec nosi jaja pod swym brzuchem, doskonale ochronione, składa 150 do 200 jaj stosunkowo wielkich. Ryby natomiast, znoszące ikrę swobodnie na rośliny wodne lub kamienie, wytwarzają jaj znacznie więcej, a przytem jaja są drobne; piskorz (*Cobitis fossilis*) znosi ich 100 do 150 tysięcy, karp 200 do 700 tysięcy, a miętus (*Lota*) do miliona! Wiemy zaś, jak bardzo narażona jest na zagładę ikra rybia lub młody narybek. Zarówno też przypuścić musimy, że wielka stosunkowo liczba jaj, składanych przez żaby nasze i ropuchy, pozostaje w związku z tem, iż skrzek żabi, znoszony w miejscach otwartych, częstokroć na wodach łatwo wysychających, w wysokim stopniu jest wystawiony na zagładę.

Rozmiary więc jaj oraz w związku z nimi pozostająca ilościowa ich produkcja zależą od bardzo różnorodnych i licznych czynników biologicznych, ale wszędzie prawie można tu zauważyć pewną współzależność przyczynową, opartą na ogólnem prawie przystosowywania się do warunków.

Na zakończenie tej sprawy podam jeszcze, według tablicy sporządzonej przez R. Leuckarta, liczbę jaj produkowanych w ciągu roku przez niektóre zwierzęta.

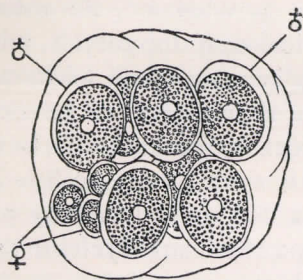
Brzódogłowiec (<i>Bothriocephalus latus</i>)	więcej niż 1 milion jaj (jako pasorzyt).
Pszczółka	6000 do 10000 jaj.
Prządka jedwabnik	300 jaj.
Pająk krzyżak	1600 jaj.
Krab (<i>Carcinus moenas</i>)	300000 jaj.
Ostryga jadalna	1 milion jaj.
Ślimak winniczek (<i>Helix pomatia</i>)	30 do 80 jaj.

Jesiotr	do 3 milionów jaj.
Szczupak	130000 jaj.
Traszka	do 300 jaj.
Żaba zielona	2500 jaj.
Żółw (<i>Testudo</i>)	8—12 jaj.
Żmija	8—15 jaj.
Jaszczurka	8—12 jaj.
Krokodyl	40—70 jaj.
Wróbel	2—3 razy po 4—5 jaj.
Gołąb domowy	6—8 razy po 2 jaja.
Pingwin	1—2 jaj.

Co do ssaków, to możemy tylko powiedzieć, ile młodych rodzi samica w ciągu roku, ale liczba jaj dojrzałych, oddzielających się od jajnika jest niewątpliwie znacznie większa; ilość zaś jaj nie osiagających w jajniku dojrzałości jest jeszcze nierównie większa. Orangutan płodzi rocznie jedno młode, lwa 3—4, kotka domowa 2 razy po 3—6, suka 2 razy po 3—7, słoń co trzy lata jedno młode, świnia domowa dwa razy po 6—12 młodych, królik 5 do 8 razy po 4—7 młodych, mysz domowa 4 do 6 razy po 4—10. Kobieta, jak wiemy, może zrodzić w ciągu roku jedno dziecko, jeżeli nie będziemy mówili o rzadkich przypadkach porodów bliźniaczych, ale liczba jaj dojrzałych, oddzielających się z jajnika kobiety w ciągu roku wynosi co najmniej 12, liczba zaś jaj w jajniku 18-letniej dziewczyny wynosi, według Henlego, około 36 tysięcy. Heyse atoli znalazł u 17-letniej dziewczyny tylko 17500 jaj. Według Hensena w ustroju kobiety dojrzej przeciętnie w ciągu całego jej życia 200 jaj, liczba dosyć znaczna w porównaniu z ilością rodzących się dzieci, która np. w Niemczech wynosi obecnie przeciętnie czworo na jedno małżeństwo (W. Waldeyer). Wszelako dysproporcja między ilością jaj a liczbą narodzin u człowieka okaże się jeszcze większą, jeśli zważymy, że w płodzie ludzkim, według Waldeyera, w każdym jajniku pojawia się co najmniej 50000 zawiązków jaj (więc w obu razem 100000), z których jednak bardzo liczne giną, tak iż w 17.—18. roku życia kobiety liczba ich już w wysokim stopniu maleje. Dysproporcja ta jest bardzo wielka, rozrzutność w tym kierunku przy-

rody ogromna, ale jest ona jeszcze niezmiernie skromną w porównaniu z tem, co zachodzi u płci męskiej, bo zważmy tylko, że w jednym wytrysku spermy ludzkiej znajduje się aż przeszło 200 milionów plemników, z których tylko jeden niezbędny jest do zapłodnienia jaja, a według obliczenia Lodego, mężczyzna produkuje w ciągu swych lat dojrzałości i siły płciowej 340 bilionów plemników! Liczba 200 jaj, produkowanych w ciągu całego życia przez kobietę, jest więc wobec tego niezmiernie małą!

U większości zwierząt istnieje tylko jeden rodzaj jaj. W niektórych atoli, dosyć rzadkich przypadkach występują



Rys. 2. Kokon z jajami robaka *Dinophilus apatris*, z jajami większymi na samice i mniejszymi na samce. (Według Korschelta i Heidera).

z reguły dwa rodzaje jaj, np. u drobnych skorupiaków wód nasiszych — plesznice (*Daphnidae*), u których rozróżniamy t. zw. jaja zimowe i letnie. Jaja letnie rozwijają się drogą dzieworódstwa, są uboższe w żółtko i opatrzone cienką osłoną, zimowe natomiast, które wymagają zapłodnienia, zimują na dnie wód i dopiero na wiosnę się rozwijają, są o wiele obfitsze w żółtko, większe i opatrzone znacznie grubszą błoną. Jak wykazały badania A. Weismanna, jaja letnie tworzą się też tu w sposób nieco odmienny,

niż zimowe. U niektórych plesznice jajnik składa się z długiej cewy, podzielonej na szereg komór, z których każda zawiera wewnątrz cztery wielkie komórki. Otóż z każdej takiej komory rozwija się jedno jajo letnie, a to w ten sposób, że jedna komórka zachowuje się niejako czynnie, jej plazma tworzy protoplazmę jaja, a jądro — jądro jajowe, natomiast trzy inne komórki zachowują się biernie, jądra ich ulegają rozpadowi, a cała treść tych trzech komórek przekształca się w deutoplazmę jaja. Przy powstawaniu natomiast jaj zimowych każde dwie sąsiednie komory cewy jajnikowej zużywają się na produkcję jednego jaja, przyczem z ośmiu komórek obu komór razem tylko jedna tworzy protoplazmę i jądro jaja, pozostałe

zaś siedem zamieniają się na deutoplazmę. Łatwo więc zrozumieć, dlaczego jaja zimowe są i większe i obfitsze w żółtko odżywcze (deutoplazmę), aniżeli letnie.

U wrotków (*Rotatoria*) występują również dwa rodzaje jaj, letnie i zimowe, u niektórych atoli gatunków pojawia się nadto jeszcze trzeci rodzaj jaj — bardzo drobne, z których na drodze dzieworodnej rozwijają się tylko samce, podczas gdy u tychże gatunków z jaj największych i średnich mają się jakoby rozwijać tylko samice. Taką różnorodność jaj, predysponowanych do wydania tylko pewnego rodzaju płci, stwierdzono z całą ścisłością u robaka *Dinophilus apatris* (E. Korschelt), u którego z jaj małych rozwijają się samce, z wielkich samice (rys. 2). Zarówno też u mszycy winogradowej (*Phylloxera vastatrix*) występują dwa rodzaje jaj różniących się znacznie rozmiarami i skorupką; jedno z tych jaj są predestynowane na samce, inne na samice.

Jajo zwierzęce (c. d.).

Przyjrzyjmy się z kolei nieco bliżej składowym częściom jaja zwierzęcego.

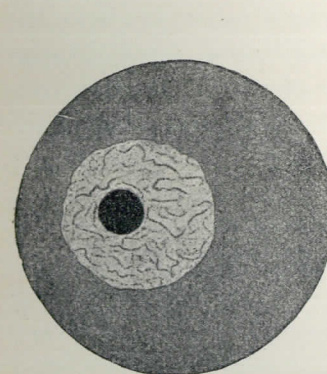
Protoplasma, czyli zaródź jaja, inaczej ooplazma, jak ją nazywają Korschelt i Heider, jest, jak w każdej zresztą komórce, substancją napół płynną, jasną, przejrzystą, o budowie, zdaje się, najczęściej zatoczkowej, t. j. składa się z istoty nieco bardziej spoistej, tworzącej przegródki, schodzące się z sobą po trzy razem, oraz z istoty mniej spoistej, wypełniającej przestrzenie między owymi przegródkami (Bütschli, Wilson). Ooplazma jest zwykle jednorodna, ale w rzadkich przypadkach, np. u meduzy *Geryonia*, składa się z warstwy zewnętrznej, bardziej zbitej — exoplazmy, i z części środkowej, bardziej miękkiej, opatrzonej licznymi wodniczkami* — endoplazmy.

Pod względem chemicznym możemy określić ooplazmę, jak wogóle protoplazmę każdej komórki, jako mieszaninę: kilku ciał białkowych, czyli proteinowych (w skład ich wchodzi głównie pierwiastki: węgiel, tlen, wodór, azot i siarka), dalej, t. zw. lipidów, t. j. substancji pod niektórymi względami fizycznymi podobnych do tłuszczów, dających się np. wyciągnąć eterem (do nich należy t. zw. lecytyna, zawierająca azot i fosfor, oraz cholesteryna, nie zawierająca tych pierwiastków), a wreszcie niektórych fermentów (enzymów), soli mineralnych i wody. W skład jądra jajowego, jak

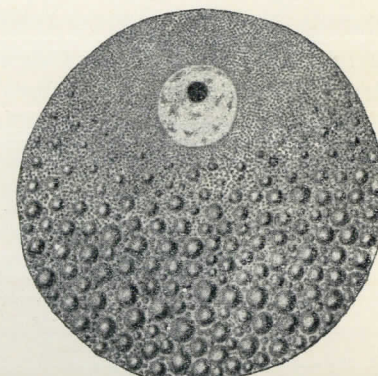
* Wodniczki (*vacuolae*) są to przestrzenie w plazmie, wypełnione cieczą wodnistą, najczęściej kuliste.

i jąder innych komórek, wchodzą między innymi złożone związki białkowe, t. zw. nukleoproteidy.

W ooplazmie, jak już zaznaczyliśmy, znajduje się zawsze większa lub mniejsza ilość substancji pokarmowej, którą zwiemy żółtkiem odżywczym lub wprost żółtkiem, albo deutoplazmą, a która występuje w postaci drobnych lub grubszych ziarn, kulek lub płytecek (u niektórych ryb) albo nieregularnych dużych grudek (u wielu owadów). W jajach niektórych zwierząt, jamochłonów, ssaków, w jaju lancetnika



Rys. 3.



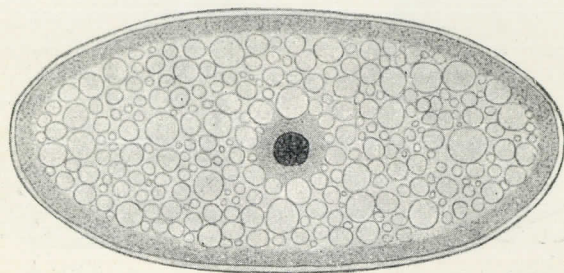
Rys. 4.

Rys. 3. Jajo szkarłupni. Kula jasna — jądro, kulka ciemna — jąderko.

Rys. 4. Jajo mięczaka brzuchonoga. Do góry jest zwrócony biegun zwierzęcy, ku dołowi roślinny, obfitujący w kulki żółtka.

(*Amphioxus*), jest tych ziarnistości żółtkowych niewiele, i są one równomiernie rozproszone w ooplazmie. U innych, np. u płazów, znajdujemy w jaju bardzo wiele deutoplazmy, tak że tutaj stanowi ona niejako główną część składową substancji jaja, ooplazma zaś tworzy tylko jakby cienkie przegródki pomiędzy częściami deutoplazmy. U zwierząt, które zawierają w jajach bardzo wiele żółtka, jest ono lokalnie odgraniczone od protoplazmy, np. jeden biegun jaja może być wyłącznie zajęty przez protoplazmę, drugi przez deutoplazmę. Ze względu na ilość i rozmieszczenie deutoplazmy w jaju można różnić, w myśl F. M. Balfoura, kilka typów budowy jaj:

1) jaja ubogo-żółtkowe, błędnie zwane beżółtkowemi (*alecital*), zawierające bardzo mało deutoplazmy w postaci drobnych ziarenek lub kropelek mniej więcej równomiernie rozproszonych w protoplazmie (rys. 3); 2) jaja biegunowo-żółtkowe (*telelecital*), w których deutoplazma występuje w większej ilości i gromadzi się na jednym biegunie (t. zw. roślinnym), protoplazma zaś na drugim, przeciwnym (t. zw. zwierzęcym). W typie tym (rys. 4) rozróżnić możemy dwie odmiany, połączone z sobą formami przejściowymi, mianowicie: albo w całym jaju znajduje się i protoplazma i deutoplazma, tylko rozmieszczone w ten sposób, iż na jednym biegunie przeważa protoplazma, a na drugim deutoplazma (np. w jajach większości płazów), albo też roz-



Rys. 5. Jajo owadu (maika), w którym na obwodzie widać protoplazmę, wewnątrz deutoplazmę i jądro (rys. oryg.).

graniczenie obu rodzajów plazm jest zupełne, tak iż protoplazma (wraz z jądrem) zajmuje jeden biegun jako tarczka, cała zaś reszta jaja zajęta jest już wyłącznie przez deutoplazmę. Ten typ właściwy jest jajom, bardzo obfitującym w żółtko, u ryb, gadów, ptaków; u ptaków właściwą komórką jajową jest kula żółtkowa, w której odróżniamy też na biegunie zwierzęcym tarczkę protoplazmy (z jądrem), cała zaś reszta tej kuli jest zajęta przez deutoplazmę; wreszcie 3) jaja śródżółtkowe (*centrolecital*), w których (rys. 5) protoplazma znajduje się na obwodzie, tworząc tu grubszą lub cieńszą warstwę, cały zaś środek jaja zajęty jest przez deutoplazmę. Jaja takie znajdujemy u wielu stawonogów, zwłaszcza u owadów. Wszelako nazwa powyższa nie jest w zupeł-

ności usprawiedliwiona, albowiem w środku deutoplazmy znajduje się jądro jajowe, otoczone zawsze małą ilością protoplazmy, tak że właściwie w tym przypadku deutoplazma znajduje się pomiędzy środkową drobną wysepką protoplazmy, zawierającą jądro, a obwodową warstwą protoplazmy. Jaja tego typu, prócz u stawonogów, występują także wyjątkowo u innych grup zwierzęcych, u niektórych strzykw (u *Cucumaria*), pośród szkarłupni lub u niektórych jamochłonów (u *Clavularia*).

Sposób rozmieszczenia żółtka w jaju oraz jego ilość mają doniosłe znaczenie dla przebiegu sprawy rozwojowej; zwłaszcza dzielenie się, czyli bródkowanie jaja odbywa się rozmaicie, zależnie od owych czynników, albowiem żółtko jest materiałem biernym, czynnym zaś tylko ooplazma; znaczna więc ilość żółtka utrudnia bródkowanie, i część jaja, zajęta wyłącznie przez deutoplazmę, zgoła nie podlega bródkowaniu. Do przedmiotu tego powrócimy jeszcze niżej, mówiąc o bródkowaniu rozwijającego się jaja (p. tom II.).

Co do pochodzenia deutoplazmy, to naogół może ona powstawać w sposób dwojaki. Jeżeli jest jej niewiele, wtedy rozwija się wewnątrz jaja kosztem protoplazmy, przyczem często można wówczas stwierdzić, że pierwsze jej ślady pojawiają się w najbliższym sąsiedztwie jądra, jako gęste skupienia ziarenek, które dopiero później rozpraszają się w całej protoplazmie; wskutek tego niektórzy embryologowie sądzili, że jądro bierze niekiedy czynny udział w wytwarzaniu deutoplazmy, co jednak wydaje mi się nieuzasadnionem. Jeżeli żółtka jest dużo, powstaje ono bardzo często kosztem specjalnych komórek, sąsiadujących w gruczole płciowym, czyli jajniku, z młodą komórką jajową — są to t. zw. komórki żółtkotwórcze, które tracą jądra i w całej swej treści rozpadają się na ziarenka lub kuleczki deutoplazmy, wstępujące do jaja. Widzimy to np. w jajniku owadów. Niekiedy, jak u robaków płazińców (*Plathelminthes*), istnieją oprócz jajnika, wytwarzającego jaja, specjalne gruczoły żółtkowe, służące do produkowania deutoplazmy, która łączy się z jajem w przewodach płciowych. Do tej sprawy powrócimy jeszcze niżej, mówiąc o powstawaniu i dojrzewaniu jaja.

Jako komórka, jajo zawiera wewnątrz ooplazmy, jak wiemy, jądro (*nucleus*), zwane też tutaj pęcherzykiem zarodkowym (*vesicula germinativa*), ponieważ w młodych stadyach jest stosunkowo duże i ma postać pęcherzykowatą.

Zasługuje na zaznaczenie, że w jajach młodych jądro jest pęcherzykowate i bardzo wielkie, w starszych zaś zmniejsza się zwykle, co naprowadziło na myśl, iż część zawartości jądra przenika do ooplazmy. W ostatnich latach kilku badaczy, zwłaszcza ze szkoły R. Hertwiga i Goldschmidta z Monachium, stwierdziło, iż podczas rozwoju jaja (t. j. oogenezy) część substancji chromatynowej występuje z jądra i przenika do ooplazmy jako t. zw. *chromidia*; znaczenie czynnościowe tego zjawiska, jak zresztą i strona faktyczna, wymagają jeszcze dalszych badań.

Jądro jaja, jak każde wogóle jądro komórkowe, składa się z części bardziej stałych, a przynajmniej więcej zgęszczonych, oraz z płynnych. Do pierwszych należy przede wszystkim substancja odznaczająca się zdolnością silnego barwienia się t. zw. barwikami jądrowymi, np. karminem, haematoxyliną, haematoxyliną żelazistą, safraniną, zielenią metylową. Jak wiemy, nosi ona nazwę barwiny, albo chromatyny, i występuje w postaci ziarn, nici, pętli. Bliżej rozpatrzmy zachowanie się chromatyny, kiedy będzie mowa o dojrzewaniu jaj. Inna substancja, składająca się często z bardzo delikatnych niteczek, przebiegających od jednych ziarn lub nici chromatyny do drugich, lecz nie barwiąca się, otrzymała miano lininy. Reszta zawartości jądra to jasny, przejrzysty płyn, t. zw. sok jądrowy. Wreszcie w jądrze znajduje się nadto jedno, kilka lub wiele ciałek kulistych, barwiących się często bardzo swoiście — są to jąderka (*nucleoli*), inaczej plamki zarodkowe.

Jądro jajowe zmienia niekiedy wygląd swój i wielkość w różnych fazach rozwoju jaja; szczególnie zaś zasługuje na uwagę, że w pewnych stadyach rozwoju u niektórych zwierząt sprawia ono wrażenie, jak gdyby wcale nie posiadało błony i nie było wyraźnie odgraniczone od ooplazmy, ku której wysyła pełzakowate wypustki (np. u owadów, według badań Korschelta); pozostaje to w związku z przebiegiem

odżywiania się jądra, ale zarówno też z odżywianiem całej komórki, gdyż u owadów wypustki jądra, długie, pełzakowate, zwrócone są zawsze w stronę, gdzie gromadzi się w jajach deutoplazma.

W jądrze występują niekiedy po dwa różne jąderka, jedno tuż obok drugiego, różne pod względem chemicznym i barwiące się odmiennie; jedno z nich barwi się silnie tymi samymi barwikami, co i chromatyna (np. haematoxyliną), drugie zaś tymi, co plazma (np. eozyną). Waldeyer proponuje ostatnie z nich nazywać jąderkiem prawdziwym — *nucleolus*, pierwsze zaś — rzekomem — *pseudonucleolus**.

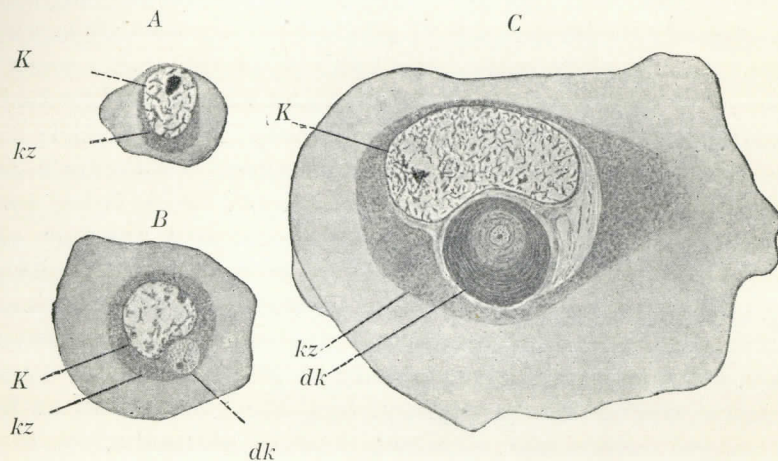
Oprócz wymienionych tu składników jaja, zasługują jeszcze na uwagę następujące. Jak każda komórka, tak i jajowa zawiera w ooplazmie w sąsiedztwie jądra bardzo drobne ciało, zwane środkiem, albo, krócej, śródciałkiem, lub wreszcie centrozomem (*centrosoma*), a składające się z drobnutkiego ziarenka centralnego, t. zw. centriolu, otoczonego jaśniejszą obwódką. Dokoła centriolu znajduje się zgęszczona część plazmy, zwykle o budowie promienistej, t. j. składająca się z delikatnych włókienek ułożonych dokoła centrozomu, jak promienie dokoła słońca; jest to t. zw. *astrosfera*. Ostatnia przechodzi niekiedy w pewnym okresie życia komórki we włókienka plazmy, biegnące promienisto aż ku obwodowi całego jaja. Czasami ta sfera plazmatyczna, otaczająca centrozom, jest silnie zgęszczona i nie wykazuje budowy promienistej. Niektórzy oznaczają ją wówczas nazwą *idiozomu*. Zobaczmy niżej, że ciało środkowe w jajach, zwane tu także *owocentrem* (czyli centrem jajowym), odgrywa ważną rolę podczas rozwoju i przebiegu dojrzewania jaja. Zdaje się, że niekiedy ciało środkowe może samodzielnie powstawać wewnątrz plazmy (Boveri, Wilson).

Inna znów część składowa jaja, o której w ostatnich zwłaszcza latach wiele pisano, jest to t. zw. jądro żółtkowe (*Dotterkern*). Twór ten opisano w jajach różnych zwierząt, u szkarłupni, robaków, stawonogów, osłonik, kręgowców, ale niewątpliwie powikłano tu z sobą twory bardzo roz-

* Niektórzy nadają jąderkom rzekomym nazwę ciał jądrowych (*karyosoma*), np. Platner, Ogata.

maite. W sposób najbardziej typowy owo jądro żółtkowe występuje w jajach pajaków, gdzie po raz pierwszy opisał je słynny biolog francuski Balbiani, a później badali je liczni inni uczeni.

Tak, u pajaka domowego zauważyć można w młodym bardzo jajku (rys. 6) występującą dokoła jądra warstwę deutoplazmy, w której w pewnym miejscu pojawia się jaśniejsze ciało z centralnym ziarenkiem wewnątrz. Otóż to ciało jaśniejsze powiększa się wkrótce bardzo znacznie, rozrasta się i tworzy wielką masę kulistą lub jajowatą, spoczywającą

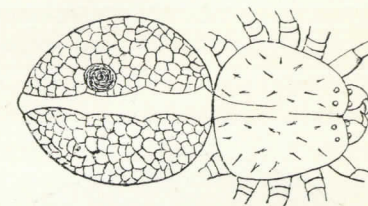


Rys. 6. Jaja młode w jajniku pajaka domowego w różnym wieku (A, B, C). dk — jądro żółtkowe, K — jądro jaja, kz — warstwa tworząca się żółtka (według van der Strichta).

ca tuż przy jądrze. Masa zawiera wewnątrz ziarenko centralne, a bardziej ku obwodowi wykazuje budowę współśrodkową, t. j. liczne, koncentrycznie obejmujące się warstewki. Jest to właśnie t. zw. jądro żółtkowe, i, rzecz ciekawa, że, kiedy jajo po zapłodnieniu zaczyna się dzielić, jądro to przenika do jednej z komórek zarodka, obfitujących w żółtko, a nawet u młodego już pajęczka widać w odwłoku przeświecające jądro żółtkowe (rys. 7), które ostatecznie jednak ginie bez śladu. U innych pajęczaków (np. u *Holcus*) jądro żółtkowe przylega do jądra jajowego, otulając je z jednej

strony niby czapką (rys. 8); po pewnym atoli czasie ulega rozpadowi, a wtedy widać gromadzące się w ooplazmie ziarenka deutoplazmy. Fakt ten, jako też i pewne inne spostrzeżenia poczynione nad jądrem żółtkowym u niektórych innych zwierząt, przemawiają za tem, że jądro żółtkowe odgrywać może pewną rolę przy formowaniu się deutoplazmy w plazmie jajowej.

Niektórzy autorowie nazwali jądrem żółtkowym twór, odpowiadający astrosferze lub idiozomowi. Jeszcze inni, np. Colkins (1895), twierdzili, iż w powstawaniu jądra żółtkowego bierze udział część chromatyny jądra jajowego, która wstępuje do ooplazmy (mianowicie w jajku dżdżownicy). Gdyby to okazało się słusznym, twór ten nie odpowiadałby wcale właściwemu jądru żółtkowemu, jakie widzimy w jajku pajaków, lecz stanowiłby to, co oznacza się nazwą chromidiów (p. str. 70). Nie ulega wreszcie wątpliwości, że w jeszcze innych przypadkach autorowie oznaczają nazwą jądra żółtkowego twór znów całkiem inny, mianowicie szczególny aparat napotykaną w komórkach ciała wielu zwierząt kręgowych i bezkręgowych, a także i w młodych jajach, zwany aparatem Golgi-Kopscha. Jest to siateczka lub splot szczególnych nitek wewnątrz protoplazmy, utworzonych ze specjalnych składników chemicznych, głównie z t. zw. lecytyny. W jajach zupełnie dojrzałych znika on zwykle bez śladu. Znaczenie fizjologiczne tego aparatu jest dotąd niewyjaśnione*. Widzimy zatem, że nazwą jądra żółtkowego oznaczano twory bardzo rozmaite i niezawsze sobie odpowiadające, a na podstawie tego, co wyżej powiedzieliśmy, nazwę tę stosować na-

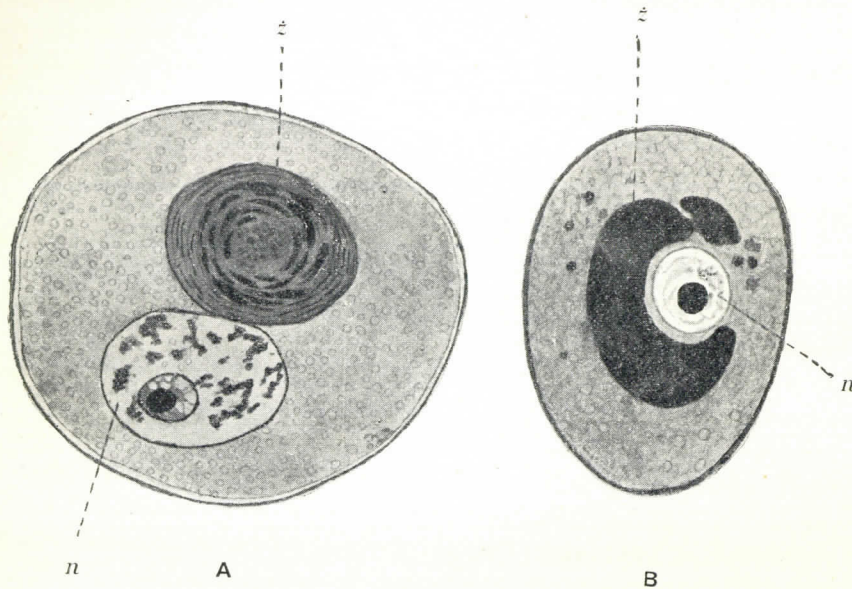


Rys. 7. Młody osobnik pajaka domowego z jądrem żółtkowym w masie żółtka nagromadzonej w odwłoku (według Balbianiego).

* Wykrycie tego aparatu komórkowego u wielu zwierząt bezkręgowych zawdzięcza nauka kilku pracownikom lwowskiego instytutu zoologicznego.

leży tylko do takich tworów, jakie napotykamy np. w jaju pajaków.

Wreszcie, w ostatnich latach wykryto jeszcze jeden składnik jaja, kto wie, czy nie bardzo ważny. Już przedtem Benda zauważył w plemniku szczególne drobne ciała ziarniste, układające się często szeregami, tak iż tworzą niteczki, a ma-



Rys. 8. A — Młode jajo pająka z wielkim jądrem żółtkowem (ż) obok jądra (n). B — Młode jajo pajęczaka wodopójki rodzaju *Sperchon* z jądrem żółtkowem (ż) czapkowato otaczającym jądro (n) i częściowo już się rozpadającym. (Rys. oryg. według preparatów lwowskiego instytutu zoologicznego).

jące swoisty skład chemiczny i barwiące się pewnymi tylko barwikami; nazwał je on mitochondriami (od wyrazów *mitos* — nić, *chondria* — ziarenka). Otóż niedawno znaleziono i w plazmie jaj u różnych zwierząt podobne twory: szczególne ziarenka, układające się często szeregami w niteczki.

A zatem jajo posiada budowę bardzo złożoną; jest to twór skomplikowanej organizacyi, zawierający różnorodne części. Ta złożoność organizacyi jaja nie powinna nas dziwić; owszem, musimy przypuścić, że ma ono budowę jeszcze

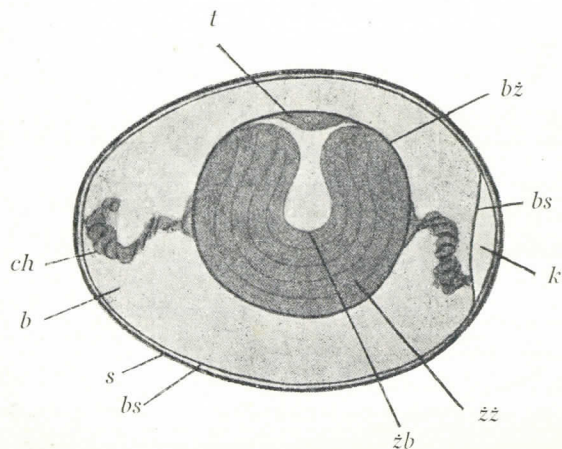
o wiele więcej złożoną, niż wykazują nam nasze środki badania. Bo [pamiętajmy o tem, że w jaju ukryta jest, że tak powiem, cała przyszła natura zwierzęcia; jajeczko tygrysa, czy jajeczko ludzkie, jakkolwiek tak podobne do siebie, nie różnią się wzajem niewątpliwie mniej, niż tygrys i człowiek, bo jedno i drugie zawiera utajone potencje dziedziczne do stworzenia dzikiej bestyi lub korony świata ustrojowego.

Pozostaje jeszcze powiedzieć słów kilka o osłonach, czyli błonach jaj zwierzęcych. Jaja pełzakowate, np. młode jaja stulbi lub jaja gąbek, u których spoczywają one w miąższu ciała, pozbawione są osłon, czyli są nagie. Po największej atoli części jaja posiadają jedną lub kilka osłon. Rozróżniamy ich trzy rodzaje: osłony pierwotne, wtórne i trzeciorzędne; jeżeli są wszystkie obecne, pierwsza zajmuje położenie najbardziej wewnętrzną, druga — środkową, trzecia — zewnętrzną. Niezawsze jednak istnieją wszystkie trzy, a najczęściej występuje tylko pierwotna. Osłona pierwotna, zwana także błoną żółtkową, odpowiada błonie komórkowej wogóle i jest zawsze wytworem ooplazmy. Zwykle bywa bardzo delikatna, cienka, jednorodna. Kiedy indziej, u niektórych robaków, mięczaków, kręgowców, jest grubsza, uwarstwiona lub przebita kanalikami w kierunku promienistym i wówczas nazywa się błoną promienistą (*zona radiata*). Bywa też tak, że błona żółtkowa wytwarza się dopiero w chwili, kiedy następuje zapłodnienie jaja przez plemnik, np. u wielu szkarłupni. Jeśli błona żółtkowa jest grubsza, wówczas istnieją w niej zwykle na jednym z biegunów drobne otworki — otworek pojedynczy albo też grupa otworków; jest to t. zw. mikropyle. U ssaków *zona radiata* stanowi jedyną osłonę jaja.

Osłona wtórna, zwana inaczej kosmówką (*chorion*), nie jest już wytworem samej plazmy jajowej, lecz komórek t. zw. woreczka jajowego (*folliculus*). U bardzo wielu zwierząt jaja mieszczą się w gruczole płciowym (jajniku) w szczególnych woreczkach, wysłanych nabłonkiem (*epithelium*), i oto ów nabłonek wytwarza błonę, otaczającą jajo i powlekającą zewnątrz błonę żółtkową. Szczególnie u owadów błona wtórna, czyli kosmówka, rozwija się bardzo silnie, bywa nie-

kiedy gruba i twarda i zwykle na jednym z biegunów jaja opatrzona również jednym lub całą grupą otworków (*mikropyle*); przez otworki te przenika do jaja plemnik podczas zapłodnienia.

Wreszcie błony, lub, powiedzmy ogólniej, osłony jajowe trzeciorzędne wytwarza nabłonek przewodów płciowych, przez które jajo wydostaje się nazewnątr. W jaju ptasim np. rozróżniamy właściwą komórkę jajową w postaci kuli żółtka, na której górnym biegunie znajduje się tarczka ooplaz-



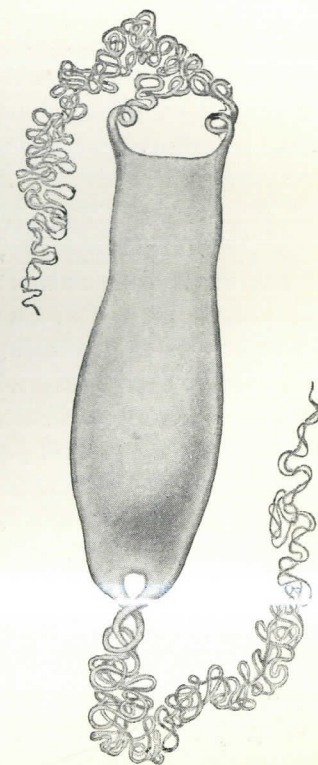
Rys. 9. Przecięcie podłużne przez jajo kurze (nieco schemat.). *ch* — chalaza, *bż* — błona żółtkowa, *b* — białko, *żż* — żółtko żółte, *l* — tarczka zarodkowa (plazma z jądrem), *k* — komórka powietrzna, *s* — skorupa, *bs* — błona skorupowa, *żb* — żółtko białe, tworzące pod tarczką zarodkową ciało dzbankowate (*lalebra*), oraz warstewki wspólśrodkowe naprzemian z żółtkiem żółtem.

my z jądrem, reszta zaś kuli jest zajęta przez deutoplazmę (zasługuje przytem na uwagę, że deutoplazma składa się u ptaków z dwójakiego rodzaju żółtka: żółtka białego i żółtego, którego rozmieszczenie jest widoczne na załączonym rysunku 9.). Kulę żółtkową otacza, jak wiadomo, cienka błonka — błona żółtkowa, czyli pierwotna, a nazewnątr niej znajdujemy białko, w którym z każdej strony odróżnić można po galaretowatym sznurku, t. zw. *chalazae*; sznurki te przymocowują kulę żółtka do błony białkowej, otaczającej białko

zzewnątr i złożonej z dwóch warstw, które na tępych biegunie jaja odstają od siebie i pozostawiają tu wolną przestrzeń dla powietrza, potrzebnego rozwijającemu się zarodkowi. Wreszcie zzewnątr błony białkowej znajduje się skorupa jaja, zawierająca 98% soli wapiennych i porowata, a przeto przepuszczająca powietrze. Białko, błona białkowa i skorupa wapienna są to wszystko osłony trzeciorzędne, albowiem powstają w przewodach narządów płciowych. W jaju więc ptasim znajdujemy osłonę pierwotną (błonę żółtkową) i kilka osłon trzeciorzędnych.

U ryb żarłaczy jajo obfitujące w żółtko otoczone jest również, prócz błony żółtkowej, białkiem, a ostatnie jeszcze wielką torebką rogową, z której czterech kątów wybiegają szczególne sznurki, służące do przytwierdzenia jaja do roślin. Białko i owa torebka należą również do kategorii osłon trzeciorzędnych (rys. 10).

U żarłaczy znajdujemy niekiedy w torebce kilka jaj, co stanowi przejście do stosunków, napotykaných u wielu zwierząt bezkręgowych, gdzie występują t. zw. kokony, t. j. torebki wypełnione większą liczbą jaj. Ściany kokonów również zaliczyć musimy do trzeciorzędnych osłon jajowych, jakkolwiek często bywają one wytworem nie ścianek przewodów płciowych, lecz skóry; np. u dżdżownicy znajdujemy w pewnym miejscu ciała zgrubienie na skórze, t. zw. siodełko, w którym gruczoły skórne wytwarzają kokon, a w ostatnim złożona zostaje substancja odżywcza (białko) wraz z jajami. Kokony z jajami znajdujemy też u pijawek, wirków oraz u niektórych owadów. Samica karakona wytwarza kokon chity-



Rys. 10. Jajo żarłacza *Scyllium*.

nowy w kształcie torebki ręcznej, podzielony wewnątrz przegrodą podłużną na połowy prawą i lewą; w każdej z nich znajdują się przegródki poprzeczne, pomiędzy zaś każdymi dwiema przegródkami poprzecznymi mieści się po jednym jaju, otoczonem błoną żółtkową i kosmówką. Kokon ten samica karakona nosi z sobą przez czas dłuższy na końcu odwłoka. Niektóre pokrewne grupy faktów rozpatrzmy jeszcze niżej, w rozdziale o pielęgnowaniu jaj.

Rozwój jaja. Podczas rozwoju zarodka bardzo wcześnie pojawiają się komórki, będące zawiązkami przyszłych komórek płciowych. U większości tkankowców komórki te znajdują się w t. zw. gruczołach płciowych, czyli gonadach ustroju. O ile mają z nich powstać w przyszłości jaja, noszą one nazwę prajaj, czyli owogonii (zobaczmy niżej, że komórki analogiczne, z których mają powstać plemniki, noszą nazwę spermatogonii). Inaczej jeszcze można je nazwać prakomórkami płciowymi. Prakomórki płciowe dzielą się energicznie, tak iż powstają coraz nowe pokolenia komórek. Powiadamy więc, że owogonie znajdują się w okresie ustawicznego podziału, rozmnażania się. Przez ciągły podział zmniejszają się one do pewnego stopnia. Po pewnym też czasie podział ustaje, i owogonie przechodzą w stadyum, w którym już się nie dzielą, lecz rosną, powiększają się. W tem stadyum zwą się one owocytami I. rzędu. Kiedy już osiągną odpowiednie rozmiary, każda z nich dzieli się na dwie komórki: jedną większą, zwaną owocytom II. rzędu, drugą mniejszą zwaną pierwszym ciałkiem kierunkowym (dlaczego tak się nazywa, zobaczmy niżej), poczem tak owocyt II. rzędu, jak i ciało kierunkowe, znów się dzieli, każde na dwie komórki; owocyt II. rzędu dzieli się na jajo dojrzałe i na drobne t. zw. drugie ciałko kierunkowe, pierwsze zaś ciałko kierunkowe na dwie jeszcze drobniejsze komóreczki. W ten sposób powstaje jajo dojrzałe, gdy tymczasem owe drobne komóreczki, zwane ciałkami kierunkowymi, giną. Zobaczmy w przyszłości, że podczas wytwarzania się jaj dojrzałych redukuje się do połowy ilość chromatyny w jądrze jajowym, przez co ostatnie znacznie się zmniejsza; w jaki zaś sposób odbywa się ta t. zw. re-

dukcy chromatyny i jak zachodzi cały przebieg dojrzewania, rozważmy później w osobnym rozdziale, gdzie będzie mowa o dojrzewaniu jaja i plemnika. Na razie wystarczą podane tu fakta, a pamiętajmy głównie o tem, że młode jajo, zanim dojrzeje, musi uleść dosyć złożonym sprawom wzrostu i podziału.

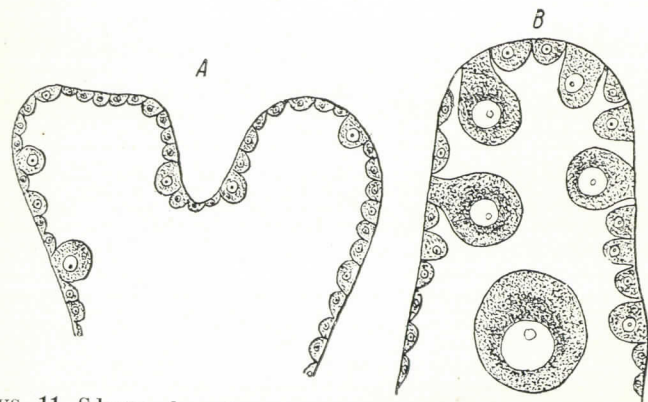
Powiedzieliśmy, że młode jaja występują zwykle bardzo wcześnie w zarodku, rzadziej dają się wyróżnić dopiero w późniejszym nieco okresie życia zwierzęcia.

U jednych młode jaja pojawiają się pojedynczo wśród tkanek ustroju rodzicielskiego, u innych, i to u znacznej większości, występują w szczególnych narządach, zwanych gruczołami płciowymi żeńskimi, albo jajnikami (*ovaria*). U gąbek w mięszu ciała, wypełniającym przestrzeń pomiędzy skórą a ścianką jamy pokarmowej, zjawiają się pojedyncze, rozproszone komórki, odznaczające się większymi rozmiarami i zwykle początkowo opatrzone wypustkami plazmatycznymi, dzięki którym mogą się poruszać i wędrować wśród innych komórek mięszu. Są to młode jaja. U stłbiopławów, wśród zwierząt jamochłonnych, młode jaja powstają zwykle również pojedynczo w różnych miejscach ciała, np. w skórze (ektodermie) cewki ustnej meduzoidów, na łodydze głównej lub jej rozgałęzieniach. Jaja te odbywają zwykle wędrówki z miejsc, w których się tworzą (pierwotne miejsce ich powstawania stanowi, według A. Weismanna, ektoderma cewki ustnej osobników meduzowatych kolonii), ku różnym innym okolicom ciała, gdzie dopiero dojrzewają.

Ale oto już u pewnych gąbek (to samo tyczy się stłbiopławów) pojedynczo powstające jaja występują niekiedy w większych skupieniach w pewnych okolicach ciała, np. u gąbki pospolitej, *Euspongia*, pojawiają się w liczbie kilkudziesięciu w pobliżu przewodów wyciekowych (t. j. cewek, przez które woda wycieka z jamy pokarmowej gąbki). Te skupienia miejscowe komórek płciowych stanowią niby zawiązki jajników, jakby przejścia od całkiem odosobnionego występowania jaj do rozwoju ich w jajnikach.

Jajniki bywają trojakiej postaci. W jednych przypadkach są to twory spoiste, podobne do owych skupień jaj, o jakich

wspomnieliśmy u gąbek, tylko, że zwykle nie wszystkie komórki takiego spoistego narządu przekształcają się ostatecznie w jaja, lecz tylko niektóre, inne zaś służą do odżywiania pierwszych. Kiedy indziej jajnik ma budowę pęcherzykową lub woreczkową — jest to woreczek, którego ścianka składa się z warstwy komórek — nabłonka płciowego (rys. 11), a pewne komórki tej ścianki przekształcają się w jaja. W grupie robaków wstępnie u jednych gatunków powstają w miąższu ciała spoiste gruczoły jajnikowe, u innych tworzą się woreczki o ściance nabłonkowej, a pewne komórki tej ścian-

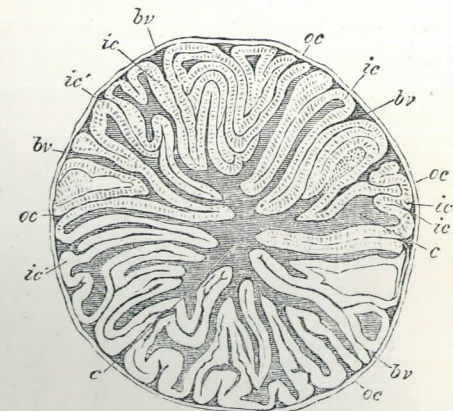


Rys. 11. Słupy koniec woreczka jajnikowego u szkarłupni, A — u *Amphidetus cordatus*, B — u *Astropecten aurantiacus* z nabłonkiem płciowym, młodszymi i starszymi jajami (wedł. H. Ludwiga).

ki przekształcają się w jaja, przenikające do światła woreczka; niekiedy jaja są przez pewien czas połączone ze ścianką woreczka za pomocą długich łodyżek odżywczych. W jeszcze innych przypadkach jajnik jest tworem spoistym, ale zawiera wewnątrz miąższ, utworzony z tkanki łącznej, naczyń krwionośnych i t. d., na powierzchni zaś powleczone jest nabłonkiem płciowym, który tworzy wpuklenia do owego miąższu; z nabłonka płciowego powstają młode jaja. Typ takiego jajnika znajdujemy u zwierząt ssących (p. niżej).

Młode jajo nie zawiera jeszcze żółtka odżywczego, czyli deutoplazmy, i dopiero w miarę rozwoju otrzymuje ów za-

pasowy materiał odżywczy. Dzieje się to, jak już wspomnieliśmy (str. 69), w rozmaity sposób. W jednych razach deutoplazma wytwarza się kosztem ooplazmy (p. str. 69), t. j. jajo samo, bez pomocy innych komórek, wytwarza sobie ziarenka żółtkowe; w innych atoli przypadkach, i to zawsze wówczas, kiedy deutoplazmy jest ilość pokaźna, powstaje ona dzięki współdziałaniu innych komórek, otaczających jajo. Otóż jajo bywa czasami ze wszystkich stron otoczone warstwą komórek nabłonkowych, komórek woreczka jajnikowego, które dostarczają mu deutoplazmy, jak u niektórych owadów lub głowonogów. U ostatnich zauważono, że młode jajo bywa często otoczone gładką warstwą nabłonka jajnikowego, ale w miarę, jak ono rośnie, nabłonek tworzy liczne sfaldowania i wpukliny ku jaju, jak to widać na rys. 12; w ten sposób, oczywiście, powierzchnia odżywiającego

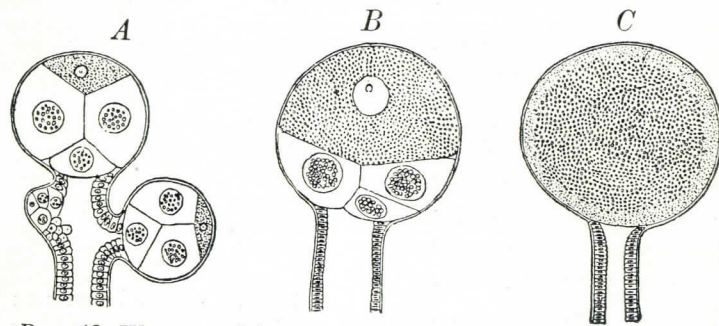


Rys. 12. Przecięcie przez woreczek jajnikowy matwy (*Sepia*), którego nabłonek tworzy liczne fałdy do środka, przenikające do substancji jaja (c). (Wedł. R. Lankester z Balfoura).

nabłonek bardzo się powiększa, i liczne ziarenka żółtkowe przenikają zeń do jaja, poczem ostatecznie fałdy nabłonka znikają, a całe wnętrze woreczka wypełnia jedno wielkie, obfitujące w deutoplazmę jajo.

Kiedy indziej istnieją w jajniku, w najbliższym sąsiedztwie jaja, komórki, które zużywają się zupełnie na wytworzenie deutoplazmy; są to t. zw. komórki żółtkotwórcze. U stłubki lub u tubularyi liczne komórki żółtkotwórcze otaczają jajo, które otrzymuje wypustki i za ich pomocą wprost jakby zjada, pochłania wszystkie sąsiednie komórki, których plazma i jądra zużywają się w zupełności na wytworzenie deutoplazmy. Jajo takie jest jakby tworem wielokomórkowym, powstaje

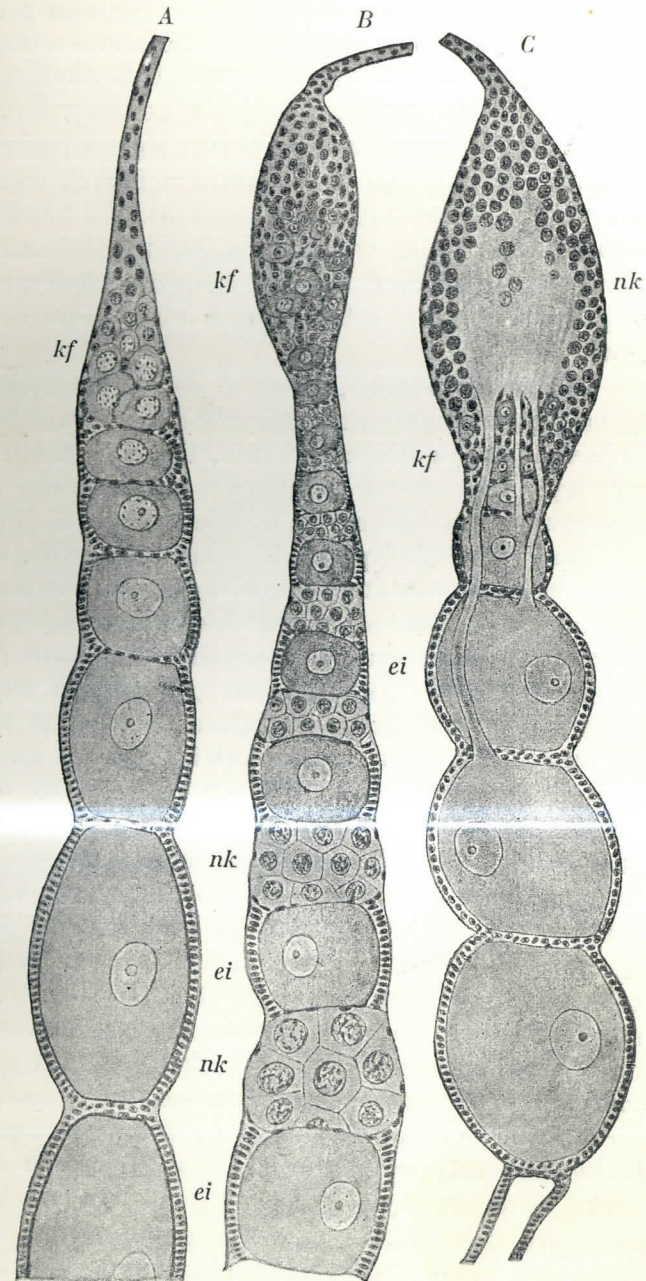
z całej masy komórek, ale ta wielokomórkowość jest pozorna, bo plazma i jądro tylko jednej pracomórki jajowej tworzą plazmę i jądro jaja ostatecznego, wszystkie zaś inne tracą indywidualność swoją i zużywają się właśnie na wytworzenie deutoplazmy — materiału odżywczego, który zachowuje się całkiem biernie. Komórki żółtkotwórcze napotykamy też w jajnikach wielu stawonogów, o czym wspominaliśmy już na str. 64., mówiąc o pochodzeniu jaja letniego i zimowego u plesznicy. W jajniku pięknego skorupiaka wód nasszych, u przekopnicy (*Apus*), znajdujemy woreczkowate wypukliny, a w każdej po cztery komórki, wypełniające światło



Rys. 13. Woreczki jajnikowe przekopnicy w różnych stadiach rozwoju. A — część jajnika z 3 młodymi woreczkami, B — jeden woreczek starszy, C — jeszcze starszy z gotowym jajem pośrodku. (Wedł. H. Ludwiga).

wypukliny, i oto jedna z tych komórek przekształca się w jajo ostateczne, trzy zaś inne tracą jądra i zużywają się całkowicie na wytworzenie deutoplazmy jaja; w ten sposób z czterech komórek każdego woreczka powstaje jedno jajo, obfityjące w deutoplazmę (rys. 13). U owadów jajnik składa się z kilku cewek uchodzących do wspólnego zbiornika, z którego wiedzie przewód (jajowód); każda cewka jajnikowa dzieli się przewężeniami okrężnymi na pewną liczbę t. zw. komór. U jednych owadów, np. u prostoskrzydłych (rys. 14, A), każda komora jest wysłana nabłonkiem, a wewnątrz zawiera jajo, które otrzymuje deutoplazmę od otaczającego je nabłonka. U innych, np. u chrząszczy (rys. 14, B), komory również są wysłane nabłonkiem, ale nadto jedne komory cewki jajniko-

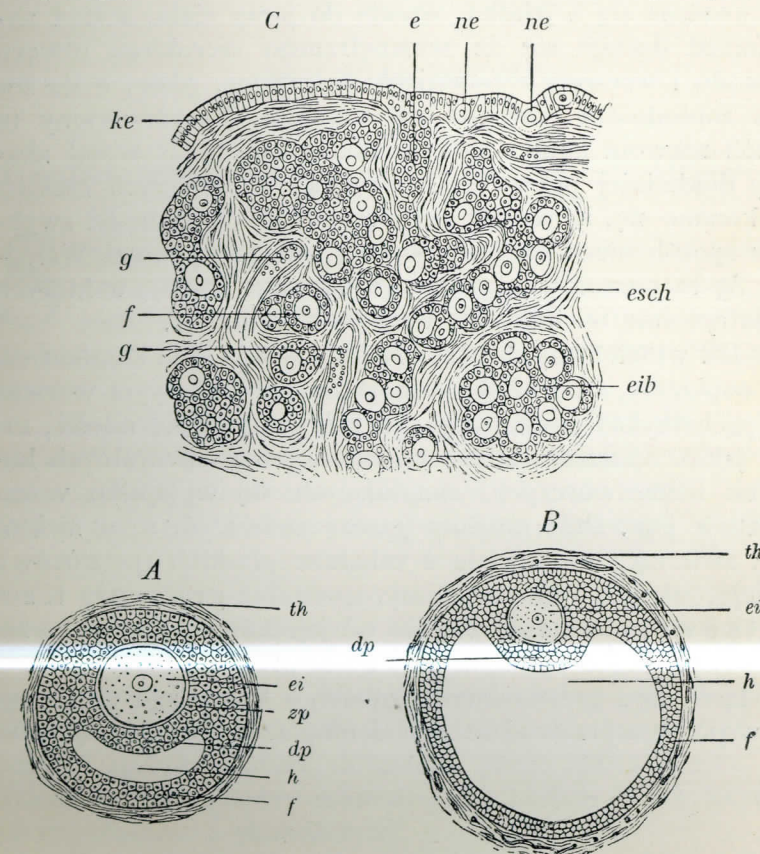
Rys. 14. Jajniki (części t. zw. rurek jajnikowych) różnych owadów. A — prostoskrzydłych, B — chrząszczy, C — owadów półpokrywych, *kf* — komora wierzchołkowa rurki jajnikowej, *ei* — komora zawierająca jajo młode, *nk* — komora zawierająca komórki żółtkotwórcze. (Według Korschelta).



wej zawierają jajo (*ei*), inne zaś, naprzemian z niemi ułożone—grupy wielkich komórek żółtkotwórczych (*nk*), a każda taka komora żółtkotwórcza dostarcza deutoplazmy jaju bezpośrednio pod nią znajdującą się komory. I tu więc wiele komórek (żółtkotwórczych) zużywa się na wytworzenie deutoplazmy dla jednego jaja. Jeszcze u innych owadów, u półpokrywych, tylko komora wierzchołkowa każdej cewki jajnikowej (rys. 14, *C*) wypełniona jest komórkami żółtkotwórczymi (*nk*), z których spływa strugami deutoplazma do jaj, znajdujących się w niżej położonych komorach cewki jajnikowej (*ei*).

Mówiąc o jajniku, musimy jeszcze zatrzymać się chwilę na jajniku kobiecym, który zresztą w zasadzie ma taką budowę, jak i u innych ssaków. U płodu jajnik (prawy i lewy) wytwarza się na grzbietowej stronie jamy ciała z listka środkowego (mezodermy), wyściełającego tę jamę, i ma postać guza powleczonego nabłonkiem płciowym, wewnątrz zaś zawierającego miąższ z tkanki łącznej. Guz ten z kolei oddziela się od ścianki jamy ciała jako płasko-jajowaty twór, zawieszony w jamie ciała na specjalnym wiązadle (*mesovarium*). Nabłonek płciowy młodego zawiązku jajnika buja w różnych miejscach do wnętrza, ku miąższowi, tworząc spoiste sznurki komórkowe (t. zw. woreczki Pflügera), złożone z soczystych komórek nabłonkowych (rys. 15, *C*); otaczający zaś miąższ, w pewnych miejscach silniej się rozrastając, powoduje rozbięcie tych sznurków na oddzielne, mniej więcej kuliste skupienia pełne komórek nabłonkowych. W każdym skupieniu widać jedną komórkę większą, kulistą—jest to młode jajo, otaczające zaś ją komórki mniejsze to przyszłe komórki ścianki t. zw. pęcherzyka Graafa (rys. 15, *A*, *B*); ostatnie różnicują się w ten sposób, że część komórek pozostaje na obwodzie pęcherzyka, tworząc t. zw. błonę ziarnistą (*membrana granulosa*), część zaś bezpośrednio otacza jajo jako t. zw. tarczka jajonośna (*discus oophorus*) i tworzy jakby guzowatą wypuklinę błony ziarnistej; w środku pęcherzyka wydziela się tymczasem płyn surowiczy (*liquor*). Nakoniec zzewnątrz, z otaczającego miąższu powstaje łącznotkankowa osłona pęcherzyka (*theca folliculi*). W ten sposób

w miąższu jajnika tworzą się pęcherzyki Graafa. Z kolei pęcherzyk rośnie, powiększa się, przyczem rośnie także jajo odżywiane przez komórki tarczki jajonośnej, a w miarę tego coraz więcej gromadzi się również płynu surowiczego wewnątrz pęcherzyka. Dojrzewające coraz bardziej i powięk-



Rys. 15. Rozwój jajnika u ssaków. *C*—część przekroju przez jajnik noworodka ludzkiego: *eib*—skupienia młodych przyszłych pęcherzyków Graafa, *e*, *esch*—woreczki jajowe (woreczki Pflügera), *f*—młode pęcherzyki wolne, *g*—naczynia krwionośne, *ke*—nabłonek płciowy, *ne*—prajaja. *A*, *B*—dwa stadia rozwoju pęcherzyka Graafa (*A*—młodszy, *B*—starszy): *dp*—tarczka jajonośna, *ei*—jajo, *f*—komórki ścianki pęcherzyka, t. zw. błona ziarnista, *h*—jama pęcherzyka Graafa wypełniona cieczą, *th*—ścianka (*theca*) pęcherzyka, *zp*—zona pellucida. (Według Waldeyera z O. Hertwiga).

szające się pęcherzyki zbliżają się do powierzchni jajnika i nawet nieco uwypuklają jego ściankę, na której tworzą się też wskutek tego maleńkie guzkowate wyniosłości. Kiedy płynu nagromadzi się jeszcze więcej, pęcherzyk pod wpływem parcia pęka, i wówczas jajo, otoczone komórkami tarczki jajonośnej, uwalnia się z jajnika, wpada do jamy ciała, a stąd natychmiast dostaje się do wewnętrznego szerokiego otworu jajowodu i wreszcie z ostatniego do macicy, gdzie, o ile zostało zapłodnione, zaczyna się rozwijać. Przedstawiony tu sposób rozwoju jajnika ssaków po raz pierwszy został zbádany dokładniej przez Waldeyera. W nowszych czasach przekonano się, że rozwój pęcherzyka Graafa zachodzi zwykle w sposób nieco bardziej złożony, niż przyjmował Waldeyer. Są to poszukiwania Winiwartera (1900), w których rozpatrywanie nie możemy tu jednak wchodzić.

Jak widzieliśmy, żółtko powstaje w jaju albo kosztem samej ooplazmy, albo dzięki komórkom nabłonkowym woreczka (pęcherzyka) jajnikowego, w którym jajo się mieści, zanim jajnik opuszcza, albo wreszcie kosztem specjalnych komórek żółtkotwórczych, znajdujących się w jajniku w sąsiedztwie jaja. Otóż musimy jeszcze zauważyć, że u niektórych zwierząt, mianowicie u robaków płaskich (płazińców), istnieją, jak już wspomnieliśmy, specjalne gruczoły t. zw. żółtkowe, niezależne zwykle od jajników, a mające za zadanie wytwarzać deutoplazmę, i oto przewody tych gruczołów łączą się z przewodami jajników, a każde jajo otrzymuje we wspólnym przewodzie część deutoplazmy i otacza się błoną.

ROZDZIAŁ SIÓDMY.

Komórka płciowa męska, czyli plemnik.

Samiec produkuje w gruczołach rozrodczych męskich nasienie, czyli plemnię, albo spermę, której najważniejszymi składnikami morfologicznymi są ciążka nasienne, zwane inaczej plemnikami (*spermatozoa*, *spermia*).

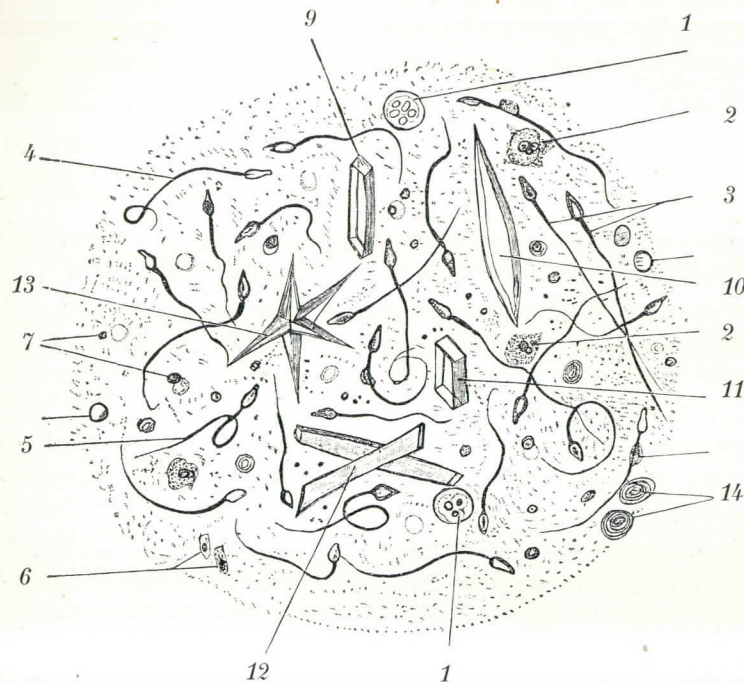
Rozpatrzmy dla przykładu plemnię ludzką. Jest to ciecz barwy mętno-białawej, konsystencji lepkiej, jakby śluzowej, o szczególnej, przenikliwej, charakterystycznej woni. Ciecz ta jest wytworem właściwych gruczołów płciowych męskich, jąder, czyli mąd (*testes*), wytwarzających plemniki, oraz kilku gruczołów dodatkowych: gruczołów krokowych (*prostata*), gruczołów Coopera i innych. Sperma zawiera około 90% wody i 10% części stałych: substancje organiczne, głównie ciało białkowe nukleoalbuminę, chemicznie zasadowe, spermę i inne, oraz sole mineralne. Dokładna analiza chemiczna spermy łosia, dokonana przez Mieschera, wykazała w niej, między innymi, 41·9% białka, 31·83% lecytyny, 26·27% tłuszczu i cholesteryny.

Ale wróćmy do obranej przez nas dla przykładu plemni ludzkiej.

Kropla spermy, pozostawiona na powietrzu, krzepnie wkrótce, zasycha, tworząc, np. na płótnie, twardawą, jakby od krochmalu pochodzącą plamę bezbarwną, zwykle o brzeżkach nieco żółtawych. Nawet po dłuższym czasie możemy ją rozmiękczyć w letniej wodzie, najlepiej w zawierającej 1% soli kuchennej, a wówczas w otrzymanym stąd płynie zauważymy

pod mikroskopem pewne składniki morfologiczne spermy, które wszakże najwyraźniej widać w świeżej plemni.

Pod mikroskopem, używszy silnych powiększeń (rys. 16), zauważymy w żywej plemni przede wszystkim poruszające się ręczko plemniki — długie, nitkowate twory, zakończone



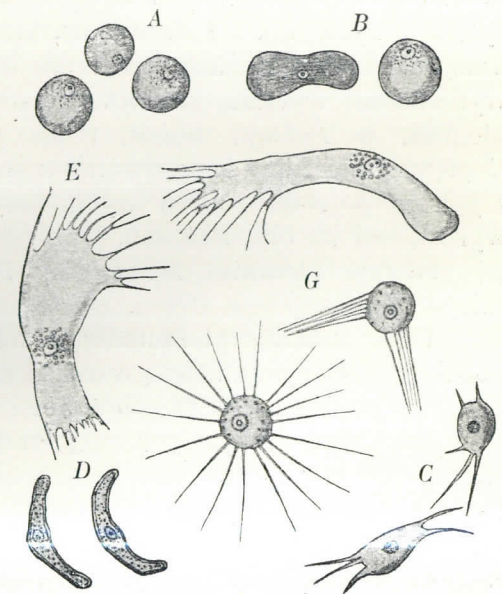
Rys. 16. Swieża plemnica (sperma) ludzka (pow. około 300 razy). W cieczy, zawierającej liczne ziarenka białkowe, kuleczki tłuszczu oraz ziarenka barwikowe, widzimy plemniki (3, 4, 5), ciała limfatyczne (2), t. zw. komórki jądrowe (1), komórki cylindryczne (6), ciała z gruczołu krokowego (7), kryształki (9–13), ciała amyloidowe z gruczołu przyprątneho (14). (Według Waldeyera).

główkami; jedne pływają szybciej, inne wolniej, falowato poruszając nitkami i sunąc główką naprzód, niektóre skręcają się wężkowato, inne ledwie wyraźne okazują ruchy. Prócz tego tłumu kłębiących się żywych plemników widzimy jeszcze inne morfologiczne składniki nasienia, ale już wszystkie znaczenia drugorzędne. Między innymi widzimy okrągławe

lub pełzakowate komórki z jądrami (limfocyty), niektóre z zawartością ziarnistą w plazmie, przejrzyste ciała kuliste, kuleczki błyszczące lecytyny (z gruczołu krokowego), drobne ziarnistości (*granula*), kropelki tłuszczu i ziarenka barwikowe, a nadewszystko najciekawsze dla patrzącego — kryształki różnorodne, występujące jednak dopiero po pewnym czasie, kiedy sperma zaczyna już krzepnąć, na kształt pryzmatów, rozetek, igieł; są to kryształki soli kwasu fosforowego i sperminy. Żywotność plemników jest bardzo wielka; w niewysychającej spermie jeszcze po kilkudziesięciu godzinach zauważyć można ruch plemników, wprawdzie już słaby; a jak wielką jest ich wytrzymałość życiowa, dowodzi fakt, że stosunkowo nawet niezbyt słabe roztwory kwaśne i zasadowe nierychło je zabijają.

Ze wszystkich składników spermy najważniejsze są, jak rzekliśmy, plemniki, one to bowiem są właściwymi komórkami zapładniającymi. Zapoznajmy się więc bliżej z postacią, budową i rozwojem plemników zwierzęcych.

W przeciwieństwie do jaj, które mają naogół postać dosyć jednostajną, plemniki zwierzęce wykazują przeróżne kształty, najczęściej tak zmienione, że dopatrzenie się w nich zwykłych składowych części komórki stanowi pewną trud-



Rys. 17. Plemniki różnych plesznic (*Cladocera*). A—*Latona setifera*. B—*Daphnella brachyura*. C—*Polypheumus pediculus*. D—*Moina paradoxa*. E, F—*Sida cristallina*. G—*Moina reclinata*. (Według Weismanna, Leydiga).

ność, każdy bowiem plemnik, podobnie jak jajo, bez względu na postać swoją, stanowi zawsze tylko jedną komórkę.

W rzadkich tylko przypadkach plemnik ma kształt zwykłej komórki, podobnej do jaja. Takie kuliste plemniki, opatrzone protoplazmą i wyraźnym jądrem z jąderkiem, znajdujemy u drobnych skorupiaków wód słodkich z grupy plesznicy (*Cladocera*) (rys. 17). U *Bytotrephes* plemnik jest regularną kulistą komórką, dosięgającą przytem stosunkowo znacznej wielkości (przeszło dziesiątej części milimetra w średnicy), u innych, np. u *Polyphemus*, komórka plemnikowa jest kształtu nieco jajowatego, opatrzona kilkoma plazmatycznymi wyrostkami; wyraźną komórką z jądrem pośrodku jest też plemnik w rodzaju *Moina*, tylko postaci półksiężycowej. U pięknej plesznicy *Sida cristallina* przedstawia on komórkę z jądrem pośrodku, nieco wydłużoną i opatrzoną krótkimi wyrostkami na obu końcach. Duże stosunkowo i kuliste, do jaj podobne plemniki, znajdujemy też u skorupiaaka morskiego *Squilla*.

Takie kształty plemników, a także pewne inne, które później rozpatrzemy, należą wszakże do wyjątków, najczęstsze zaś, najbardziej rozpowszechnione, i to u zwierząt zarówno niższych, jak i najwyższych, są plemniki kształtu wiciowatego, t. j. opatrzone główką i długą, ruchliwą wicią, czyli nitką. Gdy zadamy sobie pytanie, czy pierwotniejszą postacią plemnika jest komórka mało zmieniona, np. kulista, czy też postać wiciowata, złożona z główki i długiej, cieniutkiej witki, odpowiedź będzie niełatwa. Wydaje nam się atoli prawdopodobniejsze, że postać kulista, jaką widzieliśmy np. u plesznicy, nie jest pierwotna, lecz wtórnie nabyta w biegu rozwoju rodowego, a to wobec faktu, że już nawet u bardzo wielu pierwotniaków męska komórka płciowa (t. zw. mikrogameta) jest wydłużona i wiciowata, jakkolwiek u pierwotniaków znajdujemy zwykle dwie wici*. Musimy więc przypuścić, że pierwotniejszą formą plemnika tkankowców jest

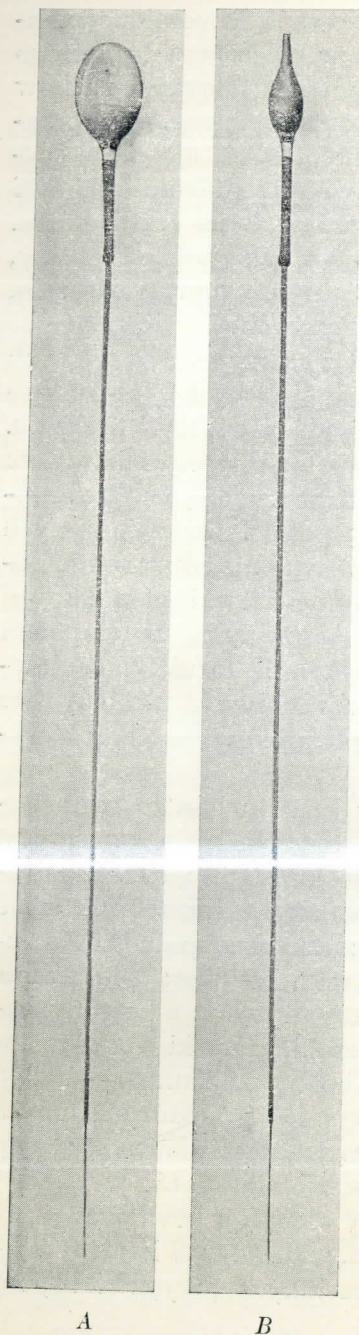
* Należy wszakże pamiętać, że pozornie pojedyncza wic w plemniku tkankowców składa się bardzo często nie z jednej, lecz z dwóch lub większej jeszcze liczby delikatniejszych włókienek, zespolonych w jedną całość, co niżej nieco szczegółowiej rozpatrzemy.

postać wiciowata, doskonale przystosowana do pełnionej przezeń czynności; plemnik bowiem, poszukując jaja, do którego przenika podczas zapłodnienia, za pomocą falowych ruchów wici szybko zmienia miejsce. Przekonano się zaś, że w przypadkach, kiedy plemnik, nie posiadając wici, nie może wykonywać właściwych sobie ruchów, zapłodnienie zachodzi pomimo to dzięki pewnym innym szczególnym urządzeniom.

Plemniki wiciowate spotyka się, jak powiedzieliśmy, u największej liczby zwierząt, i to u grup najrozmaitszych, poczynając od gąbek, a kończąc na ssakach.

Plemnik taki składa się naogół z trzech części, dających się wyraźnie odgraniczyć: główki, pasemka środkowego oraz stosunkowo bardzo długiej wici, czyli ogonka. Główka miewa postać bardzo rozmaitą, i rzecz ciekawa, że częstokroć u form zwierzęcych, blisko z sobą spokrewnionych, jest zazwyczaj odmienna, u postaci zaś zajmujących odległe miejsca w układzie zoologicznym niejednokrotnie dosyć podobna, tak iż najczęściej postać główki plemnikowej u różnych zwierząt nie pozostaje w związku ze stopniem wzajemnego ich pokrewieństwa; tyczy się to nie tylko główki, lecz całego wogóle plemnika, jakkolwiek niekiedy dla pewnych grup zwierząt postacie plemników są charakterystyczne.

Główka plemnika bywa tedy kształtu bardzo rozmaitego: u niektórych ryb kostno-skieletowych (np. u karpia) jest kulista, u innych (u okunia) prawie kulista, bo z jednej strony nieco przypłaszczona, jeszcze u innych spłaszczona nieco silniej, prawie tarczowata, a w znacznym stopniu spłaszczona u niektórych ssaków, jak u kreta, borsuka; spłaszczenie jest tu tak wielkie, że główka, rozpatrywana od strony powierzchni szerokiej, ma postać szerokiej tarczki o zaokrąglonych brzegach, widziana zaś z boku, t. j. kantem — kształt cienkiego pręcika. U człowieka (rys. 18) i niektórych innych ssaków główka ma postać spłaszczoną, lecz ponieważ w części przedniej jest spłaszczona znacznie silniej, niż w tylnej — grubszej, więc, widziana od strony szerokiej powierzchni (A), przedstawia się jako owalna tarcza, widziana zaś kantem (B) — kształtu gruszkowatego. W jeszcze innych przypadkach, np.



u szczura, główka jest silnie spłaszczona, ale tarcza jest wygięta w ten sposób, że z jednej strony jest wypukła, z drugiej zaś silnie wklęsła, a widziana z boku wygląda tak, jak gdyby na przodzie hakowato była zakrzywiona.

U niektórych ryb, gadów, szkarłupni główka ma znów wydłużoną postać wrzecioną, a u wielu płazów jest silnie wydłużona i na przodzie zwęża się. W jeszcze innych przypadkach główka ma skręty spiralne, dwa lub trzy wielkie, np. u niektórych ryb żarłaczowatych, albo znacznie liczniejsze, jak u niektórych żab (*Pelobates*). U ptaków główka jest zwykle bardzo długa i posiada nieznaczne lub bardzo liczne skręty spiralne, wskutek czego wygląda jak świder.

Główka plemnika kończy się zazwyczaj na przodzie szczególną częścią dodatkową, zw. wierzchołkiem; ostatni występuje albo w postaci jakby zaostrego sztyfcika, albo też jest dłuższy i kończy się niby haczykiem zakrzywionym pod kątem ostrym; widzimy to w

Rys. 18. Dwa plemniki ludzkie. A — od strony szerokiej powierzchni głowy, B — od strony brzegu głowy. Bardzo znaczne powiększenie mikroskopowe. (Według G. Retziusa).

plemnikach wielu płazów ogoniastych. Haczyk służy plemnikom, niewątpliwie, do zaczepiania się o błonę jajową. Wierzchołek nie stanowi wprost tylko przedłużenia głowy, lecz jest tworem pochodzenia niezależnego i wtórnie tylko zspala się z główką, czego dowodzi historia rozwoju plemnika (p. niżej).

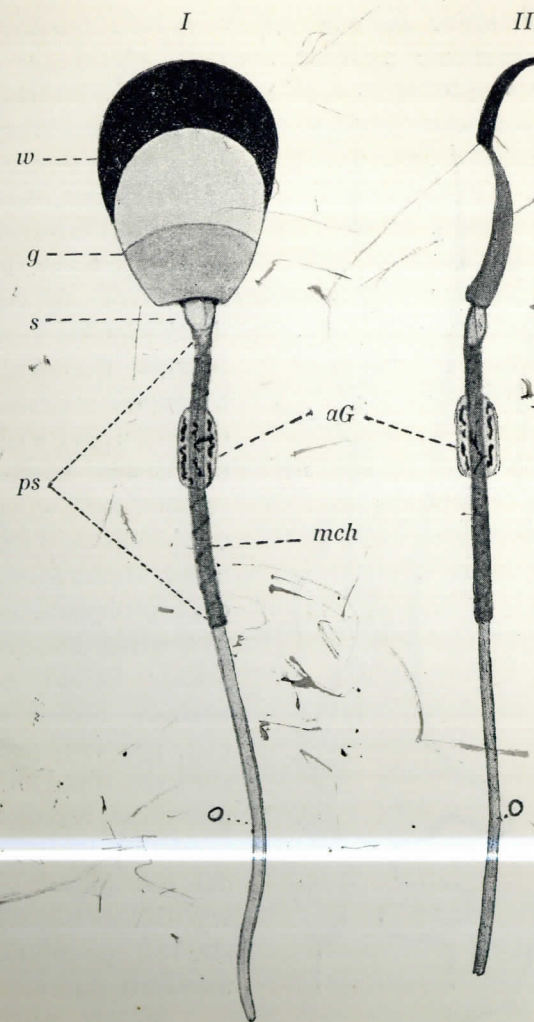
Jak wykazują dzieje powstawania plemnika, główka stanowi jądro komórki plemnikowej, a w szczególności składa się głównie lub nawet wyłącznie ze zgęszczonej substancji chromatynowej. Wszelako, jak dowodzą niektóre nowsze badania, musimy przyjąć, że główka zewnątrz powleczone jest zapewne bardzo cienką warstwą plazmy (Ballowitz). W plemnikach wielu ssaków wykryto powłokę plazmatyczną, pokrywającą przednią część głowy i nawet wystającą poza nią — jest to t. zw. kapa głowy (*Kopfkappe*), a w plemnikach wielu ptaków przednia część głowy jest opatrzona spiralną, dosyć szeroką obwódką plazmatyczną, która wraz ze spiralnymi skrętami samej głowy stanowi znakomite ułatwienie przy przenikaniu (niby wśrubowywaniu się) głowy do jaja podczas zapłodnienia. Jakkolwiek więc główka plemnika jest zgęszczoną chromatyną jądrową, to jednak nie można jej uważać za wytwór wyłącznie jądrowy, jest ona także, w części przynajmniej, tworem plazmatycznym, zwłaszcza jeśli zważymy, że i wierzchołek głowy rozwija się niezależnie od jądra, wytwarzając się z plazmy. A wszystkie te fakty, pozornie drobiazgowo, wielkie mają znaczenie wobec tego, iż podczas zapłodnienia przeważnie tylko główka plemnika przenika do jaja, stanowiąc materialne podścielisko zawiązków znamion dziedzicznych, przekazywanych jaju ze strony ojca (zobaczmy niżej, że i centrozom męski przenika do jaja). Niekiedy widać najwyraźniej, że główka nie jest w całej swej treści tworem chromatynowym, bo u niektórych zwierząt, np. u robaka *Myxostoma glabrum*, bardzo długa główka plemnikowa składa się z licznych krążków istoty chromatynowej, intensywnie barwiącej się odpowiednimi środkami, z krążków porozdzielanych jednak jasnymi krążkami, nie barwiącymi się w podobny sposób, a więc niezłożonymi z chromatyny. Długa główka plem-

nikowa u wielu ptaków barwi się silnie barwikami na chromatynę tylko w swej części tylnej, gdy tymczasem przednia nie barwi się nimi. U niektórych zwierząt wykryto nadto w główce plemnika jakieś szczególnie silnie barwiące się kulki błyszczące lub ziarna, które różnią się od reszty substancji główki.

Poza główką następuje część plemnika zwana pasemkiem środkowym (por. rys. 19, *ps*). Jest to część wydłużona, zwykle bardzo wyraźnie odgraniczona od grubszej na przodzie główki i cieńszego w tyle ogonka, czyli wici. Pasemko środkowe jest tworem plazmatycznym i zawiera pośrodku niteczkę osiową, nieco bardziej spoistą, niż otaczająca ją pochewka plazmatyczna; niteczka osadzona jest często na przodzie w szczególnym zagłębieniu na tylnym końcu główki, w zagłębieniu, z którego łatwo wyskakuje, i w ten sposób odrywa się od główki; niekiedy atoli przytwierdza się silniej do główki za pośrednictwem specjalnej substancji spajającej. W przedniej części niteczki osiowej, tuż w tyle główki znajdujemy często kuliste ziarenko (t. zw. guziczek końcowy), uważane za ciało środkowe (*centrozom*)* komórki plemnikowej; być może wszelako, że w wielu przypadkach cała niteczka osiowa pasemka środkowego przedstawia rozrośnięte i wydłużone ciało środkowe komórki plemnikowej. W każdym więc razie rzecz pewna, że *centrozom* ma swe siedlisko w pasemku środkowym.

Pochwa plazmatyczna, otaczająca niteczkę osiową w pasemku środkowym plemnika, zawiera jeszcze częstokroć delikatną niteczkę, która przebiega spiralnie dokoła nitki osiowej, jak widać w plemnikach niektórych płazów ogoniastych. Nadto w plemnikach wielu ssaków, np. u myszy, jak wykazał Benda, niteczka osiowa pasemka środkowego otoczona jest spiralnie dokoła niej przebiegającą nicią, złożoną z sze-

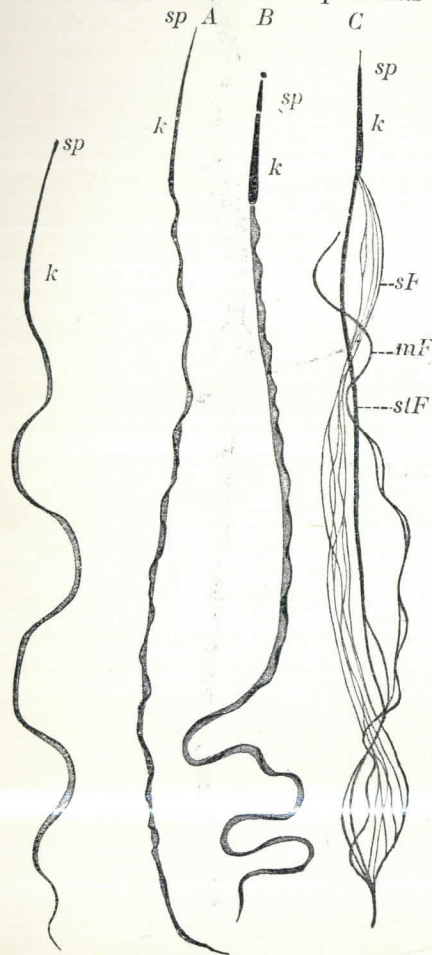
* Widzieliśmy (str. 71), że i komórka jajowa ma swoje ciało środkowe, twór, który występuje wogóle w każdej, zda się, komórce, a staje się widocznym zwłaszcza wówczas, kiedy komórka ma się dzielić. Ciało środkowe, przedstawiające bardzo drobny twór w plazmie komórkowej, odgrywa ważną rolę podczas dzielenia się komórki, co później bliżej rozpatrzmy.



Rys. 19. Plemnik świnki morskiej; I — główka widziana od strony powierzchni szerokiej, II — główka widziana z boku (ma więc kształt łyżkowaty); o — ogonek, czyli wic, narysowana tylko w swej części początkowej; g — główka, w — wierzchołek (kapa) główki, s — szyjka poza główką, ps — pasemko środkowe, w którym widać mitochondrie (*mch*) spiralnie otaczające nić osiową, aG — aparat Golgi-Kopscha, niby mankiet otaczający (pośrodku) pasemko środkowe. (Rysunek oryginalny, wedł. preparatu R. Weigla, silne pow. mikr.).

regu ziarenek, które barwią się w sposób bardzo swoisty i występują wcześniej podczas rozwoju plemnika w protoplazmie komórki. Ziarenka te oraz nić spiralna z nich się tworząca stanowią szczególne składowe części komórki plemnikowej, t. zw. *mitochondria*, które (p. str. 74) widzieliśmy także w protoplazmie komórki jajowej, a którym obecnie badacze (Benda, Meves) ważne przypisują znaczenie, jak zobaczymy w rozdziale o zapłodnieniu i dziedziczności. Muszę jeszcze zaznaczyć (p. objaśnienie rys. 19), że według nieogłoszonych jeszcze badań jednego z uczniów moich, dr. Weigla, pewnem jest, iż często w skład dorosłego plemnika, mianowicie pasemka środkowego, wchodzi też aparat siateczkowy Golgi-Kopscha (por. str. 73), podobnie jak w młodych jajach.

Za pasemkiem środkowym idzie wić, czyli ogonek, twór plazmatyczny, w którym bardzo często rozróżnić jeszcze można część główną oraz końcową, o wiele krótszą, niż główna, cieńszą i niekiedy wybiegającą z



Rys. 20.

Rys. 21.

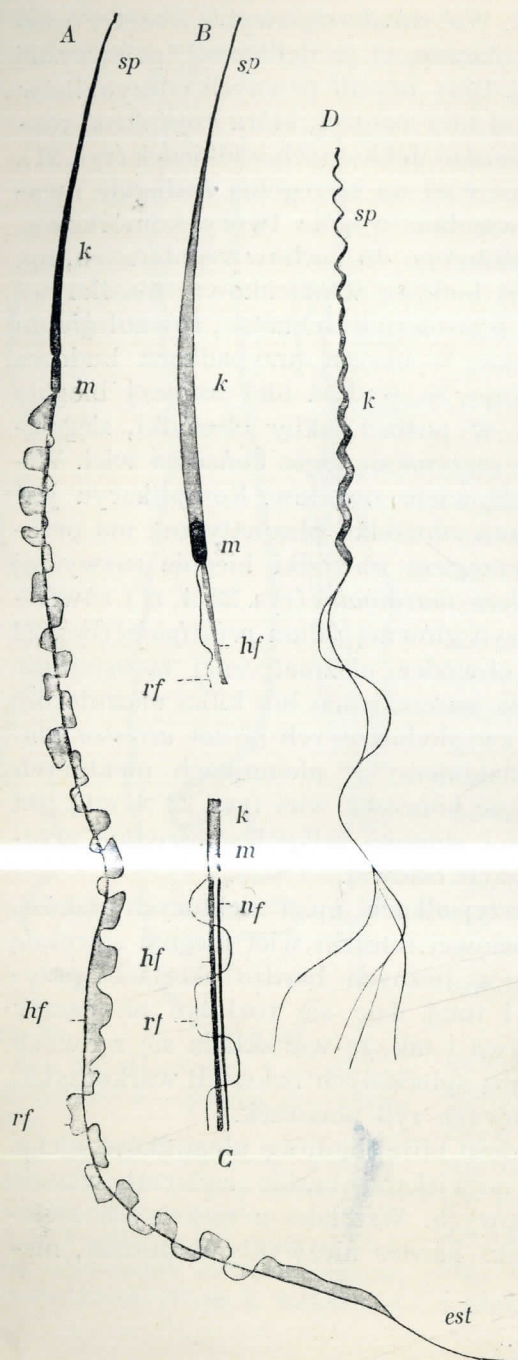
Rys. 20. Plemnik kałużnicy (*Hydrophilus*); k — główka, sp — wierzchołek.

Rys. 21. Plemniki chrząszczy: *Hylobius abietis* (A), *Copris lunaris* (B, C). C — po maceracji w roztworze soli kuchennej; k — główka; mF — włókno środkowe, sF — brzeżne, stF — podpierające; sp — wierzchołek. (Wedł. E. Ballowitz).

niej pod pewnym kątem. Wić składa się zwykle z części osiowej, nitkowatej, oraz z otaczającej ją delikatnej, przezroczystej pochewki plazmatycznej. Przy użyciu pewnych odczynników pochewka oddziela się od nici osiowej, która częstokroć rozpada się na cały pęczek bardzo delikatnych włókienek (rys. 21). Ta włókienkowa budowa wici na szczególną zasługuje uwagę z tego względu, że wszelkie wogóle twory komórkowe, które są kurczliwe i uzdolnione do ruchów regularnych, np. włókna mięsne, wykazują budowę włókienkową (fibrillarną), t. j. dają się rozłożyć na niezmiernie delikatne, równoległe do siebie biegnące włókienka. W innych przypadkach budowa wici o tyle się komplikuje, że wzdłuż nici osiowej biegnie błoneczka plazmatyczna w postaci jakby obwódki, sięgającej aż do miejsca, gdzie zaczyna się część końcowa wici. Widzimy to w plemnikach wielu owadów. Komplikacja jest jeszcze większa, kiedy owa obwódka plazmatyczna ma przebieg falisty; wówczas brzegiem obwódki biegnie zazwyczaj t. zw. nić brzeżna (*filum marginale*) (rys. 22 A, rf) równoległa do nici osiowej, czyli głównej (*filum principale*) (rys. 22 A, hf); a niekiedy w obwódce plazmatycznej łączącej nić główną z brzeżną biegnie jeszcze jedna lub kilka niezmiernie subtelnych niteczek t. zw. dodatkowych (*filum accessorium*) (rys. 22 C, nf), jak to znajdujemy w plemnikach niektórych płazów ogoniastych. Część końcowa wici (rys. 22 A, est) jest zawsze budowy prostej i stanowi tylko bezpośrednie przedłużenie nici głównej, czyli osiowej.

Jeszcze w innych przypadkach, np. u niektórych ptaków, dokoła głównej, czyli osiowej niteczki wici biegnie spiralnie obwódka plazmatyczna w licznych bardzo skrętach, przy czym niteczka osiowa i tutaj daje się rozłożyć na pęczek włókienek. Wreszcie bywa i tak, że wić składa się z dwóch niteczek wzajemnie z sobą splecionych naksztalt warkoczka, np. w plemnikach niektórych ryb płaszczyk.

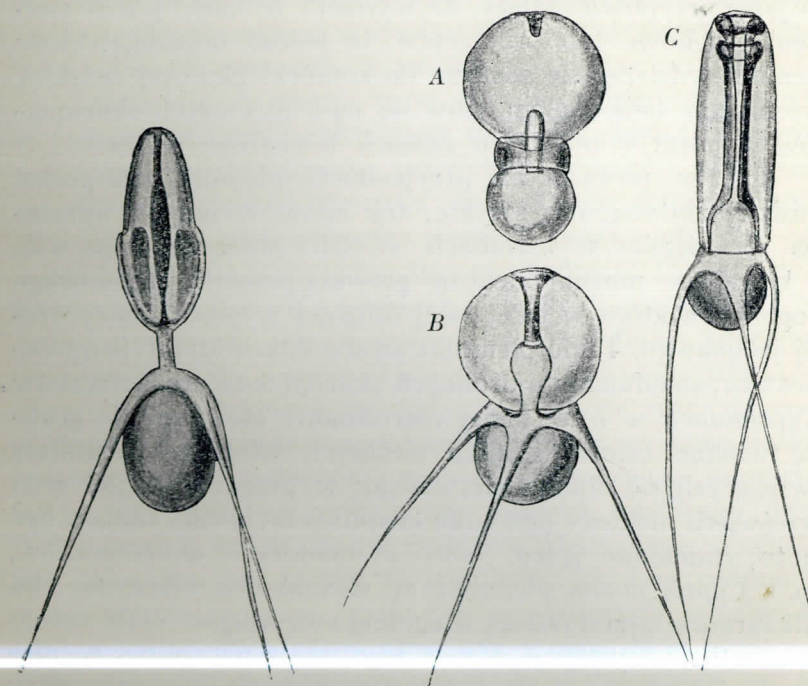
Poznaliśmy tedy nieco bliżej budowę plemników wiciowatych, najczęstszych, największej liczbie zwierząt właściwych i najbardziej typowych. Wszelako u niektórych zwierząt znajdujemy plemniki bardzo niezwykłych postaci, nie-



kiedy tak dziwnie złożone, że trudno wykazać, jakie ich części odpowiadają poszczególnym składnikom komórki. Zwłaszcza u skorupiaków plemniki są tak dziwnych kształtów. U niektórych, np. u raczka morskiego *Galathea strigosa* (rys. 23), plemnik składa się z części przedniej, nieco podobnej do żółędzi, za którą następuje cienka szyjka, oraz części tylnej, złożonej z trzech długich, sztywnych kolców, u których na-

Rys. 22. Plemniki. A—traszki, *Triton marmoratus*, B—przedni koniec plemnika *Triton taeniatum*, C—dalsza część plemnika *Triton helveticus*, D—plemnik żaby *Pelobates fuscus* (po maceracji ogonek rozpadł się na włókna). est—część końcowa, hf—nić główna (włókno główne), k—główka, m—pasemko środkowe, nf—włókno (nić) dodatkowe, rf—włókno (nić) brzeżne, sp—wierzchołek. (Wedł. Ballowitza).

sady tkwi wielkie ciało jajowate. Środkiem części przedniej, żółędziowatej, ciągnie się ciemne, grube ciało osiowe. Zdaje się, że ciało jajowate odpowiada jądro, inne zaś części są pochodzenia plazmatycznego. Jeszcze dziwniejsze są plemniki homara (rys. 24): część przednia — walcowata, wielka, któ-



Rys. 23.

Rys. 24.

Rys. 23. Plemnik *Galathea strigosa*. (Wedł. G. Hermann).

Rys. 24. Dwa stadia rozwojowe (A—młodsze, B—starsze) oraz forma dorosła (C) plemnika homara (*Homarus vulgaris*). (Wedł. G. Hermann).

rej środkiem przebiega ciało na kształt cylindra od lampy; w tyle cylindra widzimy trzy wielkie kolce, a pomiędzy nimi, u nasady kolców, ciało półkuliste, odpowiadające jądro komórkowemu. Dziwne też bardzo są plemniki raka rzecz- nego: w tyle miseczkowate ciało, z którego obwodu wybiegają liczne kolce promieniste, z przodu zaś do tejże miseczki

przylega ciało płaskie, nieco soczewkowate, z obszernym otworem pośrodku. Wewnątrz części tylnej, miseczkowatej tkwi spłaszczony twór, odpowiadający jądru.

Zaiste, trudno sobie wyobrazić, w jaki sposób tego rodzaju plemnik, najeżony kolczastymi wyrostkami, przenika do jaja; przypuścić należy, że wyrostki te mają jakieś znaczenie ruchowe lub przyczepne, że jednak odpadają, kiedy plemnik wdzierać się zaczyna do komórki płciowej żeńskiej. Przenikanie takich plemników do jaj u niektórych skorupiaków wyjaśnił w nowszych czasach Kolcow (r. 1906).

Jak w powyższych przypadkach plemnik ma postać bardziej złożoną, niż zwykle, tak znów w innych upraszcza się niejako w kształtach swoich, stanowiąc np. więc, w której nie można odróżnić główki, pasemka środkowego i ogonka, a która w całej swej długości wygląda mniej więcej jednakowo. Takie plemniki, zwane nitkowatymi, bezgłówkowymi, znajdujemy u drobnych skorupiaków-małoworaczków (*Cyprididae*); w nitce takiej rozróżniamy atoli zwykle grubsze włókno osiowe i kilka cieńszych włókienek, spiralnie owijających się dokoła pierwszego; w przedniej części nitki prześwieca niekiedy pośrodku ciemniejsza, cienka smuga, być może, zmienione jądro. Nadto u niektórych małoworaczków, np. u *Cypris ovum*, plemniki są stosunkowo olbrzymie, bo kilkakrotnie przewyższają długością swą długość ciała całego zwierzątka i występują wobec tego, rzecz naturalna, w niezliczonej liczbie, spiralnie skręcone. Te olbrzymie rozmiary plemników i ich siła rozpędowa, kiedy zostają wyrzucane do wody, są tu w związku z twardością błony jajowej; drobnutki, zbyt lekkie plemniki nie mogłyby przebić błony, takie zaś olbrzymy, niby torpedy, zwycięsko ją biorą. Plemniki bezgłówkowe, niemal nitkowate, znajdujemy też u niektórych wijów, np. u drewniaka (*Scolopendra*), gdzie spiralnie skręcona główka odcina się od wici, mającej na sobie również spiralne skręty plazmatyczne, w każdym razie bardzo niewyraźnie. U wijów wszakże napotykamy plemniki nie tylko nitkowate, lecz i różnych innych postaci, często bardzo dziwnych, np. u *Glomeris* — na kształt małego wrzecionka,

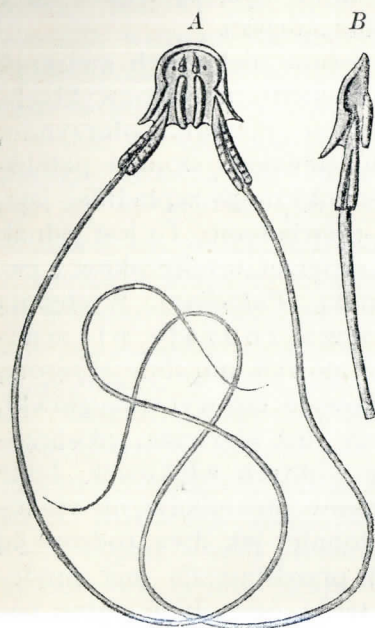
u *Julus* — w postaci niby dwóch kapeluszy, t. zw. meloników, włożonych jeden w drugi.

Charakterystyczne plemniki posiada także glista (*Ascaris*), należąca do obleńców; plemnik składa się z części przedniej zaokrąglonej, w której mieści się wewnątrz ciało kuliste, barwiące się ciemno — jądro, oraz z tylnej, stożkowatej, plazmatycznej, zawierającej w środku silnie błyszczący twór duży niewiadomego znaczenia (t. zw. *Glanzkörper*).

Zasługuje na uwagę, że w spermie niektórych zwierząt, u ptaków, ssaków, spostrzegano niekiedy, oprócz zwykłych, normalnie występujących, pojedyncze plemniki olbrzymie, co stanowi zapewne zjawisko do pewnego stopnia patologiczne. Czy te wielkie bardzo plemniki mogą zapładniać jajo, i jaki byłby wynik zapłodnienia — niewiadomo. To jest jednak bardzo interesujące, iż u pewnych zwierząt, u mięczaków t. zw. przodoskrzelnych, np. u żyworodki (*Paludina*), występują w spermie stale, normalnie dwa rodzaje plemników: jedne wiciowate, cienkie, z główką spiralnie skręconą na kształt korkociagu, i inne, robakowate, bez wyraźnej główki, znacznie większe, dłuższe i grubsze, niż pierwsze, zakończone w tyle pęczkiem wystających wolnych włókienek. Jakie jest znaczenie takich dwóch rodzajów plemników, niewiadomo. Wszelako być może, że podobnie, jak dwa rodzaje jaj u niektórych zwierząt (p. str. 65) przedstawiają jaja predystynowane na dwie różne płcie, tak i owe dwie różne postacie plemników przeznaczone są do wytwarzania, po zapłodnieniu jaja, osobników różnej płci, co jednak jest tylko przypuszczeniem, nieopartem dotąd na żadnych danych faktycznych.

Patologicznem jest zjawisko, że niekiedy plemnik wiciowaty posiada dwie wici zamiast, jak zwykle, jednej; takie plemniki dwuogonkowe zauważył Retzius w spermie ludzkiej, napotymano je także u niektórych zwierząt. Postacie te tworzą się zapewne wskutek niepełnego podziału komórek plemnikotwórczych. Ale rzecz ciekawa, że, co w powyższych przypadkach stanowi zjawisko tylko przypadkowe, niewątpliwie patologiczne, to u niektórych zwierząt, np. u dydelfa

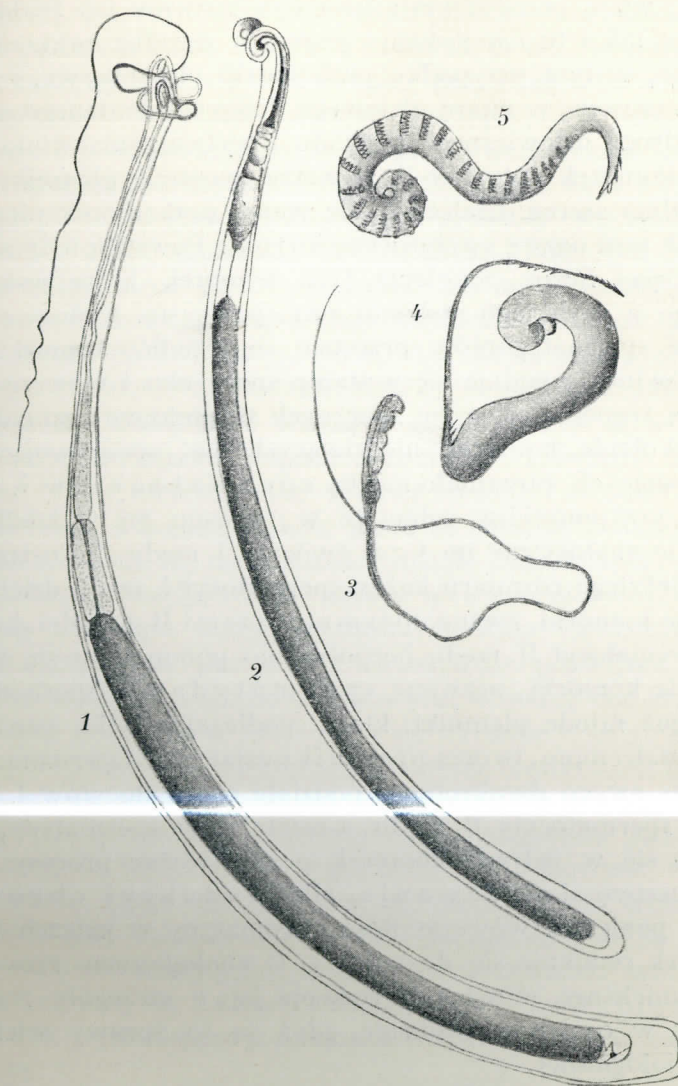
wirgińskiego, jest objawem stałym i to posuniętym jeszcze dalej; albowiem u tych zwierząt wszystkie plemniki są podwójne, t. j. pływające parami, przyczem istnieją zwykle specjalne, osobliwe jakby klamerki (rys. 25, A), służące do wzajemnego zczepiania obu bliźniaczych główek plemnikowych. Jakie jest znaczenie tego sprzęgania się dwu plemników, dotąd niewiadomo; zdaje się



Rys. 25. A — Plemnik podwójny (bliźniaczy) dydelfa.

B — Plemnik odosobniony. (Wedł. E. Selenki).

wszakże, że ułatwia im to ruch, a w chwili przenikania do jaja (podczas zapłodnienia) dany plemnik oddziela się zapewne od swego towarzysza. X
Zazwyczaj plemniki wydane są z ciała samca jako elementy swobodnie pływające w spermie, która, jak zauważyliśmy na wstępie (p. str. 89), zawierać może, oprócz nich, jeszcze inne składniki znaczenia drugorzędnego, przedstawiające produkty różnych gruczołów dodatkowych, leukocyty i t. d. U niektórych atoli zwierząt pewna ilość spermy wydalana jest zawsze z ciała w szczególnych torebkach, zbiornikach, mniejszych lub większych, mniej albo więcej kunsztownie zbudowanych przez ścianki przewodów płciowych lub przez pewne specjalne gruczoły dodatkowe. Są to t. zw. torebki nasienne, czyli plemnio mieszk, albo spermatofofy (rys. 26), które napotykamy u wielu owadów, robaków, mięczaków, zwłaszcza niezmiernie kunsztowne u głowonogów, gdzie opatrzone są szczególnymi aparatami sprężynkowymi, służącymi do wyrzucania spermy, a także u płazów ogoniastych. Do niektórych z tych tworów powrócimy jeszcze niżej.



Rys. 26. Plemnio mieszk, czyli spermatofofy: 3 — ślimaka winniczka, 4-5 — mięczaków *Parmacochlea* (4) i *Microparmarion* (5), 2 — głowonoga mątwy, 1 — głowonoga *Rossia*, z rozkręconą nitką sprężynkową. (Według różnych autorów).

Rozwój plemników, zwłaszcza we wcześniejszych fazach, wiele przedstawia analogii do rozwoju jaj. Podobnie jak tam, tak i tu napotykamy jeszcze u zarodka prakomórki płciowe, w tym przypadku prakomórki plemnikowe, z których z czasem, w miarę płciowego dojrzewania danego osobnika, drogą ustawicznego podziału i wytwarzania wielu pokoleń komórek potomnych, powstają wreszcie plemniki.

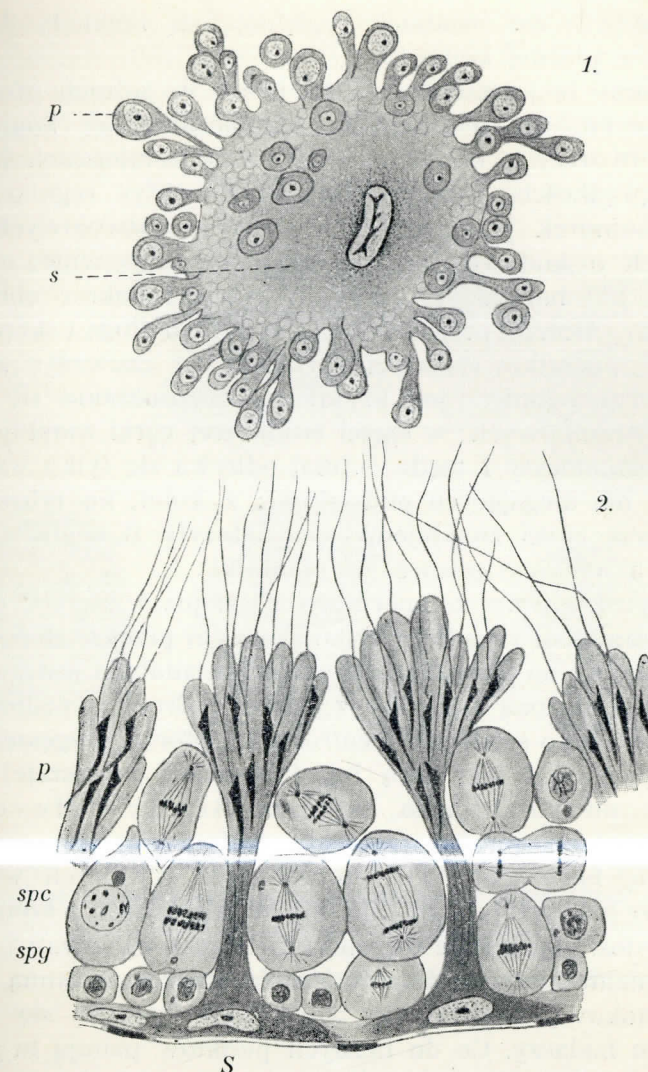
Długi szereg dzielących się wciąż prakomórek plemnikowych nosi nazwę spermatogoniów. Powstają tedy mniej lub więcej liczne pokolenia tych komórek, które wskutek ciągłego a szybkiego podziału zmniejszają się. Końcowe pokolenie spermatogoniów przestaje się dzielić; komórki te, jak mówimy, znajdują się w stanie spoczynku i wówczas zaczynają rosnąć, osiągając znacznych stosunkowo rozmiarów. To pokolenie komórek niedzielących się, spoczywających, lecz rosnących, otrzymało nazwę spermatocytów I. rzędu, a przypomnijmy sobie, że w rozwoju jaj widzieliśmy zupełnie analogiczne im t. zw. owocyty I. rzędu. Po osiągnięciu należytego rozmiaru każdy spermatocyt I. rzędu dzieli się na dwie komórki, zwane spermatocytami II. rzędu, każdy zaś spermatocyt II. rzędu bezpośrednio potem znów się dzieli na dwie komórki, nazwane spermatydami. Spermatydy są to już młode plemniki, które, podlegając tylko pewnym przekształceniom, tworzą plemniki ostateczne (*spermatozoa*). Podczas owego dwukrotnego podziału spermatocytów I. rzędu na spermatocyty II. rzędu, a ostatnich na spermatydy, odbywają się w jądrach komórek pewne ważne procesy, nosiszące nazwę dojrzewania, albo redukcji chromatyny, ponieważ wówczas ilość chromatyny w jądrach tych komórek redukuje się do połowy. O analogicznym zjawisku wspomnieliśmy, mówiąc o rozwoju jaj, a szczegóły rozpatrzmy w osobnym rozdziale, gdyż są to sprawy wielkiej wagi biologicznej.

Podobnie jak widzieliśmy, że jaja u form najniższych, np. u gąbek, występują luźno, pojedynczo, w mięszu ciała, tak i o komórkach plemnikotwórczych możemy powiedzieć, że w przypadkach najprostszych, również np. u gąbek, są to komórki pojedyncze, luźne, nie stanowiące jeszcze gruczo-

łów. U znacznej atoli większości tkankowców plemniki rozwijają się w specjalnych gruczołach płciowych męskich, zwanych jądrami lub mądami (*testes*). O ich rozwoju i typach budowy daje się w ogólności powiedzieć to samo, co o jajnikach. Rozróżniamy naogół dwa typy jąder: pełne, czyli spoiste, t. j. stanowiące pełne skupienia komórek płciowych, które ulegają rozluźnieniu w miarę tego, jak się z nich rozwijają plemniki (np. u stułbi), oraz gruczoły woreczkowate lub cewkowate, opatrzone tedy światłem, które jest ograniczone nabłonkiem płciowym jedno lub wielowarstwowym, przyczem rozwijające się z tego nabłonka plemniki przenikają odrazu do światła gruczołu, stąd zaś do jego przewodu. Od tego, czy woreczki owe lub cewki są proste lub rozgałęzione, czy jest ich mniej albo więcej w gruczole, czy są w większym albo mniejszym stopniu ograniczone zzewnątrz tkanką łączną, zależy mniejsza albo większa złożoność budowy jądra. U człowieka i innych ssaków jądra są napozór ciałami spoistymi (mieszczą się na brzusznej stronie ciała w specjalnych wypuklinach workowatych skóry, w t. zw. mosznie), ale główną ich część składową stanowią liczne ceweczki, wysłane nabłonkiem płciowym, wielokrotnie pozwijane i pograżone w mięszu łączno-tkankowym; uchodzą one do pewnej liczby przewodów, które łączą się wreszcie w jeden wspólny nasieniowód, prowadzący do części rozszerzonej (przewód wytryskowy), ta zaś uchodzi już do cewki moczowej prącia (*penis*). Do końcowej części przewodu płciowego otwierają się ujścia różnych gruczołów dodatkowych, w rozpatrywanie czego nie możemy tu, rzecz prosta, wchodzić. Najważniejszy wszakże dla nas fakt polega na tem, że główną częścią składową jądra są owe liczne ceweczki nabłonkowe, które zwą się kanalikami plemnikotwórczymi, ponieważ wyścielający je nabłonek wytwarza męskie komórki płciowe.

Pewna analogia pomiędzy jajami a plemnikami polega też, między innymi, i na tem, że ostatnie u wielu zwierząt w pewnych okresach swego rozwoju są odżywiane przez specjalne komórki, które możnaby porównać do komórek woreczka jajnikowego, otaczających i odżywiających jajo, lub

do komórek żółtkowych, dostarczających jaju deutoplazmy. Ale łatwo zrozumieć, że odżywianie plemników odbywać się musi na daleko mniejszą skalę, albowiem plemniki są wogóle ubogie w plazmę, zwłaszcza wiciowate¹, a dalej, ponieważ nie zawierają wcale deutoplazmy, która nagromadzona jest w jajach jako materiał odżywczy dla zarodka. I dlatego też, kiedy podczas rozwoju jaj bardzo liczne komórki (nabłonkowe) otaczają i odżywiają pojedyncze jaja w woreczku jajnikowym; lub kiedy bardzo liczne komórki żółtkowe zużywają się na dostarczenie żółtka jednej komórce jajowej, — to w rozwoju plemników, przeciwnie, całe grupy ostatnich bywają niekiedy otoczone przez kilka zaledwie cienkich i silnie rozciągniętych komórek, tworzących dokoła plemników rodzaj woreczka odżywczego (t. zw. spermatocysty, napotykaną w jądrach niektórych zwierząt), lub też wielka liczba plemników, zebranych razem w pęczek, przyczepia się do jednej tylko komórki odżywiającej — komórki plemnikoodżywczej. Stosunek jest tu zatem odwrotny. Tam na usługi jednego wzrastającego jaja oddane są nieraz bardzo liczne komórki odżywcze jajnika, tu jedna (lub kilka zaledwie) komórka jądra wystarcza na odżywianie wielkiej nieraz liczby plemników. Komórki plemnikoodzywczcze występują pod rozmaitemi postaciami. U owadów, np. u motyli, pszczołowatych i innych, napotykamy w jądrze olbrzymie pojedyncze komórki, t. zw. komórki Versona (rys. 27.s), do których przytwierdzają się dokoła bardzo liczne młode komórki plemnikowe, czerpiące z komórki środkowej substancje odżywcze. Kiedy indziej, jak w jądrach wielu mięczaków, a także u ssących, znajdujemy w kanalikach nasenniotwórczych dwa rodzaje komórek nabłonkowych: jedne, z których przez ciągły podział tworzą się pokolenia spermatogoniów, spermatocytów, [spermatydów i plemników, i drugie, które nie zużywają się na wytwarzanie plemników, lecz bardzo się powiększają i tworzą (rys. 27. S) t. zw. komórki podstawowe, czyli komórki Sertoliego (w jądrach zwierząt ssących), których części wierzchołkowe, wolnymi końcami zwrócone ku światłu kanalika, łączą się z pęczkami plem-



Rys. 27. Komórki, odżywiające młode komóreczki plemnikowe. 1. — Komórka Versona (*s*) z męskiego gruczołu płciowego jedwabnika, otoczona licznymi młodymi komórkami plemnikowymi (spermatogoniami) *p*. 2. — Część przekroju przez ściankę kanalika nasennego męskiego gruczołu płciowego szczura; widzimy liczne spermatogonie (*spg*) i spermatocyty (*spc*), oraz *S* — komórki Sertoliego, z uciepionymi do ich szczytu licznymi pęczkami młodych plemników (*p*). (1. — wedł. Toyamy, 2. — wedł. Lenhosseka, nieco zmienione).

ników, główki zaś ostatnich zagłębiają się niekiedy dosyć znacznie w plazmę komórki.

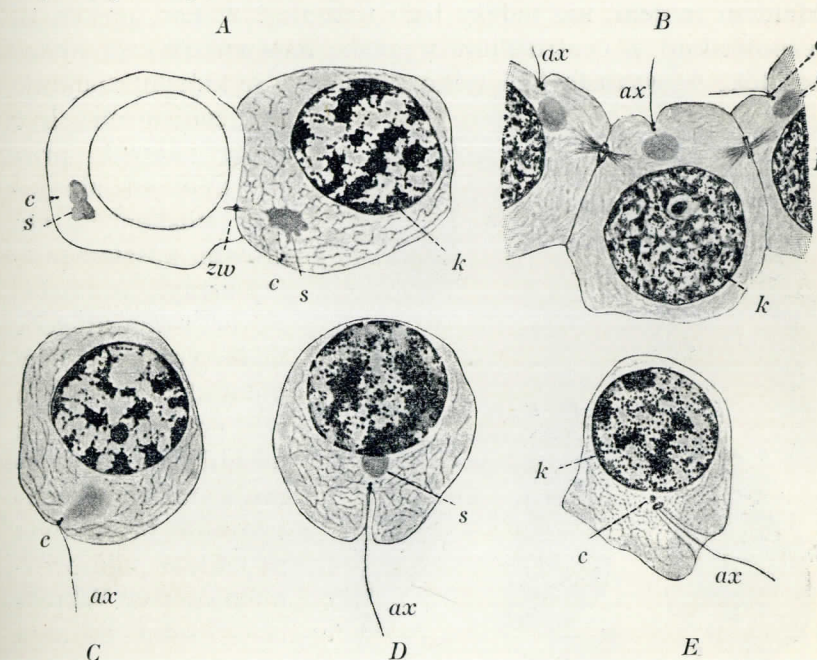
Musimy tu jeszcze dodać, że, kiedy w jądrach prościej zbudowanych, np. u wstężnic, rozmnażanie się komórek plemnikotwórczych odbywa się w różnych miejscach jądra z różną prędkością, i niepodobna tu zauważyć regularnego układu komórek poszczególnych stadiów rozwojowych, to w jądrach o budowie bardziej złożonej, przeciwnie, układ komórek jest bardzo regularny. W jądrze robaków obłych, np. u glisty (*Ascaris*), przedstawiającem bardzo długą i skręconą rurkę, w początkowej części rurki można zauważyć same tylko spermatogonie — jest to miejsce rozmnażania się komórek plemnikowych; w części środkowej rurki znajdują się tylko spermatocyty I. rzędu — tutaj odbywa się tylko wzrost komórek nie ulegających podziałowi; z kolei, ku tyłowi — bliżej ujścia rurki znajdujemy spermatocyty II. rzędu, spermatydy, a wreszcie gotowe już plemniki.

Powiedzieliśmy, że spermatyda jest już właściwie młodym plemnikiem i podlega tylko pewnym przekształceniom, zamieniając się na plemnik ostateczny. Spermatyda jest zwykłą komórką złożoną z plazmy, z jądrem pośrodku; nadto widać w niej ciało środkowe (*centrosoma*), otoczone zgęszczoną częścią plazmy, t. zw. sferą lub idiozomem, wreszcie, jak wykazały nowsze badania, zwłaszcza Bendy i Mevesa, w plazmie tej komórki występują drobne ziarenka, specyficznie się barwiące, t. zw. *mitochondria*, o których wspomnieliśmy już wyżej (p. str. 74 i 96). W jaki sposób z komórki spermatydowej powstaje plemnik, zwłaszcza wiciowaty? Jest to zagadnienie niełatwe do rozwiązania, mające ogromną literaturę naukową, zagadnienie, nad którym biedziło się bardzo wielu badaczy. Co do licznych punktów panują tu jeszcze niejasności, zwłaszcza, jeśli porównamy z sobą wyniki, dotyczące rozwoju plemników u rozmaitych zwierząt. Wszelako w głównych zarysach znamy już dobrze sposób rozwoju plemnika ostatecznego ze spermatydy.

Rozpatrzmy pokrótce sposób powstawania plemnika ze spermatydy na jednym konkretnym przykładzie — u salamandy.

dry, gdzie rzecz ta była zbadana bardzo ściśle przez szereg doskonałych spostrzegaczy (Hermann, Meves i inni).

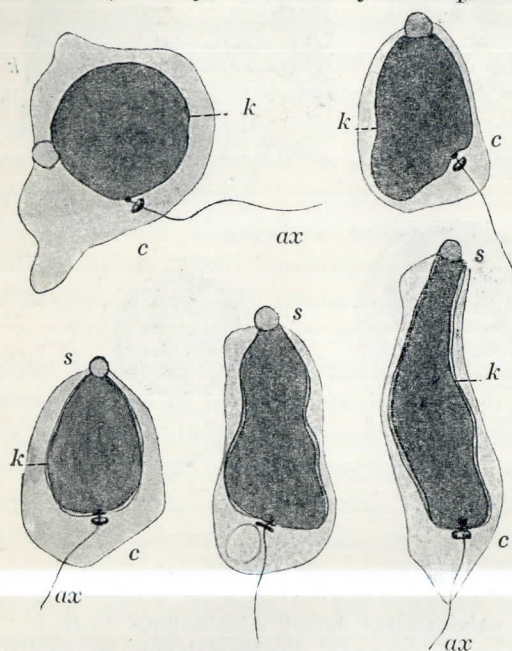
W spermatydzie salamandry widzimy, jak zwykle, plazmę, jądro, ciało środkowe (centrozom), otoczone zgęszczoną częścią plazmy, sferą, czyli, jak ją Meves nazywa, idiozomem.



Rys. 28. Spermatydy salamandry. A, B — podział spermatocytów (u pokrewnej salamandrze formy *Amphiuma*), C, D, E — wędrówka centrosomu ku jądru i początek przekształcania się centrosomu obwodowego; ax — nić osiowa, c — centrosomy, s — sfera, k — jądro, zw — t. zw. ciało pośrodkowe między dzielącymi się komórkami. (Wedł. Mevesa i Gregora).

Przedewszystkiem idiozom oddziela się od ciała środkowego (rys. 28 A, c, s), uwalnia się, a centrosom wędruje na jeden z biegunów komórki (przyszły biegun tylny), gdzie bardzo rychło dają się zauważyć dwa ziarenka — dwa centrosomy, jeden położony bliżej środka, drugi bardziej obwodowo; nazwijmy je przysrodkowym i obwodowym centrosomami. W miejscu, gdzie spoczywa centrosom obwodowy, daje się

zauważyć w protoplazmie zagłębienie (rys. 28. B, u góry), rodzaj zatoki, która zresztą w późniejszych stadiach znika, ale, co najważniejsza, to że tutaj, od centrozomu obwodowego wyrasta nazewnątrz komórki, ku tyłowi, cieniutka niteczka — zawiązek nitki osiowej (*ax*) ogonka, czyli wici plemnika. Zdaniem mojem, nie należy tego rozumieć w ten sposób, że bezpośrednio z centrozomu wyrasta nazewnątrz cała nitka, lecz tak, że wyrasta ona tylko z punktu, w którym znajduje



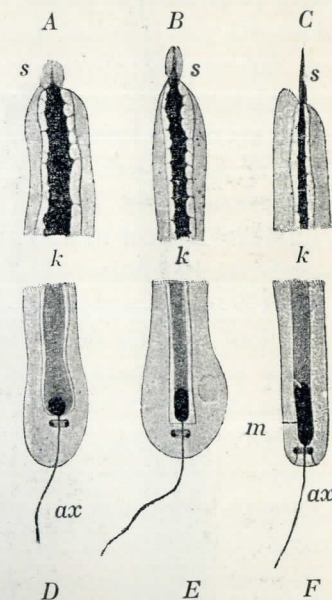
Rys. 29. Spermatydy salamandry, wykazujące stopniową zmianę kształtu, wydłużanie się jądra i centrozomów; *ax* — nitka osiowa, *c* — centrozom, *k* — jądro, *s* — sfera. (Wedł. Mevesa).

się wydłuża, i oto idiozom przekształca się w wierzchołek (rys. 29. *s*, rys. 30. A, B, C *s*) główki plemnikowej, która jest wytworem jądra. A mianowicie, jądro komórki (rys. 29. *k*) wydłuża się, gęstnieje, tak iż składa się z samej niemal już tylko substancji chromatynowej, silnie się barwiącej, traci błonę i powoli przekształca się w wydłużoną główkę osta-

się centrozom, być może, nawet przy pewnym udziale jego substancji, ale głównie kosztem protoplazmy komórki, bo już sama długość nadzwyczajna wici plemnika dorosłego w porównaniu z niezmiernie drobnymi wymiarami centrozomu przemawia za takim pojmowaniem sprawy. Wkrótce idiozom posuwa się na przeciwny bieg, a więc na przedni koniec wydłużającej się tymczasem komórki, wędruje na przedni bieg jądra, które również stopniowo

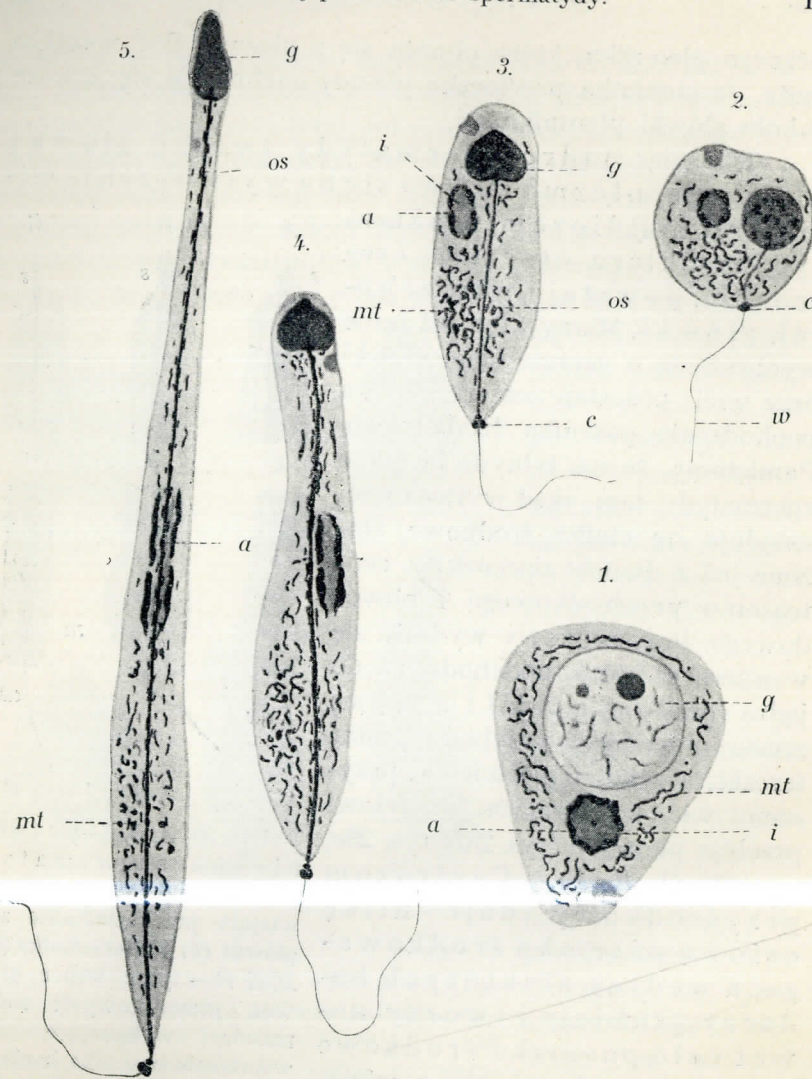
tecznego plemnika, która obnaża się z plazmy. Być wszakże może, że cieniutka powłoczka plazmy zachowuje się zawsze dokoła główki plemnikowej.

Tak więc jądro spermatydy tworzy główkę plemnika, plazma zużywa się na wytworzenie wici, ze sfery (idiozom) plazmatycznej, która otaczała centrozom, powstaje wierzchołek główki. Mamy więc już jasne wyobrażenie o genezie całej główki oraz wici, pozostaje jeszcze sprawa pochodzenia pasemka środkowego. Pamiętamy, że na tylnym biegunie spermatydy, tam, skąd wyrasta wic, znajduje się ciało środkowe, złożone już z dwóch ziarenek, z centrozomu przyśrodkowego i obwodowego. Przyśrodkowy wydłuża się w niteczkę, która podchodzi aż do jądra (przyszłej główki) i z nią się zrasta, obwodowy przybiera postać tarczki, a z kolei pierścienia, przy czym wic wybiegająca ku tyłowi przebija pierścień (rys. 28E, rys. 29c, rys. 30 D, E, F). Centrozom przyśrodkowy daje nitkę osiową pasemka środkowego, a według niektórych badaczy grubieje i tworzy nawet całe pasemko środkowe plemnika; obwodowy, pierścieniowaty zsuwa się daleko wtył, poczem dzieli się na dwie części, z których jedna zlewa się z pasemkiem środkowym, druga zanika na wici. W każdym więc razie centrozom zużywa się, jak widzimy, na wytworzenie pasemka środkowego, a z faktów, dotyczących rozwoju plemników także i u innych zwierząt, nie-



Rys. 30. A, B, C — przednie końce spermatyd salamandry, przedstawiające przekształcanie się główki (*k*) i wierzchołka (*s*). D, E, F — tylne końce główek plemnikowych salamandry, wykazujące powstawanie pasemka środkowego (*m*) oraz centrozom obwodowy wraz z nitką osiową (*ax*). (Wedł. Mevesa).

też u innych zwierząt, nie-



Rys. 31. Kilka stadiów rozwoju plemnika u ślimaka winniczka (*Helix pomatia*). 1 — Spermatocyt, 2 — spermatyda, 3-5 — przekształcanie się dalsze spermatydy w plemnik. *g* — jądro, względnie główka plemnika, *c* — centrosom, *i* — przyjądro, plazma zgęszczona, otaczająca centrosom w spermatocytach (1), a później oddzielająca się od centrosomu (niektórzy nazywają ten twór idiozomem), *a* — aparat Golgi-Kopscha, *mt* — mitochondria, *os* — nitka osiowa pasemka środkowego, *w* — ogonek, czyli wici plemnika (w 4. narysowana tylko początkowa część długiej tu już bardzo wici). (Rys. oryg. wedł. prep. mikr. R. Weigla).

wątpliwie należy wnosić, że centrosom spermatydy mieści się w dorosłym plemniku w pasemku środkowym, tworząc bądź to nitkę osiową pasemka, bądź to guziczek na wierzchołku tej nitki, tuż w tyle główki.

Musimy tu jeszcze dodać, że w spermatydach występują bardzo często, oprócz wymienionych wyżej składników, jeszcze pewne inne twory, natury bardziej zagadkowej. Do nich należy np. t. zw. przyjądro* (*Nebenkern*), twór kulisty lub jajowaty, dosyć duży, spoczywający w plazmie w sąsiedztwie jądra (rys. 31. 1. 3. *i*). Niewątpliwie przedstawia ono u różnych zwierząt twory niezawsze tego samego znaczenia. W jednych przypadkach przyjądro stanowi część t. zw. aparatu siateczkowego Golgi-Kopscha, właściwego wielu innym także komórkom (p. o jaju str. 73); w innych odpowiada części chromatyny, która z jądra wystąpiła do protoplazmy, czyli t. zw. chromidiom, cośmy widzieli także w jajach (p. str. 70 i 73); w jeszcze innych odpowiada, być może, właściwemu jądru żółtkowemu jaja, o którym była mowa na str. 71 i d., a wreszcie stanowi niekiedy miejscowe skupienie, zgęszczenie owych ziarenek charakterystycznych, któreśmy nazwali mitochondriami (str. 74), a których udział w formowaniu się plemników poznaliśmy wyżej (p. str. 108). Na rys. 31. widzimy w rozwijających się plemnikach ślimaka winniczka przyjądro (*i*), aparat siateczkowy Golgi-Kopscha (*a*) oraz mitochondria (*mt*).

Według badań R. Weigla, dotychczas jeszcze nieogłoszonych, aparat ten obok mitochondriów wchodzić może niekiedy w skład nawet całkiem dorosłych plemników, mieszcząc się w pasemku środkowym.

* Wielu autorów nadaje przyjadru nazwę idiozomu; częstokroć otacza ono centrosom, tworząc dokoła niego sferę zgęszczoną, zupełnie jak w młodych jajach (p. str. 71).

Dojrzewanie komórek płciowych.

Ażeby zrozumieć, na czym polega „dojrzewanie“, ów szczególny, bardzo ważny proces w życiu komórek płciowych, tak żeńskiej, jak i męskiej, a z kolei, aby należycie ocenić istotę i znaczenie sprawy zapłodnienia, musimy poznać pewne fakty, dotyczące zjawiska podziału komórki w ogólności. Nie każdy jednak, może, czytelnik zaznajomiony jest z tą dziedziną życia komórki, i dlatego, sądzę, nie bez pożytku będzie poprzedzenie sprawy dojrzewania komórek płciowych rozpatrzeniem zjawiska podziału.

Komórce, jako organizmowi elementarnemu, jako pewnemu ustrojowemu indywiduum, właściwe są liczne czynności fizyologiczne, które warunkują jej życie osobnikowe (odżywianie się, oddychanie, wydzielanie, ruch, pobudliwość), a nadto — funkcje, które warunkują jej rozmnażanie się, powstawanie nowych osobników organicznych. Rozmnażanie się komórki jest to dzielenie się jej na potomne. Podział ten zachodzić może w sposób prosty lub bardziej złożony. Pierwszy, zwany bezpośrednim, polega na tem, że jądro wydłuża się w kierunku jednej osi (po uprzednim rozpadzie jąderka na dwie części), przewęża się na kształt biskoptu i rozrywa w całej swej treści na dwie połowy, na dwa jądra; jednocześnie i protoplazma wydłuża się w kierunku tejże osi, przewęża się pośrodku i rozrywa również na dwie części; powstają tedy dwie komórki potomne, każda opatrzona jądrem. Ten sposób podziału, przy którym, jak widzimy, jądro w ca-

łej swej treści rozpada się na dwa i wyraźnie jest wciąż odgraniczone od otaczającej je protoplazmy, należy do rzadszych.

Najczęściej zachodzą podczas podziału komórki pewne ważne zmiany w jądrze i w plazmie, które niebawem rozpatrzemy, a podział taki nazywa się pośrednim, albo mitotycznym, lub wreszcie karyokinetycznym (krócej — mitozą, karyokinezą).

W przygotowującej się do mitotycznego podziału komórce zanika błona jądrowa oraz jąderko, a treść jądra, zwłaszcza płynna jego zawartość (sok jądrowy) wstępuje w bezpośrednią łączność z protoplazmą. Co się zaś tyczy barwiny, czyli chromatyny jądra, t. j. barwiącej się chciwie substancji jądrowej (p. str. 70), to występuje tu ona w postaci gęstego splotu nitczek, wyglądającego, jak nieregularny, gęsty kłębek; stadyum to nosi nazwę kłębka (*spirema*) (rys. 32, 2). Wobec uprzedniego zaniku błony jądrowej i braku odgraniczenia między jądrem a protoplazmą kłębek nitek chromatynowych pogrążony jest wprost w ostatniej. Niebawem te nitki skracają się i grubieją, tworząc kłębek znacznie luźniejszy, niż poprzedni (rys. 32, 3), a kiedy skrócą się jeszcze więcej, układają się regularnie w płaszczyźnie równikowej komórki (rys. 32, 4) w ten sposób, że każda nitka tworzy niby pętlę w kształcie litery V; wszystkie te pętle chromatynowe, zwane też ogólniej chromozomami, zwracają się ślepo zamkniętymi końcami do środka, ku sobie, otwartymi zaś nazewnątrz. Wskutek tego, spoglądając na płaszczyznę równikową komórki od strony jednego z biegunów, widzimy, że wszystkie pętle razem są ułożone w postaci rozetki lub gwiazdy (rys. 32, 4). Stadyum to nazywamy gwiazdą (*aster*). Zanim rozważymy dalsze losy chromosomów, czyli owych pętli chromatynowych, które w opisywanem stadyum ułożone są w gwiazdę w równikowej płaszczyźnie komórki, poznajmy inne jeszcze zmiany w dziejącej się komórce.

Otóż wiemy, że w komórce znajduje się bardzo drobne ciało na kształt ziarenka, t. zw. ciało środkowe, czyli centrosom. Ciało to dzieli się na dwa centrosomy, te zaś odsuwają się od siebie tak daleko, aż zajmą dwa prze-

Dojrzewanie komórek płciowych.

Ażeby zrozumieć, na czym polega „dojrzewanie“, ów szczególny, bardzo ważny proces w życiu komórek płciowych, tak żeńskiej, jak i męskiej, a z kolei, aby należycie ocenić istotę i znaczenie sprawy zapłodnienia, musimy poznać pewne fakta, dotyczące zjawiska podziału komórki w ogólności. Nie każdy jednak, może, czytelnik zaznajomiony jest z tą dziedziną życia komórki, i dlatego, sądzę, nie bez pożytku będzie poprzedzenie sprawy dojrzewania komórek płciowych rozpatrzeniem zjawiska podziału.

Komórce, jako organizmowi elementarnemu, jako pewnemu ustrojowemu indywiduum, właściwe są liczne czynności fizyologiczne, które warunkują jej życie osobnikowe (odżywianie się, oddychanie, wydzielanie, ruch, pobudliwość), a nadto — funkcje, które warunkują jej rozmnażanie się, powstawanie nowych osobników organicznych. Rozmnażanie się komórki jest to dzielenie się jej na potomne. Podział ten zachodzić może w sposób prosty lub bardziej złożony. Pierwszy, zwany bezpośrednim, polega na tem, że jądro wydłuża się w kierunku jednej osi (po uprzednim rozpadzie jąderka na dwie części), przewęża się na kształt biskoptu i rozrywa w całej swej treści na dwie połowy, na dwa jądra; jednocześnie i protoplazma wydłuża się w kierunku tejże osi, przewęża się pośrodku i rozrywa również na dwie części; powstają tedy dwie komórki potomne, każda opatrzona jądrem. Ten sposób podziału, przy którym, jak widzimy, jądro w ca-

łej swej treści rozpada się na dwa i wyraźnie jest wciąż odgraniczone od otaczającej je protoplazmy, należy do rzadszych.

Najczęściej zachodzą podczas podziału komórki pewne ważne zmiany w jądrze i w plazmie, które niebawem rozpatrzemy, a podział taki nazywa się pośrednim, albo mitotycznym, lub wreszcie karyokinetycznym (krócej — mitozą, karyokinezą).

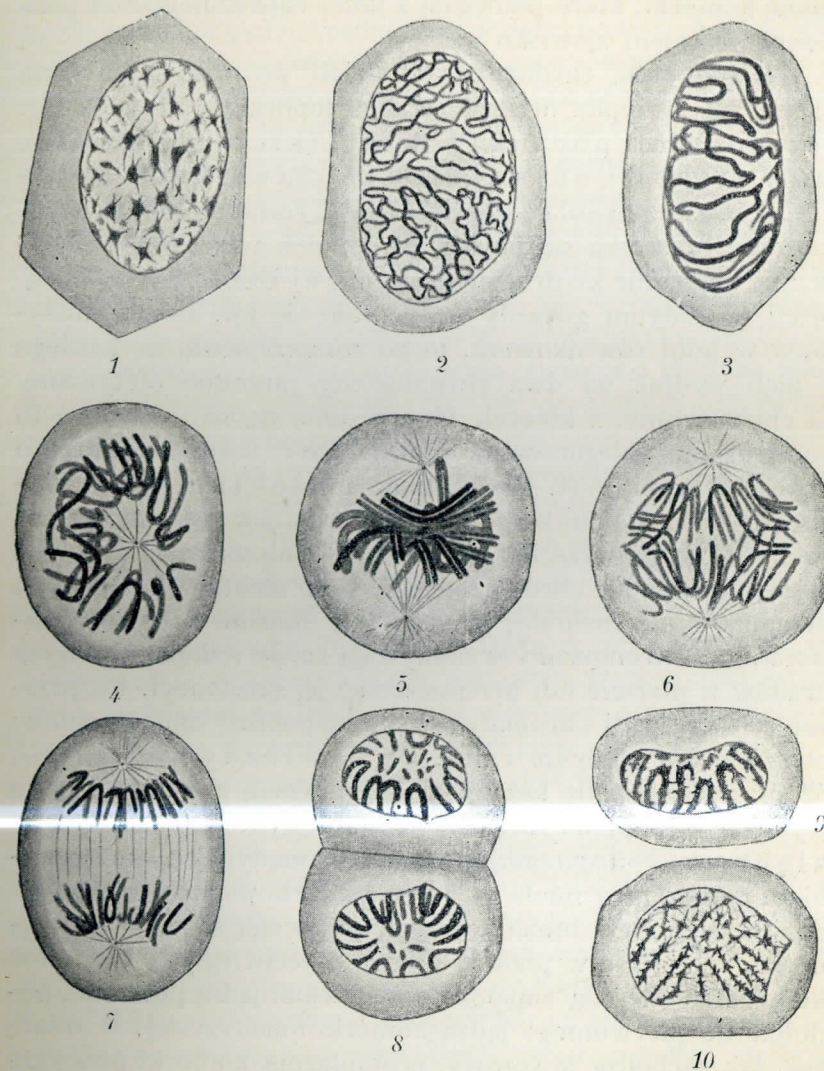
W przygotowującej się do mitotycznego podziału komórce zanika błona jądrowa oraz jąderko, a treść jądra, zwłaszcza płynna jego zawartość (sok jądrowy) wstępuje w bezpośrednią łączność z protoplazmą. Co się zaś tyczy barwiny, czyli chromatyny jądra, t. j. barwiącej się chciwie substancji jądrowej (p. str. 70), to występuje tu ona w postaci gęstego splotu nitczek, wyglądającego, jak nieregularny, gęsty kłębek; stadyum to nosi nazwę kłębka (*spirema*) (rys. 32, 2). Wobec uprzedniego zaniku błony jądrowej i braku odgraniczenia między jądrem a protoplazmą kłębek nitek chromatynowych pogrążony jest wprost w ostatniej. Niebawem te nitki skracają się i grubieją, tworząc kłębek znacznie luźniejszy, niż poprzedni (rys. 32, 3), a kiedy skrócą się jeszcze więcej, układają się regularnie w płaszczyźnie równikowej komórki (rys. 32, 4) w ten sposób, że każda nitka tworzy niby pętlę w kształcie litery V; wszystkie te pętle chromatynowe, zwane też ogólniej chromozomami, zwracają się ślepo zamkniętymi końcami do środka, ku sobie, otwartymi zaś nazewnątrz. Wskutek tego, spoglądając na płaszczyznę równikową komórki od strony jednego z biegunów, widzimy, że wszystkie pętle razem są ułożone w postaci rozetki lub gwiazdy (rys. 32, 4). Stadyum to nazywamy gwiazdą (*aster*). Zanim rozważymy dalsze losy chromosomów, czyli owych pętli chromatynowych, które w opisywanem stadyum ułożone są w gwiazdę w równikowej płaszczyźnie komórki, poznamy inne jeszcze zmiany w dziełającej się komórce.

Otóż wiemy, że w komórce znajduje się bardzo drobne ciało na kształt ziarenka, t. zw. ciało środkowe, czyli centrosom. Ciało to dzieli się na dwa centrosomy, te zaś odsuwają się od siebie tak daleko, aż zajmą dwa prze-

ciwległe bieguny komórki, t. j. dwa bieguny względem owej płaszczyzny równikowej, w której układa się gwiazda chromozomów. Ale w miarę, jak oba owe centrozomy rozsuwają się i oddalają od siebie, coraz wyraźniej występuje w protoplazmie pęczek niezmiernie subtelnych włókienek, kształtu wrzeciona (rys. 32, 5—7), łączący oba centrozomy. A więc w dzielącej się komórce naszej mamy teraz następujące tworzy. W pobliżu obu biegunów, dajmy na to, górnego i dolnego, spoczywają w protoplazmie centrozomy; oba centrozomy łączą się z sobą wrzecionem subtelnych włókienek plazmatycznych; wrzecionko, najgrubsze pośrodku, t. j. w płaszczyźnie równikowej, staje się cieńszem ku obu biegunom, gdzie dochodzi do centrozomów; wreszcie w płaszczyźnie równikowej ułożone są, jak pamiętamy, w postaci gwiazdy pętle chromatynowe, zwrócone ku sobie końcami ślepymi, ku obwodowi zaś otwartymi.

We wrzecionie rozróżniamy często włókienka dwojakiego rodzaju: jedne, zazwyczaj bardziej środkowe, ciągną się bez przerwy od jednego centrozomu do drugiego, inne, najczęściej bardziej obwodowo ułożone, biegną od odpowiedniego centrozomu tylko do chromozomów w polu równikowem, przytwierdzając się do ich powierzchni; jest to t. zw. półwrzeciono, otaczające, jak powiedzieliśmy, zazwyczaj zewnątrz wrzecionko nieprzerwane, środkowe. Zapamiętajmy sobie jeszcze fakt, że każdy centrozom otoczony jest pozatem promienisto rozchodzącymi się subtelnymi włóknami plazmatycznymi, które mogą sięgać aż do obwodu komórki; jest to t. zw. gwiazdzista sfera włókienek (*astrosfera*). Wyglądają one, jak promienie dokoła słońca. Tak owe włókienka astrosfery, jak i włókienka wrzeciona, są twórcami plazmatycznymi, jakkolwiek niektórzy badacze sądzą, że w pewnych przypadkach wrzecionko środkowe powstawać może kosztem pewnych składników jądra, zwłaszcza lininy, t. j. z niebarwiących się delikatnych włókienek zawartych normalnie w jądrze komórkowem.

Powróćmy teraz do owych w gwiazdę ułożonych pętli chromatynowych (chromozomów) w równikowej płaszczyźnie



Rys. 32. Podział mitotyczny komórki. 1—komórka w stanie spoczynku, 2—stadium kłębka gęstego, 3—stadium kłębka luźnego, 4—stadium gwiazdy, widziane od strony jednego z biegunów, 5—widziany z boku podział podłużny każdego chromozomu, 6—rozchodzenie się chromozomów ku obu biegunom (ku centrozomom), 7—stadium dwugwiazdy, 8, 9, 10—podział protoplazmy i powrót jądra do stanu kłębka i do stanu pierwotnego (spoczynku).

naszej komórki, które podlegają z kolei najważniejszemu procesowi w całym zjawisku mitozy.

Każda pętla chromatynowa dzieli się wzdłuż na dwie części, jak szczyпка drzewa rozcięta toporkiem (rys. 32, 5). Ten podział podłużny wszystkich chromozomów stanowi najważniejsze zjawisko w mitozie. I oto teraz każda z połów danego, rozszczepionego chromozomu przesuwają się powoli po nitkach wrzeciona ku jednemu, względnie ku drugiemu biegunowi komórki (rys. 32, 6). Jeżeli w stadium gwiazdy znajdowało się np. 16 chromozomów w polu równikowym, to po rozszczepieniu się każdego z nich wzdłuż na dwa chromozomy potomne otrzymamy 32 chromozomy, z których 16 przesunie się ku jednemu i 16 ku drugiemu biegunowi komórki. Przy tym rozchodzeniu się chromozomów (t. zw. stadium metakinezy) ku przeciwnym biegunom komórki odgrywają, jak sądzono, pewną rolę włókna półwrzecion, które się stopniowo kurczą, pociągając odpowiednie chromozomy. Według niektórych nowszych histologów nie zachodzą jednak takie skurcze włókien wrzeciona, lecz chromozomy wykonywają ruchy wskutek pewnych prądów w plazmie lub przemieszczeń jej substancji. Po przesunięciu się pętli chromatynowych w pobliże obu biegunów otrzymujemy stadium t. zw. dwugwiazdy (*diaster*) (rys. 32, 7), poczem pętla każdej gwiazdy tworzą znów po kłębku (rys. 32, 8), najprzód luźnym, potem gęstym (stadium dwukłębowe — *dispirema*), a z kolei chromatyna kłębków przybiera postać, jaką miała w jądrze komórki pierwotnej (9. 10.), dokoła występuje błona jądrowa, pojawiają się w środku jąderka, i wreszcie w pobliżu dwóch przeciwnych biegunów komórki występują zupełnie sformowane jądra potomne, podobne do pierwotnego jądra komórki macierzystej. W miarę zaś, jak zachodzą te sprawy, protoplazma komórki przewęża się również w płaszczyźnie równikowej, aż cała podzieli się i rozpadnie na dwie równe połowy, z których każda zawiera swoje jądro (rys. 32, 8 — 10), swój centrosom, połowę wrzeciona i jedną astrosferę. Kiedy obie połowy zupełnie odewrą się od siebie, powstaną dwie wolne komórki potomne. Oto na czym polega mitotyczny podział komórki. Musimy

zaś jeszcze zaznaczyć, że dla każdego gatunku zwierząt lub roślin (u roślin podział mitotyczny komórek odbywa się w sposób w zasadzie podobny) liczba chromozomów, występujących podczas mitozy, jest stała i ściśle określona. W komórkach ciała glisty końskiej, *Ascaris megalocephala*, u odmiany *univalvens* liczba chromozomów wynosi 2, u odmiany *bivalvens* 4, u pierścienicy *Nais* — 12, u kałużnicy (*Hydrophilus*) — 16, u robaka *Sagitta* — 18, u ślimaka winniczka — 24, u łososia — 24, u salamandry i żaby — 24, u myszy — 24, u lilii, tojadu, lewkonii — 24, u człowieka, zdaje się — 24, u motyla kapustnika — 28, u ryb spodoustych (*Torpedo*, *Pristiurus*) — 36, u skorupiaka *Artemia* — 168; tak wielka jednak liczba chromozomów, jak w ostatnim przypadku, jest wogóle bardzo rzadka.

Ta stała liczba chromozomów występuje, jak powiedzieliśmy, podczas mitozy. Kiedy natomiast komórka jest w stanie spoczynku, t. j. nie dzieli się, ani też przygotowuje do podziału, chromatyna jądrowa ma zwykle postać większych i mniejszych ziarenek (t. zw. chromioli), rzadko zaś bezładnie rozrzuconych lub przeplatających się włókienek, nie tworzy więc wówczas owych jednostek wyraźnych, owych nitek pętlicowatych, czyli chromozomów o stałej liczbie, które występują dopiero podczas dzielenia się komórki.

Według powszechnie przyjętej dziś teorii chromozomy, czyli pętla barwinowe, pojawiają się w dzielącej się komórce jako wytwór owych ziarenek chromatyny, widocznych już w jądrze komórki spoczywającej, czyli nie dzielącej się. Ale w ostatnich latach ukazała się też inna teoria, wygłoszona przez V. Haeckera (1904 — 1907). Badacz ten zauważył, że niekiedy w jądrach komórek spoczywających niema wcale ziarenek, które na podstawie reakcji barwienia można by uznać za typową chromatynę; w jądrach takich znajdują się tylko jedno lub kilka jąderek oraz substancja jasna, którąśmy nazwali sokiem jądrowym, oraz włóknista linina (p. str. 70). Haecker nazywa ów sok jądrowy wraz z włóknkami lininy (substancji nie barwiącej się) plazmą jądrową i sądzi, że przez miejscowe jej zgęstnienie wytwarzają się mogą chromozomy. O ile myśl Haeckera o możliwości wyróżnico-



wywania się chromatyny z nie barwiącej się substancji plazmatycznej jądra okaże się uzasadnioną, trudno przewidzieć. W każdym razie jest to niewątpliwie zjawisko nie ogólne, lecz raczej wyjątkowe.

Po tych uwagach, nieco przydługich, ale bardzo ważnych dla dalszego toku naszych rozpatrywań, powróćmy do sprawy dojrzewania komórek płciowych i zapłodnienia. Otóż podczas zapłodnienia, jak wkrótce dowiemy się bardziej szczegółowo, główka plemnika, przedstawiająca zgęszczoną substancję chromatynową jądra komórki męskiej, przenika do jaja jako t. zw. przedjądrze męskie (*pronucleus masculinus*) i łączy się z jądrem jaja, czyli t. zw. przedjądrem żeńskim (*pronucleus femininus*), poczem zapłodnione jajo zaczyna się rozwijać, dzieląc się drogą mitotyczną na liczne pokolenia komórek potomnych, z których formuje się ciało zarodka. Wyobraźmy sobie dla przykładu, że u zwierzęcia, dajmy na to, gatunku X liczba chromozomów w każdej komórce ciała podczas mitozy wynosi 16, a więc tyleż wynosićby powinna także w komórkach płciowych: męskich i żeńskich. Ponieważ zaś w jajach zapłodnionych nastąpiło zlanie się jąder obu komórek płciowych, przeto podczas podziału jaja zapłodnionego powinnyby wystąpić $16 + 16$, a więc 32 chromozomy, i tyleż powinnyby ich być w każdej komórce ciała osobnika, rozwijającego się z tego zapłodnionego jaja. W jajach zapłodnionych następnego pokolenia liczba chromozomów wynosićby już musiała $32 + 32$, czyli 64, i w ten sposób powinnyby wzrastać w dwójnasób w każdym następnym pokoleniu. Doprowadziłoby to do zbyt wielkiego wzrostu liczebnego chromozomów, do niestęchanego utrudnienia i wreszcie do uniemożliwienia wprost sprawy dzielenia się komórek.

Jako zabezpieczenie przeciwko podwajaniu się liczby chromozomów i wogóle gromadzeniu się zbyt wielkiej ilości chromatyny w jądrach komórkowych każdego pokolenia, istnieje w przyrodzie szczególne urządzenie, znane pod nazwą dojrzewania komórek płciowych, czyli redukcji chromatyny, które polega na tem, że komórki płciowe, tak męska, jak i żeńska, dojrzewając, tracą połowę chroma-

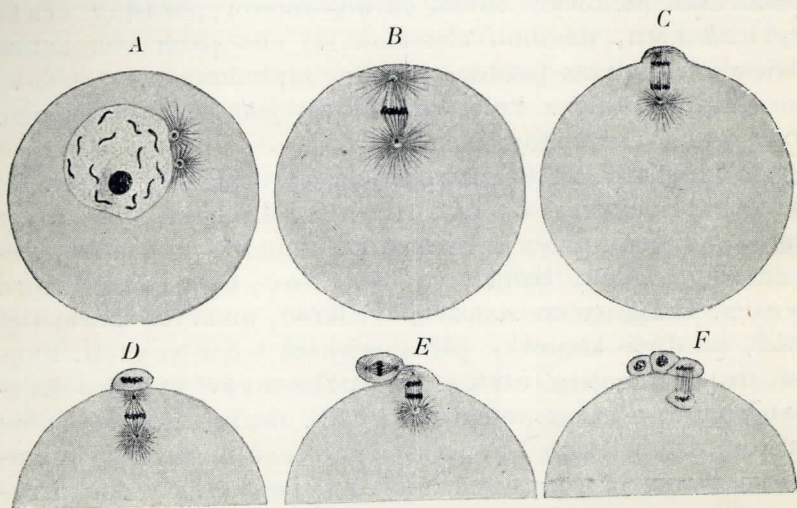
tyny, pozbywają się połowy swych chromozomów. Jeśli zatem komórki jajowa i plemnikowa zwierzęcia X, obranego dla przykładu, posiadają w stanie niedojrzałym po 16 chromozomów, to po dojrzaniu zawierają ich tylko po 8. A ponieważ tylko dojrzały plemnik zapładnia jajo również tylko dojrzałe, zapłodniony zatem element żeński posiadać będzie $8 + 8$, czyli znów tylko 16 chromozomów. W ten sposób dzięki owemu zjawisku redukcji chromatyny w dojrzewających komórkach płciowych liczba chromozomów pozostaje stale jednakowa, pomimo zlewania się obu jąder elementów płciowych podczas każdego procesu zapłodnienia.

Musimy tedy z kolei rozpatrzyć, jak się odbywa owo dojrzewanie elementów płciowych.

Pamiętamy, że w rozwoju jaja wyróżniliśmy (p. str. 78) komórki prajajowe — owogonie, które dzielą się wciąż przez szereg pokoleń i przez to maleją. Ostatnie ich pokolenie przestaje się dzielić i rośnie, są to owocyty pierwszego rzędu. Osiągnąwszy należyty wielkość, owocyty dzielą się, każdy na dwie komórki: jedną większą — owocyt II. rzędu, drugą mniejszą, czyli t. zw. pierwsze ciało kierunkowe; a zaraz potem owocyt II. rzędu dzieli się znów na komórkę większą — jajo dojrzałe i na drobną komóreczkę, zwaną drugim ciałkiem kierunkowym, przy czem pierwsze ciało zwykle rozpada się również na dwie komóreczki. W ten sposób powstaje jajo dojrzałe, gdy tymczasem owe drobne komóreczki — ciała kierunkowe giną w zupełności. A zatem owocyty pierwszego rzędu podlegają dwukrotnemu podziałowi, jednemu bezpośrednio po drugim, dzielą się jednak nie, jak przy zwykłym podziale komórek, na komórki równej wielkości, lecz na jedną większą, drugą mniejszą (ciało kierunkowe). Sprawia więc to wrażenie, jak gdyby od komórki większej dwukrotnie oddzielały się komóreczki mniejsze, a ponieważ oddzielają się one od jaja na tym samym biegunie i w pewnym określonym kierunku, więc nadano im nazwę ciałek kierunkowych.

Cały ten proces odbywa się w sposób, jaki wyobraża rys. 33. Widzimy, że jądro młodego jaja (owocytu pierwszego rzędu) wędruje w kierunku jednego z biegunów (B), przy-

czem przygotowuje się do podziału; kiedy jest już u samego bieguna, przechodzi w stadium gwiazdy; odróżniamy też wrzeciono i dwa ciała środkowe na obu biegunach wrzeciona. Teraz protoplazma jajowa tworzy mały pączek (C), a kiedy chromozomy podzieliły się, odbywa się metakineza, t. j. rozchodzenie się chromozomów, z których połowa pozostaje w jaju, połowa zaś przenika do owego pączka; słowem od komórki wielkiej oddziela się (D) mała (ciałko kie-



Rys. 33. Tworzenie się ciałek kierunkowych (schemat). A — jajo z wielkim jądrem, z jądrem i chromozomami, obok jaja centrozomy. B, C — tworzenie się pierwszego ciała kierunkowego, D — 1-e ciało już utworzone, E, F — tworzenie się 2-go ciała, w F — pierwsze rozpadło się na dwa. (Wedł. Korschelta i Heidera).

runkowe 1.), otrzymująca połowę chromozomów, połowę wrzeciona i jeden centrozom. Natychmiast po oddzieleniu się pierwszego ciała kierunkowego podobny proces odbywa się po raz drugi (E, F), i w ten sposób oddziela się drugie ciało kierunkowe.

Z kolei jądro jajowe powraca do środka jaja i zawiera już tylko połowę chromatyny, będąc też znacznie mniejsze, niż w jaju niedojrzałym. Jak wspomnieliśmy, pierwsze ciało kierunkowe rozpada się jeszcze zazwyczaj na dwa mniej-

sze, i wszystkie te trzy drobne ciała — drobne komóreczki ulegają rozpadowi i zanikowi.

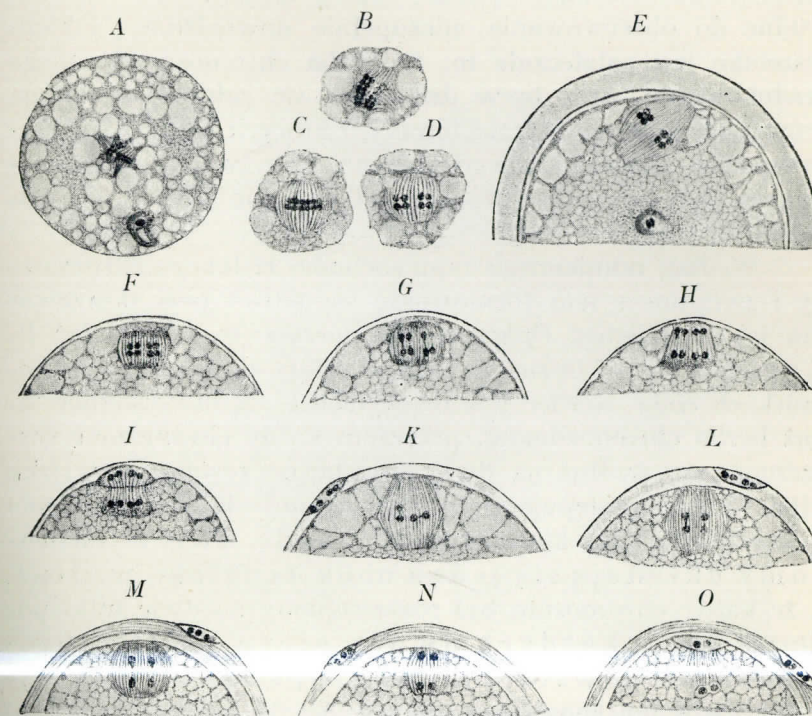
Wszystko to jest dla nas dotąd zupełnie jasne, ale nie wiemy jeszcze, w jaki sposób podczas wyrzucania ciałek kierunkowych, czyli owych dwóch bezpośrednio po sobie następujących podziałów mitotycznych, następuje redukcja chromatyny; gdyby to bowiem były podziały zwykłe, odbywające się *lege artis*, liczba chromozomów w jaju dojrzałym nie powinna być zredukowana. Otóż sprawa redukcji chromatyny należy do zagadnień bardzo trudnych, ma ogromną literaturę naukową, wielokrotnie była omawiana i badana, a pomimo to jeszcze w niej niewszystko jest zupełnie jasne.

Znamy dziś kilka typów, według których odbywa się redukcja, a to jest charakterystyczne, że we wszystkich przypadkach, tak u zwierząt wyższych, jak i niższych, chromatyna występuje wtedy (w spermatocytach i owocytach I. rzędu) pod postacią t. zw. grup czworaczych, czyli tetrad. Każda tetrad, czyli grupa czworacza, jest złożona albo z czterech ziarn, albo z czterech przecików chromatyny, niekiedy zaś przedstawia się w postaci krzyża lub pierścienia, stanowiącego zmodyfikowaną tetradę. Należy pamiętać, że, według zgodnych wyników wszystkich nowszych badań, liczba tych grup, czyli kompleksów czworaczych, wynosi zawsze połowę tej liczby chromozomów, jaka właściwa jest danemu gatunkowi zwierząt. Jeżeli więc w komórkach ciała danego gatunku występuje np. po szesnaście chromozomów, to w spermatocytach i owocytach I. rzędu liczba tetrad wynosi osiem. Same więc już tetradysty występują w zredukowanej do połowy liczbie w porównaniu z pierwotną liczbą chromozomów. Ta zredukowana liczba pozostaje już bez zmiany przy dwóch następnych podziałach komórek płciowych, t. j. przy podziale owocytów I. rzędu na owocyty rzędu II. (względnie spermatocytów) oraz ostatnich na jajo dojrzałe i drugie ciało kierunkowe (względnie spermatocytów II. rzędu na spermatydy). Albowiem przy pierwszym podziale do każdych dwóch komórek potomnych przechodzą z każdej tetrady po dwa elementy chromatynowe, zwane dwojakami, czyli

diadami ($\div\div$), a przy następnym dwa elementy każdej diady rozmieszczają się w dwu komórkach potomnych, tak, że każdej przypada po jednym elemencie ($\div$). Jeżeli więc było osiem tetrad, to w jajach dojrzałych (względnie spermatydach) będzie także po osiem elementów chromatynowych, zredukowanych atoli w masie swojej. Zachodzi więc tylko pytanie: w jaki to dzieje się sposób, iż w owocytach (względnie w spermatocytach) I. rzędu pojawiają się owe tetrazy, i to w ilości już zredukowanej w porównaniu z pierwotną liczbą chromosomów? Sprawa ta jest bardzo trudna, i do dziś dnia niema pod tym względem zgodności pomiędzy badaczami, którzy odróżniają różne typy. Dla przykładu rozpatrzmy tylko dwa typy redukcji: u glisty końskiej (*Ascaris megalocephala*) odmiany *bivalvens*, według badań Boveriego, i u pierścienicy *Ophryotrocha puerilis*, według badań Korschelta. Obieramy te dwa typy dla wielkiej ich prostoty, a nadto, że u obu zwierząt liczba chromosomów w komórkach ciała i w niedojrzałych komórkach płciowych jest bardzo niewielka, gdyż wynosi tylko cztery.

Glista końska wymienionej odmiany, jak rzekliśmy, ma po cztery chromosomy w jądrach komórek swego ciała. Okazuje się atoli, że, kiedy owocyty I. rzędu, osiągnąwszy odpowiednią wielkość, zaczynają się przygotowywać do podziału, w jądrach ich występują chromosomy od razu już w liczbie zredukowanej do połowy, a mianowicie w liczbie dwóch. Kiedy owocyt I. rzędu przygotowuje się do wyrzucenia I. ciała kierunkowego, owe dwa chromosomy występują w postaci dwóch grup czworaczych (rys. 34), t. j. dwóch grupki, z których każda składa się z czterech ziarn chromatynowych (Boveri). Przy wyrzucaniu pierwszego ciała kierunkowego z każdej grupy czworaczej dwa ziarna przechodzą do tego ciała (rys. 34. *G, H, I*), dwa zaś pozostają w jaju (w owocycie II. rzędu); te dwie grupki, zawierające po dwa ziarna chromatyny, noszą nazwę diad. Kiedy ma być wydalone drugie ciało kierunkowe, każda z dwóch diad obraca się o 180 stopni, i z każdej z nich jedno ziarno przenika do drugiego ciała kierunkowego, drugie

zaś pozostaje w jaju dojrzałym (rys. 34. *L—O*). Ostatnie zawiera zatem dwa chromosomy w postaci ziarn, czyli o połowę mniej, niż owogonie i wogóle niż komórki ciała glisty końskiej odmiany *bivalvens*. Według Boveriego każda wspomniana tetrada powstaje z dwukrotnego podziału po-



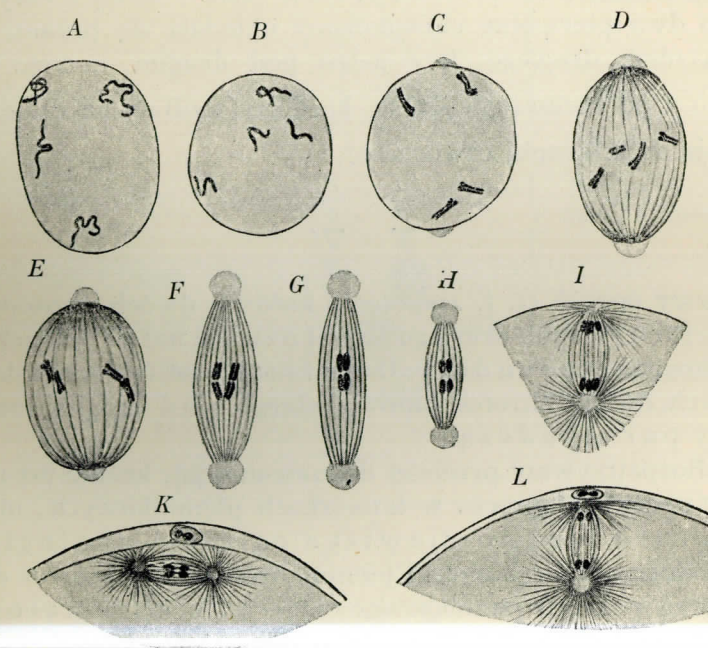
Rys. 34. Powstawanie ciałek kierunkowych u *Ascaris megalocephala* var. *bivalvens*. A—E powstawanie pierwszego wrzecionka, w A i E widać nadto w jaju plemnik, F—I tworzenie się I. ciała kierunkowego, K—L drugie wrzecionko i wydalone pierwsze ciało, M—O tworzenie się drugiego ciała kierunkowego. W D—H widać dobrze grupki czworacze (tetrazy). (Według Boveriego).

dłużnego każdego z dwóch chromosomów, występujących w owocytach I. rzędu, oraz wskutek odpowiedniego skrócenia się produktów tego podziału i ułożenia się ich w grupkę czworaczą. Niektórzy nadto przyjmują, że każdy chromosom składa się z szeregu drobnutkich ziarenek;

że przy owym podziale każdego chromozomu na dwie, a z kolei na cztery nitki, układające się w tetradę, każde poszczególne ziarenko chromozomu (mikrozomy, chromiole) ulega podziałowi podłużnemu raz i drugi raz; i wreszcie, że te szeregi ziarenek, silnie skupiając się, dają składniki tetrad (Brauer). Są to jednak rzeczy niezmiernie subtelne, trudne do obserwowania, niezupełnie dowiedzione; faktem wszelako jest ostatecznie to, że liczba chromozomów ulega zredukowaniu, oraz że w dzielących się jądrach występują wówczas charakterystyczne tetrady, z których każda ma w tym przypadku wartość jednego chromozomu, właściwa zaś redukcja liczebna chromozomów odbywa się jeszcze w owocytach I. rzędu.

Według odmiennego typu zachodzi redukcja chromatyny i związane z tem formowanie się tetrad przy dojrzewaniu jaj pierścienicy *Ophryotrocha puerilis* (według badań E. Korschelta). I tu znajdujemy po cztery chromozomy w komórkach ciała, a więc i w owocytach I. rzędu występuje także liczba chromozomów, przyczem każdy chromozom rozszczepia się wzdłuż na dwie pozostające z sobą w związku nitki. Kiedy następuje przygotowywanie się do wydalenia pierwszego ciała kierunkowego, każde dwa chromozomy układają się jeden obok drugiego wzdłuż, a że każdy chromozom był rozszczepiony na dwie nitki podłużne, więc z każdych dwóch pierwotnych chromozomów powstaje jedna grupa czworacza, wyglądająca w ten sposób: = = (rys. 35. A—C). Takie podłużne układanie się pary chromozomów, jednego obok drugiego, w celu sformowania tetrady jest bardzo rozpowszechnione przy dojrzewaniu komórek płciowych u różnych zwierząt i nosi nazwę metasyndezy. Ponieważ w opisywanym przypadku chromozomów było cztery, zatem w jaju wystąpią dwie grupy czworacze, dwie tetrady, które z kolei, z powodu skrócenia się poszczególnych nitek, przybiorą ostatecznie podobną postać, jak u glisty końskiej. Mamy więc dwie tetrady, które podczas wydalenia z jaja ciałek kierunkowych, najpierw I., a potem II., zachowują się zupełnie tak samo, jak u *Ascaris*. Przy wydaleniu tedy I. ciała dwa elementy chromatynowe

każdej z dwóch tetrad przenikają do ciała, dwa inne zaś zostają w jaju (rys. 35. H, I), poczem każda grupka dwojaczna (diada) obraca się o 180 stopni, a przy wydaleniu II. ciała kierunkowego jeden element chromatynowy każdej diady przenika do tego ciała, drugi pozostaje w jaju (rys. 35. K, L). Dojrzałe jajo zawiera tu zatem dwa elementy chromatynowe,



Rys. 35. Kilka stadyów dojrzewania jaja robaka (pierścienicy) *Ophryotrocha puerilis*. A — C podział podłużny chromozomów, D — G układ ich w polu równikowym pierwszego wrzecionka, H, I pierwszy podział przy dojrzewaniu, K, L drugi podział. (Według Korschelta).

dwa chromozomy, w przeciwieństwie do niedojrzałego, które miało ich cztery.

Widzieliśmy wyżej, że dla utworzenia tetrad po dwa pierwotne chromozomy układają się parami w jednej linii, jeden obok drugiego, i po uprzednim rozszczepieniu się każdego z nich wzdłuż formują jedną tetradę (utworzoną z czterech pręcików chromatynowych) według następującego wzo-

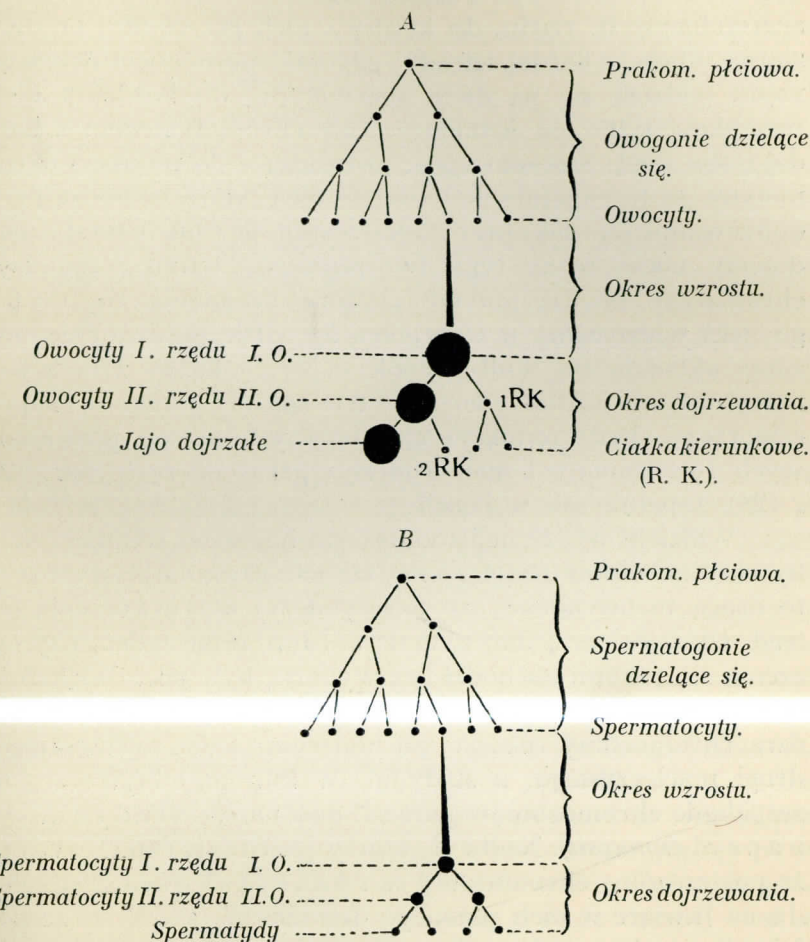
ru. Jeżeli a , b , c , d przedstawiają cztery pierwotne chromozomy, powstają: $a|b$, $c|d$, a wobec poprzedniego podziału każdego chromozomu wzdłuż na dwie nitki—dwie grupki czworacze: $\frac{a|b}{a|b}$, $\frac{c|d}{c|d}$. Bywa atoli także, co prawda w przypadkach znacznie rzadszych (według badań Winiwartera [1908], małżeństwa Schreinerów [1905—1908] i innych), że po dwa pierwotne chromozomy układają się parami nie jeden obok drugiego, lecz jeden pod drugim, a więc tak: $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{d}$, a po rozszczepieniu się każdego (wzdłuż) na dwie nici dają dwie grupki czworacze:

$$\frac{\frac{a}{b}}{\frac{a}{b}}, \quad \frac{\frac{c}{d}}{\frac{c}{d}}.$$

Pierwszy sposób (t. j. zespolenie każdego dwóch chromozomów, jednego obok drugiego wzdłuż) nosi nazwę, jak zaznaczyliśmy, *metasyndezy*. Ostatni natomiast (t. j. zespolenie każdego dwóch chromozomów, jednego pod drugim) nazywamy *parasyndezą*.

Rozpatrzymy przebieg dojrzewania jaj, krótko już możemy opisać ten proces w komórkach plemnikowych, albowiem zachodzą tu zjawiska całkiem analogiczne. Wiemy, że prakomórki plemnikowe dzielą się przez długi szereg pokoleń, zmniejszając się — są to *spermatogonie*; wiemy dalej, że ostatnie ich pokolenie pozostaje przez dłuższy czas w spoczynku, rośnie; gdy zaś komórki te osiągną odpowiednią wielkość, jako t. zw. *spermatocyty I. rzędu*, dzielą się znów bezpośrednio raz po raz: na *spermatocyty II. rzędu* i na *spermatydy*. Otóż te dwa ostatnie szybko po sobie następujące podziały odpowiadają w zupełności oddzielaniu się od jaja ciałek kierunkowych, najpierw pierwszego i bezpośrednio potem drugiego, jak to schematycznie wyobraża załączony rysunek 36., wykazujący ową analogię. Analogia zaś wyda nam się jeszcze zupełniejszą, jeśli zważymy, że podczas dwóch podziałów, prowadzących do wytworzenia się *spermatydy*, zachodzi redukcja chromatyny w zupełnie po-

dobny sposób, jak przy podziałach, prowadzących do wydalenia jednego i drugiego ciałka kierunkowego. A więc u *Ascaris megalocephala*, odmia-



Rys. 36. A — Schemat powstawania komórki jajowej z prakomórki płciowej. B — Schemat powstawania plemnika z prakomórki płciowej (według Boveriego).

ny *bivalvens*, według Boveriego, już w *spermatocytach I. rzędu* (analogicznie do tego, co widzieliśmy w *owocytach I. rzędu*) występują w przygotowującym się do podziału jądrze

zamiast, jak zwykle, czterech, tylko dwa chromozomy, a każdy z nich, przez dwukrotne rozszczepienie podłużne, tworzy tetradę; mamy więc w spermatocycie I. rzędu dwie tetrady. Gdy teraz spermatocyt I. rzędu dzieli się na dwie komórki — spermatocyty II. rzędu, do każdej z nich przechodzą po dwa ziarna (diady) z każdej tetrady; gdy zaś spermatocyt drugiego rzędu podzieli się na dwie spermatydy, do każdej z nich przeniknie tylko po jednym ziarnie chromatynowym z każdej z obu diad. Stosunki więc, prowadzące do redukcji chromatyny, są tu zupełnie podobne do tych, które zachodzą przy dojrzewaniu jaj. Jak przy dojrzewaniu jaj, tak i tutaj znajdujemy także różne typy tworzenia się tetrad i redukcji chromatyny, między innymi typ zupełnie analogiczny do tego, jaki widzieliśmy u *Ophryotrocha*, gdzie po dwa chromozomy układają się wzdłuż obok siebie, a każdy z nich jest rozszczepiony wzdłuż, dając w ten sposób początek grupce czworaczej. Przy redukcji chromatyny komórek plemnikowych rozróżniamy i metasyndezę i parasyndezę (p. str. 126 i 128), zupełnie jak w jajach.

Widzieliśmy, że najistotniejszym objawem redukcji liczby chromozomów jest łączenie się ich parami, po dwa (czy to drogą metasyndezy, czy parasyndezy) dla utworzenia tetrad. Otóż jeszcze jedno pytanie musimy sobie zadać. Czy łączenie się parami zachodzi bez wyboru, byle jak? Większość dzisiejszych biologów twierdzi, że łączą się z sobą zawsze dwa chromozomy różnego pochodzenia: jeden ojcowski, drugi macierzysty, a stadyum, w którym odbywa się to zespalaanie chromozomów parami, nosi nazwę stadyum synapsy (*synapsis*). Nadto ci, którzy przyjmują (np. Boveri), że poszczególne chromozomy są różnej jakości ze względu na tkwiące w nich potencje dziedziczne, sądzą, że zspalają się z sobą po dwa chromozomy (męski z żeńskim) jednakowej zawsze jakości. Do sprawy tej powrócimy jeszcze niżej.

Ogólny wynik tego przydługiego może nieco rozważania polega na tem, że tak dojrzałe jajo, jak i dojrzały plemnik otrzymują połowę tej liczby chromozomów, jaką znajdujemy w komórkach płcio-

wych niedojrzałych i wogóle w komórkach ciała danego gatunku. Przez proces zaś zapłodnienia, polegający między innymi na łączeniu się jąder obu komórek płciowych, na sumowaniu się niejako chromatyny męskiej z żeńską, zredukowana do połowy ilość chromatyny w jajach powraca, że tak powiemy, do pierwotnej normalnej liczby, właściwej komórkom ciała danego gatunku zwierząt. Jeśli zatem np. u ślimaka winniczka liczba chromozomów w jądrach komórek ciała wynosi 24, to w jądrach dojrzałego jaja i dojrzałego plemnika wynosi tylko po 12, a w jądrze jaja zapłodnionego $12 + 12$, czyli znów 24.

Przez dłuższy czas sądzono, za przykładem A. Weismanna, że w ogólności przy wydalaniu z jaja pierwszego ciała kierunkowego, a analogicznie także przy podziale spermatocytów I. rzędu na spermatocyty II. rzędu, zachodzi zwykły, normalny podział mitotyczny, przy którym każdy chromozom dzieli się wzdłuż na dwie nici, przechodzące do jąder obu komórek potomnych, a że następny z kolei podział (zachodzący zatem przy wydalaniu drugiego ciała kierunkowego, względnie przy podziale spermatocytów II. rzędu na spermatydy) odbywa się tak szybko i bezpośrednio po pierwszym, iż poszczególne chromozomy nie mają wprost czasu rozszczepić się i że przeto połowa istniejących chromozomów przechodzi do jednej, połowa zaś do drugiej komórki. Weismann sądził przeto, że dopiero ów drugi podział jest zawsze istotnie redukującym i że wogóle przy tym podziale z istniejącej liczby chromozomów, dajmy na to, czterech, które nazwiemy *a*, *b*, *c*, *d* — dwa, np. *a*, *b*, przechodzą do jednej komórki, dwa inne *c*, *d*, do drugiej — w całości, niepodzielone. Pogląd ten okazał się atoli nieuzasadnionym, widzieliśmy bowiem, że redukcja ilościowa chromozomów może nastąpić nawet przed wydalaniem pierwszego ciała kierunkowego, np. u *Ascaris megalocephala* według Boveriego. Niewątpliwie jednak w wielu przypadkach pogląd Weismanna jest zupełnie słuszny. Zapatrywanie tego badacza jest dlatego interesujące, iż wiąże się z całym systematem jęgo

teorii dziedziczności, do której niżej jeszcze powrócimy. Jako potwierdzenie swego poglądu uważał Weismann zauważony przez siebie i japończyka Ishikawę fakt, iż u jaj rozwijających się dzieworodnie, np. u wrotków i niektórych skorupiaków, powstaje przy dojrzewaniu tylko jedno ciało kierunkowe. Ponieważ tutaj nie odbywa się zapłodnienie i do jaja nie przenika chromatyna ojcowska, redukcja zatem ilościowa chromatyny w jaju byłaby zbyteczna, i dlatego nie tworzy się drugie ciało kierunkowe, przy którym, według Weismanna, zachodzi właśnie ów podział redukujący. Wszelako w r. 1888 Blochmann wykrył w dzieworodnie (na trutnie) rozwijających się jajach pszczoły dwa ciała kierunkowe, a jednocześnie Platner zauważył to samo w jajach dzieworodnie rozwijającej się prządki *Liparis dispar*.

Otóż w przypadkach, kiedy w jajach rozwijających się dzieworodnie występują dwa ciała kierunkowe, w których zachodzi więc redukcja chromosomów, liczba ostatnich w jaju dojrzałym i w komórkach zarodka powinny wynosić tylko połowę liczby normalnej. Czy tak jest istotnie? Zdaje się, że przyroda zawsze znajduje sobie jakiś prosty sposób zaradzenia temu. Tak np. Dr Petruniewicz (1901) znalazł w niezapłodnionym, dzieworodnie rozwijającym się jaju pszczoły (jaja takie dają trutnie) dwa ciała kierunkowe. Po wydaleniu I. ciała jajo zawiera normalną dla pszczoły liczbę szesnastu chromosomów, po wydaleniu II. liczba zmniejsza się do ośmiu (tu więc, zgodnie z poglądem Weismanna, dopiero przy wydaleniu ciała drugiego następuje podział redukujący). Ale gdy jajo zaczęło się już rozwijać, w niem samem i w produktach jego podziału zauważył Dr Petruniewicz znów szesnaście chromosomów. W jakiż tedy sposób liczba się podwoiła? Badacz ten, zarówno jak i Boveri, mają podstawę do nader prawdopodobnego przypuszczenia, iż nastąpiło tu wprost podłużne rozszczepienie każdego z ośmiu chromosomów na dwie nici w stadium, kiedy jądro jajowe było jeszcze w stanie spoczynku, tak iż przy pojawieniu się pierwszego wrzeciona liczba pętli chromatynowych wynosiła znowu szesnaście.

Inne niezmiernie ciekawe w tym względzie spostrzeżenie uczynili O. Hertwig, Yves Delage i Brauer. Zdążyli się niekiedy, że jaja rozgwiazdy, niezapłodnione, zaczynają się rozwijać dzieworodnie. Otóż O. Hertwig zauważył, że w takim przypadku wydalone zostaje z jaja pierwsze ciało kierunkowe, z kolei zaś zaczyna się tworzyć drugie, lecz jądro ostatniego powraca znów do środka jaja i zlewa się z jądrem jajowem; w ten sposób jądro to zastępuje jakby jądro męskie i, zlewając się wtórnie z jądrem jaja, przyczynia się do przywrócenia znów normalnej liczby chromosomów (i tutaj bowiem dopiero przy wydaleniu drugiego ciała zachodzi liczebna redukcja chromatyny). Podobną obserwację uczynił też Y. Delage na jajach rozgwiazd, sztucznie pobudzonych do rozwoju dzieworodnego (o czym niżej). Brauer zaś spostrzegł analogiczne zjawisko w dzieworodnie rozwijających się jajach skorupiaaka *Artemia salina*. I tu pierwsze ciało kierunkowe zostaje wydalone, drugie zaczyna się tylko tworzyć, lecz jądro jego powraca do ooplazmy i łączy się z jądrem jajowem.

Zdaje się atoli, że niekiedy jaja dzieworodne, utraciwszy po dojrzaniu połowę chromosomów, mogą pomimo to dzielić się i rozwijać bez przeszkody. Zdaje się to wynikać ze spostrzeżeń Wilsona nad jajami jeżowców, sztucznie pobudzonymi do partenogenezy.

Zanim zakończymy sprawę dojrzewania elementów płciowych, zwrócimy uwagę na jeszcze jedną okoliczność, która w ostatnich czasach dała powód do licznych domysłów i sporów. Mam tu na myśli fakt, zauważony już niegdyś przez Henkinga u pluskwy-kowala (*Pyrrhocoris*); podczas rozwoju plemników występuje tu w jądrze, oprócz zwykłych chromosomów, jeden chromosom większy i wogóle różny od innych, t. zw. dodatkowy, albo inaczej heterochromosom (*heteros* — różny); i oto okazuje się, że, gdy spermatocyt II. rzędu dzieli się na dwie spermatydy, ów nieparzysty, wielki chromosom przenika, niepodzielony, tylko do jednej spermatydy. A koniecznym wynikiem tego jest fakt, że jedna spermatyda i, co za tem idzie, jeden plemnik zawiera więcej chromatyny, niż drugi, bo połowę zwykłej, nor-

malnej liczby chromozomów + ów chromozom dodatkowy, podczas gdy drugi plemnik zawiera tylko połowę normalnej liczby chromozomów. W nowszych czasach zauważyli podobne fakta Montgomery (1910) u owadów półpokrywych, McClung u owadów prostoskrzydłych, Meves (1907), Wilson (1909, 1910), H. T. Morgan (1909) i inni. Niewiadomo, jakie to ma znaczenie; ale niektórzy badacze sądzą, że ta przewaga chromatyny w pewnych plemnikach, ta różnorodność w zawartości chromatyny w plemnikach jednego i tego samego zwierzęcia pozostaje w związku z tem, że jedne z plemników predysponowane są po połączeniu się z jajem do wydania płci męskiej, inne żeńskiej. Do ważnej tej sprawy powrócimy jeszcze niżej.

ROZDZIAŁ DZIEWIĄTY.

Zapłodnienie.

W poprzednich rozdziałach staraliśmy się dać czytelnikowi pogląd na elementy płciowego rozmnażania: jajo i plemnik. Opisaliśmy ich budowę i sposób powstawania, różnice i podobieństwa — podobieństwa, bo oba elementy stanowią wszak tylko pojedyncze komórki, opatrzone wszystkimi główniejszymi składnikami, właściwymi każdej wogóle komórce, — różnice, ponieważ jajo ma postać mało naogół zmienionej komórki, plemnik zaś jest zwykle bardzo zmodyfikowaną komórką, a najczęściej ma postać wiciowatą. Z racji tej różnicy budowy zaznaczyliśmy już wyżej, że zależy ona od odmiennej roli, jaką oba elementy spełniają w akcie zapłodnienia: bardziej biernej — jaja, które gromadzi w sobie zapasy pokarmowe dla mającego rozwinąć się zarodka (deutoplazmę), oraz bardziej czynnej — plemnika, który poszukuje jaja, zbliża się i przenika do niego w celu zapłodnienia. Widzieliśmy z kolei, że tak jajo, jak i plemnik muszą dojrzeć, a dojrzewanie, zachodzące przy wydalaniu t. zw. ciałek kierunkowych w jajach, względnie podczas rozwoju plemników z prakomórek plemnikowych, ma na celu zredukowanie do połowy liczby chromozomów i wogóle ilości chromatyny w komórkach płciowych, aby przeszkodzić gromadzeniu się zbyt wielkiej ilości chromatyny przez każdorazowy akt zapłodnienia.

W ten sposób przygotowaliśmy się już zupełnie do poznania samego aktu zapłodnienia, owego najważniejszego momentu w płciowości ustrojów. A płciowość jest jed-

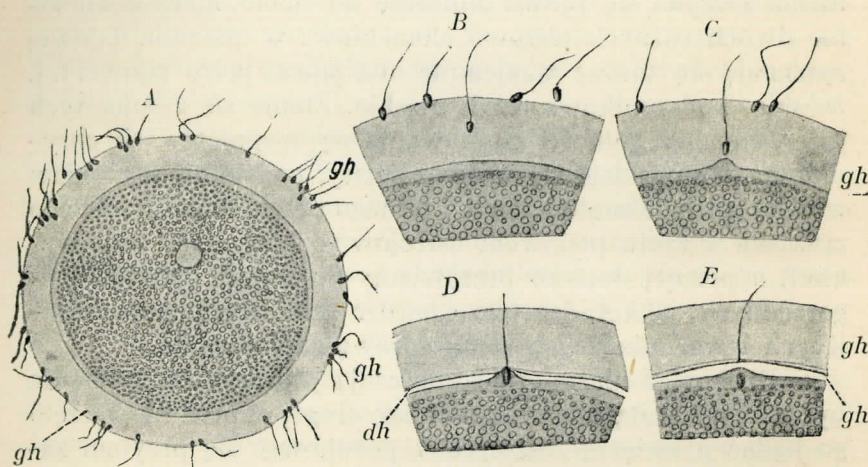
nem z tych przedziwnych zjawisk żyjącego świata, które zawsze zastanawiają umysł ludzki. Już przecie starożytni w bujnej wyobraźni swej szukali poetycznego rozwiązania owego zagadkowego objawu w przyrodzie, czego dowodem liczne mity, a jeden z piękniejszych to mit frygijski o *Androgyne*, zrodzonej przez Jowisza męzo-kobiecie, której bogowie odebrali męskie narządy rozrodcze, przez co powstały dwie płci. Albowiem element męski wyrósł w potężne drzewo, co z nimfą rzeki niebios, Atys, spłodziło Słońce, a żeńska Agdistis jako matka ziemia rozpoczęła z męskim Słońcem wielki akt płodzenia. O ile prozaiczniej załatwia się Pismo Święte z pochodzeniem dwu płci, wywodząc kobietę z żebra mężczyzny!

Wszystkie wogóle czynności życiowe w przyrodzie organicznej, wszelkie objawy biologiczne sprowadzić można do dwóch kategorii, związanych z dwoma wielkimi celami życiowymi: do zachowania osobnika i utrzymania gatunku. Zapłodnienie jaja jest jedną z najistotniejszych czynności, które służą do ostatecznie wymienionego celu. A dziwne, najgłębszego zastanowienia godne są wszystkie zjawiska w przyrodzie organicznej, zdążające do dokonania zapłodnienia. Uczucie miłości pomiędzy parą zakochanych jednostek ludzkich, miotające całem ich jestestwem; niepołamowany popęd płciowy w świecie zwierzęcym, objawiający się dzikimi nieraz walkami o posiadanie samicy, kończącemi się często śmiercią rywala, jak na rykowiskach jeleni; popęd wyrażający się w przedziwnych zalotach samców ptasich, np. tokujących głuszców — oto niektóre zaledwie z tych nieprzeliczonych objawów życia płciowego w przyrodzie. Owo poszukiwanie się wzajemne dwóch płci, zalecanie się, walczenie o samicę — to tylko akt wstępny. Po nim następuje zwykle połączenie obu płci, sprawa fizyologiczna niezmiernie również złożona w swych przejawach, nieskończenie różnorodna w swych fenomenach, a z którą wiążą się najrozmaitsze urządzenia i przystosowania w życiu ustrojów. Ale i to są tylko przejawy niejako wstępne, przygotowawcze, dążące do umożliwienia plemnikowi zetknięcia się z jajem. Tu, jak zobaczymy, znów zaczyna się poszukiwanie elementu żeńskiego

przez męski, w zasadzie to samo powtarza się niejako w miniaturze. Pod mikroskopem możemy nieraz obserwować, jak setki plemników rzucają się na jajo i zwinnymi ruchy usiłują jak gdyby przedrzeć się do jego wnętrza, ale zwykle tylko jedno jedyne osiąga swój cel i poprzez błonę jaja przenika do plazmy. Przedostaje się, jak zobaczymy niżej, zazwyczaj tylko główka plemnika wraz z pasemkiem środkowym, ogonek najczęściej się odrywa, a wiemy, że główka plemnika odpowiada jądru komórkowemu. I oto w procesie zapłodnienia zaczyna się znowu zbliżanie do siebie, lgnięcie ku sobie dwóch różnych płciowo elementów: w plazmie jajowej zaczynają się zbliżać wzajemnie oba jądra, jądro jajowe, t. j. żeńskie, i plemnikowe, czyli męskie. Złanie się z sobą tych jąder, a w szczególności zsumowanie się, zespolenie ich chromatyny — oto, zdaje się, najważniejszy, najistotniejszy objaw w całej sprawie zapłodnienia. I od tego przeto najważniejszego zjawiska w życiu płciowym ustrojów rozpoczniemy nasz wykład, a później dopiero przejdziemy do owych zjawisk drugorzędnych, jakkolwiek także bardzo doniosłych, poprzedzających i warunkujących samą sprawę zapłodnienia.

Dziwny, a niezmiernie interesujący proces zapłodnienia był zakryty szatą tajemniczości tak długo, dopóki nie zaczęto go badać u zwierząt niższych i posilkować się przytem zapłodnieniem sztucznem. Jeżeli chcemy obserwować go w żywych komórkach płciowych, trzy muszą być spełnione warunki: po pierwsze, jaja powinny być drobne, aby w całości mogły być oglądane pod mikroskopem przy silnych powiększeniach; powtórę, muszą być przezroczyste, zawierać niezbyt wiele deutoplazmy; wreszcie u danych zwierząt powinno się odbywać zapłodnienie t. zw. zewnętrzne, t. j. zachodzące poza obrębem ciała samicy. Wszystkim tym trzem warunkom odpowiadają między innymi elementy płciowe szkarłupni, i dlatego to na żywych jajach tych zwierząt po raz pierwszy obserwowano sprawę zapłodnienia. Wystarczy dać do wody morskiej na szkiełko zegarkowe żywych jaj, wyjętych ze świeżego jajnika samicy jeżowca morskiego, i dodać spermy ze świeżego gruczołu płciowego samczego, a następnie nabrać kroplę tego płynu na szkiełko przedmiotowe

pod silne powiększenie mikroskopu, by móc obserwować cały ten niezmiernie interesujący proces. Oto plemniki całymi setkami otaczają poszczególne jaja, tworząc dokoła nich jakby obłoczki, i wykonywają energiczne ruchy wiciami, zwracając się główkami ku powierzchni jaja. Jest to istny atak, niby szturm, przypuszczony przez plemniki do jaja; lecz tylko jeden plemnik staje się szczęśliwym wybrańcem i przenika główką do jaja, poczem jajo, jak zobaczymy niżej, otacza się niebawem pewnego rodzaju błoną ochronną; pozostałe plem-



Rys. 37. Pierwsze stadia zapłodnienia jaja rozwijaczy. A — jajo otoczone plemnikami. B, C — części jaja, gdzie widać plemniki przenikające do osłony galaretowatej, w C — widać wzgórek przyjmujący plazmy jajowej. D, E — przenikanie główki plemnika do tego wzgórka, w E widać odrzucony ogonek plemnika. (Wedł. E. B. Wilsona).

niki usiłują jeszcze przez pewien czas przedrzeć się również do jaja, lecz bez skutku, bo nie zdołają przebić błony, a wkrótce, coraz bardziej zwalniając swój atak, opuszczają jajo.

Czy plemnik przeniknąć może do jaja w każdym punkcie jego powierzchni?

W takich jajach, jak szkarłupni, prawdopodobnie wszędzie jest droga dla plemnika otwarta, a zdaje mi się, iż wogóle z wielu plemników, szturmujących do jaja na ca-

łym obwodzie, ten się przedewszystkiem do wnętrza dostaje, co w najbardziej pionowym kierunku (w kierunku promienia) i przytem, zapewne, z największą też siłą na jajo uderza. Wszelako w wielu innych przypadkach plemnik wnika do jaja tylko w pewnych określonych miejscach; u wielu owadów, których jaja opatrzone są twardą osłoną dodatkową — kosmówką (*chorion*), w pewnym miejscu jaja znajduje się, jak wiemy, drobny otwór (*mikropyle*) lub grupka otworów (*aparat mikropylowy*), a plemniki tylko przez nie przedostać się mogą do jaj. W jajach niektórych zwierząt, np. u robaka *Myzostoma*, plemnik wdiera się do jaja tylko na jednym jego biegunie, t. zw. roślinnym. U niektórych owadów tuż pod otworkiem wpustowym znajduje się szczególnie zmodyfikowana ooplazma, i w nią to przedewszystkiem zagłębia się plemnik, wnika do jaja. Ta część plazmy jest zwykle uboższa w deutoplazmę, niż reszta. Na szczególną zaś zasługuje uwagę, że w jajach, nieopatrzonych twardszą osłoną, ani też specjalnym otworkiem wpustowym, w każdym punkcie powierzchni jaja, gdzie tylko plemnik zacznie przenikać, ooplazma wysuwa ku niemu soczysty wyrostek, t. zw. wzgórek przyjmujący (rys. 37. C), do którego plemnik przechodzi, zanim się zagłębi w jajo, i który wkrótce zanika. A zatem jajo nie zachowuje się całkiem biernie, lecz do pewnego stopnia okazuje się także czynnem, pomagając plemnikowi tą wypustką plazmatyczną. I oto pytanie, co tu jest pierwotniejsze: czy wysuwający się w pewnym miejscu wzgórek plazmatyczny przytrzymuje główkę jednego z plemników, który wskutek tego staje się wybrańcem, czy też odwrotnie, najenergiczniej nacierający na jajo plemnik działa jako miejscowa podnieta na ooplazmę, powodując wysunięcie się tutaj wzgórka plazmatycznego, który wtórnie dopiero dopomaga plemnikowi? Mojem zdaniem, zachodzi ostatnio wymieniony przypadek; plemnik najsilniej jajo atakujący i uderzający na nie w najbardziej pionowym kierunku jest bezpośrednią przyczyną uformowania się w danym miejscu wzgórka ooplazmatycznego, który już z kolei czynnie ułatwia plemnikowi drogę. Oba atoli zjawiska, pierwsze zetknięcie się główki plemnikowej z powierzchnią jaja

i utworzenie się wzgórka, odbywają się tak szybko po sobie i tak niemal jednocześnie i bezpośrednio, że całą tę sprawę możnaby tłumaczyć i w pierwszy sposób, jak sądzę, mniej jednak prawdopodobny.

Po największej części jajo staje się dostępnem dla plemnika dopiero po zupełnem dojrzeniu, czyli po wydaleniu już obu ciałek kierunkowych. Wszelako u niektórych zwierząt plemnik przenika do jaja w czasie, kiedy ono przygotowuje się dopiero do wydalenia pierwszego, a nawet już drugiego ciałka kierunkowego, tak że w ooplazmie takiego jaja widzimy jednocześnie plemnik (lub samą główkę plemnikową z pasemkiem środkowym), zagłębiający się w ooplazmie, oraz jądro jajowe odbywające wędrówkę ku obwodowi i podlegające podziałowi dla redukcji chromatyny; znajdujemy to np. u glisty końskiej (*Ascaris megalocephala*) lub u axolotla. W tych przypadkach należy przypuścić, że dopiero zetknięcie się ooplazmy z plemnikiem pobudza jajo do odbycia procesu dojrzewania lub do przyspieszenia go, gdy tymczasem w większości innych przypadków dojrzewanie jaja i zapłodnienie najzupełniej od siebie nie zależą.

Powiedzieliśmy wyżej, że, skoro jeden plemnik przebił błonę jajową, inne najczęściej nie mają już wstępu do jaja i że dzieje się to dlatego, iż jajo na całym swym obwodzie wydziela jakby błonę ochronną. W jakiż to dzieje się sposób? W jajach szkarłupni bardziej spoista i zbita warstewka zewnętrzna ooplazmy oddziela się pod wpływem zetknięcia z główką plemnika od reszty ooplazmy, tak że pomiędzy niemi powstaje szczelina, wypełniająca się wysiłekającą z jaja cieczą; w ten sposób dokoła ooplazmy tworzy się błona, która nie pozwala już innym plemnikom przeniknąć do jaja. W jajach axolotla istnieją normalnie dwie błony: jedna zewnętrzna, grubsza, druga wewnętrzna, cieńsza, żółtkowa, i oto, gdy zaostrozony wierzchołek główki plemnikowej przebije błonę zewnętrzną, pomiędzy ostatnią a pierwszą gromadzi się ciecz, co wystarcza już do ochrony jaja przed najściem nowych plemników. Zda się atoli, że w wielu przypadkach zachodzi istotne zgęstnienie korowej warstwy ooplazmy pod wpływem podniety ze strony plemnika, a powstająca tą drogą

błona broni jajo przed dalszymi plemnikiem; zauważył to np. Driesch na jajach jeżowców, sztucznie pozbawionych błony pierwotnej.

Jak zaznaczyliśmy już, do jaja przenika główka plemnikowa i to, zdaje się, zawsze wraz z pasemkiem środkowym. Wierzchołek główki zanika wkrótce bez śladu. Co się zaś tyczy wici, czyli ogonka, to w wielu przypadkach ostatni odrywa się od plemnika w chwili, kiedy główka przebijając błonę jajową, a więc wcale się nie dostaje do ooplazmy (rys. 37. E). Kiedy indziej wszelako, np. u mięczaka *Physa fontinalis*, według pięknych badań prof. Kostaneckiego i Wierzejskiego, cały ogonek plemnika wraz z główką i pasemkiem środkowym przenika do ooplazmy, co zauważono także przy zapłodnieniu jaj niektórych płazów oraz u owadów (Henking). Badacze nie przypisują wszelako żadnej twórczej roli wici plemnikowej, a to z tego względu, że, po pierwsze, u wielu zwierząt ogonek, jak rzekliśmy, wcale do jaja się nie dostaje, lecz wprost się odrywa, po drugie zaś, ponieważ i w tych przypadkach, kiedy wdziera się do jaja, odrywa się wkrótce od główki i spoczywa sobie w ooplazmie gdzieś na uboczu, zdala od główki plemnikowej (przedjądra męskiego) i od jądra jajowego (przedjądra żeńskiego), które, jak zaraz zobaczymy, zaczynają dążyć ku sobie, by się w całość zjednoczyć. Ogonek bywa nieraz przez długi stosunkowo czas widzialny w ooplazmie, w której odrywają się tymczasem owe dziwne sprawy zespalandia się jąder, t. zw. karyogamii, ale stopniowo, powoli zanika, ulegając, zdaje się, zupełnej resorbcyi, wessaniu, tak iż zdaje się on pełnić rolę zupełnie poboczną, bierną, jest jakby substancją pokarmową, zużywaną przez ooplazmę i bez śladu w niej zanikającą.

Wraz z główką przenika także do jaja, co zaznaczyliśmy już kilkakrotnie, pasemko środkowe, które, jak wiemy, zawiera centrozom komórki plemnikowej oraz część plazmy, tworzącej pochewkę niteczki osiowej. Według badań większości autorów, a przede wszystkim T. Boveriego, które między innymi stwierdził też Kostanecki, centrozom męski, czyli spermocentr, odgrywa ważną rolę, gdyż on to właśnie dzieli się niebawem na dwa ciałka środkowe,

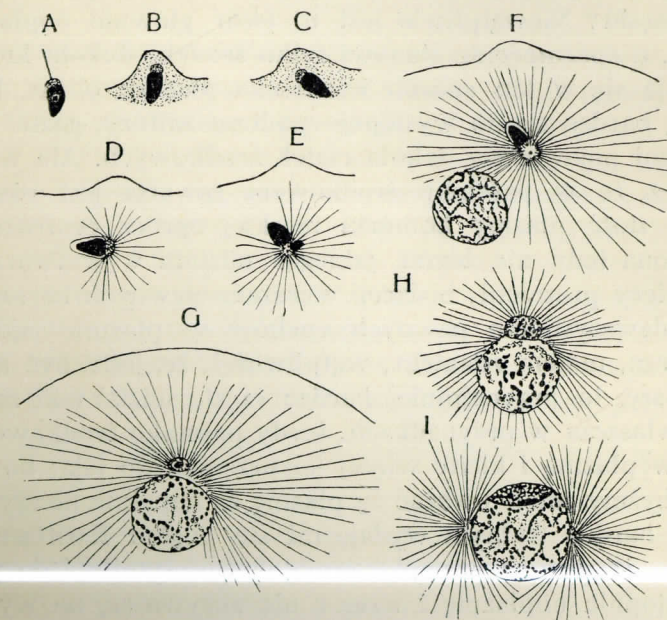


stanowiące centrozomy pierwszego wrzeciona w dzielącym się jaju zapłodnionem. Natomiast, co do centrozomu komórki jajowej, czyli owocentru, większość autorów przyjmuje, że zanika on w jaju zupełnie. W ten sposób plemnik wnosi do jaja nie tylko główkę swoją, czyli jądro, ale nadto i centrozom, który stanowi, jak wiemy, ważny aparat przy mitotycznym podziale komórki, aparat jakby kinetyczny, ruchowy, ku centrozomom bowiem, zajmującym dwa przeciwległe bieguny wrzeciona, przesuwają się po rozszczepieniu chromozomy.

Jądro plemnikowe, zagłębiając się w ooplazmie, porusza się początkowo w tym samym kierunku, w jakim plemnik uderzył na jajo — ta część drogi jądra męskiego została nazwana drogą przenikania (*Penetrationsbahn*, W. Roux); niebawem atoli jądro (przedjądrze męskie) zaczyna zwykle zbaczać z tej drogi, niekiedy niemal pod kątem prostym (rys. 38), kierując się ku jądru jajowemu (przedjądrzu żeńskiemu), by się z nim spotkać i połączyć. To zboczenie z drogi otrzymało nazwę drogi kopulacyjnej (*Copulationsbahn*, W. Roux). Niezawsze jednak te dwie części drogi jądra plemnikowego dają się dokładnie odróżnić, a niekiedy ruchy obu jąder są dosyć złożone i wymagają dokładniejszej analizy. Zbliżanie się ku sobie obu jąder płciowych jest, być może, wynikiem pewnego ich przyciągania się wzajemnego, a możliwa, rezultatem jakiegoś chemicznego oddziaływania na siebie, niejednokrotnie bowiem obserwowano ruchy w świecie organicznym pod wpływem pewnych podnieć chemicznych (t. zw. chemotaksya, lub chemotropizm)*.

* Zaznaczmy przy tej sposobności, że i ruch całego plemnika ku jaju odbywa się, być może, pod wpływem jakiejś siły przyciągającej lub też jest wynikiem oddziaływania chemicznego (chemotaksyi), za czym zdają się przemawiać pewne doświadczenia. Pfeffer (1884 r.) wykazał, że, jeżeli cienką, zalutowaną u spodu rurkę szklaną, napełnioną słabym roztworem kwasu jabłkowego, wprowadzimy do wody, w której pływają plemniki paproci, i jeżeli ułamiemy pod wodą koniuszek rurki, to w chwili zetknięcia się kwasu z wodą liczne plemniki zbliżą się do otworu rurki, przyciągane jakby przez tę podnieć chemiczną. A oto okazało się, że w żeńskich narządach płciowych paproci znajdują się ślady tego kwasu. Inny znów kwas stanowił podnieć podobną dla plemników mszaków.

Gdy główka plemnika przenika do jaja i zaczyna się zagłębiać w ooplazmie, tuż z przodu jej pojawia się niebawem sfera promienisto rozchodzących się włókienek plazmatycznych (rys. 38. D—E), a bliższa analiza wykazuje, że wybiegają one z punktu środkowego, w którym mieści się centrozom, jak wiemy, pochodzenia męskiego. Wszelako położenie centrozomu na przodzie jądra plemnikowego i związa-



Rys. 38. Zapłodnienie jaja jeżowca *Toxopneustes lividus*. A—F — przenikanie plemnika i obrót główki. G—I — zbliżanie się i zlanie jądra męskiego (mniejszego) z żeńskim (większym). (Według E. B. Wilsona).

na z nim obecność w tem miejscu sfery promienistej nastroczały przez długi czas niemałą trudność embryologom, wiemy bowiem, że centrozom mieści się w pasemku środkowym, a gdy główka wnika do jaja, pasemko ciągnie się za nim w tyle. Tymczasem badania Ficka nad axolotlem, Wilsona i Mathewsa nad jeżowcami morskimi oraz innych biologów wykryły interesujący fakt, iż główka wraz

z pasemkiem, bezpośrednio niemal po przeniknięciu do jaja, wykonywa w ooplazmie obrót o 180° , w rezultacie czego jądro męskie zwraca się ku obwodowi jaja, a centrozom ku środkowi, czyli przy ruchu całości centrozom posuwa się przodem, jądro zaś pozostaje w tyle. Stąd obraz powyższy staje się zrozumiałym (rys. 38). Niekiedy jednak, np. u nietoperzy według Van der Strichta, obrót taki nie odbywa się.

Skąd się bierze owa sfera promieni, otaczająca centrozom męski? Niewątpliwie jest to twór głównie ooplazmatyczny, a spermocentr stanowi tylko środek, dokoła którego układają się w ten sposób włókienka plazmy, obraz, który zresztą bardzo często występuje podczas mitozy, gdzie sfera promieni pojawia się dokoła ciałek środkowych. Ale wiemy przecież, że w pasemku środkowym zawarta jest również pewna ilość plazmy komórki męskiej oprócz centrozomu. Czy i ona tedy nie bierze jakiegoś udziału w wytwarzaniu owej sfery promieni, będącej wyrazem pewnych czynności, a przede wszystkim pewnych ruchów w plazmie jajowej? Nie ulega, moim zdaniem, wątpliwości, że, jeśli, być może, niezawsze, to przynajmniej bardzo często udział taki zachodzi, zwłaszcza w przypadkach, kiedy pasemko środkowe obfituje w plazmę i kiedy więcej jej przenika do jaja; bo dla czegożbyśmy mieli uważać tę plazmę za zupełnie nieczynną? To też bardzo trafnym wydaje mi się pogląd Kostanec'kiego, iż plazma pasemka środkowego asymiluje do pewnego stopnia ooplazmę i wraz z nią zużywa się na wytworzenie owego ruchowego aparatu w postaci kurczliwych promieni dokoła spermocentru.

Powiedzieliśmy, że według większości autorów owocentr zanika, a ciało środkowe zapłodnionego jaja jest wyłącznie pochodzenia ojcowskiego. Ale nie wszyscy badacze godzą się z sobą co do stałości tego prawidła. Być może, że w niektórych przypadkach tak centrozom jajowy, jak i plemnikowy zachowują się w jajach zapłodnionych, tworząc ciała środkowe na biegunach pierwszego wrzeciona w dzielącym się jajach zapłodnionych. Tego zdania jest np. Conklin na podstawie swych badań nad zapłodnieniem u *Crepidula*, gdzie oba ciała środkowe mają się zachowywać. A byli i tacy, co

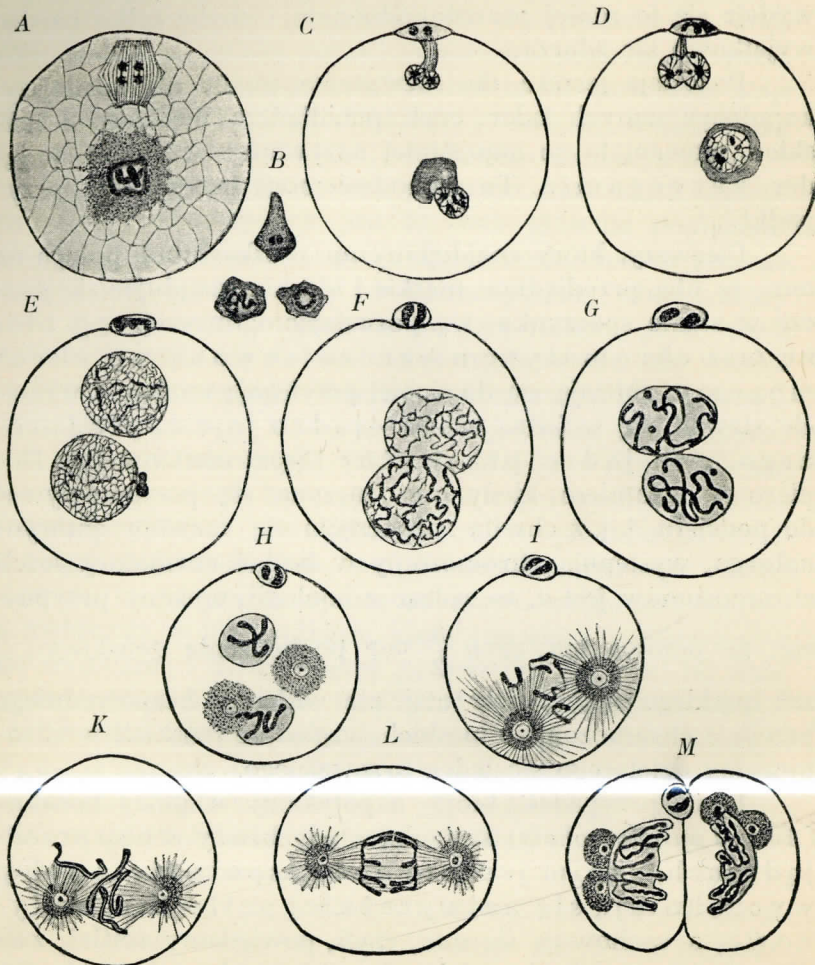
centrozom jaja zapłodnionego wywodzili tylko z owocentru, czyli z ciała środkowego żeńskiego (Wheeler), jakkolwiek wydaje się to mniej prawdopodobnym i chyba tylko bardzo wyjątkowo się zdarza.

Pozostaje jeszcze do rozważenia punkt najważniejszy: kopulacja samych jąder, czyli przedjądra męskiego z żeńskim, słowem to, co najogólniej nazywamy łączeniem się jąder: karyogamią. Tu zachodzić mogą naogół dwa przypadki.

Pierwszy, który znajdujemy np. u szkarłupni, polega na tem, że oba przedjądra: męskie i żeńskie, znajdując się jeszcze w stanie spoczynku, t. j. posiadając ograniczającą je błonę oraz chromatynę niezróżnicowaną na chromozomy, zbliżają się do siebie, przylegają wzajem i wreszcie zlewają się w jedną całość — jądro jaja zapłodnionego, czyli jądro przewężne (*Segmentationskern*). Dopiero w ostatnim, kiedy ono zaczyna się przygotowywać do podziału, t. j. z chwilą rozpoczęcia się rozwoju embryonalnego, występują chromozomy w liczbie normalnej. Jeżeli chromozomów jest n , to, sądząc z analogii, musimy przypuścić, że połowa ich, czyli $\frac{n}{2}$ jest pochodzenia żeńskiego, $\frac{n}{2}$ zaś męskiego, jakkolwiek tutaj nie widzimy bezpośredniego przejścia chromozomów męskich, względnie żeńskich, w chromozomy dzielącego się jądra przewężnego.

Drugi przypadek, który napotykamy u glisty końskiej (*Ascaris megalcephala*), zachodzi wtedy, kiedy w obu przedjądrach, zanim jeszcze one zespolą się z sobą, wyosobniają się najwyraźniej pętle chromatynowe, a zachowują się one, czyli, powiedzmy ściślej, zachowują swą indywidualność aż do chwili połączenia się obu przedjądrzy i wystąpienia figury karyokinetycznej w dzielącym się jądrze przewężnym. U glisty końskiej odmiany *bivalvens* normalna liczba chromozomów wynosi, jak wiemy, cztery. Otóż w przedjądrzu męskim oraz przedjądrzu żeńskim, wskutek znanego nam procesu redukcji, znajdujemy po dwa chromozomy, które występują bardzo wyraźnie, zanim jeszcze na-

stąpiło wzajemne ich zetknięcie; gdy jądra te tracą błonę, chromozomy spoczywają wprost w ooplazmie. Kiedy zaś na-



Rys. 39. Zapłodnienie u *Ascaris megalocephala* var. *bivalvens*. A-D—Drugie wrzeciono kierunkowe, tworzenie się ciała kierunkowego i wykształcanie się jądra plemnikowego, w B—kilka stadyów ostatnio wspomnianego procesu osobno. E-H—jądra jajowe i plemnikowe w spoczynku, przygotowując się do stadyum wrzeciona, w H widać centrozomy i sfery pochodzenia męskiego. I, K—przejście centrozomów na bieguny i pierwsze wrzeciono dzielącego się jaja zapłodnionego, w którym widać cztery chromozomy (dwa męskie i dwa żeńskie). L, M—dalszy przebieg podziału zapłodnionego jaja. (Wedł. Boveriego).

stąpiło zetknięcie i zespolenie obu przedjądrzy, widzimy, jak owe dwie grupy, zawierające po dwa chromozomy, sumują się niejako i tworzą grupę złożoną z czterech chromozomów, które niebawem układają się w polu równikowym, aby utworzyć gwiazdę pierwszego wrzeciona jądrowego (rys. 39. G, H, I, K, L).

ROZDZIAŁ DZIESIĄTY.

Zapłodnienie (c. d.).

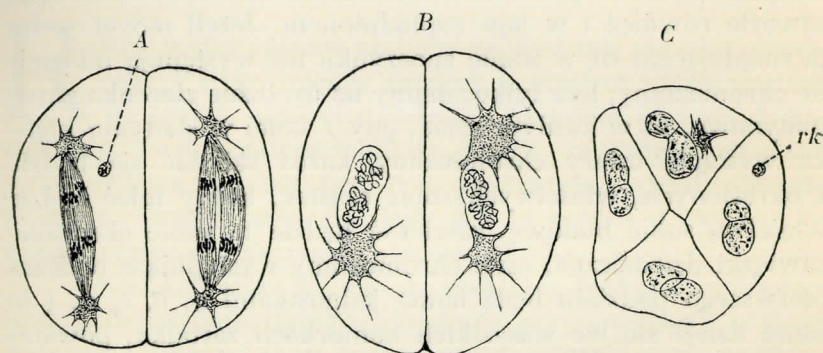
Różne wyżej opisane sposoby zachowania się obu przedjądrzy były, między innymi, powodem wielu sporów na temat, azali chromozomy komórek płciowych zatrzymują swoją indywidualność w jajach zapłodnionych oraz w komórkach zarodka, będących produktem podziału (bródkowania, przewężania się) jaja; jest to spór o t. zw. indywidualność chromosomów.

Wspomnieliśmy już raz, że niektórzy biologowie przypisują chromosomom określoną budowę, przypuszczając, że składają się z szeregu ziarn (mikrozomów), które znów są zbiorami pewnych mniejszych tworów organizowanych, słowem, że chromosom to indywidualność o złożonej, określonej strukturze. Zwolennikiem tego poglądu jest także Weismann, który przyjmuje, że chromosom składa się z organizowanych jednostek, zwanych przezeń idami, idy — z jeszcze mniejszych, które nazywa determinantami, że te wreszcie są sumą najmniejszych tworów organizowanych — bioforów; każdy determinant ma być materialnym zawiązkiem pewnych właściwości przyszłego ustroju, mającego się rozwinąć z jaja, np. pewnej grupy komórek ciała tego ustroju. Naturalnie, że pogląd ten opiera się na przypuszczeniu, iż substancją, która stanowi materialne podścielisko znamion dziedzicznych, t. j. odziedziczonych przez potomka po rodzicach, jest głównie chromatyna komórek płciowych, a przypuszczenie to oparte znów jest na faktach spostrzeżonych przy zapłodnieniu, gdzie, jak widzieliśmy, chro-

mosomy elementów płciowych tak wielką odgrywają rolę i łączą się z sobą, a raczej sumują się, w jednakowej ilości, pochodząc od ojca i matki. Otóż niektórzy biologowie, przypisujący chromosomom doniosłe znaczenie jako materialnemu podścielisku znamion dziedzicznych i przypuszczający zarazem, że każdy chromosom ma swoistą strukturę i przedstawia pewną indywidualność, sądzą, że każdy chromosom zawiera też zawiązki pewnych tylko znamion dziedzicznych (Boveri) właśnie z przyczyny swej indywidualności. Jeżeli zatem w komórce męskiej mamy chromosomy *a*, *b*, w żeńskiej zaś *c*, *d*, wszystkie te indywidualności, *a*, *b*, *c*, *d*, będą zawarte również i w jajach zapłodnionych. Jeżeli nawet w jajach znajdującym się w stanie spoczynku nie występują oddzielne chromosomy, lecz tylko, dajmy na to, luźne ziarenka chromatynowe, to w każdym razie, gdy z kolei w stadium kłębaka wystąpią cztery chromosomy, każdy składać się będzie z określonych, właściwych sobie części, każdy mieć będzie właściwą sobie budowę, zawierać będzie te same określone zawiązki dziedziczne, czyli chromosomy występujące podczas pierwszego podziału będą temiż jednostkami *a*, *b*, *c*, *d*. I to samo dzieje się we wszystkich komórkach zarodka, powstających z podziału jaja. Inni natomiast, którzy nie przyjmują indywidualizacji chromosomów, sądzą, że w stadium spoczynku organizowane części składowe poszczególnych chromosomów mogą mieszać się z sobą, że zatem w powyższym przypadku stałą jest wprawdzie liczba cztery, właściwa danemu gatunkowi, lecz dane chromosomy nie są temi samymi zawsze indywidualnościami, każdy o określonych tylko właściwościach i zawiązkach dziedzicznych.

Na korzyść ostatniego poglądu przemawiają takie fakty, jak dotyczące zapłodnienia u szkarłupni, gdzie zachodzi zupełne zlanie się obu przedjądrzy i jak gdyby wymieszanie się ich chromatyny. Na korzyść zaś pierwszego świadczą spostrzeżenia nad zapłodnieniem u glisty końskiej, gdzie samodzielność chromosomów męskich i żeńskich jest przez długi czas widoczna. Za tym poglądem przemawia też fakt, zauważony przez Herlę, Meyera, Zoję (1896) przy krzyżowaniu (bastardacji) *Ascaris megalocephala* odmiany *bivalbens*, mającej

po dwa chromosomy w niedojrzałych komórkach płciowych, z odmianą *univalvens*, posiadającą tylko po jednym chromosomie w niedojrzałych komórkach rozrodczych (w jaju zaś zapłodnionem, rzecz naturalna, dwa). Otóż jaja odmiany *bivalvens*, zapłodnione plemnikami odmiany *univalvens*, miały po trzy chromosomy: dwa większe (od matki) i jeden nieco mniejszy (od ojca), taki właśnie, jaki normalnie występuje w komórkach odmiany *univalvens*. Również w produktach podziału jaja zapłodnionego zauważyć było można po trzy chromosomy. Tu więc, jak widzimy, chromosomy męskie i żeńskie



Rys. 40. Podział jaja cyklopsa (*Cyclops strenuus* A, B. *C. brevicornis* C). W produktach podziału (blastomerach) widać osobno po dwa wrzeciona z odosobnionymi chromosomami męskimi i żeńskimi lub nawet po dwa jądra; *rk* — ciało kierunkowe, jeszcze niewydalone (wyjątkowo tutaj). (Wedł. V. Haeckera).

zachowują swą samodzielność, co wogóle przemawia za indywidualizacją pętli chromatynowych. W rozwoju niektórych zwierząt chromosomy męskie i żeńskie zachowują się osobno przez bardzo długi czas, a nawet, co bardzo jest interesujące, w stanie spoczynku widać w komórkach zarodka, w dosyć późnym stadium rozwoju, po dwa jądra, podczas zaś mitozy po dwa wrzeciona w jednej komórce i osobną w każdym z nich grupkę chromosomów, pochodzących od obu płci. Wykazali to w rozwoju cyklopsa, czyli oczlika, Haeckel i Rückert (rys. 40).

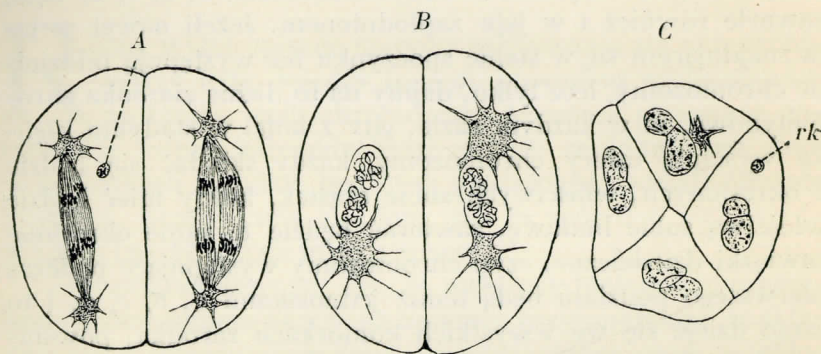
Widzimy zatem, że jedne fakta przemawiają za indywi-

duałością i samodzielnością chromosomów, inne, przeciwnie, mogłyby być tłumaczone na niekorzyść tego poglądu. Powiedzieć w tym względzie coś zupełnie stanowczego bardzo jest trudno. Zdaje mi się wszakże, że, pomimo przytoczonych wyżej spostrzeżeń Haeckera, Rückerta i innych, samoistność chromosomów, jako indywidualów o różnym do pewnego stopnia znaczeniu twórczym, jest myślą nie opartą na badaniach dostatecznie ścisłych, i przypuszczam raczej, że niezadługo cała ta hipoteza mieć będzie znaczenie tylko historyczne, nie zaś aktualne. Dla mnie faktem jest tylko to, że u różnych gatunków zwierząt i roślin występuje podczas mitozy stała liczba chromosomów; dlaczego stała i różna u rozmaitych form, tego nie wiemy tak samo, jak nie dowiemy się, dlaczego gatunek X ma stale n zębów i m żeber, a gatunek Y — n' zębów i m' żeber. Ale czy w każdym akcie mitozy dane chromosomy są produktami podziału pewnych tylko określonych indywidualów chromatynowych wstecz aż do jaja zapłodnionego i aż do obu komórek płciowych — na to dowodów nie posiadamy. Z równą bowiem słusnością możemy twierdzić, że w każdym okresie spoczynku, występującym między dwoma aktami mitozy, zachodzi bezładne mieszanie się organizowanych części chromatyny, słowem, że za każdym razem występuje wprowadzenie stała liczba, lecz nie pojawiają się te same pętla chromatynowe o określonym składzie.

Zresztą cała ta sprawa wiąże się ściśle z teorią dziedziczności, do której niżej jeszcze powrócimy. W tem zaś miejscu zadamy sobie tylko pytanie, co należy uważać za podścielisko cech dziedzicznych wobec faktów dotyczących procesu zapłodnienia.

Z chwilą, gdy jajo zostało zapłodnione — co zwłaszcza, oczywiście jest u zwierząt, u których podlega zapłodnieniu jajo wydalone już z ciała matki — cała suma zawiązków dziedzicznych przekazana jest jaju ze strony matki i ojca. Rozwijający się zarodek dziedziczy nie tylko znamiona swego gatunku, ale i liczne cechy indywidualne po obu rodzicach. Ponieważ zaś masa jaja jest bez porównania większa, niż plemnika, ostatni bowiem tysiące razy bywa mniejszy od pierw-

po dwa chromosomy w niedojrzałych komórkach płciowych, z odmianą *univalvens*, posiadającą tylko po jednym chromosomie w niedojrzałych komórkach rozrodczych (w jajach zaś zapłodnionem, rzecz naturalna, dwa). Otóż jaja odmiany *bivalvens*, zapłodnione plemnikami odmiany *univalvens*, miały po trzy chromosomy: dwa większe (od matki) i jeden nieco mniejszy (od ojca), taki właśnie, jaki normalnie występuje w komórkach odmiany *univalvens*. Również w produktach podziału jaja zapłodnionego zauważyć było można po trzy chromosomy. Tu więc, jak widzimy, chromosomy męskie i żeńskie



Rys. 40. Podział jaja cyklopsa (*Cyclops strenuus* A, B. *C. brevicornis* C). W produktach podziału (blastomerach) widać osobno po dwa wrzeciona z odosobnionymi chromosomami męskimi i żeńskimi lub nawet po dwa jądra; rk — ciało kierunkowe, jeszcze niewydalone (wyjątkowo tutaj). (Wedł. V. Haeckera).

zachowują swą samodzielność, co wogóle przemawia za indywidualizacją pętli chromatynowych. W rozwoju niektórych zwierząt chromosomy męskie i żeńskie zachowują się osobno przez bardzo długi czas, a nawet, co bardzo jest interesujące, w stanie spoczynku widać w komórkach zarodka, w dosyć późnym stadium rozwoju, po dwa jądra, podczas zaś mitozy po dwa wrzeciona w jednej komórce i osobną w każdym z nich grupkę chromosomów, pochodzących od obu płci. Wykazali to w rozwoju cyklopsa, czyli oczlika, Haeckert i Rückert (rys. 40).

Widzimy zatem, że jedne fakta przemawiają za indywi-

dualnością i samodzielnością chromosomów, inne, przeciwnie, mogłyby być tłumaczone na niekorzyść tego poglądu. Powiedzieć w tym względzie coś zupełnie stanowczego bardzo jest trudno. Zdaje mi się wszakże, że, pomimo przytoczonych wyżej spostrzeżeń Haeckera, Rückerta i innych, samoistność chromosomów, jako indywidualuów o różnym do pewnego stopnia znaczeniu twórczym, jest myślą nie opartą na badaniach dostatecznie ścisłych, i przypuszczam raczej, że niezadługo cała ta hipoteza mieć będzie znaczenie tylko historyczne, nie zaś aktualne. Dla mnie faktem jest tylko to, że u różnych gatunków zwierząt i roślin występuje podczas mitozy stała liczba chromosomów; dlaczego stała i różna u rozmaitych form, tego nie wiemy tak samo, jak nie dowiemy się, dlaczego gatunek X ma stałe n zębów i m żeber, a gatunek Y — n' zębów i m' żeber. Ale czy w każdym akcie mitozy dane chromosomy są produktami podziału pewnych tylko określonych indywidualuów chromatynowych wstecz aż do jaja zapłodnionego i aż do obu komórek płciowych — na to dowodów nie posiadamy. Z równą bowiem słusnością możemy twierdzić, że w każdym okresie spoczynku, występującym między dwoma aktami mitozy, zachodzi bezładne mieszanie się organizowanych części chromatyny, słowem, że za każdym razem występuje wprawdzie stała liczba, lecz nie pojawiają się te same pętle chromatynowe o określonym składzie.

Zresztą cała ta sprawa wiąże się ściśle z teorią dziedziczności, do której niżej jeszcze powrócimy. W tem zaś miejscu zadamy sobie tylko pytanie, co należy uważać za podścielisko cech dziedzicznych wobec faktów dotyczących procesu zapłodnienia.

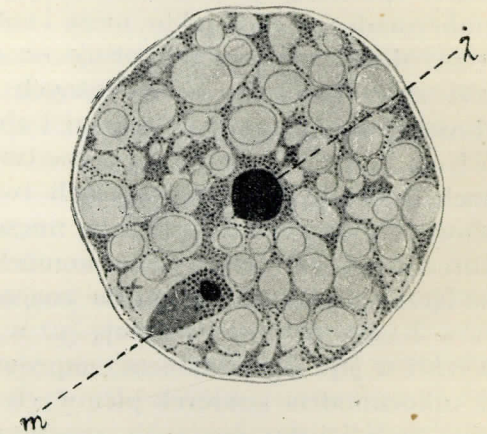
Z chwilą, gdy jajo zostało zapłodnione — co zwłaszcza, oczywiście jest u zwierząt, u których podlega zapłodnieniu jajo wydalone już z ciała matki — cała suma zawiązków dziedzicznych przekazana jest jajowi ze strony matki i ojca. Rozwijający się zarodek dziedziczny nietylko znamiona swego gatunku, ale i liczne cechy indywidualne po obu rodzicach. Ponieważ zaś masa jaja jest bez porównania większa, niż plemnika, ostatni bowiem tysiące razy bywa mniejszy od pierw-

szego, przeto już sama przez się nasuwa się myśl, że niecała substancja komórek rozrodczych jest podścieliskiem znamion dziedzicznych, gdyż, pomimo tak olbrzymiej różnicy w rozmiarach obu elementów płciowych, ojciec i matka w zupełnie jednakowym stopniu przekazywać mogą swe cechy dziedziczne potomstwu. To też już w r. 1884 C. v. Naegeli wypowiedział myśl, iż w komórkach rozrodczych musi istnieć pewna substancja swoista, będąca podścieliskiem znamion dziedzicznych, a która w jednakowej masie występuje w obu komórkach. Substancję tę nazwał Naegeli idioplazmą. Uczony szwajcarski przyjmował jej istnienie, nie zdając sobie dobrze sprawy z jej siedliska w komórkach płciowych, i umiejscowił ją wogóle w plazmie tych komórek, nazywając pozostałą część plazmy, nie stanowiącą materyalnego substratu cech dziedzicznych, *stero-plazmą*. Gdy wszakże z kolei biologowie zaczęli bliżej analizować przebieg zapłodnienia, gdy przekonali się, że podczas ostatniego zachodzi połączenie jąder obu komórek płciowych (H. Fol, E. v. Benedea, O. Hertwig), a co ważniejsza, że w tem połączeniu odbywa się sumowanie chromatyny jądrowej i że jednakowa liczba chromosomów żeńskich i męskich wchodzi w skład jądra przewężnego, czyli jądra jaja zapłodnionego, chromatynę ową zaczęto uważać za najgłówniejsze, a nawet za jedyne, wyłączone podścielisko materyalne znamion dziedzicznych; przemawiały za tem również niezmiernie interesujące sprawy redukcji chromatyny, zdążające, jak wiemy, do utrzymania stałej liczby chromosomów w jaju zapłodnionem. Jakóż do ostatnich lat niemal panującą była teoria O. Hertwiga, iż w jądrach komórek płciowych—w ich chromatynie szukać należy owej idioplazmy Naegelego, którą nazwano także substancją dziedziczącą (*Erbsubstanz*). Ale czy istotnie chromatyna jedynie jest tą substancją?

Zdaje mi się, że słuszność mają niektórzy biologowie (Rabl, Meves), uważający teorię O. Hertwiga za nieco zbyt jednostronną. Bo zważmy, że podczas zapłodnienia: 1-o wchodzi do jaja główka plemnika wraz z wierzchołkiem, który jest tworem plazmatycznym; 2-o, że główka plemni-

kowa bardzo często bywa otoczona powłóczką z plazmy lub opatrzona t. zw. kapą plazmatyczną (p. str. 93), które do jaja też przenikają; 3-o, że wraz z główką zawsze, zdaje się, wnika do jaja pasemko środkowe, zawierające centrozom i pochewkę plazmatyczną, i że sam centrozom jest również tworem plazmatycznym; 4-o, że bardzo często nie tylko główka plemnika i pasemko środkowe, ale i ogonek wchodzi do jaja zapłodnionego, a jakkolwiek badacze twierdzą, że ogonek zachowuje się tam całkiem biernie, toż jednak dowodów na to zupełnie przekonywujących nie mamy; 5-o, że wreszcie, według niektórych autorów, sfera promieni plazmatycznych dokoła spermocentru w jaju zapłodnionem wytwarza się przy współdziale plazmy pasemka środkowego (p. str. 144). Wszystkie te fakta świadczą pośrednio za tem, że do pewnego stopnia może i część plazmy komórek płciowych stanowi podścielisko znamion dziedzicznych. Starano się też na drodze eksperymentalnej wyjaśnić tę sprawę, a odnośne doświadczenia opiszemy niżej, w rozdziale o dziedziczności.

Nadto w ostatnich latach (1911) zauważył Meves, że szczególne, ziarniste twory plazmatyczne, układające się szeregiem w nitki, t. zw. mitochondria, wykryte przez Bendę w plemnikach (spoczywają w pochewce plazmatycznej pasemka środkowego plemnika, p. str. 95, 96), występują także w plazmie jaja (rys. 41), tu i tam wykazując jednakowe



Rys. 41. Zapłodnienie jaja glisty *Ascaris lumbricoides*. Stadium, w którym plemnik (*m*) przenikł już do jaja; w środku ooplazmy znajduje się jądro żeńskie (*z*); w plemniku dokoła jądra (narysowanego czarno) oraz w plazmie jaja (ooplazmie) widać mnóstwo drobnych ziarenek—mitochondriów (rys. oryg. wedł. preparatu J. Hirschlera).

reakcje mikrochemiczne, a więc podobny skład chemiczny; a co ważniejsza, Meves widzi u *Ascaris megalocephala* i u szkarłupni (1911), że w jajach zapłodnionych owe różne mitochondria pochodzenia ojcowskiego i macierzystego mieszają się z sobą w całej treści ooplazmy, a następnie, gdy jajo dzieli się na komórki potomne, budujące ciało zarodka, we wszystkich komórkach ostatniego także występują mitochondria. Meves spostrzegł je w komórkach wszystkich trzech warstw embrionalnych ciała (ekto, mezo i entodermi) u zarodka pisklęcia. Mitochondriom przypisuje on wielkie znaczenie twórcze, sądzi bowiem, że w różnych tkankach ciała z mitochondriów ułożonych szeregami i zlewających się w niteczki (chondromity) powstają różne twory włókniste: w komórkach nerwowych z niteczek tych tworzą się włókienka nerwowe, czyli neurofibrille, w mięsnych włókienka mięsne kurczliwe, czyli miofibrille, w komórkach tkanki łącznej włókna łączno-tkankowe. To ważne znaczenie twórcze mitochondriów i fakt, że one występują już w plazmie komórek płciowych i w jajach zapłodnionych, naprowadzają Mevesa na myśl, iż mitochondria komórek płciowych stanowią obok chromatyny podścielisko pewnych znamion wrodzonych, odziedziczonych przez potomstwo po rodzicach. Są to, rzecz prosta, dowody tylko pośredniej natury, nie są one bynajmniej przekonujące, brak im ścisłości należytej, i niewątpliwie dopiero dokładniejsze badania przyszłe rozstrzygną tę sprawę.

Wszelako wszystkie przytoczone fakty przemawiają, jak sądzę, za tem, że wprawdzie chromatyna jest zapewne głównym substratem znamion dziedzicznych, lecz nie wyłącznym i jedynym, i że prawdopodobnie obok niej podścieliskiem tych znamion mogą być także i pewne składniki morfologiczne protoplazmy komórek rozrodczych. Świadczą też o tem pewne fakty z dziedziny t. zw. mechaniki rozwojowej, jak np. badania Fischela, który wykazał, że, jeżeli zapłodnionemu jajowi żebroplawów (*Ctenophora*) odetniemy część ooplazmy, to rozwijający się z tego jaja zarodek wykazuje pewne defekty w budowie, np. brak pewnych żeber, czyli skórnych narządów pławnych, wy-

stępujących u tych zwierząt normalnie w liczbie ośmiu. A więc i w protoplazmie zapłodnionego jaja tkwią pewne zawiązki dziedziczne, skoro usunięcie określonej części plazmy wywołuje braki w organizacyi zarodka.

Jeszcze jedno musimy tu poruszyć pytanie: dlaczego jajo, z reguły, zaczyna się dzielić dopiero po zapłodnieniu? W zasadzie jajo ma zdolność do bródkowania, nie będąc zapłodnione — tego dowodzą przypadki dzieworództwa. Z drugiej zaś strony zjawisko t. zw. merogonii, czyli cząstkorództwa, polegające na tem, że bryłki plazmy jajowej pozbawione jąder (bryłki takie otrzymać można przez wstrząsanie jaj szkarłupni w próbowce z wodą morską) dają się zapłodnić plemnikami, poczem podlegają bródkowaniu i rozwijają się — zjawisko to świadczy, że i plemnik mógłby zapewne wytworzyć zarodek, gdyby miał więcej plazmy, bo w tym przypadku plemnik przenika do bryłki plazmy bezjądrowej, a więc nie mającej charakteru komórki. Zważywszy wreszcie, że u niektórych pierwotniaków komórki płciowe są izogamiczne, to znaczy, niczem nie różnią się pomiędzy sobą, a u t. zw. toczkowatych (*Volvocineae*), stanowiących kolonialne, czyli zbiorowe pierwotniaki wiciowce (*Flagellata*), komórki płciowe u jednych gatunków są zupełnie jednakowe (izogamia), np. w rodzaju *Pandorina*, u innych różnią się już (anizogamia) tak dalece, że możemy tu mówić o elementach męskich i żeńskich, np. w rodzaju *Eudorina*. Stąd wniosek, że prawdopodobnie w rozwoju rodowym świata organicznego elementy płciowe początkowo nie różniły się pomiędzy sobą, były zapewne jednakowe i bez żadnego wyboru łączyły się parami w celu wytworzenia zygoty, t. j. komórki zapłodnionej, podobnie jak to znajdujemy właśnie u wspomnianych pierwotniaków o izogamicznym sposobie płciowego rozmnażania się.

Jakoż, biorąc pod uwagę fakt dzieworództwa, merogonii i ostatnio wymienionego podobieństwa elementów płciowych u pierwotniaków, łatwo dojdziemy do przekonania, że w zasadzie oba elementy płciowe nie różnią się ze względu na swą możność twórczą, że oba mogłyby się rozwijać, gdyby miały odpowiednie po temu warunki. Ale tych warunków właśnie

brak dojrzałego jaju i dojrzałego plemnikowi. Bo zważmy, że do dzielenia się niezbędne są komórce: jądro, plazma i centrozomy; tymczasem w dojrzałym jaju, w największej liczbie przypadków, centrozom (owocentr) zanika; dojrzały plemnik posiada wprawdzie jądro i centrozom, ale plazmy ma bardzo mało, ta bowiem tworzy głównie tylko cieniutką wic; wiemy zaś, że podczas mitozy części plazmatyczne doniosłą odgrywają rolę, tworząc wrzeciono i sfery kurczliwych promieni dokoła centrozomów. Otóż przez zapłodnienie zachodzi zespół dwóch komórek, których jądra zlewają się z sobą w organiczną całość, wskutek czego powstaje jedna komórka (zygota), posiadająca jądro, a nadto w obfitości opatrzone plazmą oraz centrozomem (spermocentrem). W jaju zapłodnionym znajdują się zatem wszelkie niezbędne warunki, aby komórka ta mogła się dzielić mitotycznie, brózdnować; nie powinno nas przeto dziwić, że z chwilą dokonania się zapłodnienia następuje energiczne brózdnowanie jaja, prowadzące do rozwoju zarodka.

Każdej więc z komórek płciowych dojrzałych odjęta jest niby pewna część składowa, co utrudnia lub wręcz uniemożliwia jednostronny rozwój; wskutek zaś zespolenia się obu komórek w jedną całość obustronne braki zostają niejako wyrównane, przez co zygota (jajo zapłodnione) nabywa zdolności do energicznego dzielenia się i rozwoju.

Wobec tego, skoro w przyrodzie powstały tak znakomite środki, uniemożliwiające jednostronny rozwój elementów rozrodczych (że pominiemy przypadki dzieworódstwa), a warunkujące konieczność zapłodnienia, skoro, dalej, ostatnie odgrywa tak olbrzymią rolę w życiu całego świata ustrojowego, dla umożliwienia zaś i ułatwienia go powstały niezliczone, skomplikowane urządzenia i przystosowania, związane z życiem płciowym, musimy zadać sobie pytanie: jakie może być wogóle znaczenie płciowości i zapłodnienia w naturze organicznej?

W tym względzie najrozmaitsze wypowiadano poglądy.

Niektórzy badacze sądzili, że zapłodnienie jest pewnego rodzaju „odmłodzeniem“ dla komórek płciowych, dodającym im energii życiowej, zdolności energicznego dzielenia

się. Opierano się tutaj na porównaniu pierwotniaków z tkankowcami. U niektórych pierwotniaków, np. u wymoczków, rozmnażanie osobników (jednokomórkowych) przez samopodział odbywa się w ciągu bardzo długiego szeregu pokoleń. Ale po pewnej liczbie generacji osłabia się już niejako zdolność do samopodziału, występują jakby objawy starcze, i wówczas to osobniki „sprzęgają się“ (koniugują) z sobą po dwa, lub łączą się (kopulują), a podczas tych procesów zachodzą zjawiska zupełnie analogiczne do zapłodnienia u tkankowców, czyli łączenie się jąder po uprzedniej redukcji chromatyny. Po tym akcie osobniki nabierają jakby nowej energii do życia, ulegają niejako odmłodzeniu i znów przez szereg pokoleń rozmnażają się drogą samopodziału. Otóż przyrównywanie ten sposób rozrodu do rozmnażania się tkankowców. Dwie komórki płciowe łączą się, a zygota nabiera przez to energii do dzielenia się, do brózdnowania, z tą tylko różnicą, że u tkankowców pokolenia komórek pochodzące od jaja zapłodnionego nie są wolne, lecz tworzą skupienia, tkanki, budujące ciało zarodka. Tu i tam zachodzi więc pewnego rodzaju „odmłodzenie“, dodanie energii życiowej komórkom, które zaczynają się mnożyć. „Objaśnienie“ takie znaczenia przebiegu zapłodnienia nie wytrzymuje jednak krytyki. Bo przede wszystkim nie jest to wcale jasne, dlaczego przez połączenie w jedną całość dwu komórek, które utraciły duży zasób energii, ma powstać ustrój o wielkim, nowym zapasie sił organicznych. Powtóre, nieokreślona i nazbyt antropomorficzna jest sama myśl owego odmłodzenia. Wreszcie, na co zwrócił był niedawno uwagę R. Hertwig, zapłodnienie u niektórych pierwotniaków, zwłaszcza t. zw. sprzęganie się (koniugacja) wymoczków, nie prowadzi do okresu szybszego i energiczniejszego dzielenia się, lecz często nawet osłabia je; a u słonecznicy, *Actinosphaerium*, według tegoż autora, zapłodnienie powoduje okres spoczynku w życiu tej istoty, nie zaś okres energicznego rozmnażania się przez samopodział, jakkolwiek u innych pierwotniaków, np. u nocnoświatlika (*Noctiluca*), zapłodnienie zdaje się potęgować dzielenie się osobników. Wszelako sam R. Hertwig, jakkolwiek stawiał zarzuty powyższe teorii „odmładzania się“, wystąpił

niedawno z inną teorią (1902), wiążącą się z jego ideą t. zw. stosunku plazmy i jądra (*Kernplasmarelation*), która polega na tem, że dla normalnego bytu komórki niezbędny jest pewien określony stosunek pomiędzy masą plazmy a jądra. Tymczasem stosunek ten w ciągu życia pierwotniaków, przez szeregi pokoleń, w związku z ciągle działającymi, a niezawsze korzystnymi wpływami zewnętrznymi, narusza się i powoduje zużywanie się i starzenie osobników, a oto zapłodnienie, połączenie się dwóch zużytych w części osobników powoduje znów „reorganizację żywej materii”. Ale czy teoria ta nie jest tylko parafrazą teorii „odmłodzenia”? R. Hertwig popełnił tu snąć szereg niekonsekwencji i ostatecznie nie dał nic nowego; krytykując zasadę „odmłodzenia”, doszedł w rezultacie do tej samej myśli, ubierając ją tylko w inne słowa. Mojem zdaniem, cała hipoteza „odmłodzenia”, czy „reorganizacji” nie jest ani dostatecznie uzasadniona, ani nie daje nam zadowalającego wyjaśnienia sprawy.

Inna idea polegała znów na tem, że zapłodnienie ma służyć do zachowania pewnej stałości, pewnej przeciętności form organicznych. Myśl tę wygłosili Herbert Spencer i Karol Darwin, a zwolennikami jej są obecnie między innymi Oskar Hertwig (1890) pośród zoologów i Edward Strassburger pośród botaników (1900). Ostatni powiada, że przez zapłodnienie „odbywa się wyrównanie zboczeń indywidualnych, konieczne dla istnienia gatunku”. Ponieważ, sądzą ci uczeni, każdy osobnik ma pewne indywidualne właściwości, różniące go od innych osobników, przeto przez krzyżowanie się, przez połączenie elementów płciowych o różnych nieco dążnościach dziedzicznych, zachowuje się średnia, przeciętna znamion indywidualnych gatunku; zapłodnienie służy zatem, według O. Hertwiga, do tego, aby „gatunek uczynić jednorodnym (*homogen*)”.

Wprost przeciwną myśl wypowiedziałem niegdyś w jednej z prac swoich (1886): „Z kombinacji dwóch odmiennych nieco organizacji musi powstać organizacja różna nieco od obu pierwszych. Stąd zboczenie jako wynik zjawiska zapłodnienia, stąd ów ciekawy fakt, że dzieci różnią się zawsze mniej albo więcej od rodziców swoich”. Myśl podobną wygłosił nie-

mal jednocześnie August Weismann, również upatrujący w łączeniu się elementów płciowych, w mieszaniu się „plazm zarodkowych”, czyli materyalnych podłożu znamion dziedzicznych, środek do powstawania zboczeń, wahań indywidualnych, które znów stanowią źródło zmienności w przyrodzie organicznej. To mieszanie się „plazm zarodkowych”, albo, inaczej, substancji dziedziczących (*Erbsubstanzen*), w całym świecie organicznym nazywa Weismann z grecka amfimiksją (*amphimixis*), i oto owa amfimiksja ma tedy być przyczyną zmienności indywidualnej w przyrodzie.

Musimy tę myśl wyjaśnić nieco bliżej. Widzieliśmy, że niektórzy badacze przyjmują samodzielność indywidualną chromozomów, poczytując je zarazem za wyłączne podścielisko znamion dziedzicznych. Podczas zapłodnienia sumują się chromozomy męskie i żeńskie, a przed zapłodnieniem liczba chromozomów redukuje się w każdym z dwóch elementów płciowych do połowy. Jeżeli więc w pokoleniu, dajmy na to, A, w niedojrzałej komórce płciowej męskiej było sześć chromozomów: *a, b, c, d, e, f*, w niedojrzałej zaś żeńskiej sześć: *a', b', c', d', e', f'*, to w dojrzałych będzie tylko po trzy, lecz zależnie od tego, jakie przypadkowo zachowały się chromozomy, otrzymamy różne kombinacje w komórkach płciowych dojrzałych, a więc w plemniku: *a, b, c*, albo *d, e, f*, albo *a, b, d*, albo *a, b, e* i t. d., w jajach zaś: *a', b', c'*, albo *d', e', f'*, albo *a', b', d'*, albo *a', b', e'*, albo *c', d', e'* i t. d. Teraz następuje w jajach zapłodnionych zsumowanie się chromozomów męskich z żeńskimi, a więc znów możliwą jest wielka liczba kombinacji. Jajo zapłodnione może zawierać kombinację chromozomów: *a, b, c, a', b', c'*, albo *a, b, c, a', b', d'*, albo *a, b, c, b', c', d'*, albo *b, c, d, a', b', c'*, albo *c, d, e, c', d', e'*, albo *d, e, f, d', e', f'* i t. d. i t. d. Przy większej liczbie chromozomów otrzymujemy dziesiątki i setki najrozmaitszych kombinacji. Skoro zaś przyjmujemy, że chromozomy jako jednostki zindywidualizowane różnią się między sobą do pewnego stopnia jako substraty znamion dziedzicznych i zawierają różne do pewnego stopnia zawiązki znamion indywidualnych, czyli odmienne w pewnym względzie dążności dziedziczne, łatwo stąd wywnioskujemy, że już w pierwszym pokoleniu

(A) wystąpić muszą różnice dziedziczne między dziećmi jednych rodziców, zależnie od rozmaitych kombinacji owych substancji, ojcowskiej i macierzyńskiej, będących podścieliskiem znamion dziedzicznych. W następnym pokoleniu (B) będzie znów w podobny sposób kombinowała się dalej nie tylko substancja dziedzicząca (*Erbsubstanz*), lub, ogólniej, idio-plazma ojca i matki, lecz zarówno też dziadka i babki, w pokoleniu trzecim (C) — nadto także idioplazma pradziadka i prababki, przyczem, rzecz naturalna, pewne osobnikowe zawiązki dziedziczne będą zupełnie, że tak powiemy, wydalone, wyeliminowane, inne się spotęgują, jeszcze inne zmniejszają, a przez pewne kombinowanie się elementarnych zawiązków dziedzicznych mogą powstawać bardzo wybitne znamiona, wyróżniające potomstwo od przodków. Zobaczymy w rozdziale o dziedziczności i powstawaniu mieszańców, jak niezmiernie złożone i różnorodne bywa owo kombinowanie się znamion ojca, matki oraz dalszych przodków w potomstwie.

Przeciwko przedstawionemu tu pogładowi możnaby przytoczyć tę okoliczność, że, jak wiemy z poprzednich rozważań, nie jest bynajmniej dowiedzioną samodzielność i indywidualność chromosomów, a nadto nie jest wcale wykluczonem, że i plazma jest w pewnej mierze podścieliskiem znamion dziedzicznych, owszem, niejedno za tem przemawia. Ale, pomimo to, wychodząc z najogólniejszego stanowiska, iż w dzieciach kombinują się zawsze w najrozmaitszy sposób znamiona rodziców i dalszych przodków, że potomstwo jest zawsze wypadkową indywidualnych właściwości rodziców i dalszych wstecz pokoleń — sądę, że ostatnio tu przedstawiona teoria, według której zapłodnienie jest źródłem zboczeń indywidualnych, ma za sobą największą prawdopodobiętność. Zboczenia zaś indywidualne, podlegając gromadzeniu i utrwalaniu przez dobór naturalny — o ile okazują się korzystne w walce o byt — są, jak wiemy, owymi elementami, które odgrywają doniosłą rolę w zmienności i ewolucji świata organicznego. Czy takim jest atoli istotne i najważniejsze znaczenie zapłodnienia w życiu świata ustrojowego, na to stanowczej i pewnej odpowiedzi dać nie możemy. Płciowość w przyrodzie wraz z tysiącami, na

jej usługach pozostającymi, urządzeniami jest jednym z największych i najdziwniejszych zagadnień biologicznych, i długo jeszcze, niewątpliwie, umysł ludzki dociekać będzie tego problemu życiowego. Zresztą powrócimy jeszcze do tego przedmiotu w rozdziale o dziedziczności.

Tok rozumowań, wpływających jedno z drugiego i organicznie z sobą połączonych, nie pozwolił mi poruszyć jeszcze jednej sprawy z dziedziny zjawisk zapłodnienia, i dlatego dodatkowo niejako kilka słów tutaj jej poświęcę.

Mam na myśli t. zw. polispermję, czyli wieloplemnicość, zjawisko polegające na tem, iż niekiedy więcej, niż jeden plemnik, przenika do jaja podczas zapłodnienia. Możemy rozróżnić wieloplemnicość naturalną i sztuczną. Pierwsza zachodzi u niektórych zwierząt niemal stale, w warunkach naturalnych, drugą wywołać możemy sztucznie za pomocą pewnych podniet szczególnych.

Wiemy, że normalnie jajo broni się przed wejściem większej liczby plemników w ten sposób, iż po przeniknięciu jednego wydziela błonę ochronną, która już dalszych plemników nie przepuszcza (p. str. 138). Ale oto u niektórych zwierząt może normalnie przenikać do jaja większa liczba plemników, np. u ryb spodoustych, według badań Rückerta, Oppela, Samassy, a także niekiedy u gadów i ptaków. Wszelako, rzecz interesująca, główka tylko jednego plemnika zlewa się z jądrem jaja, aby utworzyć jądro przewężne, główki zaś innych plemników tworzą w jaju zapłodnionem pojedynczo rozproszone w plazmie jądra, t. zw. merocyty, które służą, być może, do rozdrabniania, rozmiękczenia żółtka, lecz w miarę rozwoju zarodka same ulegają rozpadowi i zanikowi; są więc one niejako tylko biernymi twórcami, jakby trawionymi przez żywą substancję jaja. U owadów zauważono również (Henking) przenikanie większej ilości plemników do jaja, ale i tu także główka tylko jednego plemnika tworzy przedjądrze męskie, łączące się z przedjądrem żeńskim w celu utworzenia jądra przewężnego.

go. Przytoczone tu przykłady polispermii u ryb spodoustych lub owadów należą zatem do kategorii wieloplemnicości naturalnej.

Zdarza się niekiedy, że u zwierząt, u których normalnie przenika do jaja tylko jeden plemnik, przedostają się do niego dwa lub, rzadziej, kilka plemników. Są to, niewątpliwie, przypadki natury patologicznej. Bywa to np. u szkarłupni. Ponieważ zaś wówczas wprowadzone też zostają do ooplazmy w większej liczbie spermocentry, przeto przy podziale jaja powstają złożone wielobiegunowe figury karyokinetyczne: kilka naraz wrzecion oraz kilka grup chromosomów pośrodku każdego wrzeciona. Takie nienormalne bródkowanie jaja prowadzi zwykle wcześniej lub później do zamarcia zarodka. Morgan otrzymał jednak larwy gastrule, a Boveri nawet starsze larwy, zwane prętowcami (*pluteus*), z jaj jeżowców, zapłodnionych dwoma plemnikami. Są to wszelako przypadki wyjątkowe.

Sztuczną polispermie otrzymano u szkarłupni przez działanie na jajo pewnymi środkami znieczulającymi, np. chininą, chloral-hydratem, morfiną, nikotyną i t. p. Znieczulone jaja nie broniły się przed najściem większej liczby plemników. O. i R. Hertwigowie przekonali się, że im silniejsze jest działanie podniety, to jest im trwa dłużej, i im gęstszy jest roztwór danego środka chemicznego, tem odporność jaja jest słabsza i tem więcej wówczas plemników bezkarnie przenika do jaja. Dopiero gdy większa liczba plemników wejdzie do jaja i jako silniejszy już bodziec podziela na ooplazmę, ostatnia wytwarza błonę ochronną, nie przepuszczającą więcej plemników. Jaja trzymane przez 10 minut w roztworze nikotyny, 1 na 1000 części wody morskiej, były zapłodnione przez 1, 2 lub nawet trzy plemniki; jeśli zaś jaja trzymano przez 20 minut w takim samym roztworze, przenikały do nich 4—5 lub jeszcze więcej plemników. Zarówno także jaja, które przedtem mechanicznymi przedrażnionymi bodźcami, ulegały polispermii. Musimy tedy przypuścić, że plazma jajowa wydziela błonę ochronną pod wpływem podniety ze strony przenikającego do niej pierwszego plemnika; i dlatego to

jajo, gdy zostanie znieczulone środkami chemicznymi lub przedrażnione mechanicznie, traci w części ową czułość, wrażliwość, i dopiero silniejsza podnieta, spowodowana przez wejście większej liczby plemników, pobudza ooplazmę do wytworzenia błony.

Rozdzielnopłciowość i obupłciowość. Przenoszenie plemni z narządów płciowych męskich do żeńskich. Spółkowanie. Składanie i pielęgnowanie jaj.

U większej części zwierząt płci są rozdzielone, istnieją osobniki męskie i żeńskie, i w celu zapłodnienia plemnia (sperma) musi być przeniesiona z jednych osobników do drugich lub też do jaj, wydalonych przez samicę na zewnątrz. Ale istnieje też w przyrodzie bardzo wiele form obupłciowych, czyli hermafrodytycznych, to jest takich, u których w ciele tego samego osobnika znajdują się narządy płciowe męskie i żeńskie, a więc produkowane są i plemniki i jaja. Zobaczymy wszelako, że nawet u form obupłciowych zachodzi po największej części łączenie się dwu osobników i zapłodnienie na krzyż. Można powiedzieć, że rozdzielnopłciowość jest w przyrodzie regułą, obupłciowość zaś czemś już bardziej wyjątkowem, jakkolwiek też jest ogromnie rozpowszechniona. Istnieją całe typy zwierząt, całe gromady i rzędy, u których niemal wyłącznie panuje obupłciowość, np. u robaków pasorzytnych smocznic lub taśmowców, u małży i ślimaków, pijawek, osłoniec. U większości atoli widzimy prawie zawsze rozdzielnopłciowość, np. u szkarłupni, wstężnic, stawonogów, głowonogów, kręgowców. Ale nawet u tych grup, u których z reguły płci są rozdzielone, występują niejako wyjątkowo formy obupłciowe. Nawet pośród kręgowców

znajdujemy wyjątkowo postacie stałe, a więc normalnie obupłciowe; są to ryby *Serranus* i *Sargus* oraz półpasorzytnicze ryby śluzice (*Myxine*). Nadto zdarza się niekiedy u kręgowców przypadkowy hermafrodytyzm częściowy lub zupełny, jako objaw nienormalny, np. u żab, ssaków. Także pośród owadów znana jest jedna postać obupłciowa, owad muchowaty *Termitomyia*, żyjący w gniazdach termitów. Zasługuje nadto na uwagę, że niekiedy pośród bardzo blizkich sobie postaci, pośród gatunków tego samego rodzaju, jedne są rozdzielnopłciowe, inne obupłciowe. Gatunek ostrygi jadalnej, *Ostraea edulis* L., jest postacią obupłciową, gatunek zaś *Ostraea virginica* jest rozdzielnopłciowy, większość gatunków rodzaju przegrzebka, *Pecten*, jest rozdzielnopłciowa, a gatunki *Pecten varius* L. i *Pecten inflexus* Poli są rozdzielnopłciowe. Hesse podaje nawet, że pewne gatunki pierścienic bywają w jednych okolicach rozdzielnopłciowe, w innych zaś obupłciowe; znana pierścienica nereida, *Nereis dumerilii* And. Edw., jest wszędzie prawie rozdzielnopłciowa, lecz w okolicach Banyuls, w zatoce Lionńskiej, napotyka się niekiedy postacie obupłciowe. Rozgwiazda *Asterina gibbosa* bywa w zatoce Neapolitańskiej jużto płci rozdzielnej, jużto niekiedy jest obupłciowa, przy jednoczesnem produkowaniu jaj i spermy. W innych znów okolicach napotykamy formy obupłciowe, przez kilka lat będące płci męskiej, a później dopiero żeńskiej, np. w okolicy Banyuls. U wielu nagich ślimaków, według Babora (1898), występuje naprzód rozdzielnopłciowość, później hermafrodytyzm, a następnie znów płci są rozdzielone.

Rozdzielnopłciowość może zatem przechodzić w obupłciowość, a pomiędzy jedną a drugą niema różnicy tak zasadniczej, skoro u blisko pokrewnych sobie form występują jednego i drugiego rodzaju postacie. Trudno też powiedzieć z całą stanowczością, co jest pierwotne, co zaś wtórne w szeregu genealogicznym świata organicznego. Pewne fakta przemawiają za tem, że bardziej pierwotnym był stan obupłciowości, chociażby to, że niektóre pierwotniaki zbiorowe z grupy wiociowców, jak *Volvox*, są obupłciowe, lub to, że w rozwoju embryonalnym zwierząt kręgowych, które są niemal wyłącznie rozdzielnopłciowe, występują pewne stadya obupłciowości

np. zawiązki przewodów płciowych i męskich i żeńskich (ciało Wolffa, przewody Wolffa i Müllera), z których pierwsze zanikają w znacznej części u samic, ostatnie zaś u samców, tworząc u wyższych grup kręgowców różne narządy szczątkowe. Inne wszelako względy, chociażby to, że już u bardzo wielu pierwotniaków występują samodzielnie żyjące osobniki (jedno-komórkowe) męskie i żeńskie lub że u wielu niższych grup tkankowców napotykamy rozdzielnopłciowość, świadczą o pierwotności ostatniej. Naogół wydaje nam się prawdopodobnem, że hermafrodytyzm rozwinął się dopiero z rozdzielnopłciowości, jako pewne pożyteczne przystosowanie. Takie jest pochodzenie hermafrodytyzmu napotykanego najczęściej u form pasorzytniczych (np. u wielu robaków pasorzytnych, u napół pasorzytnych ryb śluzic), dalej, u postaci osiadłych (np. u osłonice) i wreszcie u wolno i leniwie poruszających się (np. u ślimaków). Otóż we wszystkich tych przypadkach spotkanie się osobników dwóch różnych płci jest nieco utrudnione, a nawet w wielu razach bardzo trudne. Tymczasem spotkanie się osobników, z których każdy jest obupłciowy, jest dwakroć łatwiejsze i prawdopodobniejsze, każde więc dwa osobniki, zapładniając się na krzyż, gdyż to najczęściej się zdarza, wydają potomstwo. Płodność tych zwierząt, gorsze i trudniejsze mających warunki bytu, jest tedy większą nie tylko z tego względu, że każdy osobnik jako hermafrodyta wytwarza jaja zapłodnione, ale i dlatego także, że każde dwa osobniki, spotkawszy się z sobą, zapładniają się na krzyż, gdy tymczasem w razie rozdzielnopłciowości przy przypadkowem spotkaniu się dwóch samic lub dwóch samców zapłodnienie, a tem samem rozmnażanie nie mogłoby się odbyć. Hermafrodytyzm jest więc do pewnego stopnia przystosowaniem potęgującym płodność danych zwierząt.

Obupłciowość objawia się albo w ten sposób, że sam gruczoł płciowy wytwarza plemniki i jaja, co widzimy u ślimaków brzuchonogich, gdzie zwykle występują nagromadzone obok siebie oba rodzaje produktów płciowych, albo też tak, że w tym samym osobniku istnieją oddzielne gruczoły płciowe męskie i żeńskie i osobne ich przewody, np. u pijawek. Są i takie przypadki, że jedna część hermafrodytycznego gru-

czołu płciowego wytwarza tylko męskie, druga wyłącznie żeńskie elementy rozrodcze; jest to niejako przejście pomiędzy stanem, jaki znajdujemy u ślimaków brzuchonogich, a stanem u pijawek.

Powiedzieliśmy już wyżej, że, za nielicznymi bardzo wyjątkami, postacie obupłciowe nie zapładniają same siebie, lecz łączą się z sobą dwa osobniki hermafrodytyczne i zapładniają się wzajem na krzyż: osobnik A zapładnia swymi plemnikami jaja osobnika B, i, naodwrot, jaja A zapładniane są przez plemniki B. W celu umożliwienia takiego krzyżowania, a utrudnienia lub przeszkodzenia samozapłodnieniu istnieją rozmaite interesujące urządzenia, czyli przystosowania, w budowie i czynnościach narządów rozrodczych odnośnych zwierząt. A zarówno też u roślin, posiadających kwiaty opatrzone pręcikami i słupkami, napotykamy niezliczone przystosowania, prowadzące do krzyżowania, które odbywa się tutaj głównie za pośrednictwem owadów, przenoszących pyłek z jednych kwiatów na drugie. Co do zwierząt, najczęstszym środkiem, uniemożliwiającym u form hermafrodytycznych samozapłodnienie, jest niejednoczesność dojrzewania elementów płciowych w tym samym osobniku. Najczęściej przytem bywa tak, że wcześniej dojrzewają u hermafrodyty komórki płciowe męskie, a później dopiero żeńskie, co stanowi t. zw. proterandrię, czyli przód samczość; daleko rzadziej bywa odwrotnie, t. j., że jaja danego osobnika dojrzewają wcześniej, niż jego plemniki, co stanowi t. zw. protoginię, czyli przód samicość.

U zwierząt obupłciowych odbywa się z reguły zapłodnienie wewnętrzne, u rozdzielnopłciowych zaś produkty płciowe albo bywają wydalone do wody, gdzie odbywa się zapłodnienie, albo też i u nich plemniki (sperma) bywa wprowadzana do ustroju żeńskiego, słowem zachodzi u nich zapłodnienie albo zewnętrzne, albo wewnętrzne.

Zapłodnienie zewnętrzne odbywa się tedy poza obrębem ustroju żeńskiego i zachodzi tylko u zwierząt żyjących stale w wodzie lub na okres rozplodowy wchodzących do wody (np. u żab); albowiem woda odgrywa tu rolę środowiska, do którego wydalone są produkty płciowe i w którym plemni-

ki poruszają się, poszukując jaj. Zapłodnienie takie napotykamy u szkarłupni, wielu pierścienic, osłonic, u większości ryb (wyjąwszy spodoustę), płazów. U zwierząt lądowych lub przebywających większą część życia w przestworzach powietrznych zachodzi zawsze zapłodnienie wewnętrzne.

U zwierząt wodnych, których produkty płciowe zapładniają się po opuszczeniu ustrojów rodzicielskich, napotykamy często pewne czynności, służące do wzajemnej podniety, pod której wpływem produkty wydalone są nazewnątrz właśnie o jednym czasie. Dlatego też u tych zwierząt produkty płciowe dojrzewają jednocześnie u samców i u samic, jakkolwiek u różnych gatunków może się to odbywać w rozmaitych porach roku. U żaby płowej (*Rana fusca*) obie płci dojrzewają i wydają swe produkty rozrodcze do wody w połowie marca, u żaby polnej (*Rana arvalis*) w końcu marca i początku kwietnia, u żaby jadalnej zielonej (*Rana esculenta*) mniej więcej w połowie maja i t. d. Ryby podniecają się do wydalania swych produktów płciowych, pocierając się silnie bokami ciała, przyczem samiec i samica wyskakują zwykle gwałtownie z wody, np. karpie — stąd nazwa dla okresu składania ikry — tarło. Niektóre ryby odbywają przytem wędrówki gromadne, poszukując pewnych tylko, odpowiednich dla siebie miejsc. Najciekawsze może są wędrówki olbrzymich ławic śledzi ku różnym wybrzeżom stałego lądu, ławic złożonych z miliardów osobników, gnanych dziwnym jakimś pędem, z siłą niepohamowaną. Łososie i pstrągi płyną w górę rzek, przebywając zręcznymi susami kaskady i niewielkie wodospady; pstrągi ku coraz drobniejszym i mniejszym pną się strumikom górskim, by tam ikrę swą złożyć. Sieja (*Coregonus Wartmani*) jeziora Bodeńskiego wypływa z głębin ku powierzchni wody, by odbyć tu tarło. Kraby lądowe ciągną na wiosnę nocami ku morzu i, powierzwszy mu jaja, powracają do siedzib dawnych. W tym celu dążą też wiosną do wód nasze salamandry, traszki, ropuchy i żaby polne. Ciekawsze jeszcze są ryby, składające swe jaja w pewne określone miejsca, jak np. różanka gorzka (*Rhodeus amarus*), piękna mała rybka wód naszych, u której (u samicy) rozwija się wiosną długie jakby pokładelko na brzusznej stronie ciała. Za po-

średnictwem tego pokładelka samica wprowadza jaja do skrzeli małża skójki (*Unio*) w chwili, gdy mięczak rozchyła obie połowy swej skorupy, a samiec różanki, pilnując odpowiedniej chwili, wlewa niebawem swe mleczko (spermę) do tejże szczeliny, by ikrę zapłodnić. Jeszcze inne ryby, np. znany ciernik, czyli koluszcza (*Gasterosteus*), buduje rodzaj gniazdka z roślin wodnych na kształt zarękawka; samiec zapędza tam samicę, składającą do gniazdka ikrę, którą z kolei oblewa mleczkiem (spermą) i, rzecz ciekawa, nie odstępował od gniazdka, lecz strzeże i otacza młode rybki wielką pieczołowitością. Wielopłetw (*Macropodus*) buduje szczególne gniazdka pływające, które wyglądają, jak pianka z mydła na powierzchni wody, a składają się z licznych pęcherzyków wyrzucanych przez rybę pyszczkiem; pod tymi pęcherzykami zatrzymują się pojedyncze jajeczka znoszone przez samicę. Opisane fakta wkraczają już w dziedzinę, dotyczącą pielęgnowania jaj, i dlatego nie będziemy tu przytaczali więcej przykładów, a w dalszym ciągu tego rozdziału rozpatrzemy jeszcze niektóre.

U płazów bezogonowych, np. u żab naszych, odbywa się już coś w rodzaju spółkowania, jakkolwiek zapłodnienie i tutaj jest zewnętrzne. Samiec obejmuje bardzo silnie samicę przednimi łapami, siedząc na jej grzbiecie; w ten sposób razem połączone, obie płci pływają przez jakiś czas, przyczem samica wydała do wody skrzek (jaja wraz z otaczającą je masą galaretowatą), a samiec jednocześnie plemnię (spermę).

Inaczej dzieje się u traszek, gdzie początkowo odbywają się zaloty miłosne obu płci, a samiec, opatrzone (u *Triton cristatus*) grzebieniem i jaskrawo ubarwiony, wykonywa szczególne ruchy przed samicą i wreszcie, uniósłszy ku górze ogon, kroczy naprzód po dnie wody, a za nim podąża samica; wreszcie samiec wyrzuca z otworu swego steku t. zw. plemniomieszek, czyli spermatoforę — dzwonkowatą masę galaretowatą, opatrzoną u szczytu woreczkiem, wewnątrz którego liczne znajdują się plemniki. Samica, zbliżywszy się do miejsca, gdzie na dnie wody spoczywa wydalona spermatofora, chwytła jakby rozchylonemi wargami swego otworu

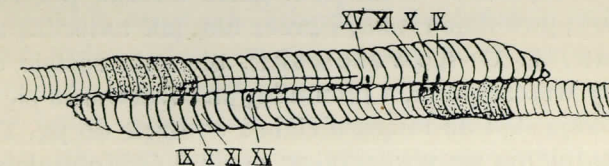
stekowego* ów woreczek z plemnikami, odrywa go od galaretowatego dzwonu i wciąga do steku. Tutaj rozrywa się ścianka woreczka, i uwalniają się plemniki, zapładniające jaja.

Gdy u jednych zwierząt plemniki, wprowadzone przez samca podczas spółkowania do ustroju samicy, zapładniają tam jaja natychmiast lub w ciągu niedługiego czasu, to u innych mogą one pozostawać w przewodach płciowych samicy przez dłuższy albo nawet bardzo długi czas, np. u nietoperzy przez kilka miesięcy. Jeszcze dłużej zachowują się one w ustroju samicy, jeżeli ostatni posiada specjalny zbiornik nasienny (*receptaculum seminis*), t. j. rezerwuuar, do którego po spółkowaniu dostaje się plemnina (sperma). Samica nawet przez kilka lat może sama zapładniać wydalone przez się jaja sperma, zawartą w owym zbiorniku, którego ujście prowadzi do końcowej części żeńskiego przewodu płciowego. Takie zbiorniki nasienne są bardzo rozpowszechnione u owadów. Królowa pszczoł, po jednorazowym spółkowaniu, może podobno w ciągu czterech lat zapładniać jaja sperma nagromadzoną w zbiorniku.

Zbiornikami, w których przechowywać się może obca plemnina, opatrzone są także niektóre obupłciowce, gdzie zwa się one woreczkami, lub kieszonkami nasíennymi (*Samentaschen*), jak np. u dżdżownic. U zwierząt obupłciowych, zapładniających się, jak wiemy, nawzajem, na krzyż, kieszonki służą do przechowywania plemni (spermy) drugiego osobnika, czyli plemni obcej, którą dany osobnik zapładnia swe jaja. Najciekawsze pod tym względem stosunki znajdujemy u naszych dżdżownic, gdzie spółkowanie odbywa się w sposób następujący (rys. 42). Dwa osobniki obupłciowe stykają się tu z sobą brzuszniemi powierzchniami swych ciał, układając się przytem w przeciwnych kierunkach, t. j. tak, że głowa jednego zwrócona jest ku tylnemu końcowi ciała drugiego i odwrotnie, przyczem śluz wydzielający się z gruczołów skórnych (głównie z t. zw. siodelka) skleja nieco z sobą oba osobniki i umocowuje je razem. W okolicy 10.—11. od-

* U płazów, jak i u większości innych kręgowców niższych, przewody moczopłciowe i jelito odbytowe otwierają się do wspólnego steku (*cloaca*), który uchodzi nazewnątrz już jednym otworem.

cinka ciała znajdują się ujścia dwóch par kieszonek nasiennych, a na 15. ujście płciowe męskie. Od każdego z ujść płciowych męskich biegnie ku tyłowi, do okolicy, gdzie przypadają ujścia kieszonek nasiennych drugiego osobnika, listewka podłużna, ograniczona z dwóch stron rowkami. Gdy oba osobniki skleione są razem, plemnina spływa ową listewką wtył aż w okolicę otworów kieszonek nasiennych drugiego osobnika. W ten sposób plemnina osobnika A dostaje się do kieszonek nasiennych osobnika B i odwrotnie, przyczem kieszonki napełniają się plemnią. Potem oba osobniki rozłączają się. Gdy z kolei, znacznie później, osobnik A znosi jaja, umieszczając je w szczególnej torebce wytworzonej przez gruczoły pierścieniowatego zgrubienia ciała, t. zw. siodelka (odcinki na rysunku zakropkowane), do torebki tej



Rys. 42. Dwie dżdżownice podczas spółkowania, zwrócone głowami w strony przeciwne; IX, X, XI, XV—dziewiąty, dziesiąty, jedenasty i piętnasty odcinki ciała.

spływa obca plemnina (plemnina osobnika B) z kieszonek nasiennych tegoż osobnika A i zapładnia jaja. W podobny sposób jaja, składane przez osobnik B do jego torebki wytworzonej przez siodelko tegoż osobnika, zapładniają się obcą plemnią (osobnika A), która spływa do torebki z kieszonek nasiennych osobnika B, uprzednio napełnionych plemnią osobnika A.

Szczególny bardzo sposób przenoszenia plemni znajdujemy u niektórych robaków płaskich z grupy wirków (*Turbellaria*), np. u *Cryptocelis alba*, według badań A. Langa. Plemniki wydalone nazewnątrz są tu zawarte w t. zw. plemniomieszkach, czyli spermatoforach, cienkich torebkach barwy mleczno-białej, o mocnej ściance. Przez skurcz mięśni w wywodzących przewodach płciowych męskich sper-

matofory bywają wyrzucane ze znaczną siłą i, uderzając w ciało innego osobnika, przebijają jego skórę, a wówczas ścianka plemnio-mieszki pęka, plemniki uwalniają się i przenikają do mięszu ciała uderzonego osobnika i tam zapładniają jego jaja. U wirka *Tysanozoon* jeden osobnik przebija swem prąciem w jakimkolwiek miejscu skórę drugiego i wylewa plemnię do jego mięszu, gdzie zapładnia jaja. Także u niektórych wrotków (*Rotatoria*), u gatunku *Hydatina senta*, samiec przebija gdziekolwiek swem prąciem ściankę ciała samicy i wprowadza do jamy ciała plemnię. U niektórych pijawek, np. w rodzajach *Piscicola* i *Glossiphonia*, plemnio-mieszki, czyli spermatofory, wyrzucane są z przewodów płciowych męskich jednego osobnika na drugi, któremu przyczepiają się do skóry za pomocą tarczki czepnej, osadzonej na długim pręciku u jednego końca mieszki. W miejscu, gdzie tarczka przytwierdza się do skóry, powstaje ranka, i przez nią, jak twierdzą autorzy (Whitman, A. O. Kowalewski), plemnica zostaje osobnikowi jakby wszczepiona, a plemniki, po rozerwaniu się mieszki, przenikają stąd do mięszu ciała i wreszcie do jaj. Ta możliwość zapładniania się wzajemnego osobników (obupłciowych) przez wyrzucanie na się niby pocisków w postaci plemnio-mieszek, wypełnionych spermą, uchodziła długo za rzecz nieprawdopodobną, ale ściśle badania kilku autorów dowiodły prawdziwości tego dziwnego sposobu przenoszenia się plemni.

Jeżeli w powyższych przykładach plemnio-mieszki wypełnione plemnią zostają wyrzucane na ciało innego osobnika w jakimkolwiek jego miejscu, to w innych przypadkach, w których plemnica jest wydalana również w spermatoforach, samiec przyczepia swą plemnię do ciała samicy w zupełnie już określonym punkcie. Widzimy to u wielu drobnych raczków z grupy widłonogów, np. w rodzaju *Cyclops*, *Canthocamptus*, *Diaptomus*. Tutaj muszą już istnieć u samca pewne urządzenia, któreby mogły w stosownym miejscu przyczepić spermatoforę do ciała samicy. Do tego celu służą owym raczkom czułki przedniej pary, albo oba (u *Cyclops* i *Canthocamptus*), albo tylko prawy (u *Diaptomus*). Czułki te zmienione są na końcu w narządy chwytne, którymi samiec przytrzymuje sa-

mice, by uczepić spermatoforę na pierwszym odcinku jej odwłoku, w sąsiedztwie ujścia kieszonki nasiennej, dokąd plemnica się dostaje. U *Diaptomus* samiec chwytą przytem piątą nogą pływającą spermatoforę swoją, przylepiając ją do otworu kieszonki nasiennej samicy.

Niezmiernie interesujący sposób przenoszenia plemni znajdujemy u głowonogów (*Cephalopoda*). Jak wiadomo, głowa takiego mięczaka jest opatrzona (8-ma lub 10-ma) wielkimi czułkami, lub ramionami, służącymi mu za narządy chwytne. Otóż u niektórych gatunków, np. w rodzaju ośmiornicy (*Octopus*), jedno z ramion ma inny kształt, niż pozostałe, posiada na końcu coś w rodzaju przypłaszczzonej szpatułki; i oto w czasie dojrzałości płciowej przymocowują się do tego ramienia plemnio-mieszki, które szczególnie u głowonogów przedstawiają twory bardzo wielkie i budowy nader złożonej. Są to długie cewki o mocnych ścianach, złożonych z kilku błon, z których jedna odznacza się wielką elastycznością; każda cewka zawiera wewnątrz jamę wypełnioną plemnią, a nadto jakby korek oraz szczególną nić elastyczną, mogącą się rozkręcać, jak sprężyna, przy jednoczesnem wynicowywaniu się ścianki, dzięki czemu w odpowiedniej chwili plemnica z wielką siłą, niby z procy, zostaje wyrzucona ze spermatofory. Otóż ośmiornica (*Octopus*) wprowadza to szpatułkowato zakończone ramię, do którego przyczepione są spermatofory, do jamy skrzelowej samicy i przymocowuje plemnio-mieszki w pobliżu zewnętrznego otworu płciowego żeńskiego; tutaj właśnie następuje wyładowanie się plemnio-mieszki i wyrzucenie spermy.

Jeszcze ciekawsze stosunki znajdujemy u innych gatunków głowonogów, np. w rodzaju żeglarka (*Argonauta*). Tutaj ramię, służyć mające do przenoszenia spermy, jest bardzo długie i zwęża się ku końcowi; wielkością i postacią różni się ono bardzo wybitnie od pozostałych ramion głowowych, czyli czułków. Otóż, rzecz niezmiernie interesująca, ramię to z przytwierdzonemi do niego spermatoforami odrywa się od ciała samca, pływa swobodnie w morzu i przenika do jamy skrzelowej samicy, którą napotyka; ponieważ zaś do jamy tej uchodzą żeńskie przewody płciowe, łatwo zrozumieć, że

plemnia wyrzucona ze spermatofory dokonać może zapłodnienia jaj. Już dawniej znane było przyrodnikom takie ramię wolno pływające i napotykanie też w jamie skrzelowej samicy w liczbie jednego do czterech, ale, ponieważ nie znano jego pochodzenia, sądzono, że to jakiś ustrój samodzielny, jakiś pasorzyt, i oznaczono go osobną nazwą, *hectocotylus*. Niektórzy zoologowie zastanawiali się nad tem, w jaki sposób narząd oderwany od ciała może czynnie poszukiwać drugiej płci i przenikać do określonej szczeliny jej ciała. Sądzę, że takie pytanie jest niewłaściwe; zdaje mi się bowiem, że prawdopodobnie czynnym jest tutaj ustrój żeński, który wyszukuje owego hectocotylosa, podpływa doń i wprowadza go sobie niejako do jamy skrzelowej, przyczem, niewątpliwie, i samo ramię wykonywa pewne odruchy celowe, gdyż jest opatrzone częściami układu nerwowego, jak i inne czułki.

Ze względu na sposób przenoszenia plemni do najbardziej interesujących zwierząt należą także pająki, których czułkowate narządy głowowe, t. zw. nóżkogłaszczki (*pedipalpi*), są w ten sposób zmienione, iż ostatni ich człon posiada pęcherzykowate nabrzmienie w postaci odwrotnie ustawionej gruszki, a nadto są opatrzone dodatkowymi wyrostkami i szczecinkami. Otóż samiec wprowadza sobie taki zgrubiały członek nóżkogłaszczka do otworu płciowego, nabiera nim spermy, a następnie, wprowadzając go do otworu płciowego samicy, dokonywa w ten sposób przeniesienia spermy. Wygląda to tak, jak gdyby pająk w garść nabierał plemni i przenosił ją do otworu płciowego samicy.

Wszelako u większości zwierząt, u których odbywa się zapłodnienie wewnętrzne, istnieje, jak wiadomo, specjalny narząd, prącie (*penis*), za którego pomocą plemnia bywa przenoszona do żeńskiego przewodu płciowego. Prącie mieści się albo w bezpośrednim sąsiedztwie zewnętrznego otworu płciowego męskiego, albo też, jak u zwierząt ssących, przebite jest przewodem, tak że plemnia wydala się nazewnątrz na szczycie prącia przez znajdujący się tu otwór płciowy zewnętrzny.

Budowa właściwego prącia (*penis*) bywa u różnych zwierząt bardzo rozmaita, lecz w dane anatomiczne tego narzą-

du nie możemy tu wchodzić. Zaznaczymy tylko, że z wyższych kręgowców u krokodyli, żółwi oraz u niektórych ptaków, mianowicie u biegających (strusia, kazuara) i pływających (u kaczora, gąsiora, łabędzia), istnieje dobrze rozwinięte prącie, opatrzone zwykle zewnątrz rynienką podłużną, którą spływa sperma. Prącie znajduje się w steku, w pobliżu jego ujścia nazewnątrz, a plemnia, dostawszy się do steku z przewodów płciowych męskich, spływa po wspomnianej rynience podczas spółkowania. Z ptaków naszych pływających bardzo wielkie stosunkowo prącie posiada kaczor; u innych rzędów prącia niema, a w chwili spółkowania przylegają tylko do siebie otwory stekowe samca i samicy. U ssących prącie bywa rozmaicie wykształcone; najbardziej charakterystyczną jego właściwością jest to, że przebija je przewód moczopłciowy (cewka moczowa); tylko u stekowców (*Monotremata*) stosunki są inne, ale w to wchodzić tu nie możemy. Drugą wielce charakterystyczną cechą prącia ssaków jest potężnie rozwinięta szczególna tkanka gąbczasta, tworząca tu t. zw. ciała jamiste (*corpora cavernosa*), złożone z licznych zatok krwionośnych żylnych, porozdzielanych ściankami bardzo bogatymi w elementy sprężyste (elastyczne). Gdy zatoki napełniają się dopływającą do nich w większej ilości krwią (pod wpływem podniecia nerwowej), następuje powiększenie się i naprężenie narządu (*erectio*), co doniosłe ma znaczenie podczas aktu spółkowania. Analogiczny prąciu narząd znajdujemy też u samicy ssaków, u otworu płciowego żeńskiego; jest to t. zw. łechtaczka (*clitoris*), opatrzona również podobną tkanką gąbczastą, a przeto mogąca także ulegać pewnemu naprężeniu. Tak prącie, jak i łechtaczka obfitują w liczne czuciowe zakończenia nerwowe.

Erekcya prącia umożliwia wprowadzenie go do zewnętrznego przewodu płciowego żeńskiego, czyli do pochwy (*vagina*), a przez tarcie o nierówne jej ściany oraz przez ucisk ze strony podlegającego skurczowi mięśnia zwieracza pochwy, a więc przez podniecia natury mechanicznej, zostają podrażnione zakończenia nerwowe prącia, co na drodze odruchowej (refleksu) powoduje wytrysk plemni, czyli ejakulację. W chwili wytrysku u samca, a pewnych odruchów w prze-

wodach żeńskich oraz erekcji lechtaczki i podrażnienia jej zakończeń nerwowych u samicy — następuje wstrząs ogólny (*orgasmus*) w ustroju obu osobników. Pewne odruchy pochwy i macicy ułatwiają niewątpliwie plemni przenikanie włąb żeńskich przewodów płciowych.

Obie płci, w związku z różną rolą, jaką spełniają w płodzeniu, różnią się nie tylko budową swych narządów rozrodczych, ale nadto i pod wielu innymi względami, t. zw. drugorzędnymi znamionami płciowymi. Wszystkie drugorzędne znamiona płciowe, niezliczone w swej różnorodności, są ściśle związane ze sprawą rozmnażania się, a w pierwszym rzędzie — wzajemnego wyszukiwania się płci i zapładniania.

Znamiona te prowadzą często do wybitnych różnic pomiędzy obu płciami, czyli do wielkiego, jak mówimy, dimorfizmu płciowego, albo dwukształtności płciowej. Niekiedy różnice te są iście uderzające. U robaka morskiego *Bonellia viridis* samiec przedstawia istotę niezmiernie drobną, pozbawioną ust i odbytu, przypominającą na pierwsze wejrzenie wymoczkę, a przebywającą, niby pasorzyt, na ciele samicy, początkowo w jej przełyku, później zaś w końcowej części przewodu płciowego. U wielu skorupiaków morskich z grupy wąsonogów (*Cirripedia*), zwierząt obupłciowych, spotykamy nadto t. zw. samce dopełniające; ostatnie są niezmiernie drobne, karłowate, bardzo uwstecznione w rozwoju, np. pozbawione przewodu pokarmowego, i przebywają, jak pasorzyty, na ciele osobników obupłciowych. Są to jednak krańcowe już niemal przykłady dimorfizmu płciowego.

Ale i u wszystkich innych zwierząt drugorzędne znamiona płciowe warunkują często niemałe różnice pomiędzy osobnikami obu płci. Zaliczamy tu przedewszystkiem rozmaite szczypce, kleszcze, zmienione w różny sposób różki i odnóża chwytne, służące samcom do przytrzymywania samic podczas parzenia się. Należą tu rozmaite narządy, służące samcom do staczania zaciętych nieraz walk z innymi samcami o posiadanie samicy, jak rogi jelenie, chitynowe wyrostki na głowie u samców owadów (u jelenków, nosorogów i innych chrząszczy), ostrogi kogucie, kolczaste wyrostki na skrzydłach samców niektórych ptaków, zacięte staczających z sobą walki.

Dalej, pomiędzy drugorzędnymi znamionami płciowymi widzimy niezliczone ozdoby ciała, jakie miewają samce różnych zwierząt, ozdoby, które działają podniecająco w kierunku płciowym na samice, a które, np. przez samce ptaków, w szczególności sposób bywają okazywane samicy podczas zalotów; tu należą grzebienie, czuby jaskrawe, t. zw. korale u samców wielu ptaków, wspaniałe pióra ogonowe, które samce (paw, bażant, ptak rajski) rozłaczają zalotnie wobec swych połowic, lub grzywy samców zwierząt ssących, grzebienie jaskrawe u samców traszek (*Triton cristatus*), występujące tylko w okresie rozmnażania się i t. d. Do tejże kategorii drugorzędnych znamion płciowych, działających podniecająco na samice, należą również piękne, często jaskrawe barwy samców, narządy służące do wydawania różnych dźwięków (jak cierkanie u pasikoników, szarańczy, świerszczy), wytwarzanych tylko przez samce za pomocą pocierania jednego skrzydła o drugie albo pewnych ząbków na nogach o pokrywy skrzydłowe, niby smyczkiem o struny skrzypek, dalej, wysoko rozwinięte narządy głosowe u samców ptaków (słowik, wilga, kogut) i t. p. Wreszcie zaliczyć tu jeszcze wypada różne gruczoły u samców, wydzielające ciecz o przenikliwej woni, która, zwłaszcza w okresie życia płciowego, staje się bardzo silną i podnieca niewątpliwie samice (piżmowiec, liczne zwierzęta drapieżne). Do najbardziej interesujących w tym rodzaju narządów należą t. zw. łuski woniejące u samców motyli, szczególnie zmienione, niekiedy włoskami pokryte łuseczki na skrzydłach, z których każda opatrzona jest u nasady gruczołkiem wydzielającym istotę o silnej woni; pociągane wonią, zlatują się, jak wiadomo, z wielkiej nieraz odległości liczne samice niektórych motyli, zwłaszcza zmierzchnie i ciem, do samców zamkniętych np. w przewiewnych klateczkach.

Z drugiej znów strony i samice posiadają rozmaite drugorzędne znamiona płciowe, związane z ich życiem płciowym i z rolą, jaką w niem spełniać im przypadło. Tu należą pokładełka samic różnych owadów, służące do nakłuwania tkanek roślinnych i znoszenia tam jaj, do składania ich głęboko w ziemię lub pod korę drzew, cewka brzuszna u sami-

cy ryby różanki, za której pomocą ryba znosi jaja do jamy skrzelowej skójką (p. str. 169), torby lęgowe torbaczy (kan-gur), gruczoły mleczne i sutki ssaków i liczne inne narządy lub urządzenia, związane wogóle ze sprawą znoszenia i wylęgu jaj, pielęgnowania i karmienia młodych i t. d., słowem z całym życiem płciowym i macierzyństwem samiec*.

Pielęgnowanie jaj i młodych opiszę tu możliwie zwięźle i krótko, zaznaczając, że jest to przedmiot niezmiernie interesujący sam przez się i tak obszerny, że mógłby być jako tako wyczerpująco rozpatrzony tylko w osobnej książce, poświęconej wyłącznie tym zjawiskom. Bo zważmy jeno, że z tą sprawą łączy się najściślej cała dziedzina życia psychicznego zwierząt, najróżnorodniejsze i najbardziej złożone instynkty, jak budowy gniazd, wędrówek, obrony młodych i t. d. Przytoczę więc tylko małą wiązaną faktów niejako dla przykładu.

Zwierzęta wodne znoszą swe jaja najczęściej do wody; tam jaja opadają na dno lub unoszą się u powierzchni, bardzo często sklejone w większe masy za pomocą istoty galaretowatej. Jaja pływające różnych zwierząt morskich nieraz znaleźć można w połowach planktonicznych. Liczne zwierzęta wodne przytwierdzają swe jaja do roślin podwodnych; tak czynią żarłaczce, których jaja otoczone są grubą torebką poduszkowatą, opatrzoną wybiegającymi z czterech jej rogów długimi, często spiralnie skręconymi nićmi (por. rys. 10), którymi samica przymocowuje jajo do roślin. Wiele naszych chrząszczy wodnych (np. *Donacia*) przytwierdza jaja do liści roślin żyjących w wodzie (*Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*); na roślinach też składają jaja, w śluzowych pogrążone masach, jętki, chróściki i inne żyłkoskrzydłe owady nasze. Wypławki (*Planariidae*) naszych wód składają jaja w grubościennych, brunatnawych lub czerwonych „kokonach“, które również przymocowują do roślin wodnych, a pijawki nefelidy (*Nephelis*) umieszczają jaja w owalnych kokonach z jed-

* Co do różnych teorii i prób objaśnienia genezy drugorzędnych znamion płciowych, teorii doboru płciowego K. Darwina i innych dotyczących tej sprawy poglądów, p. dzieło moje *Idea ewolucji w biologii*. 1910. Str. 401 i d.

nej strony płaskich, z drugiej wypukłych, o ścianie elastycznej, przyczem płaską stroną przytwierdzają je do liści i łodyg różnych roślin wodnych. Inna pijawka nasza, *Clepsine*, składa jaja pod swe ciało i siedzi na nich, przytwierdzona brzusznią stroną ciała do liścia lub łodygi rośliny wodnej, a gdy się wylęgną młode, przez długi jeszcze czas są uczepione u brzusznej ściany ciała matki, przyczem pijawka uwypukla się dzwonkowato ku górze, tak iż pod jej brzuchem tworzy się obszerna jama, jakby lęgowa, w której mieszczą się młode.

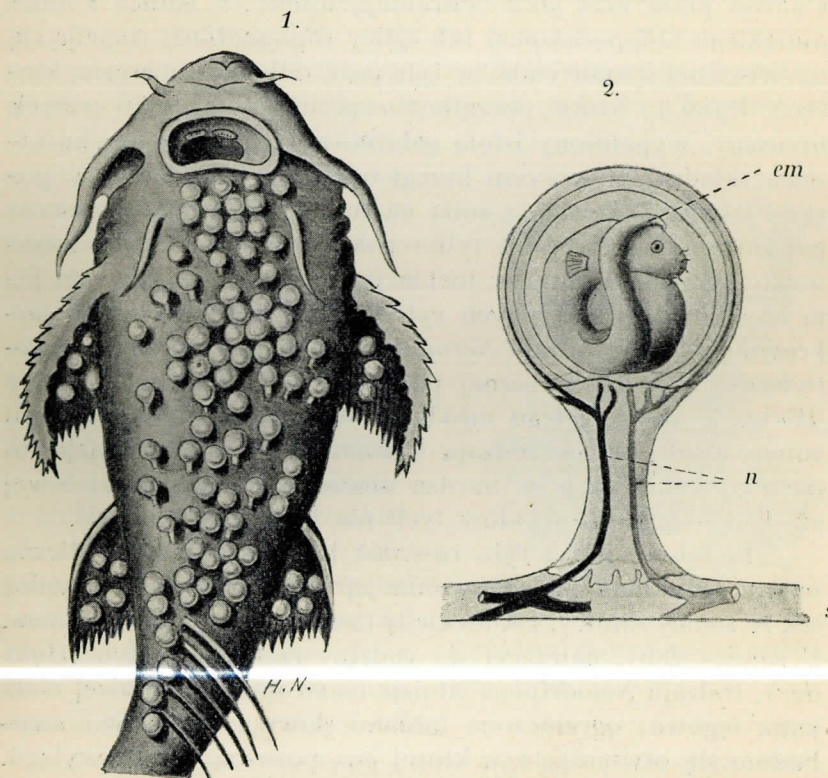
W powyżej opisanych przykładach widzieliśmy głównie objawy pieczołowitości, w których chodzi o ochronę jaj lub młodych. Ale wyższy jej stopień będzie wówczas, gdy jajom lub młodym matka dostarcza nie tylko ochrony, zabezpieczenia przed nieprzyjaciółmi lub wogóle szkodliwymi wpływami, lecz nadto także swoistego pożywienia. Tu również znajdujemy liczne, niezmiernie interesujące przykłady. A więc, galasówki umieszczają swe jaja w tkance roślinnej, którą nakłuwają, powodując patologiczny jej rozrost w postaci narośli, orzeszków i t. p., a młode, rozwijające się z jaj, znajdują w tkance galasów pożywienie. Motyle znoszą, jak wiadomo, jaja na pewne tylko rośliny, mianowicie na te, których liśćmi żywią się gąsienice wylęgle z jaj, a często ochraniają też jaja pewnymi osłonami włosistymi (czyli niektóre). Muchy plujki i inne gatunki (*Sarcophaga carnaria*, *Lucilia caesar* i inne) znoszą swe jaja na mięsie trupów lub do otwartych ran zwierzęcych, aby gąsienice (czerwie) miały zaraz pokarm stosowny. Grabarze (*Necrophorus*) zakopują wspólnymi siłami trupy mniejszych zwierząt i składają na nie jaja, zabezpieczając tym sposobem gąsienicom pożywienie i ochronę. Pigułowce-poświętniki (*Ateuchus sacer*), znane chrząszcze egipskie, toczą po ziemi tylnymi odnóżami kulę z substancji organicznych, a ze złożonego do kuli tej jaja wylęga się gąsienica, która ma odrazu pokarm gotowy. Jeszcze ciekawsze są do os zbliżone gąsieniczniki (*Ichneumonidae*), które składają jaja, przez nakłucie, do ciała innych owadów, najczęściej w gąsienice motyli, a wylęgające się z jaj tych maleńkie gąsieniczki pożerają wewnątrz ciała ofiary. A inne znów

owady z tejże grupy, t. zw. grzebacze (*Fossoria*), mają dziwną, ze wszech miar zastanowienia godną zdolność nakłuwania pewnych gąsienic, pajaków lub innych owadów (często pasikoników) w jeden ze zwojów nerwowych, wskutek czego ukłuty owad lub pajak traci możność poruszania się, zostaje niejako porażony, lecz zachowuje życie; i oto takie żywe, lecz unieruchomione ofiary zanoszą ów rabuś do swego gniazda podziemnego, gdzie składa jaja, poczem opuszcza je i zamurrowuje otwór gniazda. Wylęgające się z jaj gąsieniczki mają świeży, żywy pokarm, a niezdolność do poruszania się tych za życia pożeranych żywicieli daje gąsieniczkom wszelką pewność bezpieczeństwa.

Jeszcze wyższy stopień rozwoju osiąga pielęgnowanie jaj i młodych, gdy matka lub oboje rodzice budują gniazda, niekiedy, jak wiadomo, wielce kunsztowne; tu należą gniazda os, plastry woskowe pszczół lub garnuszkowate gniazda ziemne trzmieli oraz, najbardziej kunsztowne, gniazda ptaków, wykazujące nadzwyczajną różnorodność postaci, materiału budowlanego i wyboru miejsca.

Liczne zwierzęta noszą jaja na swym ciele aż do wylęgu młodych. Wspomnieliśmy już wyżej o naszej pijawce *Clepsine*. Zaliczyć tu także należy jeszcze inne robaki, np. *Phoronis*, dźwigającego swe jaja na czułkach, oraz niektóre, bardzo zresztą nieliczne, szkarłupnie. Nader często noszą z sobą jaja skorupiaki, jedne na odnóżach odwłokowych, jak rak rzeczny, inne na końcu odwłoku w specjalnych woreczkach, jak widłonogi (*Copepoda*); u jeszcze innych wytwarza się z blaszkowatych przysadek odnoży tułowiowych szczególnie, niekiedy bardzo wielka jama lęgowa, wypełniona jajami, jak u wielu, zwłaszcza pasorzytnych, równonogów (*Isopoda*). Z pajęczaków niektóre (np. *Oribatidae*) dźwigają jaja na grzbiecie, inne noszą z sobą do odwłoku przyczepione kokony z materii pajęczynowej, wypełnione jajami, co znajdujemy u bardzo wielu gatunków naszych pajaków polnych. W rzadkich przypadkach znajdujemy pielęgnowanie jaj u ryb. U ryby zrosłoskrzelnej *Solenostoma* pletwy brzuszne zrastają się z sobą, tworząc rodzaj kieszeni lęgowej dla jaj. Samica ryby sumowatej *Aspredo laevis* z Surynamu posiada na większej

części brzusznej powierzchni swego ciała rodzaj gąbczastej tkanki, w której przez dłuższy czas pozostają jaja. Na załączonym tu rys. 43. widzimy jaja na brzusznej stronie ciała tej ryby, osadzone na krótkich łodyżkach; na rys. 43., 2. jest narysowane jedno takie jajo już z daleko posuniętym w roz-



Rys. 43. 1. Ryba *Aspredo laevis*, widziana od strony brzusznej, z licznymi jajami. 2. — jedno jajo z zarodkiem (*em*) wewnątrz, osadzone na łodyżce; *n* — naczynia krwionośne, *s* — skóra matki (pow.).

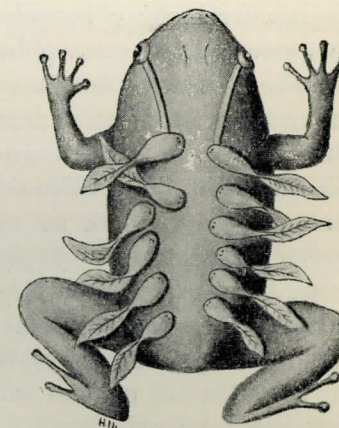
woju zarodkiem; widzimy tu, jak przez łodyżkę biegną do zarodka naczynia krwionośne (*n*) tętnicze i żyłne, pochodzące ze skóry ustroju macierzystego. Ryba po złożeniu jaj wprost kładzie się na nie brzuszną powierzchnią ciała, i w ten sposób jaja przytwierdzają się do skóry matki, do brzucha i pletw, a nawet do skóry w okolicy paszczy.

A na szczególną zasługuje uwagę, iż u niektórych gatunków nie samica, lecz samiec pielęgnuje jaja. I tak wiadomo nam już, że samce niektórych gatunków ryb kostnoskieletowych, np. cierniki, budują gniazdo, do którego zapędzają samice, by tam jaja złożyła, a następnie strzegą jaj w gniazdku i nawet przez czas jakiś ochraniają młode. U samca konika morskiego (*Hippocampus*) lub iglicy (*Syngnathus*) rozwija się na brzusznej stronie ciała, w tyle poza odbytem obszerna kieszeń lęgowa, która początkowo przedstawia tylko rowek brzuszny, wypełniony istotą galaretowatą; do tego rowku samica składa jaja, poczem brzegi rowku rozrastają się w postaci fałdów i zlewają z sobą na linii środkowej, ograniczając kieszeń, z której już tylko jeden otwór prowadzi nazewnątrz. W ten sposób w torbie lęgowej ojca spoczywają jaja aż do wylęgu. U innych ryb zrosłoskrzelnych, np. u pokrewnego iglicy rodzaju *Nerophis*, samica bezpośrednio przytwierdza jaja do brzusznej powierzchni ciała samca, który dźwiga je aż do wylęgu młodych. Wreszcie u niektórych ryb sumowatych, np. w rodzaju *Chromis*, samiec bierze jaja do paszczy i ukrywa je w bardzo obszernej jamie gardzieliowej aż do wylęgu. Przykładów tych nie będziemy mnożyli.

Podobnie jak u ryb, również i u płazów dosyć liczne mamy przykłady pielęgnowania jaj i młodych, i to również tak ze strony samicy, jak niekiedy i ze strony wyłącznie samca. U samicy żaby, należące do rodziny rzekotkowatych (*Hylidae*), rodzaju *Notodelphys* istnieje na stronie grzbietowej ciała jama lęgowa, ograniczona fałdami skóry i ku tyłowi swobodnie się otwierająca, w której jaja pozostają aż do wylęgu. Jeszcze bardziej znany jest grzbietoród (*Pipa dorsigera*), ropucha, u której na grzbietowej stronie ciała rozwija się gąbczasta tkanka skórna, złożona z licznych zagłębień, w których składane są jaja, pozostające tu aż do wylęgu; z otworów tych zagłębień widać w późniejszych stadiach rozwojowych wystające nazewnątrz członki ciała młodych.

U ropuchy położnika (*Alytes obstetricans*) samiec obejmuje samicę w okolicy lędźwi i dopomaga jej do złożenia skrzeku (stąd nazwa—położnik), przyczem wyciska go ze steku samicy i wyciąga za pomocą tylnych nóg. Jaja są lepkie i przy-

klejają się do tylnych nóg samca, a wskutek ich ruchów owijają się dokoła nich. W ten sposób samiec dźwiga jaja na swych tylnych odnóżach, 'gdzie jaja się rozwijają; a gdy wchodzi do wody — kąpieli zaś używa dosyć często — młode kijanki uwalniają się z jaj. Żaba żyjąca na wyspie Trinidad, *Phyllobates trinitatis*, ma zwyczaj, iż samiec za pośrednictwem ust przyczepia sobie jaja do grzbietu, a u żaby, żyjącej na wyspach Seychellskich, *Arthroleptis seychellensis*, również samiec, według Brauera, dźwiga larwy na grzbiecie. Samiec zaś słynnej ropuchy południowo-amerykańskiej *Rhinoderma Darwini* ukrywa przez pewien czas jaja oraz młode w szczególnym worku, stanowiącym wypuklinę na brzusznej stronie gardzieli, dokąd przenikają one z jamy ust, którei samiec je pochłania. U żaby *Hylodes lineatus* z Surynamu samica dźwiga z sobą jaja na grzbiecie, a wylęgające się z nich młode głowacze (kijanki) są przyczepione do skóry matki w ten sposób, że tworzą dwa szeregi równoległe, przyczem głowy larw zwrócone są ku wnętrzu, ogony zaś nazewnątrz (rys. 44).



Rys. 44. Żaba *Hylodes lineatus* z młodymi głowaczami na grzbiecie. (Wedl. I. Wyman'a).

Niektóre zwierzęta, jak wiadomo, składają jaja nazewnątrz, tak iż zarodki rozwijają się poza obrębem ustroju macierzystego (zwierzęta jajorodne), inne natomiast przetrzymują jaja wewnątrz swego ustroju, a na świat przychodzą wyklute już z jaj istoty, czasami zupełnie już rozwinięte, tylko małych stosunkowo rozmiarów; są to zwierzęta żyworodne. Niekiedy bywa tak, że złożone jaja zawierają już prawie zupełnie wykształcone zarodki, jak to znajdujemy u niektórych roztoczy i gadów (np. u żmij); są to zwierzęta jajo-żyworodne.

Żyworodność napotykamy u najrozmaitszych zwierząt.

Już w najniższych grupach tkankowców, np. u gąbek i wielu pławów lub koralu, opuszczają ciało matki larwy żywe orzęsione, a zarodki te rozwijają się w jamie pokarmowej ustroju macierzystego. I w innych grupach zwierząt napotykamy dosyć liczne przykłady żyworodności: u niektórych robaków wstężnic (*Nemertini*), nicieni (*Nemotodes*), jak u znanego pasorzyta włosienia (*Trichina*), dalej, u niektórych pierścienic, szkarłupni, mięczaków, stawonogów, u pewnych ryb i płazów, u niektórych gadów, a przede wszystkim, jak wiemy, u ssaków. Niekiedy jajorodność u jednych form, a wyjątkowo żyworodność u innych, bardzo blisko pokrewnych, daje się sprowadzić do szczególnych warunków, w jakich żyją owe postacie, i stanowi wynik przystosowania. Żaba *Hylodes martinicensis*, żyjąca na wyspie Martynice, w miejscowościach, gdzie wód jest bardzo mało, przystosowała się w ten sposób do warunków, iż przetrzymuje larwy w swych przewodach płciowych, tak że rodzą się osobniki, mogące już oddychać powietrzem sprężystym. Odmieniec (*Proteus anguineus*), żyjący w grotach Krainy, jest zwierzęciem jajorodnym. Jednakże, jak to opisałem w r. 1909, może on czasami przetrzymywać jaja i kijanki w przewodach płciowych tak długo, iż rodzą się od razu młode, zupełnie podobne do dorosłych i stosunkowo dosyć duże, lecz w ilości bardzo nieznacznej. Kammerer wykazał później, że można zmusić odmienca do żyworodności działaniem pewnych określonych warunków zewnętrznych.

U zwierząt żyworodnych znajdujemy specjalne pomieszczenia dla młodych. Bywają one dwojakiego rodzaju: albo t. zw. jamy lęgowe, które są niezależne od przewodów płciowych, albo też rozszerzone części przewodów płciowych. Jamy lęgowe znajdują się u różnych zwierząt w najrozmaitszych okolicach ciała. Na skórze grzbietu pomiędzy wyrostkami skórnymi (t. zw. paxillami) mieszczą się one u niektórych rozgwiazd (np. *Pteraster*); na grzbiecie pod skorupką u niektórych skorupiaków liścionogich (*Phyllopoda*), np. u płasznic, gdzie występuje t. zw. siodełko; w jamie płaszczowej, np. u niektórych małżów, gdzie w tym celu płaszcz szczególnym ulega przekształceniom; w jamie ciała, jak u nie-

których strzykw (u Synapty); w szczególnych kieszeniach lęgowych na brzusznej stronie ciała, jak u strzykwy *Cucumaria*; pod brzuchem w jamach ograniczonych przez szczególne blaszkowate wyrostki odnóży, np. u skorupiaków równonogów (*Isopoda*); w osobliwie przekształconych nabrzmieniach czułków, np. u pierścienicy *Spirorbis* i t. d.

Co się zaś tyczy pomieszczenia rozwijających się jaj i zarodków w przewodach narządów płciowych żeńskich, to ostatnie tworzą zwykle w tym celu specjalne rozszerzenia, najczęściej zwane macicą (*uterus*). Takie rozszerzenia przewodów płciowych, służące do przechowywania rozwijających się jaj i zarodków, znajdujemy u żyworodnych robaków, mięczaków (np. u ślimaków żyworodnych: *Clausilia*, *Pupa*, *Paludina vivipara*) i t. d. Interesujący jest rodzaj pratchawiec (*Peripatus*), którego jedne gatunki są jajorodne, a jaja ich obfitują w żółtko odżywcze, inne zaś, bardzo blisko pokrewne, są żyworodne, posiadają jakby macicę, w której odbywa się rozwój jaj, a jaja ich są ubogie w żółtko. Tutaj mamy jasny dowód, że jajorodność lub żyworodność występują często w związku z budową jaj, z ilością odżywczego materiału zawartego w jajach; jeśli jest go wiele, występuje jajorodność; jeżeli mało, zarodki muszą się rozwijać w łonie ustroju matczynego, który dostarcza im soków odżywczych. Z kręgowców naogół jajorodnymi są grupy, których jaja obfitują w deutoplazmę, a więc ryby, płazy, gady i ptaki, żyworodnymi zaś są ssaki, posiadające jaja małe, ubogie w deutoplazmę, z wyjątkiem jajorodnych ssaków stekowców (dziobak, kolczatka), które posiadają jaja wielkie, obfitujące w deutoplazmę, podobne do jaj gadzich. Wszelako u ryb, płazów i gadów napotykamy także przykłady żyworodności, np. z pośród ryb rodzaje *Cyprinodon*, *Zoarcas*, niektóre gatunki żarłaczy, z płazów — salamandra.

Zasługuje też na uwagę, że u pewnych żarłaczy (np. *Mustelus*, *Carcharias*) ściana t. zw. pęcherza żółtkowego jaja wchodzi w ścisły związek ze ścianą macicy, tworząc rodzaj łożyska, t. zw. łożysko pęcherzowo-żółtkowe, co umożliwia lepsze odżywianie płodu. Najwyższy stopień doskonałości w połączeniu płodu ze ścianą macicy znaj-

dujemy u ssaków, gdzie wytwarza się specjalny narząd, właściwe łożysko (*placenta*), pośredniczące w połączeniu płodu ze ścianą macicy i jego odżywianiu. Tylko u jajorodnych stekowców brak łożyska — stąd nazwa ssaków bezłożyskowych (*Aplacentalia*); pozostałe posiadają łożysko — stąd nazwa łożyskowców (*Placentalia*). Ale stopień rozwoju łożyska, sposób przymocowania się jaja i płodu do ściany macicy i odżywiania się ostatniego bywają rozmaite u różnych ssaków, co już rozpatrzymy w specjalnej części nauki o rozwoju zarodka u ssących, w związku ze sprawą t. zw. błon płodowych (w tomie II.).

ROZDZIAŁ DWUNASTY.

Czas rozwoju.

Musimy jeszcze zastanowić się nad tem, jak długo w ogólności trwa rozwój różnych zwierząt i od czego zależą odnośne różnice, ponieważ to ściśle się wiąże z wyżej poruszonymi sprawami.

Pragnąc rozpatrzyć czas rozwoju u różnych zwierząt, musimy przedewszystkiem zważyć, że rozwój wielu ustrojów obejmuje dwa okresy: okres zarodkowy, czyli embryonalny, oraz pozarodkowy, inaczej postembryonalny.

Jeżeli zarodek odbywa cały cykl rozwoju wewnątrz błon jajowych i odżywia się bądź żółtkiem jaja (deutoplazmą), bądź sokami, otrzymywanymi od matki, w której łonie się rozwija, mamy rozwój zarodkowy. Jeżeli zaś zarodek opuszcza w pewnem stadium błony jajowe i prowadzi przez pewien czas życie na wolności, odżywiając się samodzielnie, mówimy, że podlega wówczas rozwojowi pozarodkowemu, a młodociana postać nosi nazwę larwy. Wiadomo, że zarodek żaby rozwija się naprzód w jajach, otoczony jego błonami, z kolei zaś opuszcza błony i przez długi jeszcze czas żyje wolno jako kijanka, czyli głowacz, zanim osiągnie postać ostateczną; stadium głowacza stanowi zatem postać młodocianą — larwę. Podobnie też zarodek motyla, opuszczający błony jajowe jako gąsienica, która z kolei przechodzi w poczwarkę, podlega również rozwojowi pozarodkowemu. Otóż zachodzi pytanie, dlaczego w jednych przypadkach zarodek przechodzi wewnątrz błon jajowych cały cykl rozwoju, w innych zaś tylko część procesów rozwojowych, a resztę

ich odbywa już jako wolno żyjąca larwa, samodzielnie się odżywiająca przez cały czas swego życia pozarodkowego lub przynajmniej przez pewien jego okres.

Niewątpliwie, daje się to wytłumaczyć w pewnej mierze stosunkami odżywiania się zarodka i budową jaja. Jeżeli jajo bardzo obfituje w deutoplazmę, tak iż ostatnia wystarcza zarodkowi do odżywiania się przez cały czas rozwoju, wówczas błony jajowe opuszcza zwykle istota zupełnie już wykształcona, różniąca się od dorosłej tylko drobnymi wymiarami ciała i niedojrzałością płciową, jednym słowem, zachodzi wówczas rozwój tylko embryonalny. Jeżeli zaś, przeciwnie, jajo zawiera stosunkowo mało deutoplazmy, tedy zarodek przechodzi tylko część cyklu rozwojowego w jaju, a resztę jako larwa wolno żyjąca i samodzielnie pobierająca pokarm. Kiedy jednak jajo jest drobne i mało zawiera deutoplazmy, ale zarodek rozwija się w łonie matki, a przeto i w tym razie obficie się odżywia, wówczas przychodzi on na świat również w stanie całkowicie wykształconym i nie podlega przeobrażeniom pozarodkowym, jak np. u większości ssaków. Ilość deutoplazmy w jaju, a tem samem i wielkość jaja zależna od tej ilości, powinna być zresztą oceniana w stosunku do rozmiarów ciała danego zwierzęcia, nie zaś bezwzględnie. Większe zwierzęta mają wogóle większe zarodki, a więc i ilość deutoplazmy, potrzebna do ich odżywiania, powinna być naogół znaczniejsza, jeżeli ma wystarczyć na potrzeby życia zarodkowego.

Niektóre fakta przemawiają istotnie za tem, że rozwój pozarodkowy bywa uwarunkowany przez względne ubóstwo deutoplazmy i wogóle zbyt małą masę jaja, nie wystarczającą w tych przypadkach do doprowadzenia zarodka do stanu zupełnego rozwoju. Wiadomo np., że w rozwoju żab lub ropuch występują stadya pozarodkowe, larwy-głowacze, opatrzone skrzelami, długim ogonem wioskowatym, beznogie, odżywiające się samoistnie. Ale oto u wyżej wspomnianej ropuchy-położnika (*Alytes obstetricans*), której samiec owija sobie skrzek dokoła tylnych nóg i tak go nosi z sobą aż do czasu wylęgu młodych, larwy opuszczające błony jajowe pozabawione są już skrzeli zewnętrznych, odbywają więc w jaju

znacznie większą część rozwoju, aniżeli nasze ropuchy, których głowacze posiadają skrzela i tracą je dopiero stopniowo w ciągu życia pozarodkowego. Jeszcze znaczniejszą część rozwoju przebywa w jaju grzbietoród surynamski (*Pipa dorsigera*), którego samiec umieszcza sobie, jak wiemy, skrzek na grzbiecie, gdzie dokoła każdego jaja powstaje osobne zagłębienie w skórze, rodzaj osłony. Otóż z jaj grzbietoroda wylęgają się młode w postaci prawie doskonałej, jako małe ropuszki; te zaś wszystkie stadya rozwojowe, które nasza ropucha przechodzi jako wolno żyjący głowacz, grzbietoród odbywa wewnątrz błon jajowych, ulega zatem niemal wyłącznie rozwojowi zarodkowemu. Jakiż stąd wniosek?

Widzieliśmy, że z trzech pokrewnych rodzajów, naszej ropuchy, położnika i grzbietoroda, pierwszy podlega rozwojowi zarodkowemu i pozarodkowemu, drugi zarodkowemu oraz znacznie już skróconemu pozarodkowemu, trzeci wyłącznie już niemal zarodkowemu. Skoro zaś porównamy masę jaja każdego z tych trzech rodzajów z przeciętną masą ich ciała, u ropuchy naszej znajdziemy stosunek 0'01:100, u położnika 0'5:100, u grzbietoroda wreszcie 1:100. Widzimy zatem, że w miarę względnego wzrostu masy jaja, a tem samem głównie zawartej w niem deutoplazmy (rozmiary bowiem jaja zależne są przeważnie od ilości żółtka), rozwój obiera sobie coraz prostszą, coraz bezpośredniejszą drogę od jaja do stanu doskonałego, omijając stadya rozwoju pozarodkowego. Powyższy przykład stwierdza, oczywiście, nasze przypuszczenie, a możnaby przytoczyć i inne dane tegoż rodzaju. Na podstawie tej samej zasady możnaby sobie również wytłumaczyć, dlaczego ssaki żyworodne, których zarodki pozostają w najgorszych stosunkowo warunkach odżywiania się płodowego, mianowicie bezłożyskowe torbacze, jak kangur lub dydelf, rodzą się w stanie najmniej podobnym do postaci dorosłych. Zarodki tych zwierząt mają bez porównania mniejszy dowóz soków odżywczych, aniżeli zarodki ssaków wyższych, posiadających dobrze wykształcone łożyska, i dlatego to właśnie embryony pierwszych opuszczają błony jajowe w stanie bardzo jeszcze dalekim od dojrzałości. Płód kanguara, dosięgającego wysokości człowieka, rodzi się stosunkowo

bardzo małe, ma ledwie zaczątki odnóży i jest istotą wysoce niedołązną i niewykształconą; to też przez długi jeszcze czas musi przebywać w torbie podbrzuszej, przyczepiony do sutki, i w ten sposób powoli dojrzewa i wykształca się. Kangur rodzi się zatem w stanie tak niepodobnym do postaci dorosłej, że stan ten możnaby porównać w pewnej mierze do stanu larwowego innych zwierząt, a, jak widzimy, rozwój pozarodkowy został tu wywołany przez niedostateczne warunki odżywiania się płodu w jajach.

Albo inny znów przykład. Szkarłupnie, jak rozgwiazdy, jeżowce, strzykwy, posiadają po największej części jaja bardzo drobniutkie, to też z nich wylęgają się drobne larwy, które w przeciwieństwie do postaci dorosłych, mających budowę ciała promienistą, odznaczają się symetrią dwuboczną ciała, są orzęsione i wogóle bardzo się różnią od dorosłych, a tylko drogą złożonych i powolnych przeobrażeń w życiu pozarodkowym otrzymują budowę promienistą i wogóle postać form ostatecznych. Aliści niektóre gatunki mają jaja szczególnie obfite w deutoplazmę (żółtko odżywcze) i te właśnie ulegają rozwojowi tylko zarodkowemu, bezpośrednio, z pominięciem stanu larwy. Gdy większość jeżowców składa jaja o średnicy 0.1 do 0.13 mm., to jaja gatunku *Hemimaster cavernosus* Phil. mają w średnicy aż 1 mm., a *Stereocidaritis nutrix* Thoms. dosięgają nawet 2 mm. średnicy — i oto u obu tych gatunków rozwój odbywa się w błonach jajowych bezpośrednio, z pominięciem stanu larwowego. Podobnie też u robaków pierścienic gatunek nereidy *Nereis dumerilii* And. M. E., którego jaja obfitują w żółtko odżywcze, rozwija się bezpośrednio, z pominięciem stadium larwy, podczas gdy postaci pokrewne rodzaju *Heteronereis*, których jaja są ubogie w deutoplazmę, podlegają przeobrażeniom, żyjąc dłuższy czas jako larwy, zwane trochoforami.

Naogół więc zwierzęta o jajach stosunkowo większych, obfitych w materiał odżywczy, rozwijają się krócej i podlegają rozwojowi tylko zarodkowemu, te zaś, których jaja są mniejsze i uboższe w substancję pokarmową, rozwijają się dłużej, gdyż z jaj ich wylęgają się postaci bardzo jeszcze niedoskonałe, larwy, które przez czas dłuższy żyją na

wolności, pobierają samoistnie pokarm i dopiero stopniowo podlegają pewnym przeobrażeniom, słowem, oprócz zarodkowego, przechodzą jeszcze okres rozwoju pozarodkowego.

Wszelako nie możemy twierdzić, aby wielkość jaj i wogóle obfitość materiału odżywczego stanowiły tu moment rozstrzygający i jedyny. Bardzo wielu odnośnych zjawisk niepodobna wytłumaczyć w ten jedynie sposób. Nie odpowiemy np. na pytanie, dlaczego jedne gatunki naszych maików (*Meloe*) składają jaja kilkakrotnie razy mniejsze, niż inne, jakkolwiek formy dorosłe tych gatunków różnią się wielkością bardzo nieznacznie, i dlaczego jaja wszystkich tych gatunków, pomimo różnicy w rozmiarach, rozwijają się jednakowo długo, a młode ich podlegają jeszcze bardzo długotrwałym i złożonym przeobrażeniom, przechodząc przez dwie formy gąsienic i dwie formy poczwerek, zanim osiągną postać ostateczną. Nie odpowiemy też na pytanie, dlaczego liczne muchy, których jaja nie są stosunkowo większe, niż innych owadów, odbywają cały swój rozwój embryonalny zaledwie w kilka godzin, wtedy gdy u wyżej przytoczonych maików rozwój zarodkowy trwa około czterech i pół tygodnia, przy czem rozwój pozarodkowy much odbywa się również bez porównania krócej, niż maików, u których trwa on blisko rok cały*. Nie odpowiemy również na pytanie, dlaczego u jaskółki stosunek ciężaru jaja do ciężaru ciała ma się jak 12 do 100, u kury jak 5 do 100, a u gołębia jak 5.3 do 100, i dlaczego wobec tych różnic gołąb i kura nie rodzą się w stanie mniej rozwiniętym, niż jaskółka, co powinno by zachodzić, skoro zarodek jaskółki ma stosunkowo lepsze warunki odżywiania się. Wiadomo zaś, że pisklę kurczęcia zaraz po wykluciu się z jaja biega i samo sobie pokarm znajduje, pisklę zaś jaskółki, a zwłaszcza gołębia, jest nagie, ślepe, bardzo niedołązne i odżywiane przez rodziców. Fakta powyższe pokazują zatem, że niezawsze większe stosunkowo jaja prowadzą do szybszego rozwoju i lepszego wykształcenia płodu

* Gąsieniczki maików dopiero co wylęte z jaj dostają się wiosną do gniazd podziemnych pewnych owadów pszczołowych (*Anthophora* i innych), gdzie pozostają aż do przyszłej wiosny, podlegając złożonym przeobrażeniom.

opuszczającego błony jajowe, jakkolwiek w bardzo wielu przypadkach zasada ta się sprawdza.

Niewątpliwie ważną rolę odgrywają tu także i inne czynniki, przedewszystkiem zaś pewne przystosowania do warunków. Pierścienice morskie podlegają najczęściej rozwojowi zarodkowemu i pozarodkowemu, a ich orzęsiona larwa, wyżej wspomniana trochofora, musi przebyć złożony i długi szereg przekształceń, zanim przybierze postać młodego robaka-pierścienicy. Tymczasem u żadnego z gatunków naszych pierścienic ziemnych (np. dżdżownic, wazonkowców) lub słodkowodnych (np. u naid, dżdżowniczek) nie znajdujemy rozwoju pozarodkowego, a tem samem i stadium larwy: z jaj wylęgają się od razu robaczki podobne do dorosłych, lecz tylko drobne i, rzecz prosta, płciowo jeszcze niedojrzałe. Nie wytłumaczymy tego różnicami w wielkości jaj u form morskich, lądowych i słodkowodnych. Ale rzecz naturalna, że postaci ziemne, przystosowawszy się do życia na ziemi pod każdym względem, musiały też przystosować się i pod tym, że utraciły larwy, bo jakże trochofora, będąca stworzeniem niezmiernie delikatnem, orzęsionem, *par excellence* pelagicznem, t. j. przystosowanem do unoszenia się w wodzie, mogłaby istnieć u form w wodzie wogóle nie żyjących? A nie ulega też wątpliwości, że formy słodkowodne pierścienic pochodzą w swym rozwoju rodowym (genealogicznym) od morskich, z mórz zaś przedostały się do wód lądowych prawdopodobnie za pośrednictwem rzek, gdzie nie opartyby się prądom delikatne ich larwy-trochofory. Być może zatem, że skrócenie rozwoju, wyeliminowanie stadium larwy wolno żyjącej nastąpiło tu wskutek stopniowego przystosowywania się pierścienic morskich do życia w wodach słodkich.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę, dla zestawienia porównawczego, tylko rozwój embryonalny różnych zwierząt, dojdziemy do wniosku, iż do pewnego stopnia czas rozwoju jaja pozostaje w stosunku prostym do wielkości ciała danego gatunku zwierząt. Naogół zwierzęta większe rodzą młode większe; to też ostatnie wymagają więcej czasu do swego rozwoju embryonalnego; zwierzęta natomiast mniejsze rodzą młode drobne, naogół przeto rozwijające się szybciej. Jaja ko-

libra wylęgają się w ciągu 14 dni, jaja gołębia w ciągu 16, kury — 21, pawia — 30 do 31; im większy zatem ptak, posiadający bezwzględnie większe jaja, tem rozwój trwa dłużej. To samo znajdujemy u ssaków, z których myszy są ciężarne przez 3 tygodnie, psy i lisy przez 9, niedźwiedzie przez 30, konie przez 32, wielbłądy przez 45, a słonie aż przez 100 tygodni. Ale i ta reguła niezawsze się zachowuje; można bowiem liczne przytoczyć wyjątki. Mały owad maik (*Meloe proscarabaeus*) rozwija się z jaja w ciągu 45 tygodnia, a względnie olbrzymi królik, zając lub wiewiórka — przez 4 tygodnie. Ale nawet w obrębie tej samej gromady zwierząt, np. u ssaków, znajdujemy podobne wyjątki. Bo u owcy ciąża trwa 21 tygodni, a u znacznie przecież większej lwicy, o ile mogłem przekonać się z danych literatury, ma trwać tylko 14. U człowieka ciąża odbywa się, jak wiadomo, w ciągu 40 tygodni, a więc dłużej, niż u bydła, gdzie trwa tylko 31 tygodni, przyczem noworodek jest tu bez porównania większy, niż ludzki*. W ogólności zatem są to sprawy złożone, niezawsze dające się wyjaśnić, zależne od czynników, których dotąd nie udało się zupełnie ściśle zanalizować.

* U małp człekokształtnych ciąża trwa około 36 do 40 tygodni, u małp mniejszych około 30.

Dziedziczność. Podścielisko znamion dziedzicznych.

Zagadnienie podścieliska znamion dziedzicznych zajmowało nas już w rozdziale dziesiątym. Przypomnijmy sobie pokrótce, co tam było powiedziane o tym przedmiocie. 1^o Fakt, że, pomimo olbrzymiej różnicy w rozmiarach plemnika i jaja, obie płcie w jednakowym stopniu przekazywać mogą potomstwu swe znamiona, przemawia za tem, że nie cała substancja plemnika i jaja jest podścieliskiem znamion dziedzicznych, lecz że są niem tylko pewne jej części, jednakowe co do masy w obu komórkach płciowych (C. Naegeli). To znów nasuwa myśl, że, wobec olbrzymiej różnicy co do masy protoplazmy w jajach i plemniku, nie protoplazma, lecz jądro (O. Hertwig) odgrywa główną, jeśli nie wyłączną rolę, jako substrat znamion dziedzicznych, bo masa jądra w dojrzałych komórkach rozrodczych nigdy nie przedstawia bardzo uderzających różnic u obu płci. 2^o Fakta zaś, że podczas zapłodnienia, gdy jądro męskie przeniknęło do jaja, występują w jajach chromozomy pochodzenia ojcowskiego i macierzystego w jednakowej liczbie, i że często, jak widzieliśmy, chromozomy te zachowują samodzielność i „autonomię“ swoją w komórkach zarodka, będących produktem podziału jaja zapłodnionego — fakta te świadczą, że chromozomy są właśnie substratem znamion dziedzicznie przekazywanych potomstwu przez rodziców za pośrednictwem komórek płciowych. Nadto i inne jeszcze fakta przemawiają

za tem właśnie znaczeniem chromozomów. 3^o Przedewszystkiem zastanowienia godnem jest w tym względzie zjawisko redukcji chromatyny, które poznaliśmy w jednym z poprzednich rozdziałów. Istnieje przecież tyle tak subtelnych i, powiedziałbym, istic precyzyjnych sposobów, dzięki którym ilość chromatyny w dojrzałych komórkach płciowych zostaje zredukowana do połowy w tym tylko celu, aby przeszkodzić nadmiernemu gromadzeniu się chromozomów w szeregu pokoleń i aby utrzymać stałą ich liczbę w komórkach danego gatunku! Pośrednio każe to przypisywać chromozomom doniosłą rolę w przenoszeniu znamion dziedzicznych. 4^o Niemale znaczenie dla obchodzącej nas sprawy mają też zjawiska, zachodzące w komórkach płciowych podczas okresu synapsy, oraz t. zw. „garnitury chromozomów“ (K. Heider, Wilson i inni).

Pamiętamy, iż w pewnym bardzo ważnym okresie rozwoju komórek płciowych, zwanym synapsą, liczba chromozomów występuje w ilości zredukowanej do połowy wskutek tego, iż po dwa chromozomy zespala się z sobą, i to, jak wiemy, drogą albo parasyndezy, albo metasynady, t. j. ułożenia się i zespolenia chromozomów jednego pod drugim lub jednego obok drugiego wzdłuż (zespolenia się końcami). Z drugiej zaś strony wiemy, że, w bardzo wielu przynajmniej przypadkach, stwierdzono „autonomię“ chromozomów, że zatem w komórkach rozwijającego się zarodka, a tem samem także w młodych komórkach płciowych, występują autonomicznie chromozomy męskie i żeńskie, podobne do tych, jakie widzimy w jajach zapłodnionem. I oto okazuje się, że w owym okresie synapsy, poprzedzającym resztę procesów dojrzewania komórek płciowych, łączą się z sobą parami chromozom męski z żeńskim. Jeżeli było tam, dajmy na to, na szesnaście chromozomów ośm męskich, *a, b, c, d, e, f, g, h*, oraz ośm żeńskich, *a', b', c', d', e', f', g', h'*, powstaje ośm podwójnych *aa', bb', cc', dd', ee', ff', gg', hh'*.

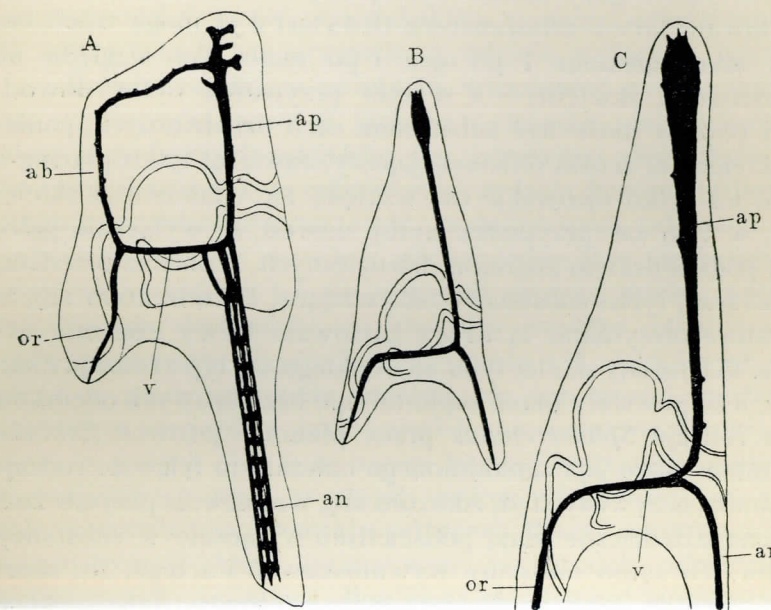
Otóż Boveri sądzi, że chromozomy są nie tylko wogóle wyłącznem podścieliskiem znamion dziedzicznych, ale że poszczególne chromozomy są substratem pewnych tylko grup znamion, że, słowem, mają jakościowo różne zna-

czenie dziedziczne ze względu na przyszłe znamiona ustroju, który z jaja ma powstać. Podczas synapsy łączą się z sobą chromozomy obu płci o jednakowych jakościach dziedzicznych, więc a z a' , b z b' , c z c' , przyczem chromozom a u samca ma to samo jakościowe znaczenie dziedziczne, co chromozom a' u samicy i t. d. Na korzyść swego poglądu co do różnego znaczenia jakościowego chromozomów, jako substratu dziedzicznego, Boveri przytacza doświadczenia swoje nad sztucznym zapłodnieniem jaja jeżowca przez dwa plemniki, kiedy zatem do jaja przenika dwa razy więcej chromozomów męskich, niż jest w niem żeńskich. Boveri rozpatruje różne kombinacje wzajemnego zachowania się tych chromozomów w jaju zapłodnionem i w produktach jego podziału, a, przyjmując między chromozomami różnice jakościowe, oblicza na tej podstawie, jakie powinienby otrzymać stosunki ilościowe larw, różniących się między sobą pewnymi właściwościami dziedzicznymi. Ponieważ obliczenie teoretyczne było do pewnego stopnia zgodne z rzeczywistością, Boveri wnioskuje, że idea o dziedzicznie różnych jakościach chromozomów znalazła potwierdzenie.

Nie mogę wchodzić w szczegóły tego doświadczenia, ani też wdawać się w jego krytykę, powiem tylko, że nie jest bezwzględnie przekonujący. Wszelako za jakościową różnicą chromozomów, ze względu na tkwiące w nich dążności dziedziczne, przemawia, zdaniem mojem, przede wszystkim fakt, że w stadium synapsy zespala się z sobą istotnie tylko ściśle określone chromozomy męskie z żeńskimi, co dowodzi pewnego ich indywidualizmu jakościowego. A że zachodzi takie właśnie ich połączenie, to najwidoczniejsze jest wówczas, kiedy różne poszczególne chromozomy odznaczają się różnymi rozmiarami i mogą być przeto odróżniane pod mikroskopem jako pewne indywidua. Wyobraźmy sobie, że w jądrze jajowem mamy cztery chromozomy: wielki, średni, mały, najmniejszy; także same cztery wystąpią w jądrze plemnikowem; i oto podczas synapsy zespolic się wielki z wielkim, średni ze średnim, mały z małym, najmniejszy z najmniejszym. Taki zbiór różnych co do wielkości lub kształtów, czyli morfologicznie zindywiduali-

zowanych chromozomów Heider nazywa trafnie garniturem chromozomowym.

Do zagadnienia tych „garniturów“ chromozomowych powrócimy jeszcze niżej, kiedy będzie mowa o t. zw. heterochromozomach komórek płciowych i o ich stosunku do płci przyszłego osobnika.



Rys. 45. Larwy prętowce (*pluteus*) jeżowca *Sphaerechinus granularis* (A) i *Echinus microtuberculatus* (C). B — larwa mieszaniec (bastard) pochodząca z bezjądrowego odcinka jaja jeżowca *Sphaerechinus*, zapłodnionego plemnikiem rodzaju *Echinus*. ab — wstępny pręt skieletu przeciwodbytowy, an — pręt odbytowy, ap — pręt szczytowy, or — ustny, v — boczne pręty spoidłowe. (Według Boveriego).

Z innych faktów, świadczących, że chromatyna, lub, powiedzmy ogólniej, jądro jest podścieliskiem znamion dziedzicznych, najbardziej zasługują na uwagę doświadczenia Boveriego, dotyczące merogonii, czyli cząstkorództwa u jeżowców. Merogonia, jak wiemy, polega na tem, że bezjądrowe bryłki plazmy jajowej mogą być zapłodnione przez plemnik i rozwijać się. Na tej zasadzie Boveri przeprowa-

dził krzyżowanie, zapładniając bezjądrowe odcinki jaja jeżowca rodzaju *Sphaerechinus* plemnikami jeżowca rodzaju *Echinus*. Larwy (t. zw. prętowce — *pluteus*) tych dwu rodzajów jeżowców różnią się dosyć wybitnie budową szkieletu, złożonego z prętów wapiennych, w stały sposób z sobą połączonych. Na rys. 45. widzimy różnice w wyglądzie szkieletów. Otóż z góry można było przypuścić dwie możliwości: karłowate larwy mieszańcowe (bastardy) mogą mieć cechy albo mieszane i po ojcu i po matce (ze względu na właściwości szkieletu) — a w tym przypadku byłby dowód, że i plazma może być substratem cech dziedzicznych, ponieważ element żeński (odcinek jajowy) zawierał tylko plazmę — albo też tylko ojcowskie (ze względu na właściwości szkieletu), w tym zaś przypadku byłby dowód, że wyłącznie jądro jest podścieliskiem znamion dziedzicznych, a plazma przedstawia raczej tylko substancję odżywiającą. I oto okazało się, że niektóre otrzymane tą drogą karłowate larwy mieszańcowe (rys. 45.B) miały szkielet typu ojcowskiego, t. j. typu rodzaju *Echinus*; a że powstały przez zapłodnienie bezjądrowych odcinków jaja rodzaju *Sphaerechinus* przez plemnik jeżowca *Echinus*, że zatem jądro jaja zapłodnionego należało tu tylko do rodzaju *Echinus*, oczywisty stąd, zdawało się, wniosek, iż przyszłe znamiona dziedziczne mają podścielisko wyłącznie w substancji jądra. To samo można by wywnioskować i z tego, że, skoro całe jajo (a więc zawierające jądro) jeżowca *Sphaerechinus* zapłodnione jest przez plemnik rodzaju *Echinus*, to larwy, powstające z tych zapłodnionych jaj, mają szkielet o właściwościach pośrednich pomiędzy obu typami szkieletowymi.

Doświadczenie to okazało się jednak później niezupełnie tak przekonującym, jak sądził początkowo Boveri. Albowiem przekonano się, że w pewnych warunkach larwy mieszańcowe, powstające z zapłodnienia całego jaj jednego rodzaju jeżowca przez plemniki drugiego, mogą również mieć szkielet zbudowany zupełnie według typu ojca, przyczem fakt, że larwy takie raz podobniejsze są do ojca, drugi raz do matki, zależy się zdaje, według badań Doncastera, Vernona, Herbsta, a zwłaszcza Tennanta (1910), od ciepłoty otoczenia i zasadowości wody morskiej.

Tak się tedy przedstawiają najważniejsze dowody, że jądro, a przede wszystkim jego chromatyna jest wyłącznym podścieliskiem dla znamion, przekazywanych dzieciom przez rodziców, dowody, jak widzimy, wprawdzie bardzo ważne, lecz nie przekonujące nas w zupełności.

Z drugiej atoli strony przytoczyć można szereg dowodów, że i plazma komórek rozrodczych może być również, przynajmniej w części, podścieliskiem znamion dziedzicznych, że zatem rola ta nie przypada w udziale wyłącznie jądra.

Przedewszystkiem należy tu wspomnieć o doświadczeniu wykonanym przez E. Godlewskiego nad zapłodnieniem bezjądrowych odcinków jaj jeżowców plemnikami liliowców. Użyto w tym celu jeżowca rodzaju *Echinus* i liliowca rodzaju *Antedon*. Pewna część zapłodnionych odcinków jajowych zaczęła się rozwijać, ale ani jedno jajo nie osiągnęło stadium, w którym już się pojawiać zaczyna szkielet; najwyżej zaś jaja dochodziły do stadium zarodka utworzonego z dwóch warstw komórek, t. zw. gastruli. Jakkolwiek dopiero w stadium, kiedy pojawia się już szkielet, można by stanowczo stwierdzić, jakie zarodek ma znamiona, matki, czy ojca, to jednak już i w owym bardzo wczesnym stadium rozwojowym gastruli, wystąpiły pewne właściwości (np. sposób powstawania charakterystycznej tkanki embryonalnej, mezenchymy*), które wskazywały, że zarodek odziedziczył niektóre cechy po matce. Ponieważ zaś element żeński przedstawiał bryłkę plazmy jajowej bez jądra, stąd wniosek, że i plazma może być siedliskiem pewnych znamion dziedzicznych. Doświadczenia te wszakże nie są dostatecznie przekonujące, bo, przede wszystkim, wogóle tylko bardzo mała liczba zapłodnionych odcinków jajowych rozwijała się normalnie; powtóre, rozwijała się tylko wówczas, gdy takie zapłodnione odcinki jajowe umieszczone były w wodzie morskiej sztucznie zalkalizowanej, co już samo przez się wpłynąć mogło na pewne drobne zmiany w rozwoju (np. przy-

* U zarodków liliowców tkanka ta występuje nieco później, niż u jeżowców; u pierwszych pojawia się ona dopiero w stadium zarodka dwuwarstwowego (gastruli), u jeżowca zaś już w stadium zarodka jednwarstwowego (blastuli).

śpieszyć powstawanie mezenchymy); po trzecie, wreszcie, sam autor twierdzi, że „definitywnie“ możnaby wnioskować o odziedziczeniu przez mieszańca cech matki tylko wówczas, gdyby zarodek osiągnął przynajmniej stadium larwy, opatrzonej skieletem. Bądź jak bądź, doświadczenia te każą do pewnego stopnia przypuszczać, że, oprócz jąder, także i plazma może być podścieliskiem niektórych znamion dziedzicznych.

Bardziej przekonujące są badania z dziedziny mechaniki rozwojowej, o których wspominaliśmy już wyżej (str. 49). Przekonano się, że, jeżeli zapłodniona komórka jajowa sztucznie zostanie pozbawiona niektórych części plazmatycznych, wówczas zarodek, rozwijający się z takiego jaja, będzie wykazywał czasami pewne defekty, czyli braki w organizacji; a więc zawiązki pewnych znamion tkwią, oczywiście, w plazmie. Gdyby bowiem podścielisko materyalne wszystkich znamion dziedzicznych tkwiło jedynie w jądrze, protoplazma zaś odgrywała rolę jeno substancji odżywczej, nie moglibyśmy wytłumaczyć sobie, dlaczego brak pewnych określonych części protoplazmy, które sztucznie zostały usunięte, powoduje stale jednakowe defekty w organizacji zarodka. Z tej dziedziny badań możnaby przytoczyć faktów dosyć dużo. Zadowolimy się wszakże tylko dwoma bardzo wybitnymi i istotnie przekonującymi. U mięczaka *Dentalium* podczas pierwszego podziału zapłodnionego jaja występuje szczególny płat protoplazmatyczny na jednym biegunie. Otóż Wilson przekonał się, że, jeżeli płat ten odciąć, larwa, rozwijająca się z jaja, posiada pewne defekty: tylny koniec jej ciała niezupełnie się wykształca, a nadto przedni jest pozbawiony szczególnego narządu zmysłowego, t. zw. narządu wierzchołkowego, opatrzonego czopem długich rzęs. Stąd prosty wniosek, że w owym płacie protoplazmatycznym tkwią pewne zawiązki dla rzeczonych okolic ciała, bo w braku owej części protoplazmy okolice te nie rozwijają się.

Żebroplawy (*Ctenophora*) odznaczają się tem (str. 154), że w stanie dorosłym posiadają 8 podłużnych żeber, czyli grzebieni, t. j. ośm rzędów poprzecznych płytecek, orzęsionych na wolnej krawędzi; są to narządy ruchowe, zależnie bowiem od tego, które z ośmiu owych rzędów wykonywają

ruchy, całe zwierzę porusza się w tym lub owym kierunku; możnaby powiedzieć, że całe ciało żebroplawy składa się z ośmiu promienisto-symetrycznie względem głównej osi ciała ułożonych odcinków (oktantów), z których każdy posiada własny swój narząd ruchowy. U larw żebroplawów bardzo wcześnie występują zawiązki tych ośmiu żeber. Tymczasem wykazał Fischel, że, jeżeli w jaju żebroplawy usuniemy pewną część protoplazmy przez odcięcie segmentu od kuli jajowej, z jaja takiego powstanie zarodek, a z kolei larwa pozbawiona pewnych żeber. I tu więc, oczywiście, dziedziczne zawiązki dla pewnych części ciała, w danym przypadku żeber skórnych, tkwić muszą w protoplazmie, skoro po usunięciu pewnych części protoplazmy jajowej powstają określone braki.

Podobnych faktów, jak powiedzieliśmy, znamy bardzo dużo, a wszystkie świadczą o tem, że substancja jądra nie jest jedynem i wyłącznem podścieliskiem znamion dziedzicznych, lecz że ich substratem, w pewnym przynajmniej stopniu, jest także protoplazma.

Przypomnijmy sobie wreszcie, co na str. 141 powiedziano o zapłodnieniu. Ci, co przyjmują, iż jądra komórek płciowych, a w szczególności ich chromatyna, są podścieliskiem znamion dziedzicznych, opierają się, jak wiemy, na fakcie, że podczas zapłodnienia przenika do jaja główka, czyli jądro komórki plemnikowej, i że to jądro zespala się z kolei z jądrem jajowem. Zważmy jednak, że byłoby to zbyt jednostronne i nieściśle, gdybyśmy twierdzili, że zawsze tylko samo jądro komórki męskiej przenika do żeńskiej, albowiem: 1^o do jaja wstępuje główka plemnikowa wraz z wierzchołkiem, który jest tworem plazmatycznym; 2^o główka plemnikowa przenika do jaja wraz z bardzo często okrywającą ją otoczką plazmatyczną, czyli t. zw. kapą, również utworzoną z plazmy; 3^o do jaja przenika główka wraz z pasemkiem środkowem i centrozomem, a pasemko oraz centrozom są to również twory plazmatyczne; 4^o bardzo często nie tylko główka i pasemko środkowe, ale i cała więc protoplazmatyczna plemnika przenika do jaja (np. u ślimaka *Physa*, u axolotla), a jakkolwiek wkrótce więc staje się w ooplazmie nie-

widoczną, to jednak, bądź co bądź, zespala się z nią w jedną całość; wreszcie 5^o, u niektórych zwierząt (np. u glisty *Ascaris*, według Mevesa) zauważono, jak wiemy, że plazma plemnika przenikającego do jaja wnosi tam również ziarenka swoje — mitochondria, które mieszają się z mitochondriami ooplazmy, a w produktach podziału jaja zapłodnionego także wszędzie widzimy mitochondria w plazmie, pochodzące od ojcowskich i macierzyńskich. Że zaś mitochondria odgrywają ważną rolę w wytwarzaniu pewnych organizowanych składników tkanek (włókienek mięsnych, nerwowych, łączno-tkankowych), stąd wniosek, że mitochondria — ziarnistości protoplazmatyczne komórek płciowych — są, być może, przenosicielami pewnych znamion dziedzicznych, podścieliskiem pewnych cech, jakie potomstwo otrzymuje w spadku po przodkach. Są to wprawdzie, rzecz naturalna, dowody tylko pośrednie i niestanowcze, że, oprócz jądra, i plazma również jest w części substratem znamion dziedzicznych; wszelako wszystkie te okoliczności w związku z wyżej przytoczonymi eksperymentami przemawiają za wielkim prawdopodobieństwem tego poglądu.

ROZDZIAŁ CZTERNASTY.

Dziedziczność (c. d.). Problemat odziedziczania cech nabytych.

Drugie ważne zagadnienie dzisiejszej nauki o dziedziczności polega na tem, o ile znamiona nabyte przez osobnika w ciągu jego życia indywidualnego, czyli znamiona, których nie przyniósł on z sobą na świat, które nie są mu zatem wrodzone, przekazywać się mogą potomstwu, jednym słowem, czy dziedziczne są tylko cechy wrodzone, czy też odziedziczać mogą się również znamiona nabyte. Jest to sprawa pierwszorzędного znaczenia tak teoretycznego, jak i praktycznego. Bo przecież ogromnej byłoby doniosłości stanowcze stwierdzenie lub obalenie tej zasady, wykazanie, o ile wszelki, że tak powiemy, dorobek indywidualny osobnika, dodatni, np. wyćwiczenie i wzmocnienie układu mięśniowego lub nerwowego, albo ujemny, jak nabycie pewnej dolegliwości organicznej lub choroby, przekazywać się może potomstwu. Jest to zagadnienie pierwszorzędnej wagi dla biologa, pedagoga, psychologa i lekarza praktycznego. Ale przedewszystkiem chodzi tu o właściwe, ścisłe postawienie pytania.

Mówiąc o „dziedziczności cech nabytych“, mamy do czynienia z pojęciami: dziedziczności oraz cechy nabytej; ale jedno i drugie nie jest, może, dla każdego tak jasne, jakby niem być powinno, bo jedno i drugie może być wzięte w obszerniejszym lub ciaśniejszym znaczeniu.

Jeżeli matka, przedtem zdrowa, nabyła syfilisu i prze-

kazała go nowonarodzonemu dziecku, mógłby ktoś powiedzieć, że cecha nabyta w tym przypadku została odziedziczona. Ale właściwie nie jest to odziedziczenie, lecz tylko zwykłe zakażenie; zakazić się może osobnik bezpośrednio albo też pośrednio, kiedy jako płód odżywia się krwią zakażonego ustroju matczynego. Podobnie dziecko z wrodzoną tuberkulozą, którą otrzymało w spadku po matce, gdy ta przedtem choroby tej nabyła drogą zakażenia, nie odziedzicza cechy nabytej we właściwym, ściślejszem znaczeniu. Jest to również tylko przeniesienie się zarazków z ustroju na ustrój, zwykła infekcja.

Ażeby uniknąć podobnych nieporozumień, określimy pojęcie dziedziczności znamion nabytych w sposób następujący: jeżeli na ustrój *A* działa jakiś określony czynnik zewnętrzny *b*, ustrój może nań zareagować w swoisty sposób; i oto, skoro ów swoisty sposób reagowania wystąpi w potomstwie osobnika *A* pomimo braku czynnika *b*, powiemy, że nastąpiło tu odziedziczenie cechy nabytej. Następujący przykład oświecili myśl naszą. Jeśli gąsienice jakiegoś motyla zmusimy do pobierania pokarmu zupełnie innego, niż zwykły, motyl, wylęgający się z poczwarki powstałej z owej gąsienicy, otrzymać może jakieś odmienne ubarwienie; tu więc pod wpływem czynnika *b* ustrój zareagowałby w sposób swoisty. I oto, jeżeli potomstwo tego motyla, pomimo braku czynnika *b*, a więc przy powrocie gąsienic do dawnego pożywienia, wykazywać będzie takąż swoistą zmianę ubarwienia, powiemy, że została tu odziedziczona cecha nabyta. Wyrażając się ogólniej, powiemy, że wszelka cecha nabyta jest nabytą reakcją swoistą pobudliwej substancji ustroju na określone podniety.

Zachodzi tedy pytanie, azali istotnie takie nabyte reakcje swoiste mogą się przenosić na potomstwo.

Dawniejsi biologowie, zwłaszcza Lamarck, a w części również Karol Darwin, tak byli przekonani o dziedziczności cech nabywanych, że przyjmowali nawet bez zastrzeżeń dziedzictwo kalectw nabytych, stanowiących bardzo grube, że tak powiem, reakcje ustroju na pewne działania. Wierzono, że zranienie lub utrata części ciała, spowodowa-

ne uderzeniem lub cięciem, mogą przekazywać się potomstwu, że np. krowa, która przez uderzenie rogiem o drzewo złamała róg, rodzi cielę z niezupełnie wykształconym, zwyrodniałym rogiem. Wszelako August Weismann, jeden z najwybitniejszych przeciwników idei odziedziczania znamion nabytych wogóle, zwrócił uwagę na brak wszelkich ścisłych i pewnych danych co do dziedzictwa okaleczeń. Pomimo bowiem, iż u pewnych ludów w ciągu bardzo licznych pokoleń wybijane są pewne określone zęby, dziurawione uszy lub przegrody nosowe, że u żydów i mahometan od wieków dokonuje się usuwania napletka (obrzezanie), żaden z tych ubytków, żadne z tych kalectw nie stały się dziedziczne. A zresztą sam Weismann u 22 kolejnych pokoleń myszy białych odcinał dopiero co na świat przychodzącym osobnikom ogony, lecz ani w jednym przypadku nie zrodziło się młode ze skróconym lub szczątkowym ogonem. A podobnie drogą eksperymentalną usiłowali wykazać bezzasadność idei odziedziczania okaleczeń nabytych Ritzema Bos (1891) i Rosenthal (1891). Tak samo, jak względem okaleczeń, nie mamy też żadnych stwierdzonych dowodów, aby dziedzicznymi były wiadomości nabyte, wyniki tresury u zwierząt, sztuka mówienia u ludzi, której każdy osobnik sam przecież nabywa w ciągu swego życia.

Natomiast prawdopodobnem wydaje nam się odziedziczanie zmian czynnościowych, działanie używania i nieużywania.

Oto kilka przykładów, nader silnie przemawiających za możliwością takiej dziedziczności. Wiadomo, że przednie odnóża kijanek (głowaczy) żabich przez dłuższy czas są ukryte pod błoną (skórą) jamy okołoskrzelowej i dopiero w pewnym okresie życia przebijają skórę i wydostają się nazewnątrz; otóż kończynka, rosnąc, wywiera ciśnienie na skórę od wnętrza; wskutek tego ta w danym miejscu cieńsze i rozdziera się, tworząc t. zw. dziurę perforacyjną, przez którą nóżka się wysuwa. Otóż Braus usunął przednią nóżkę we wczesnem bardzo stadium rozwoju u kijanki kumki (*Bombinator igneus*); gdy zaś wytworzyła się błona (skóra) pokrywająca jamę okołoskrzelową, można było stwierdzić, że

w miejscu stanowiącem u normalnej kijanki osadę nóżki, błona stała się cieńszą i powstał w niej otwór, który odpowiadał dziurze perforacyjnej. Okazuje się więc, że reakcja na pewne podniety działające w szeregu pokoleń, a w danym przypadku reakcja polegająca na cieńczeniu owej błony w pewnym miejscu i na lokalnem jej przerywaniu się, t. j. powstawaniu dziury, a więc reakcja nabyta, stała się dziedziczną i występuje już przeto nawet pomimo braku owej podniety, t. j. ciśnienia od wnętrza, powodowanego w przypadkach normalnych przez rozrost nóżki.

Albo inny znów przykład. Skóra ludzka na stopie jest znacznie grubsza, niż w innych miejscach, a zwłaszcza najsilniej jest zgrubiała na pięcie i wypukłości podeszwy — w miejscach, na które ciało największy wywiera ucisk; w miejscach tych powstają, jak wiadomo, potężne nieraz odciski rogowe. Jeżeli ucisk ustaje, np. podczas bardzo długiego leżenia w łóżku, grubość warstwy rogowej maleje (R. Semon); dzieci, im są młodsze, tem słabiej zgrubiają w tych miejscach mają skórę. Owo grubienie naskórka jest więc reakcją na działanie pewnej podniety, w danym przypadku na ucisk wywierany na skórę. Przy powierzchownem rozpatrywaniu skóry na stopie przed rozpoczęciem się danej czynności, na stopie noworodka lub oseska, który jeszcze nie chodził, u którego więc ucisk nie mógł jeszcze działać, niepodobna znaleźć ani śladu zrogowacenia. Skóra nie różni się tu pozornie od skóry w innych miejscach ciała. Gdyby tak było istotnie, mielibyśmy tu dowód niedziedziczenia zmiany czynnościowej, która trwała w ciągu niezliczonych pokoleń.

Aliści już dawny anatom Albinus zauważył, że w życiu płodowem skóra na stopie i dłoni (gdzie u dorosłego człowieka naskórek grubieje także przez ucisk) jest grubsza, niż w innych miejscach ciała. A oto w najnowszych czasach R. Semon (1910) stwierdził te badania, wykazując, że już od 5. miesiąca życia płodowego skóra we wspomnianych miejscach znacznie się przybiera grubość, niż gdzieindziej.

Pośrednim dowodem odziedziczania się znamion nabywanych są bardzo liczne fakty, dotyczące wpływu różnych warunków zewnętrznych na ustrój, a zwłaszcza warunków,

działających wybitnie modyfikująco. Tu wymienić należy fakt zanikania oczu u zwierząt jaskiniowych, jak u pewnych ryb, płazów (proteusz, czyli odmieniec), skorupiaków, pajęczaków, wijów, chrząszczy, lub u zwierząt głębinowych, jak u wielu ryb i skorupiaków zamieszkujących otchłanie morskie. Oczy tych zwierząt zanikały powoli wskutek nieużywania, a nieużywanie trwało u poszczególnych przedstawicieli gatunku przez długi szereg pokoleń. Oczywiście zatem reakcje indywidualne musiały się odziedziczać, skoro stopniowo coraz wybitniejsze następowało zanikanie i skoro potomstwo tych zwierząt odrazu już na świat przychodzi ze zredukowanymi lub zanikłymi narządami wzrokowymi. Odmieniec ciemnych grot Krainy ma oczy w wysokim stopniu zanikłe, w postaci zaledwie dostrzegalnych punkcików, ukrytych pod skórą. Śród hodowanych przeze mnie w pracowni lwowskiego instytutu zoologicznego odmienneń zdarzył się przypadek żyworodności; na świat przyszedł osobnik żywy, a oczy miał równie szczątkowe, jak formy dorosłe. Stwierdził to samo później Kammerer. U innych zwierząt jaskiniowych, np. u ośliczki *Asellus cavaticus*, oczy są w zupełnym zaniku, a młode wylęgające się z jaj są odrazu oczu pozbawione. Co w szeregu pokoleń rozwinęło się jako reakcja na pewne działanie zewnętrzne, to stało się dziedzicznym — jest to dla nas oczywisty dowód dziedziczności znamion nabytych, inaczej bowiem nie możemy sobie objaśnić tego rodzaju faktów. Zwierzęta głębinowe morskie również tracą oczy; a że działają tu warunki oświetlenia, najwymowniej świadczą fakta, iż pewne gatunki skorupiaków głębinowych, przebywające w mniejszych głębinach, dokąd dochodzą jeszcze promienie światła, posiadają oczy częściowo tylko zredukowane; pokrewne im formy, żyjące w okolicach głębszych, mają oczy bardziej zredukowane, brak im oczu właściwych, ale mają jeszcze słupki oczne, na których zwykle osadzone są oczy (można to przyrównać do lunety bez szkła), a u jeszcze bardziej głębinowych zanikają nawet i słupki — oczywisty dowód coraz silniejszego wpływu otoczenia i coraz potężniejszej reakcji ustroju na otoczenie, a we

wszystkich przypadkach ów zanik narządów wzrokowych stał się cechą dziedziczną*.

Pod wpływem braku światła nie tylko jednak zanikają oczy, ale częstokroć bardzo wybitnie zmienia się też ubarwienie ciała. Tak np. wyżej wspomniany odmieniec nie ma całkiem niemal barwika w skórze, jest blado-różowy (krew prześwieca przez tkanki). Że jest to wpływ braku światła, dowodem oczywistym fakt, iż odmienie, trzymane na świetle zwykłym, w krótkim czasie stają się brunatne, niemal czarniawe. Sześć odmieńców, które hodowałem w akwaryum, wystawionem na światło dzienne, a które przywiozłem z groty Adelsberskiej całkiem bezbarwne, poczerniały po kilku miesiącach. Ale oto przychodzące na świat z tych form poczerniałych żywe odmienie (w przypadkach żyworództwa), jak udało mi się stwierdzić, rodzą się całkiem bezbarwne — cecha ta, nabyta w ciągu pokoleń, jest więc dziedziczną, a jest nią nawet i wówczas, gdy matka wystawiona jest na działanie światła. Widocznie więc tutaj długotrwała reakcja ustroju, jaka odbywała się przez bardzo długi szereg pokoleń, stała się dziedziczną. Interesującym byłoby doświadczenie, azali odmienie, hodowane przez długi szereg pokoleń w świetle i przez tenże szereg pokoleń wciąż ciemno ubarwione, rodziłyby wreszcie potomstwo żywe od razu ciemne. Wydaje mi się to prawdopodobnem przez analogię do doświadczenia powyższego.

Jeżeli jednak w powyższym przypadku czynniki długotrwałe, t. j. działające przez szereg pokoleń, wywołały reakcję dziedziczną, czynnik zaś, który działał tylko na jedno pokolenie i to w czasie, kiedy płód zaczął się już rozwijać, nie wywołał zmiany dziedzicznej, to staje się to jasnem wobec doniosłego odkrycia L. Towera (1906). Uczony ten prze-

* U niektórych ryb głębinowych oczy, zamiast zaniknąć, powiększają się bardzo silnie i są osadzone na słupkach, tworząc t. zw. oczy teleskopowe. Jest to również przystosowanie do warunków zewnętrznych, reakcja na działanie zewnętrzne, bo tak wielkimi oczami zwierzęta te mogą jeszcze coś widzieć w półmroku otchłani morskiej; w jeszcze większych wszakże głębiach oczy wielu ryb zupełnie zanikają.

konał się (w badaniach nad chrząszczykiem kolorado), iż czynniki zewnętrzne wywołują reakcję dziedziczną tylko wówczas, kiedy działają na ustrój macierzysty, którego komórki płciowe znajdują się w pewnym szczególnym okresie rozwoju, w t. zw. okresie wrażliwości (*Sensibility*)*, do czego jeszcze niżej powrócimy. Lecz właśnie przy ciągłym działaniu pewnego czynnika na szereg pokoleń działanie to ogarnia między innymi, oczywiście, także i ten okres, kiedy elementy rozrodcze znajdują się w stanie owej „wrażliwości“. Zaznaczymy tu, że, o ile poglądy Towera znajdują zastosowanie nie tylko co do zbadanych przezeń chrząszczyków kolorado (*Leptinotarsa*), lecz i względem innych ustrojów, stanie się jasnem, dlaczego wogóle przy czasowem działaniu pewnych czynników zewnętrznych na organizmy odpowiednie reakcje tak często nie są wcale dziedziczne. Albowiem tylko przez działanie danych czynników w okresie owej szczególnej „wrażliwości“ komórek płciowych u rodziców powstać może odczyn dziedziczny, że zaś okres ten jest w ogólności bardzo krótki, przeto i prawdopodobieństwo odziedziczenia reakcji jest ograniczone.

Istnieje wszelako cały szereg niezmiernie interesujących dowodów eksperymentalnych dziedziczenia się cech nabytych, eksperyment zaś jest dla tej ważnej i trudnej sprawy najdonioślejszym środkiem badania. Najbardziej znane pod tym względem były słynne prace Brown-Séquarda (1850—1892) nad wywoływaniem sztucznem u świnek morskich pewnych stanów chorobowych, zwłaszcza padaczki, czyli epilepsji, które mają się jakoby dziedzicznie przenosić na potomstwo. Brown-Séquard doszedł do wniosku, że aż kilkanaście cech patologicznych, nabytych przez świnki morskie wskutek zranienia rozmaitych części układu nerwowego, przenosi się na potomstwo. Oto najważniejsze: jeżeli u świnki morskiej przetniemy nerw kulszowy (*nervus ischiadicus*), wywoła to padaczkę, a potomstwo takiej świnki z padaczką nabytą będzie miało epilepsję wrodzoną. Padaczkę dziedziczną wywołuje także u świnki morskiej uszkodzenie rdzenia

* Okres ten odpowiada u chrząszczyka kolorado czasowi wzrostu i dojrzewania komórek płciowych.

pacierzowego, jak również odjęcie jednej z kończyn tylnych mniej więcej w połowie uda. Oprócz objawów padaczkowych można, według Brown-Séquarda, spowodzić jeszcze inne zboczenia chorobowe przez sztuczne uszkodzenie układu nerwowego, a zboczenia te przekazują się potomstwu. Do nich należą: zmiana muszli usznej wywołana przez przecięcie szyjowej części nerwu współczulnego, pewne zboczenia chorobowe w skórze karku i pyska, powstające przez zranienie nerwu kulszowego, wysadzenie gałek ocznych skutkiem zranienia t. zw. ciał sznurowatych (*corpora restiformia*) rdzenia przedłużonego. Najważniejsze ze wszystkich doświadczeń są te, które dotyczą odziedziczania się padaczki jako objawu łatwo dającego się sprawdzić. Późniejsi przeto badacze, jak Westphal (1871), Obersteiner (1875, 1900), Dupuy (1890, 1905), Romanes (1895), główną zwracali uwagę na dziedziczność nabytej epilepsji i w znacznej mierze potwierdzili spostrzeżenia uczonego francuskiego. Nie potwierdził ich jednak Dr Sommer (1900), który zauważył, że u świń morskich występują często całe rodziny z wrodzoną epilepsją; rzecz więc naturalna, że co do takich rodzin bardzo łatwo popełnić błąd przez wzięcie epilepsji wrodzonej za nabytą. Badania wszakże Sommera nie były przeprowadzone na dostatecznie obfitym materiale i dlatego nie mogą mieć zbyt doniosłego znaczenia dowodowego.

Ważniejsze są doświadczenia w tym kierunku dwóch naszych badaczy, D-ra Macieszy i D-ra Wrzoska (1911), albowiem opierają się na obfitym materiale. Autorowie ci nie potwierdzają badań Brown-Séquarda, jakkolwiek twierdzą, że „zauważyli pewną skłonność do epilepsji u potomstwa tych świń morskich, u których napady zupełne wywoływane były przez zranienie nerwu kulszowego”. Skłonność ta objawiała się w tem, że potomstwo świń, u których epilepsja została sztucznie wywołana, wprawdzie samo epileptyczne nie było, lecz w daleko krótszym czasie ulegało epilepsji pod wpływem odpowiedniego podrażnienia, aniżeli rodzice. W każdym razie owo pojawienie się większej skłonności do epilepsji dowodzi, że bądź co bądź nastąpiło tu pewne odziedziczenie nabytych właściwości, odziedzicze-

nie niejako zawiązka pewnej cechy nabytej. Tak więc do ostatnich czasów nie było, zda się, dowodów eksperymentalnych, któreby pozwalały nam z wszelką pewnością przyjąć odziedziczanie znamion nabywanych. A. Weismann i inni przeciwnicy idei dziedziczenia się tych znamion powoływali się na to, iż nawet jedyne dodatnie dla sprawy doświadczenia Brown-Séquarda ostatecznie nie zostały potwierdzone przez nowsze badania.

Wszelako rzecz nie jest bynajmniej przesądzona. Owszem, dziś znamy pewne nowsze wyniki doświadczenia, które przemawiają za dziedzicznością cech nabytych.

Przedewszystkiem, co się tyczy okaleczeń, zasługują na uwagę pewne doświadczenia botaniczne, mianowicie Klebsa (1906, 1909), a w szczególności Blaringhema (1907)*. Ostatni przeprowadził szereg niezmiernie ciekawych doświadczeń nad kukurydzą pensylwańską (*Zea Mays pensylvanica*), które polegały na przecinaniu głównego źdźbła wpoprzek lub wzdłuż albo też na skręcaniu go dokoła osi. Im zranienie było znaczniejsze, tem większą była liczba roślin, które reagowały, wytwarzając anomalie; nadto skutki zranienia były najwydatniejsze wówczas, kiedy stosowano je w okresie największego wzrostu rośliny. A skutki te były najrozmaitsze, dotyczyły tak łodygi, jak i liści, objawiały się w przemianie kwiatów w rozety wegetatywne, przecikolistków w owocolistki, owocolistków w przecikolistki, w rozmaitych modyfikacjach listków otulających, w zmianie owoców i t. d.

Potomstwo tak zmienionych roślin było po większej części normalne, ale zawsze pewna liczba osobników potomnych, pomimo iż zranioną nie była, okazywała, w słabszym wprawdzie stopniu, takie same zmiany, jakie u rodziców powstały pod wpływem zranienia. Najważniejszym wszakże jest fakt, iż u niektórych osobników zboczenia utrwały się w zupełności dziedzicznie, tak iż Blaringhem przez dalszą hodowlę mógł otrzymać nowe i zupełnie stałe odmiany. A szczególnie interesującym jest powstanie jednego nowego gatunku (elementarnego) nagle, jakby skokowo, czyli mutacyjnie

* Por. R. Semon: Der Stand der Frage nach d. Vererbungserworb. Eigenschaften. 1910.

(p. niżej o teorii de Vriesa), gatunku, który Blaringhem nazwał *Zea Mays praecox* (kukurydza nagła). Do analogicznych wyników doszedł ten autor także ze względu na niektóre inne rośliny, np. gorczycę białą, szpinak (1908). Doświadczenia te dowodzą zatem możliwości dziedziczenia się znamion nabytych przez okaleczenia, zranienia. Ścisłość zaś badań Blaringhema stwierdza fakt, iż uczony ten, dla kontroli, jednocześnie z osobnikami, podległymi zranieniu, hodował inne zupełnie nienaruszone, hodował zaś jedne i drugie w warunkach całkiem zresztą jednakowych.

Mówiąc o botanikach, musimy tu z kolei przedstawić interesujące badania Schübeler, które są pierwszorzędnej dla nas wagi. Uczony ten hodował różne gatunki zbóż w Niemczech środkowych, a następnie w Norwegii. Ponieważ, im dalej ku północy, tem dłużej wystawione są rośliny podczas lata na działanie słońca, bo panują tam „białe noce“, czyli noce bardzo krótkie, przeto i przyswajanie przez rośliny węgla z powietrza odbywa się tam energiczniej, a wskutek tego, okres wegetacji stopniowo się skraca. Pszenica letnia, której nasiona świeżo były sprowadzone z Niemiec, wymagała w kulturze Schübeler w Chrystyanii w r. 1857 aż 103 dni do dojrzewania, w r. 1858 już tylko 93, w 1859 zaś 75 dni, a więc o cztery tygodnie mniej, aniżeli w kulturze pierwszej. Ale oto okazało się, że, gdy pszenica letnia trzeciego pokolenia znów była hodowana w Niemczech, wymagała do swego dojrzewania nie stu kilku dni, jak zwykle w tych miejscach, lecz tylko 80, a więc wszystkiego o pięć dni więcej, niż w Norwegii, co jest zrozumiałe wobec tego, że już w tem jednym pokoleniu naświetlenie było krótsze, niż na północy. Tu więc mamy cechę odziedziczoną, nabytą przez przodków wskutek działania pewnego bodźca zewnętrznego (dłużej trwającego w lecie oświetlenia) na ich ustrój. Podobnych obserwacji Schübeler nad różnymi gatunkami zbóż możnaby przytoczyć więcej. Jakkolwiek badania te spotkały się z surową krytyką N. Willego, Nilssena-Bodae, a zwłaszcza Johannsena (1909) oraz Baura (1911), którzy dowodzą, że Schübeler operował w swych kulturach nieczystym materiałem (p. niżej) i dlatego do błędnych mógł dojść wnios-

ków, to jednak ich zarzuty nie mają dostatecznych podstaw, jak słusznie wykazuje R. Semon (1910).

Z kolei rozpatrzmy pewne nowsze doświadczenia zoologów, dowodzące dziedziczenia znamion nabywanych. Dawniej już było wiadomo, że, skoro poczwarki motyli wystawione są na działanie pewnych szczególnych podniet termicznych, wylęgające się z nich motyle odznaczają się często pewnymi zboczeniami w ubarwieniu. Otóż Standfuss (1898) zadał sobie pytanie, azali te nabyte zboczenia są dziedziczne, t. j. czy występują u potomstwa, którego poczwarki nie podlegały owym szczególnym podnietom termicznym, lecz rozwijały się w cieplecie normalnej. Na 43 osobniki motyla pokrzywika (*Vanessa urticae*) otrzymał on wprawdzie tylko jednego, którego barwa wskazywałaby na odziedziczenie nabytego przez rodziców zboczenia, ale i ten fakt zasługuje na uwagę wobec okoliczności, że pośród niezliczonych tysięcy osobników normalnego pochodzenia, t. j. takich, których poczwarki rozwijały się w warunkach naturalnych i nie podlegały owym szczególnym bodźcom termicznym, nigdy nie zdarza się takie zboczenie barwne.

Do podobnych rezultatów doszedł F. Fischer (1901) w badaniach swych nad prządką niedźwiedziówką (*Arctia caja*). Z liczby 102 poczwarek tego motyla jedna część, 54 poczwarki, rozwijała się stale w temperaturze normalnej, a z poczwarek (z wyjątkiem kilku, które zginęły) wylęgły się motyle, nie okazujące żadnych szczególnych zboczeń w rysunku i ubarwieniu skrzydeł. Natomiast druga część, w liczbie 48, poddawana była od czasu do czasu temperaturze -8°C. , czyli od czasu do czasu była znacznie oziębiana, a oto wszystkie motyle wylęgte z tej seryi poczwarek odznaczały się w różnym stopniu wybitnymi zboczeniami w rysunku i ubarwieniu skrzydeł.

Zatem motyle z poczwarek tej drugiej seryi nabyły szczególnych cech pod wpływem pewnych podniet. Ażeby się przekonać, czy cechy te są dziedziczne, Fischer sparzył jednego silnie zmienionego samca z nieco mniej zmodyfikowaną samicą. Z tego stadła powstały 173 poczwarki, które były hodowane już w zwykłej temperaturze pokojowej. Z tej

liczby poczwarek wylęgły się motyle o ubarwieniu przeważnie normalnem, ale, prócz tego, aż siedemnaście ze zboczeniami, które zupełnie przypominały rodzicielskie i stanowiły kombinacje znamion ojca i matki.

Podobne i takimiż wynikami uwieńczone doświadczenia wykonał także Schröder (1903) nad motylem agrestnikiem (*Abraxa grossulariata*), którego egzemplarze stały się melanotyczne (poczerniały) pod wpływem podniet ciepłych i tę cechę nabytą przekazały pewnej części potomstwa swego.

Inny szereg doświadczeń wykonał Pictet (1905) nad zmianą rysunku i wielkości motyli pod wpływem odmiennego, niż zwykły, pokarmu, podawanego gąsienicom, a nabyte zmiany okazały się też w części dziedziczne.

Gąsienice prządki *Ocneria dispar*, której zwykły pokarm stanowią liście dębowe, zmuszono do spożywania liści leszczynowych. Pod wpływem niezwyklego pokarmu, pobieranego początkowo z odrazą, motyle pochodzące z tych gąsienic były mniejszych, niż zwykłe, rozmiarów i z albinotyczną (pozbawioną barwika) odmianą rysunku. Skoro zaś w następnym pokoleniu Pictet dawał gąsienicom ich dawny, zwykły pokarm (liście dębowe), powstałe stąd motyle wykazywały pewne cechy owych zmienionych motyli pierwszego pokolenia tak pod względem rozmiarów ciała, jak i ubarwienia. I tu więc nastąpiło przeniesienie się na drugie pokolenie cechy, nabytej przez pierwsze jako reakcja na pewien bodziec.

Jeżeli opuścimy zwierzęta bezkręgowce i zwrócimy się ku kręgowcom, to i tu w ostatnich latach znajdziemy bardzo interesujący materiał doświadczalny, wskazujący na możliwość przenoszenia się dziedzicznego znamion nabytych. Mam tu na myśli przede wszystkim badania Kammerera, bardzo dzielnego współkierownika doświadczalnej stacji biologicznej w Wiedniu D-ra H. Przibram'a. Doświadczenia dotyczyły głównie płazów i gadów. Oto niektóre.

Salamandra, czyli jaszczur plamisty (*Salamandra maculosa*), rodzi zwykle dosyć liczne młode (14 do 72) jako larwy, około 25 mm. długie, opatrzone skrzelami; larwy te rodzi w wodzie, gdzie one pozostają przez dosyć długi czas, a po miesiącach tracą skrzela, opuszczają wodę i na lądzie

przeobrażają się w młode, podobne do dorosłych. Ale oto przez hodowlę salamander w środowisku bez wody Kammerer (1904, 1907) zmusił je do tego, że dłużej, niż zwykle, przetrzymywały swe młode w macicy i wreszcie rodziły młode zupełnie już skrzel pozbawione i w liczbie bardzo ograniczonej. Jako czynnika dodatkowego używał też Kammerer obniżenia ciepłoty, ale i bez tego czynnika, przez samo usuwanie wody, mógł osiągnąć powyższe wyniki. Stosując swą metodę stale w ciągu kilku pokoleń, otrzymał następujące, coraz wyższe stopnie przystosowywania się rozwoju salamander do zmienionych warunków (braku wody): 1. liczne larwy, 25 do 30 mm. długie, zrodzone nie w wodzie, lecz na lądzie; 2. liczba larw zrodzonych na lądzie jest mniejsza, a wraz z normalnymi rodzą się też liczne potworne, niezdolne do życia embryony; 3. liczba normalnych larw lądowych jest jeszcze mniejsza (najwyżej 7), a larwy te są już odrazu bardzo blizkie przeobrażenia, ze zmniejszonymi skrzelami lub nawet już bez nich (lecz z otwartymi jeszcze w tym razie szczelinami skrzelowymi), niektóre zaś młode są już całkiem przeobrażonymi salamanderkami; 4. ta mała liczba osobników pomiotu zmniejsza się jeszcze bardziej w następnych okresach ciąży (u kolejnych pokoleń), aż wreszcie wynosi tylko dwa (jeden płód w każdej z dwóch macic). Tu zaznamy, że owo zmniejszanie się liczby rodzących się osobników pozostaje, według nas, w związku zapewne z tem, że słabsze zarodki giną w macicy i służą za pokarm rozwijającym się. Pewną liczbę młodych ostatniej kategorii, t. j. młodych zrodzonych z matek, które osiągnęły najwyższy stopień przetrzymywania larw w macicy i wydawania bardzo nielicznych młodych, jako reakcyi na zmienione warunki, pewną ilość takich larw, powtarzam, Kammerer (1907) wychował i sparzył pomiędzy sobą, ale zapłodnione samice trzymał już teraz w warunkach normalnych, a więc w obecności wody. A oto okazało się, że samice te, pomimo warunków normalnych, w jakich się obecnie znajdowały, porodziły młode o wiele bliższe przeobrażenia, niż normalnie, i w liczbie nierównie mniejszej, niż zwykła, bo tylko 5, 4



lub 2 (normalnie zaś liczba młodych jednej matki wynosi, jak powiedzieliśmy, 14 do 72).

Analogiczne do tych doświadczeń były inne, przeprowadzone przez Kammerera nad salamandrą czarną (*Salamandra atra*), która, przebywając na znacznych wysokościach górskich, przystosowała się do panujących tam warunków (głównie do braku zbiorowisk wodnych) w ten sposób, iż przetrzymuje swe młode w macicy przez cały czas przeobrażenia, rodzi więc młode już bez skrzel i przytem w bardzo małej liczbie — zaledwie dwóch osobników. Aliści Kammerer, sztucznie poddając salamandry czarne różnym zmienionym warunkom, wywołał u nich wcześniejsze rodzenie, czyli rodzenie larw opatrzonych jeszcze skrzelami, a przytem w liczbie większej, niż zwykła. Gdy zaś następnie wyhodował takie młode i trzymał je już stale w warunkach normalnych, zrodziły one, pomimo to, larwy wyłącznie tylko ze skrzelami i przytem liczniejsze, miotając je do wody. I tu więc nastąpiło dziedziczne przeniesienie się na potomstwo pewnych cech, które nabyte zostały przez przodków, jako reakcy na pewne podniety.

Albo jeszcze inne doświadczenie tegoż autora. Ropucha-łożnik (*Alytes obstetricans*) rozmnaża się normalnie na lądzie; samiec wyciąga samicy ze steku sznurek jaj, owija go sobie dokoła tylnych nóg i tak długo dźwiga, aż mają się rozwinąć młode: wówczas dopiero udaje się do wody, gdzie wylęgają się larwy. Jeżeli jednak, jak to uczynił Kammerer, trzymać będziemy łożniki w wyższej temperaturze, $+25^{\circ}$ do 30°C. , wówczas w celu ochłodzenia się udają się one do wody, tam spółkują i znoszą jaja, które, pęczniejąc w wodzie, tracą lepkość, a przez to samiec nie może ich sobie owinąć koło nóg. Gdy po kilku pokoleniach owa zmiana instynktu utrwaliła się, okazało się, że i pokolenie ropuch hodowanych już w ciepłocie normalnej szło dobrowolnie do wody i zносиło tam jaja. W tym więc przypadku mamy odziedziczenie się zmiany instynktu, nabytej u przodków pod wpływem podniety zewnętrznej.

Wreszcie, przytoczymy jeszcze jeden szereg doświadczeń Kammerera. Hodując przez dłuższy czas salamandry plami-

ste na ziemi albo czarnej, albo żółtej, nieco bardziej wilgotnej, niż pierwsza, otrzymał Kammerer osobniki, w których ubarwieniu przeważała barwa czarna albo żółta. Na załączonym tu rysunku widzimy, jak salamandry, hodowane na gruncie czarnym, stopniowo coraz bardziej czernieją; im są starsze i im dłużej na gruncie tym żyją. Odwrotnie, żyjące na gruncie żółtym, o obfitszej nieco wilgoci, otrzymują coraz



Rys. 46. Cztery salamandry coraz starsze, hodowane na ziemi czarnej, coraz czarniejsze. (Wedł. Kammerera).

więcej plam żółtych i wreszcie przeważnie są żółte. I oto potomstwo salamander wyhodowanych na gruncie czarnym, przeniesione na żółty, zachowuje jeszcze w swym ubarwieniu ślady działania pierwszego czynnika i odwrotnie.

Zdawałoby się, że wobec pewnej liczby pozytywnych dowodów dziedziczenia się cech nabytych, dowodów otrzymanych drogą doświadczalną przez wyżej wymienionych ba-

daczy, zagadnienie, czy wogóle znamię nabyte może się odziedziczyć przez potomstwo, powinny być uważane za przesądzone. Tymczasem spór trwa dalej. Zobaczmy, na czymże on właściwie polega. Otóż biologowie odróżniają dwa rodzaje zmian w ustroju: zmiany somatogeniczne (*soma*—ciało) i blastogeniczne (*blastano*—rodzę); pierwsze powstają w ciele ustroju, drugie—w jego komórkach rozrodczych. Przeciwnicy idei odziedziczania się cech nabytych powiadają tedy, że żadna zmiana nabyta przez ciało nie dziedziczy się, dziedzicznymi zaś są tylko zmiany, które zaszły w samych komórkach rozrodczych, a raczej w ich plazmie zarodkowej, t. j. w ich materyalnym podścielisku znamion dziedzicznych. Jeżeli pewne podniety zewnętrzne wywołują reakcje w ciele, czyli jeżeli zachodzi, jak mówimy (Detto, 1904), indukcja cielesna, owe reakcje nabyte nie są dziedziczne, a dziedziczą się tylko wówczas, gdy równolegle do reakcji cielesnych zachodzą pewne swoiste odczyny w plazmie zarodkowej ustroju, czyli, jak powiadamy, gdy zachodzą w ustroju indukcje blastogeniczne. Oto idea t. zw. indukcji równoległej (*parallele Induction*, Detto, 1904), przyjmowana przez przeciwników idei odziedziczania się znamion nabywanych w zwykłym znaczeniu (t. j. nabywania znamion przez ciało), przez Weismanna, Zieglera i t. d., a odrzucana przez jej zwolenników, przez Semoną, Kammerera i innych.

Weismann, który odrzuca zasadę dziedziczności zmian czysto somatogenicznych, odrzuca ją, jako konieczny wynik swojej teorii ciągłości plazmy zarodkowej. Ostatnia zaś polega na następującem. Gdy zapłodniona komórka jajowa zaczyna się dzielić, część zawartej w niej „plazmy zarodkowej“, czyli substancji stanowiącej podścielisko znamion dziedzicznych (bez względu na to, gdzie jest umiejscowiona w jajku), przechodzi w stanie niezmiennym do komórek płciowych przyszłego pokolenia, gdy tymczasem pozostaje część plazmy zarodkowej przenosi się do komórek ciała zarodka i podlega ciągłemu różnicowaniu w miarę jego rozwoju. Innymi słowy, jeżeli w plazmie zarodkowej jajka było X różnorodnych zawiązków dziedzicznych, *a, b, c, d,*

e, f, g, h, i i t. d., do plazmy zarodkowej komórek płciowych następnego pokolenia przejdą wszystkie X różnorodnych zawiązków, wskutek czego komórki te znów zawierać będą wszelkiego rodzaju zawiązki dziedziczne. Natomiast do poszczególnych grup komórek cielesnych przenikać będą już nie wszystkie zawiązki, lecz tylko pewne ich grupy; do jednych komórek ciała zarodka wejdą np. zawiązki *a, b, c, d, e,* do innych *f, g, h, i;* do dalszych produktów podziału komórek cielesnych wstąpią już, dajmy na to, grupy zawiązków *a, b, c—d, e,—f, g,—h, i,* a wreszcie, w miarę dalszego różnicowania się komórek zarodka, do poszczególnych ich grup wchodzić już będą tylko jednego rodzaju zawiązki dziedziczne, nadające im pewne swoiste piętno histologiczne. W ten sposób różnicują się w zarodku grupy komórek nerwowych, mięsnych, komórek krwi i t. d.

Nie będziemy tu wchodzić w szczegóły teorii Weismanna, nie będziemy rozważali, pod jaką postacią wyobraża sobie ten uczony owe „zawiązki dziedziczne“*, ale chodzi nam o myśl zasadniczą, o to, że już w zarodku rozwijającego się zwierzęcia, w jego przyszłych komórkach płciowych kryje się gotowy, niezmienny zasób zawiązków dziedzicznych, przekazany mu od przodków. I oto wobec takiego założenia Weismann sądzi, że wpływy działające na ciało nie tylko ustroju dorosłego, ale i młodego, najczęściej nie mogą stać się dziedzicznymi, bo wszelkie zawiązki dziedziczne są już gotowe w osobniku, ukryte głęboko w plazmie zarodkowej jego komórek płciowych, w plazmie przekazanej mu bezpośrednio w stanie niezmiennym po rodzicach. Stąd oczywista, że zmiany somatogeniczne dziedzicznymi nie są, lecz że odziedzicza się mogą tylko takie zmiany, które sięgają bardzo głęboko w ustrój, zmiany, którym towarzyszy indukcja blastogeniczna, a które pociągają za sobą modyfikacje w samej plazmie zarodkowej. Przeciwnicy tej teorii nie chcą tego uznać i powołują się na przytoczone przez nas spostrzeżenia Kammerera, iż salamandry, przebywające długi czas na ziemi czarnej lub

* Bardziej szczegółowo przedstawiliśmy zasady teorii Weismanna w książce p. t. Szlakami wiedzy, wyd. II. Lwów, 1910.

żółtej, zmieniają zależnie od tego ubarwienie swego ciała, a zmianę tę dziedzicznie przenoszą na potomstwo. Bo czyż podobna przypuścić, pytają, „aby samo przebywanie na ziemi czarnej lub żółtej mogło wpływać na plazmę zarodkową komórek płciowych?” (M. Gruber, E. Rüdin, R. Semon).

A jednak, zdaniem mojem, przyjęcie zmian blastogenicznych i owej indukcyi równoległej, która w razie, gdy zachodzi dziedzictwo znamion nabytych, działa na ciało rodziców oraz w swoisty jakiś sposób na ich „plazmę zarodkową”, przyjęcie tego, powtarzam, tłumaczy nam doskonale liczne przypadki, których inaczej nie moglibyśmy zrozumieć.

Najważniejszy zaś dowód słuszności owej idei indukcyi blastogenicznej w przypadkach dziedziczenia się znamion nabytych upatruję w niezmiernie ważnych i interesujących badaniach L. Towera (1906) nad chrząszczykiem kolorado (*Lepidotarsa*), o których mówiliśmy już wyżej.

Tower przekonał się, że umiarkowana podniećta, bez względu na to, czy jest nią umiarkowane podwyższenie, czy umiarkowane obniżenie ciepłoty, albo też umiarkowane powiększenie, czy zmniejszenie wilgotności powietrza, powoduje silniejszą pigmentację ciała u owych chrząszczyków, tak iż czernieją, czyli ulegają melanizmowi. Przy silniejszej podniećcie, polegającej czy to na znacznem podwyższeniu, czy też na znacznem obniżeniu ciepłoty, albo na znacznem zwiększeniu lub zmniejszeniu wilgotności powietrza, następuje zanik barwika ciała, czyli mniej lub więcej silnie wyrażony albinizm.

Ale oto dalsze wyniki doświadczeń Towera, które streścić można w następujących punktach.

1. Jeżeli wyżej wymienione podniećty działają w ciągu całego cyklu rozwoju chrząszczyka aż do wylęgu z poczwarki, albo też tylko w stadium poczwarki, z chwilą zaś wylęgu owadu, t. j. w okresie wzrastania jego komórek płciowych, działać przestają i owady podlegają już normalnym warunkom życia; potomstwo ich, o ile znajdować się będzie w warunkach normalnych, nie wykaże ani śladu zmiany ubarwienia. Nie zachodzi tu zatem dziedziczenie cech nabytych.

2. Jeżeli owady nie były wyłączone z pod działania owych

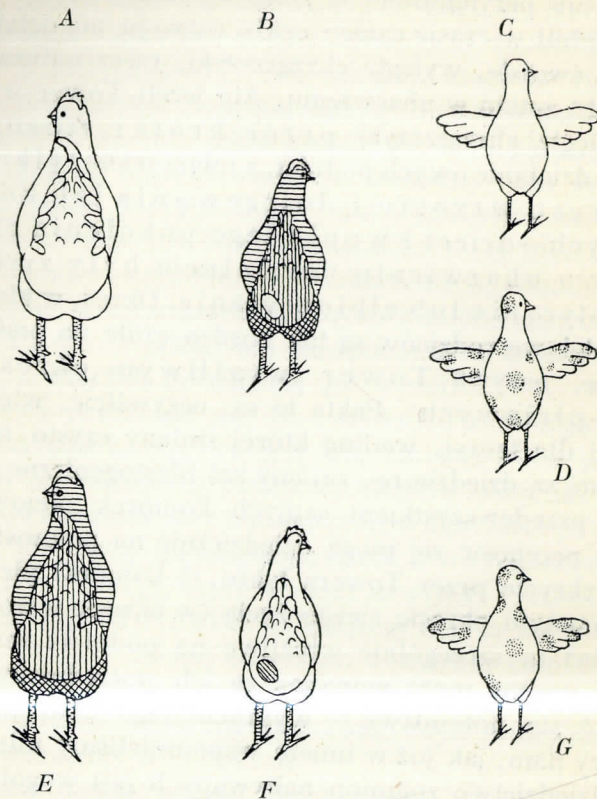
podniećt swoistych ani w czasie całego cyklu rozwoju (w stadium gąsienicy i poczwarki), ani też w czasie, kiedy odbywał się w ich ciele okres wzrostu komórek płciowych, nabyte zmiany ubarwienia przenosiły się na potomstwo w zupełności lub przynajmniej w znacznej części.

3. Jeżeli w czasie całego cyklu rozwoju nie działały owe podniećty swoiste, wylęgte chrząszczyki, rzecz naturalna, nie okazywały zmian w ubarwieniu. Ale jeżeli Tower wystawiał owe wylęgte chrząszczyki przez krótki stosunkowo czas na działanie owych podniećt, a mianowicie tylko w czasie okresu wzrostu i dojrzewania ich komórek płciowych—dzieci i wnuki tego pokolenia chrząszczyków o ubarwieniu normalnem były zmienione melanotycznie lub albinotycznie. Okres, w którym komórki płciowe rodziców są tak bardzo czułe na podniećty zewnętrzne, nazywa Tower „wrażliwym okresem komórek płciowych”. Fakta te są, oczywiście, wielkiej doniosłości dla teorii, według której zmiany czysto somatogeniczne nie są dziedziczne, zmiany zaś blastogeniczne, t. j. dotyczące przede wszystkim samych komórek płciowych rodziców, przenosić się mogą dziedzicznie na potomstwo.

Wykrycie przez Towera faktu, iż komórki płciowe tylko w pewnym okresie swego życia (w okresie wzrostu i dojrzewania) są szczególnie wrażliwe na podniećty zewnętrzne, których wpływ może wówczas za ich pośrednictwem przekazywać się potomstwu — wykrycie tego doniosłego faktu tłumaczy nam, jak już w innem wspomnieliśmy miejscu, dlaczego dziedzictwo znamion nabywanych jest wogóle tak bardzo kapryśne, dlaczego raz istnieje, wiele zaś razy zawodzi, jak widzieliśmy w doświadczeniach np. Fischera, Standfussa nad motylami. Jest to jasne wobec faktu stwierdzonego przez Towera; bo tylko wówczas działanie podniećt zewnętrznych odbija się na potomstwie, kiedy właśnie komórki płciowe rodziców są w okresie owej szczególnej wrażliwości, a okres to stosunkowo krótki.

O ile doświadczenie Towera, w którym chrząszczyki, same niezmienione w ubarwieniu, ale podlegające odpowiednim podniećtom zewnętrznym w okresie wrażliwości ich ko-

mórek płciowych, rodzą potomstwo melanotyczne lub albinotyczne, o ile, powtarzam, eksperyment ten świadczy przeciw odziedziczaniu się cech nabytych, czysto somatogenicznych, o tyle inny znów szereg doświadczeń przemawiać się



Rys. 47. Doświadczenie Guthriego. A — kogut biały, B — kura czarna z wszczepionym jajnikiem kury białej, C, D — ich potomstwo; E — kogut czarny, F — kura biała z wszczepionym jajnikiem kury czarnej, G — ich potomstwo. (Według Guthriego z Godlewskiego).

zdaje za ich dziedzicznością. Mam tu na myśli interesujące doświadczenia C. Guthriego. Użył on do swych doświadczeń ras kur, które ze względu na barwę uważał za czyste — rasę kur białych i rasę czarnych. W młodym wieku pozamieniał kurom jajniki, przeszczepił kurom białym jajniki czar-

nych i odwrotnie. Po osiągnięciu dojrzałości płciowej czarna kura z „białym“ jajnikiem (t. j. pochodzącym od kury rasy białej) była zapłodniona przez białego koguta, i oto zrodziła pewną liczbę piskląt białych, ale także miała liczbę białych z czarnymi plamami — co dowodzi, że podczas wzrostu jajnika i dojrzewania jaj pewne nowe, czysto cielesne właściwości ustroju matczynego — czarna barwa upierzenia — właściwości, które przedtem nie tkwiły, jako zawiązki dziedziczne, w jajach (jajnik pochodził od kury białej) przeniosły się za pośrednictwem jaj na potomstwo. Odpowiednio do tego kura biała z „czarnym“ jajnikiem (t. j. pochodzącym od kury rasy czarnej), zapłodniona przez czarnego koguta, wydała pewną liczbę piskląt białych z czarnymi plamkami. Doświadczenia te ilustruje rysunek 47.

Wszelako interesujące to doświadczenie nie jest dla mnie w zupełności przekonywającym wobec niepewności, czy Guthrie miał do czynienia z rasami czystymi, które nigdy w ciągu pokoleń nie doznały żadnej domieszki krwi obcej.

Dziedziczność (c. d.). Bastardacya.

Niezmiernie ważne pytania w nauce dzisiejszej o dziedziczności dotyczą sprawy mieszania się, czyli krzyżowania wzajemnego osobników różnych odmian, różnych gatunków lub rodzajów, czyli, najogólniej, zagadnienia bastardacyi.

Widzieliśmy w poprzednich rozdziałach, że plemnik i jajo tego samego gatunku, kiedy jedno znajduje się w pobliżu drugiego, wykazują pewne powinowactwo wzajemne i podążają ku sobie, by się połączyć. Możemy istotnie mówić tu jakby o pewnego rodzaju powinowactwie wzajemnem komórek płciowych, używając wyrazu zapożyczonego wprawdzie z chemii (mówimy o powinowactwie chemicznem dwóch ciał, tłumacząc tem ich zdolność do łączenia się z sobą), ale niemniej obrazowo i dobrze ilustrującego zjawisko biologiczne.

Otóż możnaby powiedzieć, że ów stopień powinowactwa wzajemnego bywa bardzo różny, wahając się w pewnych granicach *minimum* i *maximum*. Pod tym względem możemy rozróżnić kilka coraz wyższych stopni. Bywają istoty, których plemniki łączą się z jajami w obrębie tego samego osobnika obupłciowego — jest to niejako granica minimum. U roślin *Corydalis cava* lub *Verbascum nigrum* pyłek nie zapładnia zalążków (jaj) w tym samym kwiecie, a u pewnych storczyków, według K. Darwina, własny pyłek kwiatowy działa nawet zabójczo na znamię słupkowe tego samego kwiatu. U innych kwiatów obupłciowych zapłodnienie włas-

nym pyłkiem odbyć się może, jakkolwiek w większości przypadków przeszkadzają temu owady lub wiatr, przenoszące na dane kwiaty pyłek z innych osobników. U wielu zwierząt obupłciowych w celu przeszkodzenia zapłodnieniu własnym pyłkiem zachodzi spółkowanie na krzyż; tak bywa u ślimaków, kiedy plemniki osobnika A zapładniają jaja osobnika B, a równocześnie plemniki ostatniego — jaja pierwszego (por. rozdział XXIII, o związkach krewniaczych). Jeżeli przejdziemy do osobników rozdzielнопłciowych, to w tym samym gatunku znajdziemy często przeszkody, utrudniające łączenie się elementów płciowych zbyt bliskich, pochodzących od zbyt bliskich krewnych, bo takie związki krewniacze, zwłaszcza odbywające się przez kilka pokoleń, prowadzą bardzo często do bezpłodności; zachodzi tu zatem potrzeba jak gdyby pewnego minimum napięcia w powinowactwie elementów płciowych; jeżeli ostatnie wykazują zbyt małe różnice indywidualne, występuje często bezpłodność.

Co się zaś dzieje, jeżeli dwa łączące się osobniki różnej płci należą do odmiennych gatunków? Tu znów różne znajdujemy stopniowania w zachowaniu się elementów rozrodczych. Osobniki różnej płci, należące do odmiennych gatunków, mogą niekiedy łączyć się z sobą, ale zapłodnienie właściwe (połączenie jaja z plemnikiem) nie zachodzi, np. u pewnych gatunków chrząszczy złotków (*Chrysomelidae*). Jaja jednego gatunku mogą się wprawdzie zapładniać plemnikami drugiego, ale zapłodnione jajo ulega tylko częściowemu rozwojowi, t. j. brózdkuje się, dzieli na pewną liczbę komórek potomnych, lecz dalszy rozwój zarodka nie odbywa się; widzimy to przy krzyżowaniu się pewnych gatunków żab, jak samicy żaby zielonej z samcem żaby płowej. Stopień jeszcze wyższy mamy wówczas, gdy płcie należące do różnych gatunków zapładniają się, a jajo zapłodnione rozwija się w zupełności, wszelako osobnik powstały z takiego jaja, czyli mieszańca (bastard, hibryd), nie jest zupełnie normalny, bo odznacza się bezpłodnością, np. nie zawiera dobrze rozwiniętych elementów rozrodczych; przykład stanowią tu muły lub osłomuły, mieszańce konia i osła, odznaczające się bezpłodnością. Wreszcie może być i tak, w bardzo rzadkich

wprawdzie przypadkach, iż mieszaniec powstały ze skrzyżowania się dwóch płci, należących do odmiennych gatunków, jest płodny, jak widzimy np. u leporydów, stanowiących, według wszelkiego prawdopodobieństwa, mieszańce zająca i królika, lub u mieszańców pewnych gatunków pstrągów (pstrąga strumieniowego, *Salmo fario*, i jeziorowego, *Salmo lacustris*).

Niedawno jeszcze ściśle odróżniano pojęcie metysów, czyli mieszańców pochodzących ze skrzyżowania się osobników różnych odmian, t. j. ras, od pojęcia hibrydów, czyli bastardów, t. j. mieszańców pochodzących ze skrzyżowania się osobników różnych gatunków. Twierdzono, że różnica między nimi jest taka, iż metysy są zawsze płodne, hibrydy zaś zawsze bezpłodne. Płodność metysów, a bezpłodność bastardów uważane były wogóle za najważniejsze kryterium odróżniania odmian od gatunków. Odmiany jednego gatunku — twierdzono — krzyżując się z sobą, dają zawsze potomstwo (metysy), i to potomstwo płodne, gatunki zaś różne albo nie krzyżują się wcale, albo, krzyżując się, nie wydają potomstwa, albo wreszcie, jeśli nawet wydają potomstwo (bastardy), to niepłodne. Wszelako, jak widzieliśmy, różnica tak określona nie wytrzymuje krytyki wobec faktu, że znane są pewne płodne bastardy zwierzęce (bastard dwóch gatunków pstrągów, pewne bastardy jedwabników, p. niżej) i roślinne (np. mieszańce *Petunia nyctanigenaeflora* i *P. phoenicea*, *Crinum capense* i *Cr. pedunculatum*, *Pelargonium citrinodorum* i *P. fulgidum*), a nadto, że płodne jest przecież potomstwo różnych ras naszych zwierząt domowych, rozmaitych ras psów, bydła, pomimo iż nie ulega najmniejszej wątpliwości, że większość tych zwierząt domowych pochodzi nie od jednego, lecz od kilku dzikich szczepów, od kilku gatunków pierwotnych, np. bydło nasze pochodzi od dwóch co najmniej dzikich szczepów obecnie zaginionych, ale znanych ze szczątków kopalnych: bydła krótkorogiego (*Bos brachyceros*) i tura (*Bos primigenius*). Z tej więc przyczyny, a zarówno też dlatego, że, tak co do metysów, jak i co do hibrydów, wykryto w nowszych czasach wiele podobieństwa ze względu na sposób dziedziczenia znamion po obojgu ro-

dzicach, dziś mówi się zwykle nie o metysach i hibrydach, lecz wogóle o bastardach i bastardacyi bez względu na to, czy mamy do czynienia z potomstwem różnych odmian, gatunków, czy nawet rodzajów.

Bastardy otrzymano sztucznie pośród najrozmaitszych grup zwierząt, a znane są też liczne bastardy naturalne. Pośród zwierząt bezkręgowych najbardziej może nadają się do bastardacyi szkarłupnie, zwłaszcza jeżowce; otrzymano mianowicie bastardy nie tylko przez zapłodnienie jaj jednych gatunków plemnikami innych, ale i przez zapłodnienie jaj jednych rodzajów plemnikami form, należących do innych, pokrewnych rodzajów. Hertwigowie (1885 r.) w badaniach swych nad bastardacją jeżowców wykazali, że zjawisko to jest naogół dosyć kapryśne, a co najciekawsze, że niezawsze, jeżeli jajo, dajmy na to, gatunku *m* zapładnia się plemnikiem gatunku *n* i wytwarza bastarda, to jajo gatunku *n*, na odwrót, zapłodnić się też musi plemnikiem *m* i rozwinąć w bastarda. Zdaje się nadto, że bardzo często wielkie tu mają znaczenie czysto indywidualne różnice. Jaja jednych samic są bardzo skłonne do hibrydyzacyi, jaja innych znów wcale tej skłonności nie wykazują (Driesch, 1898). Próbowano także u szkarłupni otrzymywania bastardów przez zapłodnienie jaja plemnikami form z innych całkiem gromad, np. jaj jeżowców plemnikami strzykw (Loeb, 1903) lub jaj jeżowców plemnikami liliowców (Godlewski), ale w żadnym z tych przypadków nie otrzymano bastarda rozwiniętego, a co najwyżej tylko zarodki bardzo młodociane, które wkrótce ginęły. Loeb otrzymał jednak tą drogą charakterystyczną dla jeżowców larwę — prętowca (*pluteus*).

Przez krzyżowanie różnych jeżowców otrzymano larwy, które pod względem niektórych znamion zajmowały środek między larwami, właściwymi obojgu rodzicom. Larwa jeżowców, zwana prętowcem (*pluteus*), jest opatrzona szkieletem w postaci pręcików wapiennych, których układ i kształt jest inny u larwy rodzaju *Sphaerechinus*, inny zaś u larwy *Echinus*. I oto jeżeli samicę jeżowca *Sphaerechinus* (*Sphaerechinus granularis*) skrzyżujemy z samcem jeżowca *Echinus* (*Echinus microtuberculatus*), powstaną larwy-bastardy, któ-

rych skieleł będzie miał właściwości pośrednie pomiędzy skieletem właściwym jednemu rodzajowi, a skieletem właściwym drugiemu (Boveri). Wszelako niewszystkie larwy mają właściwości pośrednie; niektóre wykazują czysto ojcowskie znamiona skieletu (Seeliger, Steinbrück), niektóre znów więcej macierzyste (Herbst). Skąd pochodzą te różnice, niewiadomo. Być może, że zależy to od wpływu warunków zewnętrznych, Vernon bowiem wykazał, że w letnich miesiącach bastardy powyższe więcej skłaniają się ku właściwościom matki, w jesieni ku właściwościom ojca. Za tem, iż czynnikiem działawczym jest tu, być może, temperatura, przemawiają doświadczenia Doncastera; wszelako nie jest to bynajmniej dowiedzione, a Herbst jest przekonany, na podstawie poczynionych przez się doświadczeń, iż przyczyna tych wahań nie leży w warunkach zewnętrznych, lecz w czynnikach czysto wewnętrznych. Możliwa, że zachodzą tu pewne zjawiska „mendlowania się“, czyli rozszczepiania właściwości dziedzicznych wśród bastardów (p. niżej), co jednak dotąd nie zostało wyjaśnione.

Dlaczego mieszańce szkarłupni raz wykazują znamiona pośrednie, a kiedyindziej np. tylko matki, odpowiedź na to pytanie dają, być może, nowsze badania Baltzera, który przekonał się, że w jajach jeżowca *Strongylocentrotus*, zapłodnionem przez plemnik rodzaju *Sphaerechinus*, zanika pewna liczba chromosomów, bo zamiast 36 występuje ich tylko 21, pozostałe zaś 15 zanikają (zauważył to Baltzer w ciągu pierwszych dwóch mitoz zapłodnionego jaja). Autor ten sądzi, że zanikają chromosomy ojcowskie (t. j. pochodzące od jądra plemnikowego), z których zachowują się zaledwie tylko trzy, biorąc udział w dalszych podziałach komórek zarodkowych. I oto Baltzer dochodzi do wniosku, że larwy mieszańcowe, u których nastąpił zanik tylu chromosomów męskich, mają skieleł zbudowany według typu matki, w tych zaś przypadkach, kiedy (w innej kombinacji mieszańców) zachowały się wszystkie chromosomy, i męskie, i żeńskie, skieleł larw mieszańcowych ma budowę pośrednią pomiędzy skielełami larw obu form rodzicielskich.

Z pośród innych zwierząt bezkręgowych znane są do-

kładniej bastardy różnych owadów. Quatrefages w drugiej połowie ubiegłego wieku przekonał się, iż płodne są mieszańce dwóch gatunków jedwabników (*Bombyx cynthia* i *Bombyx arrindia*), a, co najciekawsze, obserwował przez ośm pokoleń płodność tych mieszańców. Standfuss (1893) wykazał, że w przyrodzie zdarzają się bardzo często bastardy różnych gatunków motyli. Znamy dziś około stu bastardów motyli, jedne jako wynik skrzyżowania motyli dziennych, inne miernikowców lub prządek. Wykazano dalej (Standfuss, 1896), że niekiedy bastard, będący wynikiem skrzyżowania dwóch gatunków motyli, wydaje też potomstwo, jeżeli skrzyżujemy go z trzecim (bastardacya złożona).

Ale najciekawszy może fakt z tej dziedziny bastardacyi polega na tem, że niezawsze produkt skrzyżowania jest jednakowy, czy ze strony ojcowskiej będzie gatunek *m*, a z macierzyńskiej *n*, czy odwrotnie — z ojcowskiej *n*, z macierzyńskiej zaś *m*. Słowem, bastardy wzajem przemienne (*reciprok*) niezawsze są jednakowe ze względu na znamiona odziedziczone po rodzicach. Bastard z motyli *Deilephila elpenor* ♂ (samca) i *Deilephila porcellus* ♀ (samicy) jest inny, aniżeli bastard pochodzący z *D. porcellus* ♂ (samca) i *D. elpenor* ♀ (samicy), pierwszy bowiem bastard odziedzicza więcej elementów rysunku i ubarwienia po *elpenor*, ostatni po *porcellus*, czyli po ojcu. Zauważymy przy tej sposobności, że, według nas, fakt istnienia stałych różnic u potomstwa przy takiej bastardacyi wzajem przemiennej (por. także, co powiedziano o pewnych mieszańcach szkarłupni) przemawia do pewnego stopnia za tem, że podścieliskiem znamion dziedzicznych nie są same jądra, a w szczególności chromosomy komórek płciowych (p. str. 200 i n.), bo gdyby tak się działo, to trudno byłoby wytłumaczyć owe różnice. Albowiem, czy łączymy *a* ♂ z *b* ♀, czy *a* ♀ z *b* ♂, oba jądra płciowe, jako zawierające jednakową liczbę odpowiadających sobie (ze względu na zawiązki znamion dziedzicznych, Boveri) chromosomów, dają zawsze po połączeniu ten sam wynik, i trudno byłoby zrozumieć, dlaczego raz powstaje taki, drugi raz inny znów mieszaniec. Skoro zaś przyjmujemy, że i plazma jest

podścieliskiem pewnych przynajmniej znamion dziedzicznych, to wobec faktu, że raz gatunek *b* dostarcza ooplazmy jaju zapłodnionemu (jeżeli matką jest *b*), drugi zaś raz gatunek *a* (jeżeli matką jest *a*), oraz że raz gatunek *a* (jeżeli plemnik pochodzi od *a*), drugi raz gatunek *b* (jeżeli plemnik pochodzi od *b*) dostarcza jaju spermocentru, wobec faktów tych staje się zrozumiałem, że wyniki skrzyżowania w obu przypadkach bywają rozmaite i przedstawiają pewne odmienne kombinacje cech dziedzicznych.

Najwięcej faktów, dotyczących bastardacyi, znamy wśród zwierząt kręgowych*. Stosunkowo częste są naturalne bastardy ryb, a to z tego powodu, iż zapłodnienie jest tu, jak wiadomo, zewnętrzne; gdy więc w tym samym zbiorniku wód znajdują się elementy rozrodcze blisko pokrewnych gatunków, przypadkowo zająć może bastardacya. Znane są bastardy ryb karpiowatych, łososiowatych, jesiotrowatych. Opisany przez Heckela gatunek *Carpio kollarii* jest, według Jaekela, mieszańcem karpia i karasia. Niektóre gatunki rodzaju *Abramidopsis* mają być, według Heckela, mieszańcami leszcza i płocicy, co jednak wydaje mi się mniej prawdopodobnem wobec tego, że obie ryby należą przecież do różnych rodzajów. Natomiast nie ulega, zdaje się, wątpliwości, iż istnieją w naturze mieszańce łososia i pstrąga oraz pstrąga strumieniowego i jeziorowego (*Salmo fario*, *S. lacustris*). Wiadomo, że u ryb bardzo łatwo dokonać sztucznego zapłodnienia, albo-wiem wystarczy na ikrę wypuszczoną na miseczkę dać nieco „mleczka“, czyli świeżej plemni, wyciśniętej z samca, a wnet zapłodnią się liczne jaja. Jest to t. zw. suchy sposób zapłodnienia, o wiele łatwiej prowadzący do celu, niż mokry, polegający na dolaniu wody na miseczkę z ikrą. Tą suchą metodą udało mi się kilka razy sztucznie zapłodnić ikrę rybki morskiej *Cyprinodon* plemnikami tego samego gatunku. Suchy sposób sztucznego zapłodnienia odkryty został przez rosyjskiego ichtyologa, Wrasskiego, w r. 1857, który też otrzymał tą drogą liczne mieszańce ryb, a po nim otrzymało je

* Szymkiewicz: Biologiczeskija osnovy zoologii. Wyd. 3-e. 1907. Str. 301—305.

także wielu innych badaczy (np. Knauthe, 1895). Okazało się przytem, że mieszańce sztucznie otrzymane z pstrąga rzecz-nego i jeziorowego odznaczają się płodnością, jak zaznaczyliśmy już wyżej. Miało to praktyczne znaczenie, i bastardy te hodowano i rozmnażano przez długi czas w zakładzie ichtyologicznym pod Düsseldorfem. Fischer otrzymał sztucznie bastardy karpia i rybki złotej, a bastardy te w ciągu pół-trzecia roku osiągnęły ciężar trzech ćwierci funta; co do wielkości ciała zbliżone więc były do karpia. Zasluguje na uwagę, że bastardy te były mniej wrażliwe na zimno, aniżeli karpie; wskutek silnych mrozów, zimą r. 1879/80, zginęły Fischerowi wszystkie karpie (350), wspomniane zaś bastardy (300) pozostały wszystkie zupełnie bez szwanku. Ponieważ — mówi Szymkiewicz — rybka złota jest równie wrażliwa na zimno, mamy tu więc interesujący fakt, iż bastardy odznaczają się odpornością względem zimna w stopniu daleko wyższym, niż każdy z gatunków rodzicielskich. Niektórzy podają, że mieszańce karpia i złotej rybki są płodne w ciągu nieograniczonej liczby pokoleń, co wszakże wymaga jeszcze ścisłego, naukowego sprawdzenia.

Z płazów znane są bastardy naturalne pewnych gatunków traszek (np. *Molge marmorata* Latr. — formy południowo-europejskiej, i *M. cristata* Latr.). Mieszańce płazów bezogonowych nieznane są na łonie przyrody. Sztucznie atoli otrzymano bastardy żaby zielonej (*Rana esculenta* L.) i łąkowej (*R. arvalis* Nilss), ropuchy zmiennej (*Bufo variabilis* Pall.) i pospolitej (*Bufo vulgaris* Latr.). W badaniach nad sztuczną bastardacyą płazów zasłużyli się szczególnie Pflüger i Born, a z dawniejszych badaczy próbowali odnośnych doświadczeń jeszcze Spallanzani i Rusconi.

Najwięcej mieszańców znamy pośród ptaków. Kury domowe dają bastardy z perlicą (pantarką), głuszcem, jarząbkiem, kuropatwą, cietrzewiem; bażanty różnych gatunków dają mieszańce między sobą oraz z cietrzewiem, głuszcem, indykiem; kuropatwa z jarząbkiem i cietrzewiem, cietrzew z głuszcem. Wogóle u kurowatych bastardacya jest zjawiskiem dosyć powszechnem. Podobnież znane są liczne mie-

szańce ptaków gołębiowatych, wrony z krukiem, różnych gatunków ptaków drozdowatych. Dalej, znane są mieszańce między różnymi ptakami drapieżnymi: orłami, sokołami, jastrzębiami, między pływającymi, np. między różnymi gatunkami kaczek, niektórych większych gatunków kaczek z dzikimi gęsiami i t. d. Niektóre z tych mieszańców znane są w stanie dzikim, inne tylko w niewoli.

Wielki interes naukowy budzą mieszańce zwierząt ssących.

Oddawna znane są bastardy konia i osła, a mianowicie muły — mieszańce klaczy i samca osła, oraz osłomuły — mieszańce ogiera i ośliicy. Każdy z obu rodzajów mieszańców dziedziczy pewne stałe cechy po ojcu i matce; mamy tu tedy to samo, co u niektórych owadów lub pewnych szkarłupni, gdzie produkt $a\sigma \times b\varphi$, jest inny niż $a\varphi \times b\sigma$. Muł ma głowę końską, ogon koński, opatrzone kitą włosia od nasady, nogi podobne do końskich, ale budowę krtani ma osła i dlatego ryczy, jak osioł; a więc co do postaci głowy, nóg i ogona przeważają w nim znamiona matki, co do budowy narządów głosowych — znamiona ojca. Natomiast osłomuł ma głowę osła, nogi podobne do ośli, ogon opatrzone kitą włosia prawie tylko na samym końcu, jak u osła, ale krtan jego ma budowę końską, i dlatego osłomuł rży, jak koń. I tu zatem po matce odziedzicza się stałe kształt głowy, nóg i ogona, po ojcu budowa narządów głosowych.

Tak mulice, jak i osłomulice, przy łączeniu ich z mułami lub osłomułami są bezpłodne; wszelako, połączone z osłem lub ogierem, a więc z jedną z postaci ojcowskich, bywają niekiedy płodne. W r. 1884 w *Jardin d'Acclimation* w Paryżu osłomulica miała żrebięta i od ogiera i od osła. Znane są nadto mieszańce konia lub osła z gatunkami prądkowanymi, jak kwagą, koniem Burchella, zebra lub z niektórymi rasami osłów dzikich, np. dżigatajem, a zarówno też z dzikim koniem Przewalskiego (*Equus Przewalskii*). Niepłodność mulic i osłomulic parzonych z mułami i osłomułami pochodzi stąd, że u męskich osobników tych bastardów nie rozwijają się plemniki, a Iwanow, badając (1905 r.)

męskie narządy płciowe bastarda konia i zebry, przekonał się, że brak im było nie tylko gotowych plemników, lecz i komórek plemnikotwórczych, nawet spermatogoniów. Wszelako, według Iwanowa, mieszańce konia domowego i dzikiego konia Przewalskiego, krzyżowane z sobą, okazują płodność; mamy tu więc znów przykład płodności hibrydów (mieszańców dwóch różnych gatunków).

Co do innych ssaków, znane są też hibrydy ze skrzyżowania białej niedźwiedzicy z niedźwiedziem brunatnym, tygrysicy i lwa, psa domowego z wilkiem, lisem, szakalem; bastardy szakala i psa, krzyżowane między sobą, są podobno płodne. Mieszańce psa i wilka oraz psa i szakala, według dawnych doświadczeń słynnego fizjologa francuskiego *Florensa*, okazywały płodność aż do czwartego pokolenia. Fakta te wartoby ponownie bliżej zbadać. Zasługują też na uwagę różnego rodzaju mieszańce pośród zwierząt przeżuwających, pochodzące ze skrzyżowania wzajemnego rozmaitych gatunków lamy, wielbłąda, jelenia, owcy, kozy, bydła oraz koziorożca alpejskiego z kozą domową, przyczem mieszańce pochodzący od dwóch ostatnio wymienionych gatunków ma się odznaczać, podobno, płodnością.

Do najślawniejszych wszelako mieszańców zwierząt ssących należą wspomniane już leporydy, bastardy zająca i królika, a to z powodu, iż mają być płodne przez nieograniczoną liczbę pokoleń i często są przytaczane jako przykład stałej płodności hibrydów. Wszakże bliższa analiza przekonuje nas, że niema zupełnej pewności, azali leporydy są istotnie mieszańcami zająca i królika. Mieszańce te były, podobno, otrzymane po raz pierwszy przez opata Galiari w końcu XVIII wieku, poczem były hodowane dla celów praktycznych przez różnych hodowców. Roux (1881 r.), Zürn (1874—1876) i inni otrzymali liczne pokolenia leporydów, krzyżowanych między sobą, Roux podobno aż 26 pokoleń, a Zürn 6. Jednakże samo pochodzenie leporydów zostało w nowszych czasach zakwestyonowane, a już dawniej Sanson (1872 r.) i Nathusius (1879 r.) wyrazili przypuszczenie, czy przypadkiem leporydy nie przedstawiają, być

może, jakiejś szczególnej odmiany (rasy) królików. A może powstały nagle, drogą mutacji (por. niżej), i, jako takie, dziedzicznie zachowały znamiona swoje?

Sprawa pochodzenia leporydów, tak często przytaczanych, jako wybitny przykład płodności hibrydów, dotąd więc, widzimy, pozostała nierozwiązaną, a jest to rzecz pierwszorzędnej wagi biologicznej. Rozpoczęte niedawno w instytucie zoologicznym uniwersytetu lwowskiego przez autora tej książki wspólnie z K. Malsburgiem i J. Hirschlerem badania nad krzyżowaniem zajęcy i królików przyczynią się może, w razie udania się doświadczeń, do ostatecznego rozwiązania tego wielce interesującego zagadnienia.

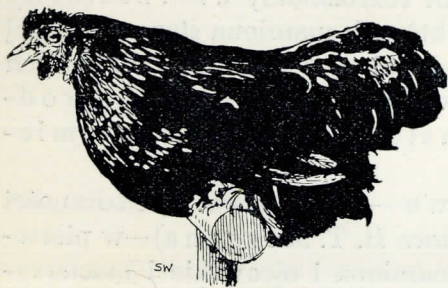
ROZDZIAŁ SZESNASTY.

Bastardacya (c. d.). Mendelizm.

Rozważmy teraz cechy bastardów ze względu na ich stosunek do znamion rodzicielskich. Przedewszystkiem rozróżniamy t. zw. bastardy pośredkowe, czyli takie, których znamiona stanowią mniej więcej środek pomiędzy cechami ojca i matki. Pośród tych bastardów możemy nadto wyróżnić: bastardy pośredkowe mozaikowe i bastardy pośredkowe mieszane.

Bastardy mozaikowe — wynik t. zw. dziedziczności mozaikowej (*mosaic Inheritance* H. T. Morgana) — w pierwszym pokoleniu posiadają znamiona i ojcowskie i macierzyste, jedne obok drugich, ułożone na podobieństwo mozaiki, złożonej np. z dwóch różnobarwnych lub różnokształtnych tafelek. Mozaikowość ta dotyczyć może najrozmaitszych narządów i właściwości: skieletu, ubarwienia skóry, upierzenia albo uwłosienia i t. d. Na pierwszy rzut oka owa mozaikowość cech ojca i matki występuje najwyraźniej w zabarwieniu ciała. Tak np. Davenport otrzymał bastardy kury czarnej rasy bantamskiej i koguta białej (długooostrogowej) rasy bantamskiej, a oto bastardy miały ubarwienie mozaikowe w plamy czarne i białe (rysunki 48 — 50). Inny interesujący przykład bastardów mozaikowych dają mieszańce samca zwykłego białego jedwabnika japońskiego i samicy żółtego, poprzecznie prążkowanego jedwabnika francuskiego. Mieszańce te otrzymał badacz japoński Toyama w roku 1906. Gąsienice jedwabnika japońskiego są jedno-

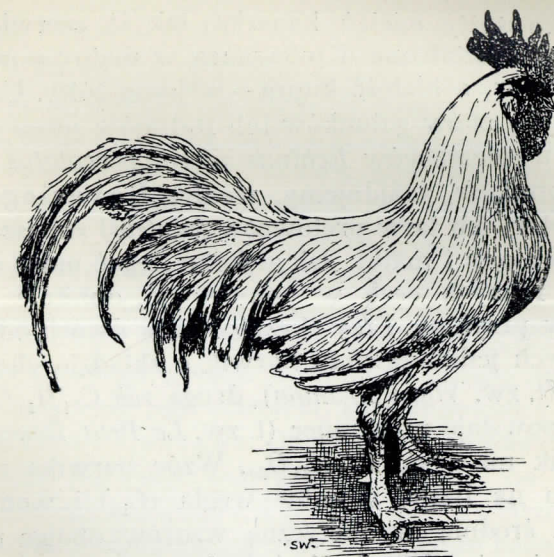
barwne, białe, francuskiego — opatrzone ciemnymi prążkami poprzecznymi. A oto ubarwienie gąsienic mieszanych (bastardów) stanowiło mozaikę, złożoną z barw obu ras rodzicielskich, przyczem barwy rozmieściły się w sposób bardzo interesujący: cała lewa połowa gąsienic była, jak u matki, poprzecznie prążkowana, cała prawa — jednobarwna, jak u ojca. Zarówno też motyle mieszańce, które rozwinęły się z tych gąsienic-mieszańców, miały skrzydła prawej strony ciała ubarwione, jak u jednego z rodziców, lewej — jak u drugiego. Jeszcze inny przykład bastardacyi mozaikowej przedstawiają mieszańce samca bażanta Amherst (*Chrysolophus amherstiae*) i samicy bażanta złotego (*Chrysolophus pictus*); bastardy te mają zwykle kołnierz pstry i grzbiet po ojcu, czerwony zaś spód ciała i ubarwienie ogona po matce.



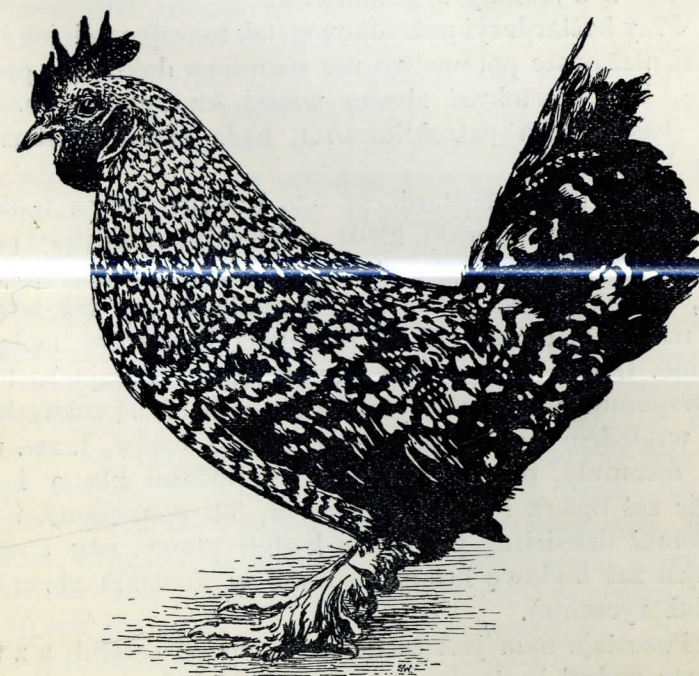
Rys. 48. Kura czarnej rasy Bantam.

Drugi rodzaj bastardacyi pośredkowej, pod względem stosunku znamion mieszańców do cech obojga rodziców, stanowi tak zw. bastardacya mieszana, będąca wyrazem mieszanego sposobu dziedziczenia (*blendling Inheritance* Galtona). Polega to na możliwym zmieszaniu się znamion rodzicielskich u bastardów. Gdybyśmy wyobrazili sobie, dajmy na to, że łączą się z sobą jakieś dwie postacie rodzicielskie, z których jedna ma barwę czerwoną, druga białą, tedy przy bastardacyi mozaikowej otrzymalibyśmy mieszańce o plamach czerwonych i białych, przy mieszanej zaś — o jednolitym ubarwieniu różowym.

Realne przykłady bastardów mieszanych są wówczas najwybitniejsze, kiedy chodzi o różne ubarwienie ciała rodziców, ale i wszelkie inne właściwości ostatnich mogą być u bastardów zmieszane. U mulatów, będących bastardami rodziców rasy białej i czarnej, kolor skóry jest średni pomiędzy czarnym a białym. Bastard gila i kanarka odznacza się tem, że wszędzie na czerwonym tle ubarwienia gila



Rys. 49. Kogut białej rasy Bantam.



Rys. 50. Bastard kury (rys. 48) i koguta (rys. 49). (Wedł. Davenporta).

leży niejako żółty odcień kanarka, tak iż czerwień spodu ciała jest przekształcona u mieszańca w mętny pomarańczowo-żółty kolor, a białość kupra — w jasno-żółty. U mieszańców pewnych znów gatunków lub rodzajów jeżowców morskich, np. u mieszańców *Echinus microtuberculatus* i *Sphaerechinus granularis*, znajdujemy, według Boveriego, w budowie szkieletu ich larw prętowców (*pluteus*) zmieszanie cech szkieletowych ojca i matki. Jak głęboko sięgać może owo mieszanie się różnych cech w potomstwie, dobitnie wykazuje następujący przykład. Przy skrzyżowaniu dwóch odmian winna, z których jedna zawiera barwik o składzie chemicznym $C_{16}H_{36}O_{20}$ (t. zw. *Vigne Aramon*), druga zaś $C_{14}H_{40}O_{20}$ (t. zw. *Teinture*), powstaje mieszaniec (t. zw. *Le Petit Boucher*), którego barwik ma wzór $C_{15}H_{38}O_{20}$. Wzór barwika mieszańca ze względu na liczbę atomów węgla (C_{15}) i wodoru (H_{38}) stanowi tu średnią arytmetyczną wzorów obojga rodziców, liczba zaś atomów tlenu (O_{20}), jednakowa u obojga rodziców, pozostaje bez zmiany u potomstwa.

Przy bastardacyi pośredkowej, tak mozaikowej, jak i mieszanej, niezawsze potomstwo ma znamiona dokładnie pośredkowe, lecz częstokroć zbacza więcej ku znamionom bądź ojca (bastardacya patrokliniczna), bądź matki (bastardacya matrokliniczna).

Trzeci rodzaj bastardacyi — to bastardacya wzajem przemienna (*reciprok*), kiedy mieszaniec dziedziczy pewne cechy stale po ojcu, inne stale po matce; zależnie więc od tego, czy ojcem jest gatunek *a*, a matką *b*, czy też odwrotnie, matką *a*, ojcem zaś *b*, znamiona bastardów będą odmienne. O tym niezmiernie interesującym rodzaju bastardacyi wspomnieliśmy już wyżej. A do najbardziej znanych pod tym względem należą mieszańce koni i osłów, t. zw. muły albo osłomuły, pierwsze będące produktami klaczy i osła, drugie zaś ogiera i osłicy, przyczem, jak pamiętamy, i muł, i osłomuł dziedziczą po matce kształt głowy, nóg i ogona, po ojcu zaś budowę krtani i sposób wydawania głosu (rżenie lub ryczenie).

Pozostaje nam jeszcze do rozpatrzenia ostatni, a z kolei czwarty rodzaj bastardacyi, ze wszystkich może najbardziej

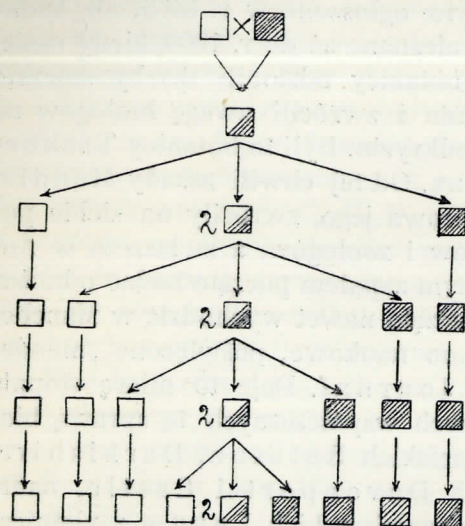
interesujący i najważniejszy ze względu na niezmiernie doniosłe wnioski, jakie z niego w ostatnich latach wyprowadzono. Mam tu na myśli t. zw. mendlowanie się bastardów, czyli bastardacyę rozszczepną. Wykrycie i poznanie tego rodzaju bastardacyi zawdzięcza nauka księdzu-augustynianowi, późniejszemu prałatowi w Brünn, Grzegorzowi Mendlowi, z początku drugiej połowy ubiegłego stulecia. Dzieło Mendla było ogłoszone w r. 1865, ale badania jego pozostały niemal nieznane aż do r. 1900, kiedy mniej więcej jednocześnie trzech botanicy odsłoniли skarby zawarte w pismach uczonego prałata i zwrócili uwagę biologów na olbrzymie znaczenie jego odkrycia. Byli to botanicy Tschermak, de Vries i Correns. Od tej chwili zasady Mendla, czyli, jak dziś mówimy, prawa jego, zwróciły na siebie powszechną uwagę botaników i zoologów, a zwłaszcza w Anglii i Ameryce z niezwykłym zapałem poczęto badać odnośne zagadnienia. Od r. 1909 zaczęło nawet wychodzić w Manchesterze specjalne czasopismo naukowe, poświęcone „mendelizmowi“, *The Mendel Journal*. Daje to miarę stopnia zainteresowania się uczonych współczesnych tą sprawą biologiczną. Z zoologów angielskich Bateson, Darbishire, Hurst, z amerykańskich Davenport i Castle, nadto z francuskich Cuénot, z szwajcarskich Lang, a z niemieckich Plate najwięcej może przyczynili się do bliższego poznania mendelizmu w dziedzinie zoologii.

Zasady mendlowania się produktów krzyżowania przedstawiać można jako trzy główne, podstawowe reguły. Zanim przystąpimy do ich rozważania, musimy zapamiętać sobie, że w regułach Mendla chodzi o zachowanie się mieszańców, pochodzących ze skrzyżowania dwóch różnych ras, w pierwszym zaraz pokoleniu, a nadto o zachowanie się potomstwa tych mieszańców, łączących się między sobą, w drugim, trzecim i dalszych z kolei pokoleniach. Mieszańce pierwszego pokolenia, będące bezpośrednimi produktami skrzyżowania dwóch różnych ras, przyjęto nazywać mieszańcami pokolenia F_1 (*1 filial generation*), potomstwo tych mieszańców — mieszańcami pokolenia F_2 , ich potomstwo F_3 i t. d.

Otóż pierwsza reguła mendelizmu polega na tem,

że mieszańce pokolenia F_1 są wszystkie jednokowe, że niema pomiędzy nimi żadnej różnicy pod względem jakiegokolwiek cechy, którąbyśmy wzięli pod uwagę. Tu jednak zachodzić mogą trzy przypadki, a mianowicie:

1. Mieszańce pokolenia F_1 mają cechy dokładnie pośredkowe w porównaniu z cechami obojga rodziców, i to najczęściej cecha dana stanowi mieszaninę odpowiednich znamion ojca i matki.



Rys. 51. Schemat krzyżowania drogą mendlowania się dwóch odmian *Mirabilis jalappa*. Osobniki z kwiatami białymi oznaczone są za pomocą białych kwadratów, osobniki z czerwonymi kwiatami za pomocą kwadratów pokreskowanych, osobniki z różowymi — za pomocą kwadratów w połowie białych, w połowie pokreskowanych.

wypukłych, z odmianą o nasionach z przewężeniami powstaną mieszańce pokolenia F_1 , wszystkie bez wyjątku o nasionach gładkich, wypukłych. Otóż, jeżeli bierzemy pod uwagę cechy, którymi różnią się obie krzyżowane rasy, np. w danym przypadku postać nasion, to ta z pary cech, która występuje u wszystkich mieszańców pokolenia F_1 ,

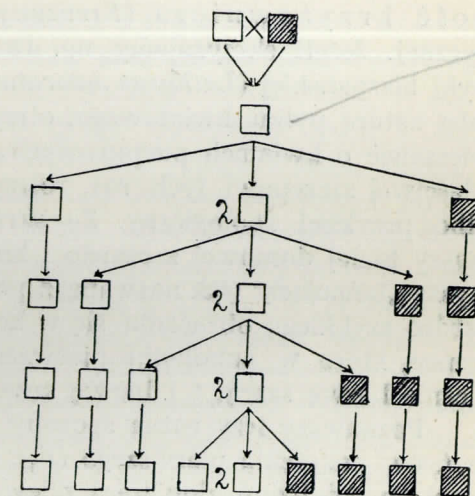
Jeżeli skrzyżujemy odmianę rośliny *Mirabilis jalappa* o kwiatach białych z odmianą o kwiatach czerwonych, wszystkie mieszańce pierwszego pokolenia, czyli generacji F_1 , będą miały kwiaty różowe (barwa różowa jest mieszaniną czerwonej i białej).

2. Wszystkie mieszańce pokolenia F_1 będą miały daną cechę tylko po jednym z rodziców. Ze skrzyżowania odmiany bobu o nasionach gładkich, wypukłych,

nosi nazwę cechy dominującej, czyli panującej (oznaczamy ją przez D), ta zaś, która u osobników pokolenia F_1 nie występuje, lecz, jak się wkrótce przekonamy, jest w nich utajona i niejako przygłuszona przez tamtą i dlatego nie ujawnia się nazewnątr, nosi nazwę cechy recesywnej, czyli ustępującej (oznaczamy ją przez R). W powyższym więc przykładzie gładkie, wypukłe nasiona, jako właściwe wszystkim mieszańcom pokolenia F_1 , stanowią cechę dominującą, przewężenia zaś, na nasionach — cechę ustępującą.

Ze świata zwierzęcego możemy tu przytoczyć następujące przykłady. Jeżeli skrzyżujemy axolotle* białe z czarnymi, mieszańce pierwszego pokolenia, czyli generacji F_1 , będą przedstawiały osobniki tylko czarne (jako larwy są one opatrzone czarniawymi smugami poprzecznymi, gdy larwy białego axolotla nie mają takich smug). Tutaj zatem czarne ubarwienie jest cechą dominującą, brak zaś barwika (warunkujący białawy kolor ciała) stanowi cechę ustępującą. Każdą taką parę wyłączających się cech zowiemy wogóle cechami antagonistycznymi, czyli allelomorficznymi:

* Axolotle (*Amblystoma*) — wielkie płazy ogoniaste, pochodzące z Meksyku, hodowane często w akwariach instytucji naukowych.



Rys. 52. Schemat krzyżowania się dwóch odmian bobu drogą mendlowania się, z których jedna ma nasiona gładkie (cecha dominująca) i jest oznaczona przez biały kwadrat, druga o nasionach z przewężeniami, oznaczona przez kwadrat zakreskowany.

3. Mieszańce pierwszego pokolenia, czyli generacji F_1 , wykazują obok cech rodzicielskich pewną cechę nową, jakiej nie mieli ani ojciec, ani matka, a, jak się okazuje, taka nowa właściwość jest natury atawistycznej*, czyli przedstawia powrót do bardzo odległego pierwotnego szczepu danych ras. Jednym słowem, u mieszańców takich występuje, jak się wyraża Tschermak (1904), nowość krzyżownicza (*Kreuzungsnovum*) natury atawistycznej. Jeżeli skrzyżujemy np. dwie biało kwitnące rasy wyki hiszpańskiej (*Lathyrus odoratus*), różniące się między sobą naturą pyłku kwiatowego, otrzymamy w pokoleniu F_1 mieszańce o kwiatach purpurowych, t. j. o barwie kwiatów właściwej szczepowi tych ras, rosnącemu dziko na Sycylii. Albo przykład zoologiczny. Ze skrzyżowania albinotycznej myszy białej domowej z czarno i biało nakrapianą japońską myszą „tańczącą“ (tak nazwaną z powodu częstego zwyczaju bardzo szybkiego obracania się w kółko) otrzymujemy mieszańce, które w pokoleniu pierwszym, czyli F_1 , mają wyłącznie barwę szarą, t. j. barwę szczepu pierwotnego.

Poznawszy trzy różne sposoby zachowywania się mieszańców pokolenia pierwszego (F_1), rozważmy z kolei drugą regułę mendelizmu, dotyczącą mieszańców pokoleń dalszych (F_2 , F_3 i t. d.).

Druga reguła mendelizmu głosi, że w drugim pokoleniu mieszańców, pochodzących z łączenia się z sobą osobników pokolenia F_1 , czyli, krócej, u mieszańców pokolenia F_2 , oraz w pokoleniach następnych, F_3 , F_4 i t. d., zachodzi rozszczepienie cech: występują tu znowu oddzielnie znamiona obojga rodziców i to w ściśle określonych stosunkach liczbowych. Innymi słowami, odbywa się w tych pokoleniach rozszczepienie, rozdzielenie zawiązków dziedzicznych, które u osobników pokolenia F_1 były zjednoczone.

Ponieważ jednak, jak widzieliśmy, osobniki pokolenia F_1 przedstawiają w różnych poszczególnych przypadkach

* Atawizm (od wyrazu *atavus* — przodek) jest to wogóle powrót do cech dziadka, babki, dalszych przodków lub bardzo nawet odległego szczepu pierwotnego.

trzy rozmaite możliwości dziedziczenia cech po rodzicach: pojawienie się cechy pośredkowej, odziedziczenie danej cechy po jednym z rodziców, pojawienie się nowej zupełnie cechy natury atawistycznej — przeto i zachowanie się osobników w pokoleniu F_2 i następnych, czyli zjawisko owego rozszczepiania się cech, będzie według trojakiego przebiegało typu.

W pierwszym przypadku, t. j. gdy wszystkie mieszańce pokolenia F_1 wykazują cechy pośredkowe (pośredkowe między znamionami obu skrzyżowanych z sobą ras), w pokoleniu F_2 znajdujemy trzy grupy osobników: jedne z cechą dominującą, drugie — z mieszaną (pośredkową), trzecie — z recesywną, przyczem stosunek liczebny pierwszych do drugich i trzecich wynosi 1:2:1, albo procentowo 25:50:25. Jeżeli osobniki z cechą dominującą oznaczymy przez D , z mieszaną przez DR , a z ustępującą przez R , powiemy, że $D:DR:R=1:2:1$, albo 25:50:25. I oto okazuje się, że w następnym z kolei pokoleniu F_3 potomstwo osobników D dziedziczyć będzie wyłącznie cechę dominującą, i to tak wciąż przez nieograniczoną liczbę pokoleń, jeżeli będzie łączyło się między sobą lub samozapładniało; potomstwo osobników R dziedziczyć będzie wyłącznie cechę recesywną i to tak wciąż przez nieograniczoną liczbę pokoleń, jeśli będzie łączyło się między sobą lub samozapładniało; natomiast potomstwo osobników DR przy łączeniu się między sobą lub samozapłodnieniu rozszczepi się znowu na trzy grupy osobników, $D:DR:R$, w stosunku 1:2:1, z których D dziedziczyć będą tylko cechę dominującą, R — recesywną, a DR ulegną znowu rozszczepieniu i t. d. wciąż przez długie szeregi pokoleń.

W drugim przypadku, gdy wszystkie mieszańce pokolenia F_1 wykazują wyłącznie cechę dominującą, a recesywną mają ukrytą, czyli przedstawiają $D(R)$, w pokoleniu F_2 nastąpi rozszczepienie na trzy grupy osobników: na grupę z cechą wyłącznie dominującą D , na grupę z cechą dominującą jawną, a recesywną utajoną, czyli $D(R)$, i wreszcie na grupę z cechą wyłącznie ustępującą, R , i to w stosunku 1:2:1, czyli procentowo, jak 25:50:25. W następnym z kolei, trzecim pokoleniu, t. j. F_3 , potomstwo grupy osobników R bę-

dzie znów miało tylko cechę recesywną, i tak wciąż i w następnych pokoleniach; potomstwo grupy z wyłączną, czystą cechą D również będzie miało tę cechę, którą też zachowa i w dalszych pokoleniach; potomstwo zaś osobników $D(R)$, t. j. z cechą D jawną, a R utajoną i dlatego niewidoczną, będzie znowu przedstawiało trzy grupy: grupę osobników z wyłączną, czystą cechą D , grupę z wyłączną, czystą cechą R , i grupę z cechą D jawną, a R ukrytą i dlatego niewidoczną, czyli $D(R)$, i t. d., i to w stosunku 1:2:1. Ponieważ w tym przypadku osobniki $D(R)$ posiadają cechę ustępującą utajoną i dlatego zzewnątrz niewidoczną, w pierwszym przeto pokoleniu, F_1 , będzie się nam zdawało, że wszystkie osobniki mają cechę dominującą, w rzeczywistości zaś posiadają także i drugą cechę (recesywną), tylko w ukryciu; w pokoleniu F_2 będzie się nam zdawało, że na 100 osobników potomnych 75 ma cechę dominującą, a 25 ustępującą, w rzeczywistości wszakże tylko 25 ma czysto dominującą cechę, 50 zaś ma dominującą widoczną, a recesywną nie ujawniającą się wprawdzie nazewną, lecz ukrytą.

W trzecim przypadku, kiedy osobniki pokolenia pierwszego, F_1 , wykazują obok cech rodzicielskich jakąś cechę nową, natury, jak wiemy, atawistycznej, stosunki liczbowe rozszczepiania się cech są specjalnego już rodzaju, których tu bliżej nie będziemy rozpatrywali.

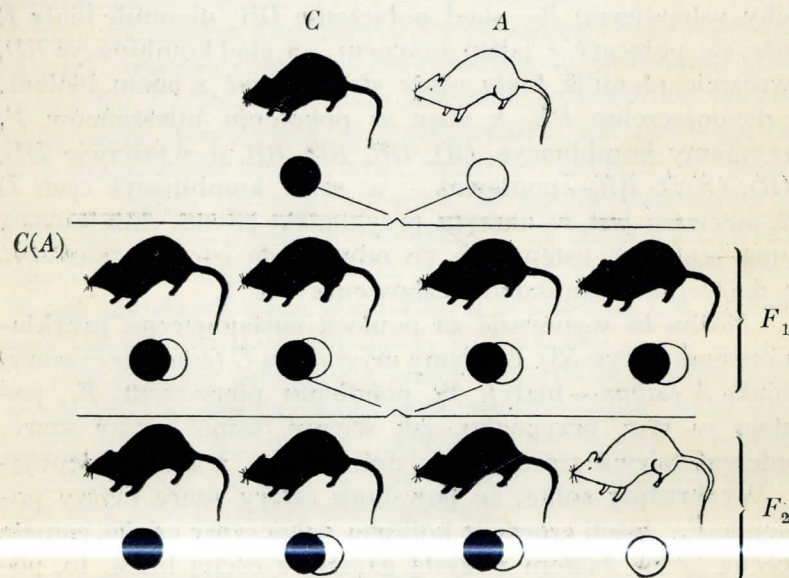
W celu objaśnienia różnych zjawisk rozszczepiania się cech w potomstwie Mendel, a po nim inni biologowie przyjęli hipotezę „czystości gamet“, czyli czystości komórek rozrodczych, ze względu na daną parę cech, to znaczy, przyjęli, że każda z gamet zawiera zawiązek jednej tylko z owej pary cech antagonistycznych, czyli allelomorficznych: czerwieni lub bieli kwiatów, gładkości nasion u bobu lub obecności na nich przewężeń, czarnego lub białego ubarwienia axolotla i t. d., cech, które podlegają mendlowaniu w przykładach wyżej przez nas przytoczonych. Wyobraźmy sobie, że mamy parę cech, np. czarność i białość ubarwienia u axolotla, i że w komórkach płciowych rasy czarnej zawarte są zawiązki tylko D (czarnośći ubarwienia — cechy dominującej), w komórkach płciowych ra-

sy białej tylko zawiązki R (białości — cechy recesywnej), że więc gamety są czyste ze względu na zawarte w nich zawiązki owej pary cech. Otóż kombinacje łączenia się wzajemnego gamet obu tych ras są w pokoleniu mieszańców F_1 następujące: plemnik czarny (czyli zawierający zawiązek cechy czarnośći — cechy dominującej) D może się połączyć z jajem czarnym (czyli zawierającym zawiązek czarnośći — cechy dominującej) D — co da DD ; plemnik czarny D może się połączyć z jajem białym (czyli zawierającym zawiązek białości — cechy ustępującej) R — skąd połączenie DR ; plemnik biały R może się połączyć z jajem czarnym — a stąd kombinacja RD , i wreszcie plemnik biały może się połączyć z jajem białym, co da połączenie RR . A więc w pokoleniu mieszańców F_1 otrzymamy kombinacje DD , DR , RD , RR , a właściwie DD , $D(R)$, $(R)D$, RR — ponieważ — w razie kombinacji cech D i R , pierwsza jest w naszym przykładzie jawną, dominującą, druga — ukrytą, ustępującą, co odpowiada istotnie zauważając się dającemu stosunkowi liczbowemu 1:2:1.

Można to wyobrazić za pomocą następującego przykładu i rysunku (rys. 53). Łączymy mysz szarą C (*cinereus* — szary) z białą A (*albus* — biały). W pokoleniu pierwszym, F_1 , powstają w tym przypadku, jak wiemy, same myszy szare, ponieważ barwa szara jest tu dominującą, a biała ustępującą. Wyobraźmy sobie, że powstaną cztery szare myszy pokolenia F_1 . Jeżeli czarnym kółkiem oznaczmy czystą gametę z cechą szarą, białym — czystą gametę z cechą białą, to, ponieważ obie gamety (męska i żeńska) zespoliły się z sobą podczas zapłodnienia w zygotę, u osobników pokolenia F_1 każda zygota będzie zawierała na rysunku część czarną i białą, co uwidatniono przez cztery pary podwójnych, czarno-białych zachodzących na siebie kółek poniżej szarych osobników myszy pokolenia F_1 ; że zaś każda zygota zawiera i część C i część A , więc każdą z nich oznaczamy przez $C(A)$, w celu wykazania, że cecha C (szarość) dominuje nad A (białością).

Wyobraźmy teraz sobie dalej, że para (σ i φ) myszek szarych pokolenia F_1 łączy się z sobą i że z tego związku rodzą się znów cztery myszki pokolenia F_2 . Otóż jakież mogą być kombinacje skrzyżowania $C(A)$ i $C(A)$? Cztery następujące:

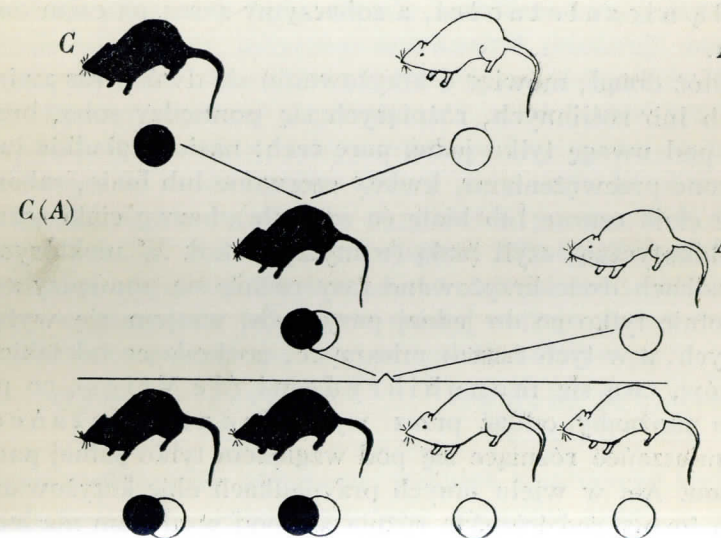
CC , $C(A)$, $C(A)$, AA . I w rzeczywistości, w pokoleniu F_2 otrzymujemy pośród tych czterech myszek jedną z zygota czystą CC , czyli czysto szarą, płodzącą dalej (przy połączeniu z równą sobie) tylko szare, jedną białą z zygota czystą AA , płodzącą dalej (przy połączeniu z równą sobie) tylko białe, oraz dwie przedstawiające się wprawdzie zzewnątrz jako szare, lecz zawierające cechę białości A w ukryciu, a więc z zygota $C(A)$, i dlatego przy połączeniu z równymi sobie dające znów podobne cztery kombinacje myszy.



Rys. 53. Schemat krzyżowania według zasady mendelowania myszy szarej (C) i białej (A), oraz osobników heterozygotycznych $C(A)$. Kółkami oznaczone są zygoty.

Jako potwierdzenie słuszności hipotezy o czystości gamet (o czystości ich ze względu na jedną z par cech, branych pod uwagę) służyć może wynik skrzyżowania jednej z myszek pokolenia F_1 z jedną z form rodzicielskich, np. z myszką białą; wyobraża to rys. 54. Ze skrzyżowania myszy szarej C z białą A powstają, jak wiadomo, w pokoleniu F_1 myszy szare. Połączmy teraz jedną taką szarą myszkę pokolenia F_1 , zawierającą, jak wiemy, zygota $C(A)$, z białą,

czystą A . Z połączenia $C(A)$ z A możliwe są tylko dwie różne kombinacje: $C(A)$ i AA , i dlatego teoretycznie przypuścić należy, jeżeli hipoteza nasza jest prawdziwą, że w pokoleniu F_2 z tego związku na cztery myszy otrzymamy tylko dwie różne grupy kombinacji: czysto białe (AA) oraz szare z cechą szarości jawną, czyli dominującą, a z cechą białości ukrytą— $C(A)$, i to dwie grupy o jednakowej liczbie osobników (w danym przypadku po dwa osobniki w każdej grupie, jak na



Rys. 54. Schemat skrzyżowania myszy szarej (C) z białą (A) oraz połączenia produktu tego krzyżowania, czyli osobnika heterozygotycznego $C(A)$ z myszą białą (A). Kółkami oznaczone są zygoty.

rysunku 54), co w istocie zachodzi przy takim krzyżowaniu.

Zaznamy tu jeszcze, że osobniki, których zygoty zawierają tylko jeden rodzaj z danej pary cech i mogą być przeto wyrażone, według powyższego przykładu, przez AA lub CC , noszą nazwę osobników homozygotycznych, te zaś, co zawierają w swych zygotach oba rodzaje cech danej pary i które oznaczamy przeto przez $C(A)$, noszą nazwę osobników heterozygotycznych.

Dotychczas rozpatrzyliśmy, jak pamiętamy, dwie zasadnicze reguły mendelizmu. Pierwsza z nich głosi, że po skrzyżowaniu dwu odmian mieszańce pierwszego pokolenia, czyli generacji F_1 , są wszystkie jednakowe. Druga poucza, że w następnym pokoleniu, F_2 , oraz we wszystkich kolejnych występuje opisane przez nas wyżej zjawisko rozszczepiania się cech. Z kolei tedy musimy przystąpić do trzeciej, zasadniczej reguły mendelizmu.

Trzecia reguła mendelizmu może być nazwana regułą niezależności, a zobaczymy zaraz, na czym ona polega.

Otóż dotąd, mówiąc o krzyżowaniu się dwóch ras zwierzęcych lub roślinnych, różniących się pomiędzy sobą, braliśmy pod uwagę tylko jedną parę cech: nasiona gładkie lub opatrzone przewężeniami, kwiaty czerwone lub białe, zabarwienie ciała czarne lub białe (u axolotla), barwę ciała szarą lub albinotyczną, czyli białą (u myszy), i t. d. W niektórych przypadkach dwie krzyżowane rasy różnią się pomiędzy sobą istotnie tylko co do jednej pary cech, wzajem się wyłączających, a w tych razach mieszańce, pochodzące od takich rodziców, zwą się monohibrydami (de Vries), co po polsku możnaby oddać przez wyraz jednomieszańce, czyli mieszańce różniące się pod względem tylko jednej pary znamion. Ale w wielu innych przypadkach obie krzyżowane z sobą formy rodzicielskie różnią się pod względem nie jednej, lecz dwóch, trzech lub więcej par cech, np. nie tylko dwójakiem ubarwieniem kwiatów, lecz i dwójaką postacią nasion. Takie mieszańce zwą się di- lub polihibrydami, czyli po polsku dwumieszańcami lub wielomieszańcami, t. j. bastardami, pochodzącymi od rodziców różniących się między sobą dwiema lub wieloma parami cech. Okazuje się, że w takich przypadkach każda para cech podlega w potomstwie rozszczepieniu, czyli, ogólniej, mendlowaniu, niezależnie od drugiej, niezawisłe od wszystkich pozostałych, a każde ogniwo danej pary cech kombinować się może z każdym z ogniw innych par cech. Jeżeli zatem mamy dwie pary cech, każde ogniwo jednej pary kombinować się może z każdym ogniwo drugiej pary. Wobec tego, wychodząc z zasa-

dy czystości gamet, musimy przyjąć cztery różnego rodzaju gamety, a przez łączenie się męskich gamet z żeńskimi powstać tu muszą nie, jak u monohibrydów, cztery, lecz szesnaście różnych zygot, czyli szesnaście różnych kombinacji dziedzicznych, jak to zaraz na przykładzie konkretnym wykażemy.

Jeżeli skrzyżujemy dwie rasy grochu, z których jedna ma czerwone kwiaty i żółte liścienie, druga zaś białe kwiaty i zielone liścienie, przekonamy się, że te dwie pary cech będą ulegały mendlowaniu, jedna niezależnie od drugiej, przyczem czerwoność dominuje nad białością (w barwie kwiatów), a żółtość nad zielonością (w barwie liścieni). Bastard w pokoleniu F_1 mieć będzie, tak w płci męskiej, jak żeńskiej, cztery różne rodzaje gamet, a to wobec tego, że każde ogniwo jednej pary cech kombinuje się z każdym ogniwo drugiej pary. Jeżeli przez *c*, *z*, *b*, *z* oznaczmy cechy: czerwoność kwiatów, żółtość liścieni, białość kwiatów, zieloność liścieni, lub też dziedziczne zawiązki cech tych w gametach, tedy owe cztery rodzaje gamet męskich i żeńskich wyrazić możemy w sposób następujący:

Gamety męskie:

c.z, *c.z*, *b.z*, *b.z*

Gamety żeńskie:

c.z, *c.z*, *b.z*, *b.z*.

Przez zapłodnienie powstanie, wskutek kombinacji tych czterech rodzajów gamet, szesnaście rodzajów zygot, a mianowicie:

$\frac{c.z}{c.z} \times \frac{c.z}{c.z}$	$\frac{c.z}{c.z} \times \frac{c.z}{c.z}$	$\frac{c.z}{c.z} \times \frac{b.z}{b.z}$	$\frac{c.z}{c.z} \times \frac{b.z}{b.z}$
$\frac{c.z}{c.z} \times \frac{c.z}{c.z}$	$\frac{c.z}{c.z} \times \frac{c.z}{c.z}$	$\frac{c.z}{c.z} \times \frac{b.z}{b.z}$	$\frac{c.z}{c.z} \times \frac{b.z}{b.z}$
$\frac{b.z}{b.z} \times \frac{c.z}{c.z}$	$\frac{b.z}{b.z} \times \frac{c.z}{c.z}$	$\frac{b.z}{b.z} \times \frac{b.z}{b.z}$	$\frac{b.z}{b.z} \times \frac{b.z}{b.z}$
$\frac{b.z}{b.z} \times \frac{c.z}{c.z}$	$\frac{b.z}{b.z} \times \frac{c.z}{c.z}$	$\frac{b.z}{b.z} \times \frac{b.z}{b.z}$	$\frac{b.z}{b.z} \times \frac{b.z}{b.z}$

Ponieważ zaś czerwoność dominuje nad białością (w kwiatach), a żółtość nad zielonością (w liścieniach), przeto zzewnątrz, po rozszczepieniu się cech w pokoleniu F_2 , będą widoczne tylko cztery różne grupy bastardów w następujących stosunkach liczebnych: osobniki czerwono-żółte : czerwono-zielone : biało-żółte : biało-zielone = 9 : 3 : 3 : 1. W powyższej tablicy zy-

goty czerwono-żółte (w liczbie dziewięciu) są podkreślone*.

Rozpatrzona tu reguła niezależności, którą wyjaśniliśmy na powyższym przykładzie, stanowi także potwierdzenie idei czystości gamet ze względu na tkwiące w nich zawiązki pewnych par cech.

Zanim przystąpimy do rozważenia jeszcze jednego wyniku, wypływającego z niektórych bardziej złożonych przypadków roszczępienia się cech przy bastardacji, mianowicie do t. zw. teorii czynników, zapytajmy jeszcze, czy opisane wyżej reguły mendlowania się nigdy nie zawodzą, czy występują zawsze z całą ścisłością matematyczną, czy też tu i owdzie wykazują wyjątki i odstępstwa. Na pytanie to muszę odpowiedzieć, że reguły powyższe naogół sprawdzają się, chociaż niejednokrotnie tylko w bardzo znacznym przybliżeniu, niekiedy zaś wykazują pewne wahania i odstępstwa od normy.

Oto kilka przykładów. Jeżeli, jak wykazał Davenport, biała rasa kur skrzyżuje się z brunatną, to, pomimo, iż białosc dominuje nad brunatnością, w pokoleniu F_1 nie wszystkie osobniki bywają zawsze białe, lecz niektóre na białym tle upierzenia posiadają często centki brunatne; tu więc cecha dominująca niezawsze występuje w stanie czystym. W innych przypadkach napotykamy pewne fluktuacje, czyli wahania w cechach dominujących. Jeżeli skrzyżujemy, jak wykazał Gates, sukę owczarską rasy o ogonie szczątkowym ze szkockim psem rasy Collie, szczenięta w pokoleniu F_1 będą wszystkie wprawdzie miały ogony (posiadanie ogona jest tu cechą dominującą), lecz u różnych osobników cecha ta w różnym będzie rozwinięta stopniu, a więc ogony będą rozmaitej długości. Otóż owe wahania cechy dominującej mogą być niekiedy krańcowo wielkie, prowadząc do całkiem bezładnego występowania już to jednej, już drugiej cechy jako przeważającej. Jak wykazał Kellogg, przy krzyżowaniu samca jedwabnika rasy bagdadzkiej o białym kokonie z samicą włoską o kokonie barwy łososiowatej

* Według Corrensa (1901) z dzieła Haeckera, Allg. Vererbungslehre, 1911, nieco zmienione.

w pokoleniu F_1 wystąpiły same kokony o barwie łososiowatej; w przypadkach skrzyżowania samca włoskiego (o barwie kokonów łososiowatej) z samicą rasy bagdadzkiej (o białej barwie kokonów) w pokoleniu F_1 wszystkie kokony były również barwy łososiowatej; w innych atoli przypadkach krzyżowania, identycznego z pierwszym (samiec jedwabnika rasy bagdadzkiej z samicą włoską), w pokoleniu F_1 wystąpiły kokony tylko białe. Widzimy więc, że niema tu żadnej reguły, według której dałoby się określić, jaka cecha jest dominującą, jaka zaś ustępującą, w tych samych bowiem warunkach raz jedna z danej pary cech, raz druga odgrywa rolę dominującą.

Od czego zależą te wahania w przewadze cech, te krańcowe zmiany i kombinacje, trudno powiedzieć. Wszelako, na podstawie kilkakrotnie już przez nas wspomnianych, niezmiernie ważnych i interesujących badań Towera (1910) nad chrząszczem kolorado (*Leptinotarsa*) z wielkim prawdopodobieństwem możemy przypuścić, że przyczyną tych wahań i odstępstw od reguł mendelowskich są w każdym przypadku pewne szczególne wpływy zewnętrzne, niezawsze jednak dające się uchwycić. Tower bowiem wykazał, że, skoro skrzyżujemy samca *Leptinotarsa signaticollis* z samicą *Leptinotarsa undecimlineata* przy 75° Fahrenheita i 80—90% wilgoci, wszystkie osobniki pokolenia F_1 będą czysto pośredniego charakteru, to samo zaś skrzyżowanie przy 89—95° i 84—100% wilgoci da w pokoleniu F_1 osobniki wyłącznie o typie dominującym macierzystym, a przy 80—105° i 70—85% wilgoci wytworzy w pokoleniu F_1 osobniki o wszelkich przejściach między typem ojcowskim a macierzystym. W jeszcze innym przypadku takiego samego krzyżowania, przy przeciętnej temperaturze 75·6° i przeciętnej wilgoci 77·11°, w pokoleniu F_1 połowa osobników miała typ macierzysty, połowa zaś pośredkowy. Wreszcie, z takiegoż krzyżowania przy temperaturze, wahającej się od 59 do 98° i wilgoci od 40 do 95%, w pokoleniu F_1 jedna część osobników miała cechy ojca, druga — matki, trzecia — pośredkowe. Także przy krzyżowaniu *L. signaticollis* (♀) i *L. diversa* (♂),

przy różnych warunkach ciepłoty i wilgoci, Tower do podobnych doszedł wyników. Okazuje się, że przy jednakowych krzyżowaniach—a zaznaczyć musimy, iż w wielu przypadkach używano do doświadczeń tych samych nawet osobników rodzicielskich—wyniki były bardzo rozmaite zależnie od różnych warunków zewnętrznych, a zarówno też i zjawiska rozszczepiania się cech w następnych z kolei pokoleniach (F_2 , F_3 i t. d.) odbywały się w sposób mniej lub więcej odmienny.

Zjawisko mendlowania się nie jest więc uwarunkowane wyłącznie przez czynniki wewnętrzne, lecz w znacznym stopniu zależy też może od warunków zewnętrznych.

ROZDZIAŁ SIEDEMNASTY.

Dziedziczność (c. d.). Teorya czynników w zjawiskach rozszczepiania się cech u mieszańców.

Widzieliśmy w poprzednim rozdziale, że przy zjawiskach rozszczepiania się cech u mieszańców zwracać należy uwagę na pewne pary cech, które podlegają mendlowaniu niezależnie jedna od drugiej: na czerwoność i białość kwiatów, żółtość i zieloność liścieni u grochu i t. p. Ale oto bliższa analiza tych zjawisk doprowadziła Batesona (1909), a przedtem w części także Corrensa (1902), do wniosku, że w tych przypadkach przy rozszczepianiu się owych cech chodzi nietylko o rozdział dwóch znamion antagonistycznych, o rozszczepienie się danej pary cech na cechę dominującą i recesywną, ile raczej o obecność lub nieobecność danego charakteru wyróżniającego.

Jest to podstawa t. zw. teoryi obecności i nieobecności (*presence-absence*) Batesona. A więc w danym konkretnym przypadku co do grochu możemy mówić o mieszańcach, u których obecna jest cecha czerwoności kwiatów, oraz o takich, u których cechy tej nie ma, o mieszańcach, u których obecna jest cecha białości kwiatów, i o takich, u których cechy tej brak, o takich, które posiadają cechę żółtości liścieni, i o takich, co tej cechy nie mają, a wreszcie o takich, co mają cechę zieloności liścieni, i takich, u których cecha zieloności liścieni nie istnieje. Jakkolwiek mamy tu więc tylko dwie pary cech, to w rzeczywistości istnieją

aż cztery pary czynników, warunkujących występowanie powyższych znamion u mieszańców danych ras grochu, bo, oprócz każdego z czynników dodatnich — obecności barwy czerwonej, obecności barwy białej i t. d., przyjąć jeszcze musimy i czynnik ujemny — brak barwy czerwonej, brak białej. Czynniki te, ukryte w elementach płciowych i kombinujące się w różny sposób, warunkują takie lub inne widome cechy u danych mieszańców. Już z tego widzimy, że więcej jest zawsze odpowiednich czynników dziedzicznych, ukrytych w gametach, niż widocznych dla nas na zewnątrz cech u mieszańców. Cechy te są wypadkową pewnej liczby owych czynników (faktorów), jak gdyby elementarnych jednostek dziedziczności.

Okazało się dalej (L. Cuénót, 1904), że w niektórych przypadkach przyjąć musimy jeszcze większą liczbę owych jednostek, czyli czynników dziedzicznych, ponad czynniki obecności lub nieobecności każdej poszczególnej, widocznej u mieszańców cechy, że musimy przyjąć niejednokrotnie cały zbiór takich czynników (faktorów), czyli jednostek dziedzicznych, a rzecz interesująca, że owe hipotetycznie przyjęte jednostki wyjaśniają nam w znakomity i niejednokrotnie z góry przewidzieć się dający sposób zjawisko rozszczepiania się różnych cech w potomstwie mieszanem. Podobnie jak chemik przyjmuje atomistyczną budowę ciał i wyobraża ją za pośrednictwem wzorów chemicznych, a przypuszczenie to, jakkolwiek hipotetyczne, tłumaczy nam liczne zjawiska łączenia się i rozkładu chemicznego oraz pozwala przewidzieć pewne związki chemiczne; tak i przyjęcie owych jednostek, czyli czynników, dziedzicznie tkwiących w zygotach, jako elementarne związki pewnych właściwości, tłumaczy istnienie pewnych cech, występujących dla nas jawnie przy mieszaniu się różnych ras, oraz rozszczepianie się tych cech w potomstwie.

Cuénót przekonał się, że w doświadczeniach nad krzyżowaniem pewnych ras myszy występują czarne, szare i czekoladowe ubarwienia osobników. Twierdzi jednak, że nie wystarcza przyjęcie w zygotach obecności czynników czarności (N — od wyrazu *noir*), szarości (G — od wyrazu *gris*)

oraz ubarwienia czekoladowego (Ch — od wyrazu *chocolat*), a zarówno też czynnika nieobecności ubarwienia (A — *albinos*), ale że pozatem należy przyjąć jeszcze czynnik warunkujący ubarwienie, który Cuénót oznacza przez C (*chromogen* — czynnik powodujący pojawianie się wogóle barwika w ustroju, czynnik natury chemicznej).

Biorąc atoli pod uwagę nowsze poglądy Batesona co do obecności lub nieobecności zawiązku każdej poszczególnej cechy, musimy przypuścić, oprócz wymienionych, inne jeszcze czynniki: obok C — czynnika wytwarzania się barwika, c — brak tego czynnika, G — czynnik szarości, g — brak czynnika szarości, N — czynnik czarności, n — brak czynnika czarności i t. d. Wogóle przyjęto w nowszych czasach t. zw. wzory dziedziczności, którymi oznacza się u różnych ras tkwiące w nich zawiązki poszczególnych jednostek, czyli czynników, np. myszy szare, według Cuénóta, oznaczyć możemy przez wzór $CGNCh$, to znaczy, że w zygotach ich tkwią czynniki: wytwarzania się barwika (C), szarości (G), czarności (N) i barwy czekoladowej (Ch), przyczem G dominuje nad N i Ch , i dlatego nazewną mysz taka przedstawia się jako szara; o ile zygoty tej myszy zawierają owe inne jeszcze jednostki (czynniki) w utajeniu, w potomstwie jej zachodzić może rozszczepianie się cech. Niektórzy autorowie trzymają się innego sposobu oznaczania czynników dziedzicznych, a wogóle pod tym względem panuje w wielu poszczególnych przypadkach niezgodność. Wszyscy atoli przyjmują w zasadzie teorię owych czynników, albowiem fakta ją potwierdzają.

Co do ubarwienia zwierząt okazało się, że niekiedy, oprócz czynników samej barwy (C — chromogen, G — szarość, N — czarność i t. d.), należy przyjąć jeszcze inne czynniki, czyli jednostki, których obecność lub brak warunkuje różne barwy i odcienie u mieszańców. Takim jest czynnik D (*densité*) gęstości uwłosienia, który warunkuje gęstsze, ciśniejsze rozmieszczenie oddzielnych włosów sierści, lub przeciwny mu czynnik d (*dilution*) rozpuszczenia, czyli rozrzedzenia uwłosienia, a okazuje się, że jeden i drugi warunkują różne

odcienie barwy, np., według Castle'a i innych, obecność D i N warunkuje u niektórych gryzoniów intensywnie czarny kolor ubarwienia, a d i N — błękitnawe ubarwienie. Takimi są też czynnik U (*uniformité*) — jednostajności i przeciwny mu czynnik u — niejednostajności, przyczem w obecności U i pewnych innych czynników ubarwienia dana barwa jest jednostajna, w obecności zaś u i jakiegoś jeszcze czynnika ubarwienia barwa występuje plamami na białem, zresztą bezbarwnem tle ciała. W ten sposób, rozmaicie kombinując się z sobą i rozszczepiając w potomstwie mieszańców, czynniki te powodować mogą przeróżne odmiany ubarwienia (czy też, naturalnie, innych właściwości, jeżeli weźmiemy pod uwagę inne rodzaje czynników dziedzicznych) w kolejnych pokoleniach pewnych mieszańców. Niektórzy autorowie na podstawie bardzo ścisłej analizy przyjmują w różnych poszczególnych przypadkach wielką liczbę jednostek (czynników) dziedzicznych. Przy krzyżowaniu się różnych odmian lwiej paszczęki (*Antirrhinum majus*) — a liczymy ich więcej, niż sto — Baur i Miss Wheldale przyjmują aż 20, a nawet 40 do 50 (Baur) takich jednostek, czyli czynników, t. j. elementów dziedzicznych, warunkujących ogromną liczbę odcieni i kombinacji znamion w kwiatach mieszańców tej rośliny.

Teoria czynników tłumaczy nam bardzo wiele faktów w zjawiskach dziedziczności, które dotychczas były bardzo zagadkowe lub zgoła niezrozumiałe, a przede wszystkim wyjaśnia występowanie t. zw. nowości przy krzyżowaniu, t. j. pojawianie się pewnych pozornie całkiem nowych i nieoczekiwanych cech u potomstwa, pochodzącego ze skrzyżowania osobników, u których cech tych zupełnie nie było. Łatwo to zrozumieć i nawet przewidzieć, jeśli się przyjmie pewne jednostki utajone, które przy odpowiednich kombinacjach muszą wyjść na jaw i stać się właściwościami widocznymi nazewnątrz. Oto przykład, dosadnie ilustrujący słowa powyższe i wykazujący zarazem w świetny sposób, jak owe wywody teoretyczne pozostają w najzupełniejszej zgodzie z faktami.

Okazuje się mianowicie, że, skoro skrzyżujemy dzikie,

szare króliki z albinosami, w pierwszym pokoleniu, F_1 , otrzymamy same szare osobniki (cecha szarości jest tu, oczywiście, przeważającą). Skoro zaś krzyżują się osobniki tego pokolenia (F_1), to w generacji następnej, F_2 , otrzymujemy niekiedy osobniki trojakie: szare, albinotyczne i czarne w stosunku następującym: na dziewięć szarych trzy czarne i cztery albinosy (Cuénót 1909). To samo otrzymać możemy niekiedy u myszy. Ze skrzyżowania myszy szarej z albinosem otrzymujemy, jak nam już wiadomo, w pokoleniu F_1 osobniki wyłącznie szare; ale ze skrzyżowania ostatnich otrzymamy w pokoleniu F_2 : szare, czarne (jako nowość), oraz białe w stosunku 9:3:4.

Otóż Cuénót w celu objaśnienia tego zjawiska przyjmuje u swoich myszy następujące czynniki dziedziczne: C (chromogen) — czynnik wytwarzania się barwika, G — czynnik szarości — oba dominujące, oraz czynnik A — albinizmu (braku barwika) i czynnik N — czarności, oba recesywne (przyczem N lub G tkwić mogą utajone w albinosach). Mamy więc dwie pary cech antagonistycznych: 1) C — dominującą i A — recesywną oraz 2) G — dominującą i N — recesywną. Z tych czterech czynników C , G , A , N możliwe są w gametach każdej płci cztery następujące kombinacje: CG , CN , AG , AN .

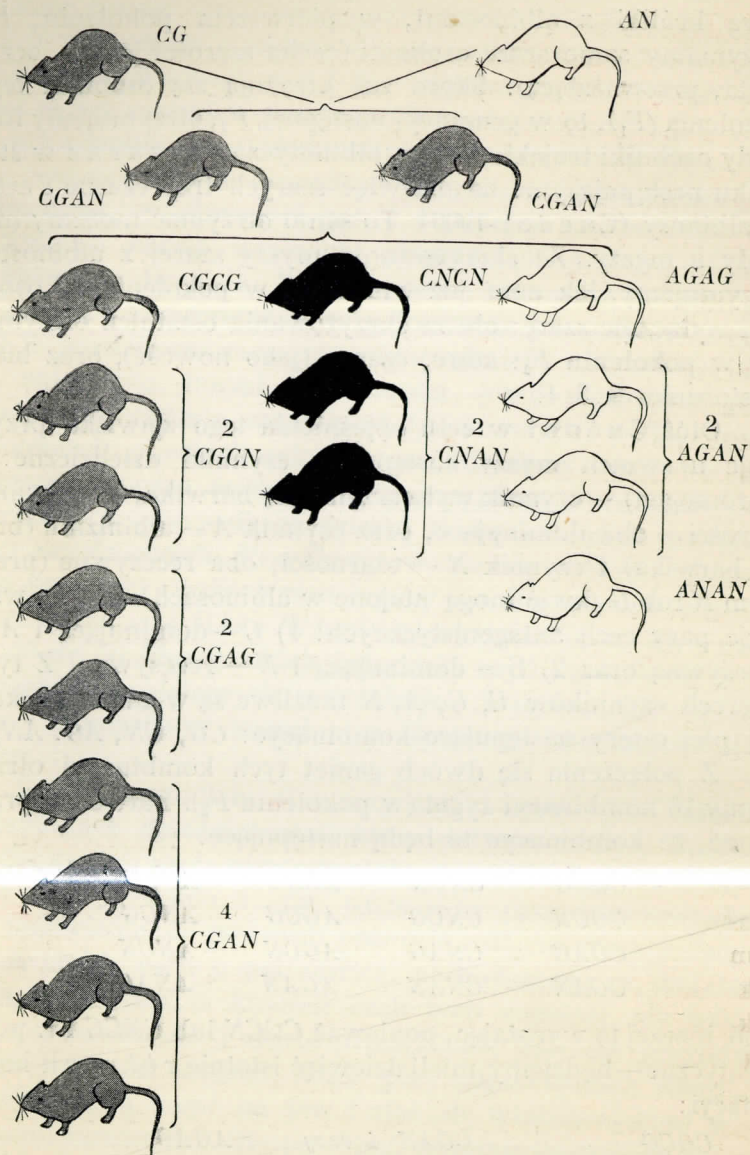
Z połączenia się dwóch gamet tych kombinacji otrzymamy 16 kombinacji zygot (w pokoleniu F_2). Łatwo się przekonać, że kombinacje te będą następujące:

$CGCG$	$CNCN$	$AGAG$	$ANAN$
$CGCN$	$CNCG$	$AGCG$	$ANCG$
$CGAG$	$CNAG$	$AGCN$	$ANCN$
$CGAN$	$CNAN$	$AGAN$	$ANAG$

albo, inaczej to wyrażając, ponieważ $CGCN$ lub $CNCG$ i t. p. są identyczne — będziemy mieli dziewięć istotnie różnych kombinacji:

$CGCG$	$CGAN$ 4 razy	$AGAG$
$CGCN$ 2 razy	$CNCN$	$AGAN$ 2 razy
$CGAG$ 2 razy	$CNAN$ 2 razy	$ANAN$

Ponieważ zaś, dalej, G (szarość) dominuje nad N (czarnością), a C (wytwarzanie się barwika) nad A (albinotyzm), przeto



Rys. 55. Krzyżowanie się myszy szarej z albinosem. W pokoleniu F_1 otrzymujemy szare mieszańce; w następnych pokoleniach zachodzi rozszczepienie na szare, czarne, białe. (Wedł. Cuénota, nieco zmienione).

szare będą nie tylko osobniki *CGCG*, lecz i *CGCN*, *CGAG* i *CGAN* (wszystkie podkreślone), czyli, ogółem, na szesnaście kombinacji ubarwienia powinno być dziewięć szarych. Dalej, całkiem czarne będą osobniki *CNCN* i *CNAN* — czyli, ogółem, na 16 osobników 3. Wreszcie całkiem białe będą *AGAG* (albowiem niema tu *C*, czyli czynnika wytwarzania się wogóle barwika), *AGAN* (bo i tutaj brak *C*) oraz *ANAN* (brak bowiem również *C*), czyli, ogółem, na 16 osobników pokolenia F_2 — 4 osobniki białe. Słowem, na 16 osobników pokolenia F_2 otrzymamy szare, czarne i białe w stosunku 9:3:4. Otóż ten teoretycznie przewidziany wynik znakomicie stwierdzają fakta, Cuénot bowiem w wyżej przytoczonym przypadku otrzymał istotnie na każde szesnaście osobników pokolenia F_2 myszy szare, czarne i białe w stosunku liczbowym 9:3:4, jak widzimy na załączonym tu rys. 55.

Z powyższego rozważania wynika, że teoria czynników ma dosyć silne podstawy naukowe, skoro za jej pomocą przewidzieć się dają pewne fakta z dziedziny nauki o dziedziczności, zwłaszcza zaś tej jej części, która zajmuje się sprawą bastardacji, krzyżowania. Hipoteza, przewidująca fakta, hipoteza, za której pomocą różnorodne grupy faktów niejasne lub zgoła niezrozumiałe dają się doskonale wyświetlić i nawet, jak powiedzieliśmy, z góry przewidzieć, nabiera wielkiego znaczenia naukowego.

Przyjmując owe czynniki, czyli jednostki dziedziczne, dochodzimy do wniosku, że w komórkach płciowych nie tkwią zawiązki widocznych dla nas znamion dziedzicznych ustroju, lecz tylko zawiązki pewnych jednostek elementarnych, których kombinacje składają się na cechy widoczne, odróżniające daną formę, czy, powiedzmy, daną rasę od innych. Stąd wniosek, że niewątpliwie wszelkie właściwości ustroju, mogące przekazywać się dziedzicznie bliższemu lub dalszemu potomstwu, są zbiorami pewnych czynników elementarnych. Mimowoli nasuwa się tu porównanie z teorią molekularno-atomistycznej budowy ciał chemicznych, z teorią, według której od układu i składu elementarnych jednostek materii zależą wi-

doczne dla nas własności fizyczne i chemiczne ciał. Rzecz prosta, iż teoria czynników ma przed sobą olbrzymie widnokręgi naukowe, że stać się może podnietą do bardzo rozległych badań w tej całkiem nowej, a nieoczekiwanej dziedzinie biologii.

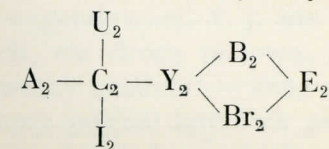
Wszelako dzisiaj samo pojęcie owych czynników jest nieco nieuchwytnie, a zwłaszcza ze względu na to, pod jaką, że tak powiem, postacią wyobrazić je sobie należy w komórkach płciowych. Operujemy pojęciem, że np. w tej lub owej gamecie tkwią czynniki *CGCN* lub t. p., jak w ostatnim przykładzie; ale pod jaką postacią występują one w gametach, czy, że tak powiem, energetycznie, funkcjonalnie, czy też i materyalnie, to [znaczy, że każdy czynnik elementarny przywiązany jest do pewnej jednostki organizowanej? Zdaje mi się, że bezwarunkowo przyjąć należy ostatnio wyrażone przypuszczenie. Albowiem każdy czynnik, każda jednostka elementarna jako zawiązek jakiejś właściwości biologicznej, czy to barwy włosa, jego gęstości, czy zdolności wytwarzania się barwików w komórkach skóry i t. p., każdy taki zawiązek, jako natury biologicznej, musi mieć jakieś podścielisko organizowane. Tylko czysto chemiczne i fizyczne właściwości przywiązane być mogą do materii nieorganizowanej, do drobin i niedziałek, biologiczne zaś muszą mieć podłoże organizowane, organizacja bowiem to warunek nieodzowny wszelkich spraw życiowych, choćby najelementarniejszych. Skoro tak, możemy więc zapytać: czy owym funkcjonalnym czynnikiem dziedzicznym, tkwiącym w gametach, odpowiadają jakieś jednostki organizowane?

Odpowiedź na to pytanie jest bardzo trudna, jakkolwiek, według mego zdania, powinna brzmieć twierdząco. Być może, iż owe jednostki energetyczne odpowiadają hipotetycznym determinantom weismannowskim, t. j. drobnym, organizowanym cząstkom „plazmy zarodkowej“, stanowiącym zawiązki samodzielnie zmiennych grup komórek ustroju dorosłego*.

* Weismann wyobraża sobie, że owe determinanty składają się z najmniejszych cząstek organizowanych, nazywanych przezeń bioforami, a same łączą się w wyższe jednostki morfologiczne — idy; każdy id ma zawierać wszystkie rodzaje determinantów i łączyć się w jeszcze

Zdania tego jest również Haecker, twierdząc, że „determinanty Weismanna stanowią niejako morfologiczne odpowiedniki „czynników“, jako jednostek o charakterze bardziej fizyologicznym“.

Haecker sądzi, że myśl tę popiera także Castle, starając się wyrazić zawarte w zygocie czynniki w postaci łańcuchowo z sobą połączonych znaków, podobnie jak we wzorach chemicznych; owo połączenie łańcuchowe przypomina bowiem myśl Weismanna, że i determinanty połączone są z sobą łańcuchowo w wyższe jednostki morfologiczne plazmy zarodkowej, nazwane przez Weismanna idami. Sądzę, że zainteresuje to czytelników, w jaki sposób Castle przedstawia owe „wzory“ jednostek, czyli czynników dziedzicznych. W zygocie powstałej z połączenia dwóch jednakowych (t. j. te same zawierających czynniki) gamet, czyli w „homozygocie“ królika o „dzikiej“, szarej barwie, Castle (1910, p. Haecker 1911) przyjmuje następujący „wzór“ jednostek, czyli czynników dziedzicznych, dotyczących ubarwienia:



gdzie *C* przedstawia czynnik wytwarzania się barwika (chromogen), *A* — t. zw. czynnik *aguti* (t. j. czynnik ubarwienia właściwego wielu dzikim przodkom gryzoniów, np. gatunkowi *aguti* — *Dasyprocta aguti*), *B* — czynnik czarności (odpowiada *N* w terminologii Cuénota), *Br* — brunatności, *Y* — żółtości, *I* — natężenia (*intensity*), *E* — rozmieszczenia (*extension factor*), t. j. równomiernego rozmieszczenia barwika brunatnego i czarnego na tle ubarwienia żółtego, wreszcie *U* — jednostajności (*uniformity*), t. j. jednostajności ubarwienia (w przeciwieństwie do plamistości).

wyższe jednostki — idanty, odpowiadające chromozomom. Ponieważ teorię ciągłości plazmy zarodkowej Weismanna przedstawiłem obszerniej w książce mojej „Szlakami Wiedzy“ (wyd. 2.), nie będę tu jej opisywał, lecz odsyłam czytelnika do tej książki (rozdział o dziedziczności).

Dosyć dużo czasu i miejsca poświęciliśmy teorii czynników, ponieważ wydaje nam się ona pierwszorzędnej wagi, ideą wielkiej przyszłości, która doprowadzi do bardzo ścisłej analizy zjawisk dziedziczności i skieruje genetykę na nowe, niezmiernie obiecujące tory.

ROZDZIAŁ OSIEMNASTY.

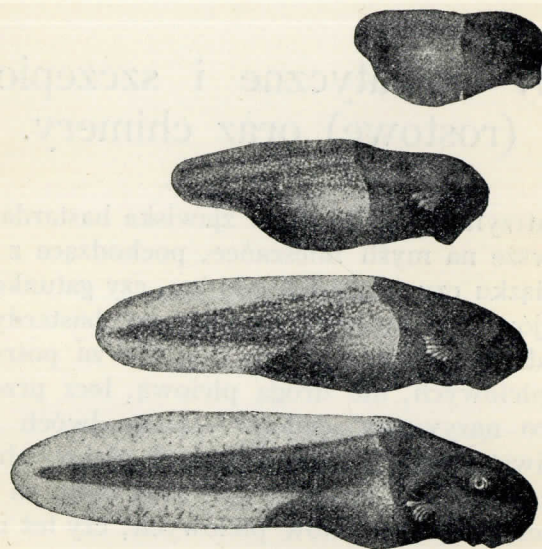
Bastardy somatyczne i szczepionkowe (rostowe) oraz chimery.

Rozpatrzyliśmy wyżej różne zjawiska bastardacyi, mając zawsze na myśli mieszańce, pochodzące z płciowego związku czy to dwóch odmian, czy gatunków lub nawet rodzajów. Ale możemy zapytać, czy bastardy powstają także na drodze wegetatywnej, t. j. nie za pośrednictwem komórek płciowych, nie drogą płciową, lecz przez łączenie się tego, co nazywamy „ciałem” — *soma* dwóch osobników i co przeciwstawiamy pojęciu komórek płciowych. Możemy, słowem, zapytać: czy bastardy powstają tylko za pośrednictwem łączenia się elementów płciowych, czy też i na drodze somatycznej?

Co się tyczy świata zwierzęcego, nie znamy dotychczas ani jednego faktu, któryby przemawiał za możliwością tego rodzaju bastardacyi. Znamy wprawdzie, dzięki poszukiwaniom Borna, Harrisona, Morgana nad płazami, Cramptona nad motylami oraz Korschelta i jego uczniów nad dżdżownicami różnych gatunków, istoty podwójne, powstałe sztucznie ze zrośnięcia się dwóch części ciała, należących do różnych pokrewnych gatunków, ale składowe części ciała obu istot są w takim podwójnym tworze ściśle od siebie odgraniczone. Można by je ostatecznie przyrównać do bastardów mozaikowych, podobnych np. do tych, jakie powstają ze skrzyżowania się dwóch gatunków jedwabników, a jakie opisaliśmy na str. 236, ale podobieństwo to jest tyl-



ko pozorne, różnica zaś zasadnicza polega na sposobie powstawania bastardów jednego i drugiego rodzaju, na ich genezie. W przypadku bowiem, dotyczącym się jedwabników, bastard mozaikowy powstał z jaja jednego gatunku, zapłodnionego plemnikiem drugiego; tu więc mieliśmy jedno wspólne jajo, jeden zarodek, jednoczący w sobie znamiona obu mieszańców, a tylko końcowy efekt rozwoju wykazywał pewne cechy (w tym przypadku dotyczące ubarwienia), rozło-

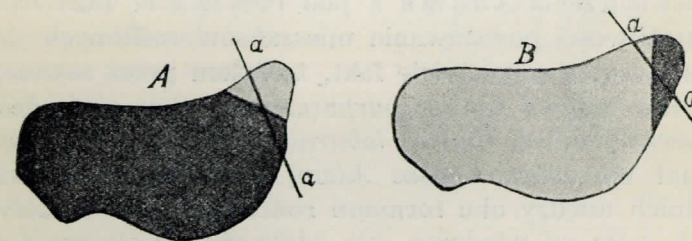


Rys. 56. Sztucznie wytworzone larwy żab, złożone na przodzie z odcinka żaby leśnej (*Rana silvatica*), w tyle z odcinka żaby błotnej (*R. palustris*), różnego wieku. (Wedł. Harrisona z Goldschmidta).

żone mozaikowo na jedną, względnie drugą połowę ciała. W przypadkach zaś rzekomych mieszańców, powstałych np. ze zrośnięcia się przedniej części ciała osobnika gatunku A z tylną częścią ciała osobnika gatunku B, mamy tylko zrost, zespolenie dwóch części ciała, a zresztą najzupełniejszą ich samoistność. Gdybyśmy wszakże przekonali się, że komórki płciowe takich istot, powstałych z zespolenia w jedną całość części dwóch różnych gatunków, przekazują potomstwu cechy mieszane, moglibyśmy twierdzić, że tu bastardy pierwszego po-

kolenia powstają drogą wegetatywną, bo ich istotnej natury bastardowej dowodziłoby potomstwo zrodzone z ich komórek płciowych. Wszelako zdaje się najmnieszej nie ulegać wątpliwości, że komórki każdego z dwóch odcinków takiego podwójnego osobnika zachowują zdolność wydawania potomków, podobnych do formy, do której należy dany odcinek, zgoła nie przekazując mu cech swego partnera.

Takie podwójne istoty otrzymali Born i Harrison (rys. 56), odcinając przednią część ciała kijanki (głowacza) jednego gatunku żaby (np. *Rana silvatica*) i przykładając ją, przy zachowaniu różnych ostrożności, do odciętej tylnej części ciała in-



Rys. 57. A — Larwa żaby leśnej z przeszczepionym na nią ogonem żaby błotnej, B — larwa żaby błotnej z przeszczepionym na nią ogonem żaby leśnej; a, a — linia przekroju. (Wedł. Morgana).

nego gatunku (np. *Rana palustris*)*; obie części się złąły, głowacz podwójny rozrósł się, dojrzał, przeobraził się. W ten sposób Harrison otrzymał nawet żaby dorosłe, złożone w przedniej części ciała z odcinka jednego gatunku, w tyle z odcinka innego gatunku (np. z przodu *Rana pipiens*, w tyle *Rana palustris*). Ale oba odcinki zawsze, jak powiedziałem, zachowują zupełną samoistność; piękny na to dowód przytoczył H. T. Morgan (rys. 57). Na przednią część ciała larwy żaby leśnej (*R. silvatica*) przeniósł on ogonową część larwy żaby błotnej (*R. palustris*), a po zrośnięciu się obu fragmentów odciął tylną część ciała powstałej stąd istocie podwójnej za pomocą cięcia ukośnego, tak, iż usunął po części jednego i drugie-

* Takie łączenie części ciała, pochodzących z różnych osobników nosi wogóle nazwę przeszczepiania, transplantacji, a mówić będziemy o tem w jednym z późniejszych rozdziałów (w t. II.).

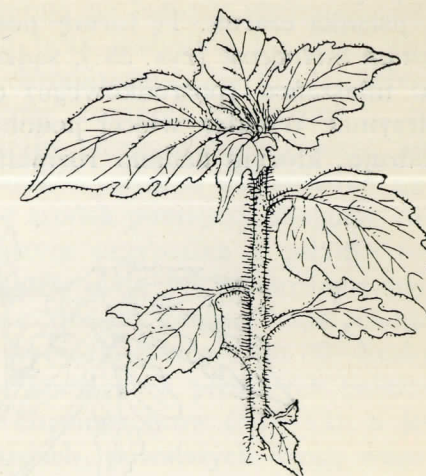
go partnera. Okazało się, że nastąpiło odrodzenie, czyli regeneracja* części odciętej, ale każdy z partnerów zregenerował własne swoje tkanki, które nie zjednoczyły się w jedną całość z sąsiednimi, w tkankę mieszaną. Dowód zupełnej samoistności obu partnerów, sztucznie z sobą zespolonych.

Nieco inaczej przebiegają doświadczenia nad roślinami, u których wogóle przeszczepianie jednych ras na drugie bez porównania jest łatwiejsze i jako t. zw. okulizowanie lub szczepienie ogromną, jak wiadomo, odgrywa rolę w sadownictwie i ogrodnictwie. Karol Darwin w dziele swem O zmienności zwierząt w stanie kultury przytacza doświadczenia Adama z pod Paryża z r. 1829 na dowód możliwości powstawania mieszańców roślinnych drogą wegetatywną, a mianowicie fakt, że Adam przez zaszczepienie pędów krzewu *Cytisus purpureus* na t. zw. złoty deszcz, czyli szczodrzeniec, *Cytisus laburnum* s. *Laburnum vulgare*, otrzymał mieszańca *Cytisus Adami* o cechach mniej więcej pośrednich między obu formami rodzicielskimi, jakkolwiek później, o ile mi wiadomo, nie udało się już otrzymać drogą wegetatywną tego mieszańca. Pochodzenie swe zdradza *C. Adami* tem, że niejednokrotnie występuje w nim powrót ku jednemu ze szczepów pierwotnych, tak iż to samo drzewo ma np. grona kwiatowe żółtego, purpurowego szczodrzenia lub grona mieszane. Istnieją w botanice wzmianki historyczne także o pewnych innych mieszańcach roślinnych, powstałych jakoby drogą wegetatywną przez zaszczepienie pędu jednego gatunku roślin na inny gatunek pokrewny. Wszelako danym tego rodzaju przez długi czas nie przypisywano większego znaczenia; sądzono, że w wielu przypadkach spostrzeżenia nie były dosyć ściśle i pewne.

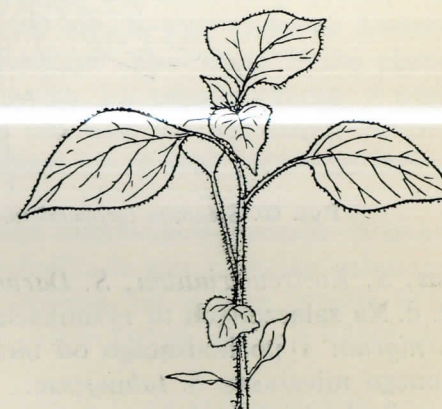
Ale całe to zagadnienie na nowe weszło tory i wzbudziło u biologów żywe zainteresowanie od czasu, kiedy Winkler przeprowadził swe niezmiernie interesujące doświadczenia nad bastardacją wegetatywną u pewnych roślin psiankowatych (1908, 1909, 1910). Za pomocą wcięcia klinowego za-

* O regeneracji będzie mowa w jednym z późniejszych rozdziałów (p. T. II).

szczepił on pędowi pomidora (*Solanum lycopersicum*, rys. 60.) pęd psianki czarnej (*S. nigrum*, rys. 59.), a gdy zaszczepiony pęd przyrósł do podłoża, przeciął pęd pomidora w ten sposób, iż na powierzchni przekroju znajdowały się tkanki obu gatunków (t. j. pomidora i psianki czarnej). Z rany tej — t. j. z tkanki przyrannej (*callus*) — zróżnicowały się nowe punkty wegetacyjne, z których wyrosły nowe pędy; ostatnie można było odciąć, zakorzenić i w dalszym ciągu osobno hodować. Śród tych pędów, powstałych z tkanki przyrannej, gdzie znajdowały się, jak wiemy, obok siebie tkanki obu gatunków, można było rozróżnić takie, które były czystego typu pomidora, takie, co przedstawiały czysty typ psianki czarnej, oraz takie, które zawierały wprawdzie tkanki obu gatunków, ale w ten sposób, że liście ich były w jednej połowie o typie liści pomidorowych, w drugiej zaś o typie liści psianki czarnej. Ostatniego rodzaju istoty podwójne, wykazujące po jednej stronie (połowie) jeden typ, po drugiej drugi, nazwano chimeryami. Ale oprócz tych wszystkich rodzajów pędów, otrzy-

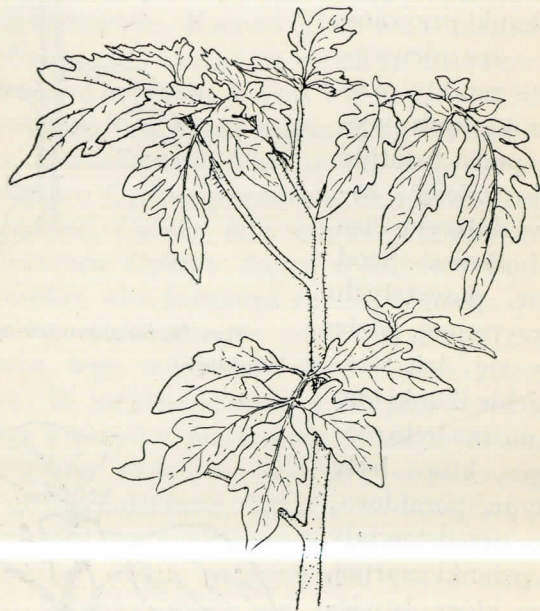


Rys. 58. *Solanum tubigenense*. (Wedl. Winklera).



Rys. 59. *Solanum nigrum*. (Wedl. Winklera).

mał Winkler po długich próbach również i takie, które, zwłaszcza ze względu na liście, były rzeczywiście pośrednie pomiędzy obu formami pierwotnymi, t. j. między pomidorem a psianką czarną. Tę formę pośrednią nazwał Winkler *Solanum tubingense* (rys. 58.), sądząc, że otrzymał prawdziwego mieszańca (pośredniego) drogą wegetatywną. Później otrzymał Winkler więcej podobnych „mieszańców” różnego rodzaju, którym nadano rozmaite nazwy, np. *Solanum pro-*



Rys. 60. *Solanum lycopersicum*. (Wedł. Winklera).

teus, *S. Koelreuterianum*, *S. Darwinianum*, *S. Gaertnerianum* i t. d. Na załączonych tu rysunkach widzimy *S. lycopersicum*, *S. nigrum* i pochodzącego od nich drogą wegetatywną rzekomego mieszańca *S. tubingense*.

Zachodzi jednak pytanie, czy otrzymane przez Winklera *S. tubingense* (oraz inne formy) jest istotnie mieszańcem, mającym takie samo znaczenie biologiczne, jak mieszańce prawdziwe, powstające ze związku płciowego dwóch różnych gatunków lub odmian. Przypomnijmy sobie, że, jeżeli skrzy-

żujemy odmianę glisty końskiej *Ascaris megalocephala* var. *bivalens*, której dojrzałe komórki płciowe zawierają po dwa chromozomy, z odmianą *Ascaris megalocephala* var. *univalens*, której komórki płciowe zawierają po jednym chromozomie, to jajo zapłodnione bastarda oraz wszystkie komórki jego ciała zawierać będą po trzy chromozomy ($2+1$). Tu zatem bastard pod względem budowy komórek płciowych i, co ważniejsza, pod względem liczby chromozomów, która, jak wiemy, jest stałą i nader charakterystyczną dla różnych gatunków, zajmuje rzeczywiście środek pomiędzy obojgiem rodziców. Jakże zaś jest w naszym przypadku z psianką tubińską? Otóż komórki pomidora mają po 24 chromozomy, jego dojrzałe komórki płciowe po 12; komórki zaś psianki czarnej po 72, a dojrzałe jej komórki płciowe po 36—liczby bardzo różne. U mieszańca w komórkach płciowych należałoby zatem oczekiwać po 48 chromozomów ($36+12$); a jeżeli przypuścimy, że w bastardach, powstałych drogą wegetatywną nie odbywa się redukcja chromatyny (redukcja liczby chromozomów do połowy), to możemy oczekiwać, że liczba chromozomów w komórkach ciała owego rzekomego mieszańca wynosić będzie przynajmniej wprost sumę zwykłej liczby chromozomów obu mieszańców, czyli 96 (t. j. $72+24$). Tymczasem Winkler przekonał się, iż jego rzekome bastardy zawierały w swych komórkach albo taką liczbę chromozomów, jak pomidor, albo taką, jak psianka czarna. A więc pod tym względem psianka tubińska nie jest takim bastar-dem, jak mieszańce, powstające na drodze płciowego krzyżowania*.

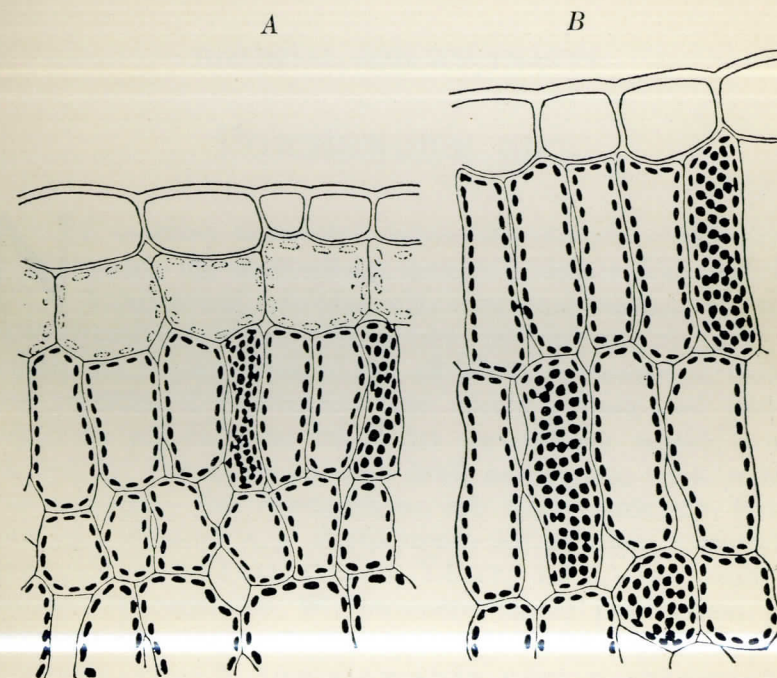
Ale, co ciekawsze, dalsze interesujące badania Winklera, Baura i innych dowiodły, że owe rzekome mieszańce nie są istotnie zgoła bastardami, bo w nich istnieją tylko [obok siebie tkanki obu form pierwotnych,

* Musimy tu wszelako zaznaczyć, że Winkler otrzymał drogą wegetatywną jedną formę mieszańca, mianowicie *Solanum Darwinianum*, w którego komórkach liczba chromozomów wynosiła rzeczywiście 48. Byłby to istotnie przykład bastarda otrzymanego drogą wegetatywną, lecz badania nad tym rzekomym mieszańcem są jeszcze niezupełne, i dlatego wstrzymać się musimy od wniosków odnośnych.

tak iż jedna tkanka tworzy jak gdyby zewnętrzną powłokę dla drugiej, otaczając ją zzewnątrz; słowem, Baur przekonał się, że i te rzekome bastardy są chimarami, różniąciami się od typowych chimer tem, że u ostatnich z jednej strony (w jednej połowie) znajdują się tkanki jednego partnera, z drugiej drugiego, u chimer zaś tych rzekomych bastardów tkanki jednego partnera otaczają zzewnątrz tkanki drugiego. Baur nazywa takie chimery chimarami periklinalnymi. Nie można więc i z tego względu nazywać takich tworów mieszańcami, podobnie jak mieszańcami nie są podwójne ustroje zwierzęce, np. żaby, złożone w jednej połowie z tkanek jednego gatunku, w drugiej z tkanek drugiego, sztucznie tu z sobą zespolonych.

Powiedzieliśmy, iż Baur nazywa takie zespolenie tkanek dwóch ras lub gatunków, w którym tkanka jednego gatunku otacza tkanki drugiego, podobnie jak rękawiczka otacza rękę — chimarami periklinalnymi. Otóż w takich chimarach liść lub łodyga albo wierzchołek wzrostu pędu jednego gatunku tkwi jakby w skórze drugiego, t. j. tkanka jednego gatunku powleczone jest zzewnątrz naskórkiem drugiego. W bardzo piękny sposób otrzymał Baur chimery periklinalne w pelargonii, używając dwóch jej odmian: o liściach zielonych i o liściach białych. Formy białolistne nie mogą się atoli odżywiać samodzielnie i dobrze przeto prosperują tylko wówczas, gdy rosną na formach zielonolistnych. Otóż w podobny sposób, jak Winkler, drogą przeszczepiania jednej formy na drugą, otrzymał Baur chimery tych zespolonych z sobą roślin, ale chimery periklinalne, w których np. biała zewnętrzna tkanka liściowa otacza tkankę wewnętrzną — zieloną. W takich liściach naskórek składa się z tkanki białej, część zaś środkowa z zielonej, czyli tkanki dwóch różnych form są tu ułożone obok siebie (a właściwie jedna pod drugą), jak widzimy na rys. 61 A, wyobrażającym część przekroju przez liść chimery periklinalnej. Z kolei okazało się, że rzekome mieszańce wegetatywne Winklera, pochodzące od dwóch gatunków psiankowatych, są takiemiż chimarami periklinalnymi, jak owe twory pelargonii; ów rzekomy bastard wegetatywny *Solanum tubingenense* jest chimera perikli-

nalną, w której zzewnątrz znajduje się tkanka komórkowa pomidora, a w środku tkanka psianki czarnej. A to samo dotyczy się także *Cytisus Adami*, jak wykazał był jeszcze Mac Farlane; *Cytisus Adami* jest chimera periklinalną — jest zwykłym złotym deszczem, *Laburnum vulgare*, pokrytym przez naskórek *Cytisus purpureus*. Badania te stwierdził w ostat-

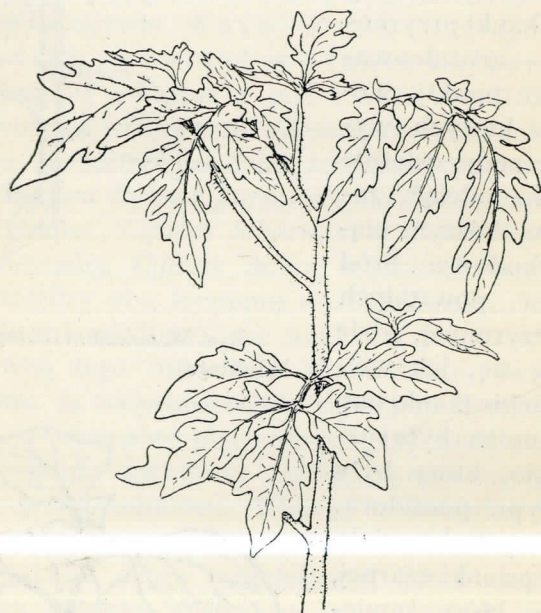


Rys. 61. Przekrój przez część blaszki liściowej pelargonii normalnej (B) oraz chimery periklinalnej pelargonii (A), gdzie zzewnątrz (u góry) jest tkanka biała (bezhlorofilowa), głębiej (niżej) zielona. (Wedł. Baura).

nich latach J. Buder (1910), który, zbadawszy histologię płatków *C. Adami* i opierając się na rozmieszczeniu barwników w różnych warstwach komórek, wykazał, że u *Cytisus Adami* tylko naskórek należy do *C. purpureus*, wszystkie zaś inne tkanki do *Laburnum vulgare*.

Tak więc dotychczasowe badania nie stwierdzają przypuszczenia, jakoby drogą wegetatywną powstawać mogły ty-

mał Winkler po długich próbach również i takie, które, zwłaszcza ze względu na liście, były rzeczywiście pośrednie pomiędzy obu formami pierwotnymi, t. j. między pomidorem a psianką czarną. Tę formę pośrednią nazwał Winkler *Solanum tubingense* (rys. 58.), sądząc, że otrzymał prawdziwego mieszańca (pośrodkowego) drogą wegetatywną. Później otrzymał Winkler więcej podobnych „mieszańców” różnego rodzaju, którym nadano rozmaite nazwy, np. *Solanum pro-*



Rys. 60. *Solanum lycopersicum*. (Wedł. Winklera).

teus, *S. Koelreuterianum*, *S. Darwinianum*, *S. Gaertnerianum* i t. d. Na załączonych tu rysunkach widzimy *S. lycopersicum*, *S. nigrum* i pochodzącego od nich drogą wegetatywną rzekomego mieszańca *S. tubingense*.

Zachodzi jednak pytanie, czy otrzymane przez Winklera *S. tubingense* (oraz inne formy) jest istotnie mieszańcem, mającym takie samo znaczenie biologiczne, jak mieszańce prawdziwe, powstające ze związku płciowego dwóch różnych gatunków lub odmian. Przypomnijmy sobie, że, jeżeli skrzy-

żujemy odmianę glisty końskiej *Ascaris megalocephala* var. *bivalens*, której dojrzałe komórki płciowe zawierają po dwa chromozomy, z odmianą *Ascaris megalocephala* var. *univalens*, której komórki płciowe zawierają po jednym chromozomie, to jajo zapłodnione bastarda oraz wszystkie komórki jego ciała zawierać będą po trzy chromozomy ($2+1$). Tu zatem bastard pod względem budowy komórek płciowych i, co ważniejsza, pod względem liczby chromozomów, która, jak wiemy, jest stałą i nader charakterystyczną dla różnych gatunków, zajmuje rzeczywiście środek pomiędzy obojgiem rodziców. Jakże zaś jest w naszym przypadku z psianką tubińską? Otóż komórki pomidora mają po 24 chromozomy, jego dojrzałe komórki płciowe po 12; komórki zaś psianki czarnej po 72, a dojrzałe jej komórki płciowe po 36—liczby bardzo różne. U mieszańca w komórkach płciowych należałoby zatem oczekiwać po 48 chromozomów ($36+12$); a jeżeli przypuścimy, że w bastardach, powstałych drogą wegetatywną nie odbywa się redukcja chromatyny (redukcja liczby chromozomów do połowy), to możemy oczekiwać, że liczba chromozomów w komórkach ciała owego rzekomego mieszańca wynosić będzie przynajmniej wprost sumę zwykłej liczby chromozomów obu mieszańców, czyli 96 (t. j. $72+24$). Tymczasem Winkler przekonał się, iż jego rzekome bastardy zawierały w swych komórkach albo takąż liczbę chromozomów, jak pomidor, albo taką, jak psianka czarna. A więc pod tym względem psianka tubińska nie jest takim bastar-dem, jak mieszańce, powstające na drodze płciowego krzyżowania*.

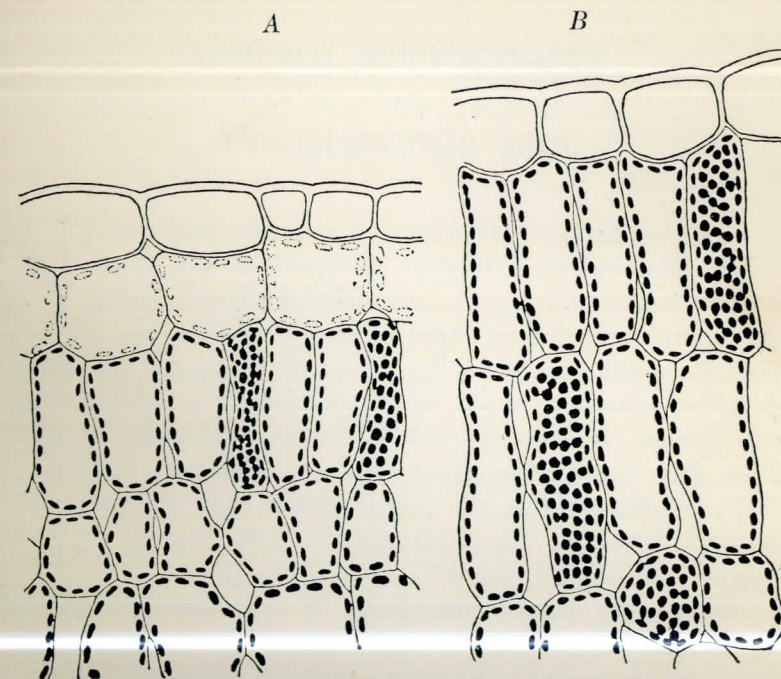
Ale, co ciekawsze, dalsze interesujące badania Winklera, Baura i innych dowiodły, że owe rzekome mieszańce nie są istotnie zgoła bastardami, bo w nich istnieją tylko [obok siebie tkanki obu form pierwotnych,

* Musimy tu wszelako zaznaczyć, że Winkler otrzymał drogą wegetatywną jedną formę mieszańca, mianowicie *Solanum Darwinianum*, w którego komórkach liczba chromozomów wynosiła rzeczywiście 48. Byłby to istotnie przykład bastarda otrzymanego drogą wegetatywną, lecz badania nad tym rzekomym mieszańcem są jeszcze niezupełne, i dlatego wstrzymać się musimy od wniosków odnośnych.

tak iż jedna tkanka tworzy jak gdyby zewnętrzną powłokę dla drugiej, otaczając ją zzewnątrz; słowem, Baur przekonał się, że i te rzekome bastardy są chimarami, różniąciami się od typowych chimer tem, że u ostatnich z jednej strony (w jednej połowie) znajdują się tkanki jednego partnera, z drugiej drugiego, u chimer zaś tych rzekomych bastardów tkanki jednego partnera otaczają zzewnątrz tkanki drugiego. Baur nazywa takie chimery chimarami periklinalnymi. Nie można więc i z tego względu nazywać takich tworów mieszańcami, podobnie jak mieszańcami nie są podwójne ustroje zwierzęce, np. żaby, złożone w jednej połowie z tkanek jednego gatunku, w drugiej z tkanek drugiego, sztucznie tu z sobą zespolonych.

Powiedzieliśmy, iż Baur nazywa takie zespolenie tkanek dwóch ras lub gatunków, w którym tkanka jednego gatunku otacza tkanki drugiego, podobnie jak rękawiczka otacza rękę — chimarami periklinalnymi. Otóż w takich chimarach liść lub łodyga albo wierzchołek wzrostu pędu jednego gatunku tkwi jakby w skórze drugiego, t. j. tkanka jednego gatunku powleczone jest zzewnątrz naskórkiem drugiego. W bardzo piękny sposób otrzymał Baur chimery periklinalne w pelargonii, używając dwóch jej odmian: o liściach zielonych i o liściach białych. Formy białolistne nie mogą się atoli odżywiać samodzielnie i dobrze przeto prosperują tylko wówczas, gdy rosną na formach zielonolistnych. Otóż w podobny sposób, jak Winkler, drogą przeszczepiania jednej formy na drugą, otrzymał Baur chimery tych zespolonych z sobą roślin, ale chimery periklinalne, w których np. biała zewnętrzna tkanka liściowa otacza tkankę wewnętrzną — zieloną. W takich liściach naskórek składa się z tkanki białej, część zaś środkowa z zielonej, czyli tkanki dwóch różnych form są tu ułożone obok siebie (a właściwie jedna pod drugą), jak widzimy na rys. 61 A, wyobrażającym część przekroju przez liść chimery periklinalnej. Z kolei okazało się, że rzekome mieszańce vegetatywne Winklera, pochodzące od dwóch gatunków psiankowatych, są takimiż chimarami periklinalnymi, jak owe twory pelargonii; ów rzekomy bastard vegetatywny *Solanum tubingenense* jest chimarą perikli-

nalną, w której zzewnątrz znajduje się tkanka komórkowa pomidora, a w środku tkanka psianki czarnej. A to samo dotyczy się także *Cytisus Adami*, jak wykazał był jeszcze Mac Farlane; *Cytisus Adami* jest chimarą periklinalną — jest zwykłym złotym deszczem, *Laburnum vulgare*, pokrytym przez naskórek *Cytisus purpureus*. Badania te stwierdził w ostat-



Rys. 61. Przekrój przez część blaszki liściowej pelargonii normalnej (B) oraz chimery periklinalnej pelargonii (A), gdzie zzewnątrz (u góry) jest tkanka biała (bezhlorofilowa), głębiej (niżej) zielona. (Wedł. Baura).

nich latach J. Buder (1910), który, zbadawszy histologię płatków *C. Adami* i opierając się na rozmieszczeniu barwników w różnych warstwach komórek, wykazał, że u *Cytisus Adami* tylko naskórek należy do *C. purpureus*, wszystkie zaś inne tkanki do *Laburnum vulgare*.

Tak więc dotychczasowe badania nie stwierdzają przypuszczenia, jakoby drogą vegetatywną powstawać mogły ty-

powe bastardy, nie stwierdzają tego u zwierząt, a co do roślin, to pierwotne poszukiwania Winklera, które o tem świadczyły, nie zostały, jak widzimy, w ostatnich latach potwierdzone ani przez samego Winklera, ani przez innych botaników.

ROZDZIAŁ DZIEWIĘTNASTY.

Powstawanie płci.

Nie możemy zakończyć rozważań naszych o dziedziczności, nie dotknąwszy sprawy powstawania płci, bo każdy ustrój, odziedziczając całą sumę rozmaitych cech po rodzicach swoich, dziedziczy także po jednym z nich płć — męską lub żeńską. Sprawa ta oddawna zastanawiała biologów i laików, i zadawano sobie często pytanie: od jakich zależy to przyczyn, że raz rodzi się osobnik męski, drugi raz żeński? Dawniejsi badacze brali pod uwagę wiek rodziców względny lub bezwzględny, ich odżywianie się, świeżość jaj i plemni i t. p. Posiłkowano się tu wiele statystyką (Hofacker, Sadler, Plöss, Thury i t. d.), ale rezultaty okazały się rozbieżne. W literaturze naszej poruszałem już kilkakrotnie ten przedmiot, np. w r. 1884 w dziełku p. t. O przyczynach powstawania płci u człowieka i zwierząt, a z kolei w r. 1909 w szkicu p. t. Przyczyny powstawania płci w świetle nowszych badań, zawartym w książce „Szlakami wiedzy“ (wyd. 2.). Czytelnika, interesującego się tą sprawą, odsyłam do ostatnio przytoczonego szkicu, który może stanowić niejako wstęp historyczny do zajmującego nas w tej chwili przedmiotu, obecnie bowiem pragnę poruszyć głównie te strony zagadnienia, których w tamtym szkicu nie uwzględniłem, a które dopiero w ostatnich latach wysunęły się na pierwszy plan w całym tym przedmiocie i w tej chwili szczególnie są aktualne.

W sprawie czynników warunkujących powstawanie płci

wypowiadano, jak rzekliśmy, najrozmaitsze poglądy, a jakkolwiek wszystkie opierały się rzekomo na pewnych faktach, to jednak w bardzo wielu przypadkach albo same fakty okazały się, po bliższym zbadaniu, błędnymi, albo wyprowadzone z nich wnioski opaczными. Postaramy się przeto zwrócić uwagę czytelnika przede wszystkim na te grupy faktów, których pewność nie ulega wątpliwości, które zostały nader ściśle stwierdzone, te bowiem mają największe znaczenie w tak trudnej i spornej sprawie, jaką jest dziedziczenie tej lub owej płci. A, zdaniem moim, mamy dziś kilka takich całkiem pewnych grup faktów, żadnej nie ulegających wątpliwości.

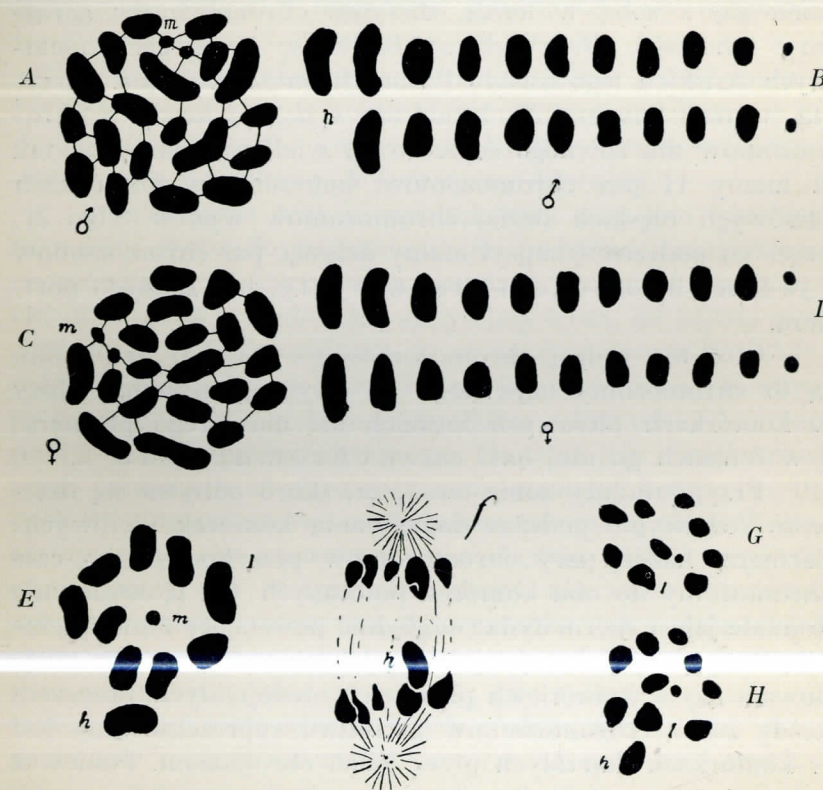
Pierwsza grupa dotyczy t. zw. chromozomów dodatkowych, czyli chromozomów X, w komórkach płciowych, a w sprawie tej mamy piękne badania całego szeregu wybitnych badaczy, np. Henkinga, Mc. Clunga, Mevesa, H. T. Morgana, pani Stevens, Montgomery'ego (1910), a przede wszystkim E. B. Wilsona (1909, 1910).

Na podstawie tego, co wiemy o redukcji chromatyny (p. rozdział VIII.), czyli o zmniejszaniu się liczby chromozomów w dojrzałych komórkach płciowych dokładnie do połowy w porównaniu z liczbą ich w komórkach niedojrzałych, lub co wiemy w sprawie t. zw. synapsy, podczas której odbywa się łączenie chromozomów w komórce płciowej parami, po dwa — na podstawie tego wszystkiego możemy przypuścić, że wogóle liczba chromozomów w komórkach płciowych niedojrzałych jest parzystą.

Ale, jak zauważyliśmy już na str. 133, w niektórych przypadkach, a przede wszystkim u wielu owadów, znaleziono w komórkach płciowych nieparzystą liczbę chromozomów, np. 21. Ażeby to było zrozumiałe i wiązało się z tem, co powiemy niżej, przypomnijmy sobie jeszcze jeden ważny fakt, o którym była już mowa na str. 195 i 197. Powiedzieliśmy tam, że w niektórych przypadkach chromozomy komórek płciowych tworzą t. zw. garnitur (Heider), złożony z chromozomów różnej wielkości, oraz że w stadium synapsy, poprzedzającym dojrzewanie, kiedy po dwa chromozomy zespalają się z sobą, układając się obok siebie, ze-

spalają się właśnie po dwa chromozomy jednakowej wielkości, partnerzy jednakowi.

Na rys. 62 przedstawiony jest według Wilsona garnitur chromozomów w prakomórce płciowej męskiej (prako-



Rys. 62. Garnitury chromozomów u pluskwiaka *Anasa tristis*. A — garnitur w prakomórce plemnikowej, B — chromozomy tegoż garnituru uszeregowane parami. C — garnitur prakomórki jajowej, D — chromozomy tegoż garnituru uszeregowane parami. E, F, G, H — podział przy dojrzewaniu komórek plemnikowych, do H przechodzi nieparzysty chromozom *h*. (Według Wilsona).

mórce plemnikowej) pluskwiaka *Anasa tristis* (A), poniżej zaś garnitur chromozomów w prakomórce jajowej tegoż owadu (C). W jednym i drugim widzimy chromozomy różnej wiel-

kości, dłuższe i grubsze, krótsze i cieńsze. Obok narysowane są te chromozomy obu garniturów parami osobno: na prawo od A przedstawiony jest niejako sposób czasowego zespalandia się z sobą w stadium synapsy chromozomów garnituru męskiego (B), na prawo zaś od C sposób zespalandia się z sobą w temże stadium chromozomów garnituru żeńskiego (D). Widzimy tu, że w komórkach płciowych żeńskich tego owadu liczba chromozomów jest parzysta, wynosi bowiem 22, i podczas synapsy każdy z chromozomów ma równego sobie co do wielkości partnera, tak iż mamy 11 par chromozomów; natomiast w komórkach płciowych męskich liczba chromozomów wynosi tylko 21, przez co podczas synapsy mamy dziesięć par chromozomów i jeden chromozom nieparzysty, bez żadnego partnera.

Otóż ten rodzaj chromozomów (w naszym przypadku są to chromozomy największe w całym garniturze), który w komórkach płciowych męskich nie ma swego partnera, a w żeńskich go ma, nosi nazwę chromozomów X.

Przypomnijmy sobie teraz, że, skoro odbywa się dziełnie redukcyjne podczas dojrzewania komórek płciowych, partnerzy każdej pary chromozomów przechodzą jako całe chromozomy do obu komórek potomnych, tak iż ostatecznie dojrzałe jajo i spermatyda (względnie powstający z niej plemnik) otrzymują połowę tej liczby chromozomów, jaka znajdowała się w komórkach płciowych niedojrzałych, przyczem każdy rodzaj chromozomów garnituru reprezentowany jest w komórkach dojrzałych przez jeden chromozom. Ponieważ zaś w naszym przypadku, tyczącym się *Anasa tristis*, w niedojrzałej komórce jajowej było 22 chromozomów, przeto w dojrzałej będzie ich tylko 11 (różnej wielkości). Natomiast, ponieważ w niedojrzałej komórce plemnikowej było 21 chromozomów, a podczas synapsy powstaje 10 par chromozomów i jeden chromozom bez partnera; ponieważ, dalej, podczas dojrzewania całe chromozomy przechodzą do obu spermatyd niepodzielone, więc rzecz prosta, że do jednej spermatydy przejdzie 10 chromozomów oraz ów nieparzysty partner, do drugiej zaś tylko 10 chromozomów; ostatecznie za-

tem będziemy mieli dwa rodzaje plemników: plemnik o 10 chromozomach i plemnik o 11 chromozomach, czyli, inaczej, plemnik bez chromozomu X oraz plemnik z chromozomem X. Na załączonym tu rys. 62. widzimy, jak przy podziale mającym wytworzyć dwie spermatydy (f) ku jednemu biegunowi przechodzi cały niepodzielony chromozom X (oznaczony na rysunku literą h), a po skutecznym podziale (w G i H) w jądrze jednej spermatydy (G) znajdujemy tylko 10 chromozomów garnituru, w jądrze zaś drugiej (H), oprócz tych 10 chromozomów, jeszcze chromozom dodatkowy X (oznaczony literą h).

Pamiętając o tem i zrozumiałwszy cały ten przebieg, nietrudny chyba do zrozumienia na podstawie wszystkiego, co mówiliśmy o dojrzewaniu komórek płciowych i redukcji chromozomów w rozdz. VIII., zapytajmy teraz, co będzie przy zapłodnieniu. Przypominam, że w naszym przypadku, dotyczącym *Anasa*, mamy jeden rodzaj jaj, wszystkie o 11 chromozomach, i dwa rodzaje plemników, z których jedne mają po 10 chromozomów, drugie po 11. Otóż jajo, zapłodnione przez plemnik o 10 chromozomach, posiadać będzie 11+10, czyli 21 chromozomów; zapłodnione zaś przez plemnik, posiadający 11 chromozomów, mieć będzie 11+11, czyli 22 chromozomy. To wątpliwości ulegać nie może. Ponieważ zaś fakta przekonywają nas, że u samców, tak w komórkach ciała, jak i w komórkach płciowych niedojrzałych, liczba chromozomów wynosi zawsze 21, gdy tymczasem u samic w komórkach ciała oraz w jajach niedojrzałych liczba chromozomów wynosi zawsze 22, wyprowadzamy więc stąd logiczny i konieczny wniosek, iż plemniki, zawierające dodatkowy chromozom X, dają po zapłodnieniu jaja samice, plemniki zaś pozbawione chromozomu X dają, po zapłodnieniu jaj, samce. Słowem, płeć przyszłego osobnika zależy od tego, jaki z dwóch rodzajów plemników (plemnik opatrzony chromozomem X lub plemnik pozbawiony go) zapłodni jajo, a, formułując to dokładniej, powiemy, że płeć żeńska przyszłego osobnika bywa wyznaczana przez obecność pewnego szczególnego chromozomu w plemniku, który nazwa-

liśmy chromozomem dodatkowym, czyli chromozomem X.

Wszelako niezawsze stosunki są tak proste, jak u pluskwiaka *Anasa*. U wielu owadów, należących przeważnie również do pluskwiaków, znajdujemy w komórkach męskich zamiast jednego po dwa chromozomy X, np. w rodzaju *Syromastes* albo u filoxery. W tych przypadkach jedne plemniki mają po dwa chromozomy X, inne wcale ich nie mają, a jajo zapłodnione posiada te dwa chromozomy X lub jest ich pozbawione, zależnie od tego, jaki plemnik je zapłodnił. Z jaja pierwszego powstaje osobnik płci żeńskiej. I tutaj więc obecność w plemniku owych dwóch chromozomów X warunkuje rozwój płci żeńskiej z zapłodnionego przezeń jaja. Kiedy indziej znów chromozom X nie jest bez partnera, lecz ma partnera nierównego sobie — nazwijmy go Y — mniejszego, niż X, jak w rodzaju *Lygaeus*. Badania wykazują, że w tym przypadku plemniki posiadające chromozom X warunkują powstanie samicy, plemniki zaś z chromozomem Y warunkują powstanie samca. Bywają u różnych pluskwiaków jeszcze inne modyfikacje odnośnych stosunków, których tu już rozpatrywać nie będziemy, a które również wykazują, że obecność w plemniku jednego, czy dwóch, czy nawet kilku chromozomów X warunkuje powstanie osobników żeńskich, jeżeli tylko jaja zapłodnione zostaną przez plemnik zawierający te chromozomy.

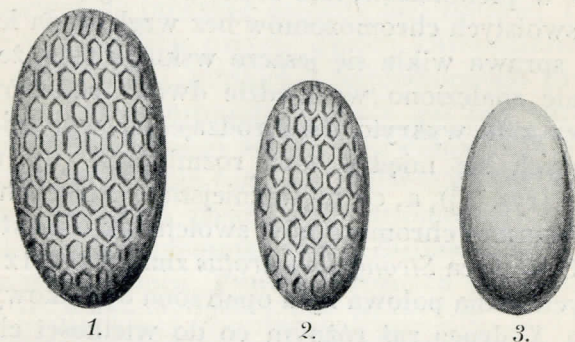
Ale taką dwupostaciowość, czyli dimorfizm, plemników ze względu na zawarte w nich chromozomy zauważono nie tylko u pluskwiaków; wykryto ją również u wielu innych grup owadów: u prostoskrzydłych, dwuskrzydłych, chrząszczy, siatkoskrzydłych, a także u wijów i pajęczaków; bardzo zaś być może, że analogiczne stosunki zachodzą i u niektórych obleńców (*Nematodes*), np. u glisty końskiej (Boveri, 1909), a zarówno też u niektórych kręgowców; nawet u człowieka istnieją, zdaje się, podobne zjawiska. Nie ulega wątpliwości, że uwaga badaczy, zwrócona specjalnie w tym kierunku, odłoni nam jeszcze wiele innych analogicznych stosunków u różnych zwierząt i że okaże się, być może, iż u wielu także innych zwierząt przewaga w liczbie chro-

mozomów, a mianowicie obecność tych, które oznaczyliśmy jako chromozomy X, warunkuje płć. Wszelako co do większości zwierząt zasada ta nie może, zdaje się, mieć żadnego zastosowania, bo u nich w rzeczywistości nie wykryto dwójakiego rodzaju plemników ze względu na właściwą im liczbę chromozomów, a niektórzy badacze, opierając się na specjalnych w tym kierunku poszukiwaniach, np. B. Zarnik (1911 r.) na podstawie swych dociekań nad chromozomami mięczaków skrzydłonogów, dochodzą do wniosku, że płć nie zależy od obecności większej lub mniejszej liczby chromozomów w plemnikach, lecz zapewne wogóle od jakości pewnych swoistych chromozomów bez względu na ich liczbę.

Cała sprawa wikła się jeszcze wskutek tego, że u wielu zwierząt nie znaleziono wprawdzie dwóch rodzajów plemników, lecz zato wykryto dwa rodzaje jaj, wybitnie niekiedy różniących się między sobą rozmiarami (np. u robaka *Dinophilus* [rys. 2.]), a, co najważniejsza, różniących się niekiedy garniturami chromozomów swoich, jak u niektórych jeżowców. U jeżowca *Strongylocentrotus* znalazł Baltzer (1909) jaja, których jedna połowa była opatrzona dodatkowym chromozomem X druga zaś różnym co do wielkości chromozomem Y oprócz, naturalnie, innych chromozomów, które w garniturach chromozomowych występowały parami. Na tej więc podstawie, jakkolwiek dotychczas nie mamy na to dowodów, możnaby twierdzić, że prawdopodobnie niezawsze w plemnikach, lecz w niektórych przypadkach, w jajach znajdują się chromozomy dodatkowe, które obecnością swoją warunkują powstanie pewnej określonej płci. W każdym jednak razie z chwilą dokonania się zapłodnienia płć przyszłego osobnika byłaby określona już w jaju, wobec czego wszelkie wpływy zewnętrzne na jajo zapłodnione nie mogłyby zmienić jego rozwoju w kierunku płci odmiennej.

Znane są także przypadki, w których jajo nawet przed zapłodnieniem jest już przeznaczone do wydania osobnika danej płci, przypadki wprawdzie nieczęste, ale zupełnie pewne. U robaka *Dinophilus* (p. rys. 2.), u filoksery (rys. 63.), u pewnych wrotków i pajęczaków jajnik produkuje dwa rodzaje jaj, jedne większe, drugie znacznie mniejsze; nadto u nie-

których form oba rodzaje jaj różnią się nie tylko wielkością, lecz także kształtem swym dosyć wybitnie. Otóż w tych przypadkach stwierdzono stanowczo, że z jaj jednego rodzaju (zwykle większych) powstają stale tylko samice, z jaj drugiego (zwykle mniejszych) tylko samce. Tutaj więc jaja nawet przed zapłodnieniem są przeznaczone do wydania osobników określonej tylko płci. Skoro zaś tak jest już u niektórych gatunków zwierząt, uzasadnionem więc będzie, jak sądzę, pytanie, czy zjawisko to nie jest bardziej rozpowszechnione,

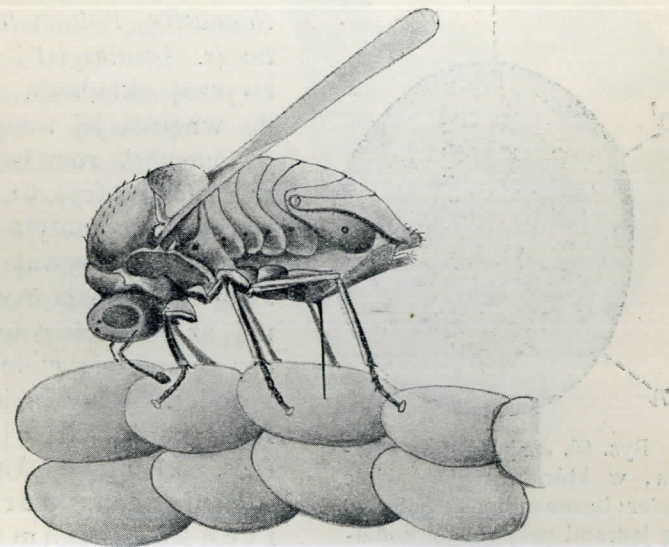


Rys. 63. Jaja filoxery (*Phylloxera vastatrix*) 1. — wielkie jaja znoszone przez samicę uskrzydłą, z których rodzą się samice; 2. — małe jaja znoszone przez samicę uskrzydłą, z których rodzą się samce; 3. — jajo znoszone przez samicę bezskrzydłą, żyjącą na korzeniach winogrodu. Zachowana jest stosunkowa wielkość jaj: jaja 1 i 2 mają szczególny rysunek na błonie (kosmówce), jaja 3. są całkiem bez rysunku (wedł. Balbianiego).

czy i u pewnych innych gatunków zwierząt, u których nie napotykamy dwóch rodzajów jaj, różnych co do wielkości lub postaci, jaja pomimo to nie bywają dwójakie i nie różnią się, podobnie jak tamte, pod tym względem, że jedno zawierają zawiązki dziedziczne dla jednej płci, drugie — dla drugiej; a być może, że przyszłe badania wykażą tak w owych jajach różnej wielkości, jak i w wielu jajach nie różniących się nazewną, rozmaite stosunki w garniturach chromosomów, podobnie jak to Baltzer znalazł u jeźowców. Okaże się, być może, że nie tylko plemniki, ale i jaja bywają dwóch

rodzajów ze względu na pewne chromozomy, warunkujące płeć potomstwa, i że, może, właśnie w jajach różnych rozmiarów, przeznaczonych do wydawania różnych płci, odmiennie też są stosunki w składzie chromosomów.

Za tem, że często już w jaju znajdują się określone zawiązki przyszłej płci, przemawia fakt jednakowej płci u zarodków rozwijających się z jednego jaja. Tak np. u ludzi znane są bliźnięta dwójakiego rodzaju: jed-

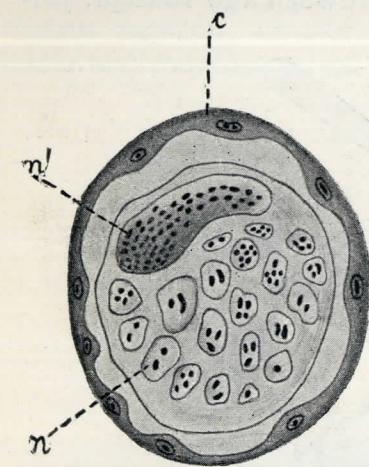


Rys. 64. *Encyrtus* w chwili, gdy przebija pokładką jajo motyle (wedł. E. Marshalla), pow.

nojjajowe, czyli takie, co powstają z jednego jaja, którego dwa pierwsze produkty podziału, czyli dwa blastomery, oddzieliły się i odosobniły, przyczem bliźnięta są wskutek tego otoczone wspólną błoną jajową — oraz bliźnięta dwujajowe, t. j. takie, co powstają z dwóch różnych jaj i posiadają przeto osobne błony jajowe; bliźnięta dwujajowe można porównać z dziećmi jednego pomiotu u zwierząt, rodzących naraz kilkoro młodych (szczeniąt, królicząt i t. p.). Otóż zasługuje na uwagę, że bliźnięta dwujajowe bywają albo jednakowej, albo różnej płci; jednojjajowe zaś są zawsze, o ile się zdaje, tej samej

płci: albo oba męskiej, albo oba żeńskiej, co potwierdza przypuszczenie, że dane jajo było już z góry przeznaczone do wydania potomka jednej tylko, z góry określonej płci. Ale co u człowieka zdarza się rzadko i niezawsze daje się z taką ścisłością stwierdzić, to u niektórych zwierząt jest regułą, która z największą dokładnością może być sprawdzona i dlatego najmniejszej nie ulega wątpliwości. Oto przykłady.

Niektóre osy pasorzytne z rodziny *Chalcididae*, np. *Lithomastix*, *Polygnotus*, *Encyrtus* (s. *Ageniaspis*) i inne mają zwyczaj składania swych jaj do wnętrza jaj motyli (*Hypomeuta*), rozwijających się w gąsienice (rys. 64.); podczas rozwoju jaja motyla i rozwoju gąsienicy odbywają w nich swój rozwój jaja osy pasorzytnej, aż wreszcie gotowe młode osy opuszczają ciało gąsienicy motylej. Ważny tu jest dla nas fakt, iż każde jajo osy (rys. 65.) rozpada się na oddzielne komórki, z których każda, sama dla siebie, podlega brózdkowaniu i rozwojowi (Marshall, Silvestri i inni); w ten sposób z każdego jaja osy pasorzytnej powstają całe

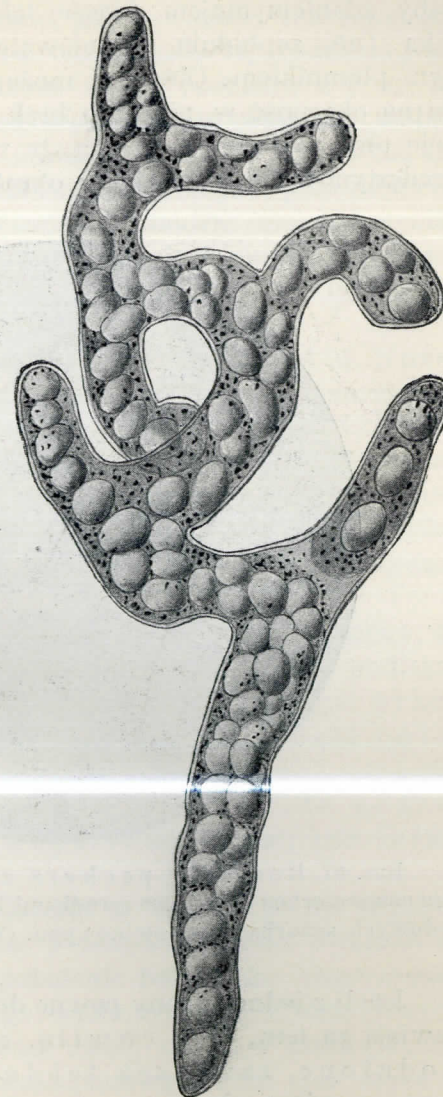


Rys. 65. Jajo *Encyrtusa*, w którym widać wiele jąder; liczne mniejsze jądra (*n*) są jądrami przyszłych komórek jajowych, powstających z rozpadu jaja pierwotnego; z większych jąder rozwija się osłona dla zarodków (t. zw. owodnia). (Wedł. E. Marshalla).

łańcuchy, proste lub rozgałęzione, embryonów (rys. 66.), a niektóre takie łańcuchy liczą setki, nawet do tysiąca (Silvestri) zarodków. I oto okazuje się, że wszystkie zarodki jednego łańcucha, będące, jak wiemy, wytworami jednego jaja, są tej samej płci, bądź żeńskiej, bądź męskiej. Przemawia to w wysokim stopniu za tem, iż jaja pierwotne przeznaczone są dla jednej tylko płci,

że zawierają, można powiedzieć, zawiązki dziedziczne albo tylko płci męskiej, albo tylko żeńskiej.

Inny przykład dotyczy pancernika z rodzaju *Tatusia*, lub *Tatu*, u którego z jednego jaja powstają prawie zawsze cztery zarodki jednocześnie, a że pochodzą z jednego jaja, dowodzi fakt, że otoczone są wspólną błoną jajową i wspólnymi wogóle błonami płodowymi. Na rys. 67. widzimy część rozciętego pęcherza zarodkowego pancernika z czterema zarodkami przytwierdzonymi do błon płodowych za pomocą sznurków pępowinowych. Nie ulega wątpliwości, że w tym przypadku jajo pierwotne rozpada się (brózdkuje) na cztery komórki potomne, a z każdej z nich rozwija się osobny zarodek. I tu przede wszystkim interesuje nas okoliczność, że zawsze wszystkie cztery zarodki, otoczone wspólną błoną jajową, są jednej płci: albo wszystkie cztery męskiej, albo wszystkie



Rys. 66. Łańcuch wielozarodkowy rozgałęziony, powstający z jednego jaja *Encyrtusa*. (Według E. Marshalla).

cztery żeńskiej. Przemawia to również, rzecz naturalna, za predestynacją płci w jajach, jakkolwiek fakta podobne możnaby, zdaniem mojem, inaczej także tłumaczyć. Jajo pancernika *Tatu* zapładnia się, niewątpliwie, jak zazwyczaj, jedynym plemnikiem. Otóż być może, że plemnik ten ze względu na obecność w nim lub brak chromosomów X warunkuje płć zapłodnionego jaja, że więc samo jajo nie jest tu predestynowane w kierunku określonej płci.



Rys. 67. Rozcięty pęcherz zarodkowy pancernika *Tatu novemcinctum* z czterema zarodkami, które są przytwierdzone do błon płodowych sznurkami pepowinowymi. (Wedł. Newmana i Pattersona).

Jeżeli z jednej strony pewne doniosłe spostrzeżenia przemawiają za tem, że z chwilą, gdy jajo zostało zapłodnione, zawiązek tej lub owej płci jest już w niem zdecydowany, to znów z drugiej przypuszczają niektórzy badacze, że warunki zewnętrzne jednak wpływać mogą na powstanie tej lub owej płci. Niestety, do dziś dnia nie mamy dosyć ścisłych i pewnych danych faktycznych

w tym kierunku. Pomijając hipotezy i domniemanie dawnych badaczy, którzy przyczyny powstawania płci szukali w najrozmaitszych czynnikach, jak w starości lub młodości jaj, względnie plemników, w odżywianiu się rodziców, we względnym lub bezwzględnym wieku rodziców i t. d., co wszystko okazało się bezpodstawnem i nie ostało się wobec krytyki, zaznaczę, że i w nowszych czasach wysuwano na pierwszy plan wpływ czynników zewnętrznych, jako momentów określających płć. Wszelako, zdaniem mojem, wyniki doświadczalne w tej dziedzinie osiągnięte nie są zadowalające. Niejako dla przykładu tylko przytoczę niektóre ważniejsze prace.

Wpływ pożywienia na stułbię (*Hydra*) badał M. Nussbaum (1893) i znalazł, że u tego jamochłona, normalnie hermafrodytycznego, rodzą się przy obfitym odżywianiu same samice, przy skąpem — samce. Podobne wyniki otrzymał tenże autor (1899) u wrotka *Hydatina senta*, który tem się odznacza, że rodzi partenogenetycznie tylko samce lub tylko samice, albo też składa jaja, wymagające zapłodnienia, t. zw. jaja trwałe. Nad tym wrotkiem wykonał już w r. 1890 szereg doświadczeń Maupas, znalazłszy, że płć jaj określona jest już w jajniku babki, lecz podlegać może jeszcze w tem stadium wpływowi temperatury: przez podniesienie temperatury można zmusić zwierzęta do rodzenia samic, które później wydają tylko samce, przez obniżenie zaś — do rodzenia samic, które ze swej strony rodzą już tylko samice.

M. Nussbaum (1897) doszedł w tej mierze do odmiennych wyników, niż Maupas. Przedewszystkiem wykazał, że nie trzeba działać aż na pokolenie babki, aby rozstrzygnąć płć wnuków; według niego wystarczy działać określonymi czynnikami zewnętrznymi na ustrój matki w czasie, zanim ta osiągnie zupełną dojrzałość płciową. Przed tym okresem i po tym okresie wpływy zewnętrzne nie wywierają żadnego wpływu na płć potomstwa. Prócz tego, według M. Nussbauma, nie temperatura jest tu czynnikiem rozstrzygającym, lecz odżywianie, temperatura ma zaś tylko znaczenie

pośrednie. W niekorzystnych warunkach odżywiania, przy głodzeniu, powstają małe jaja, z których partenogenetycznie rodzą się samce, w dobrych powstają duże jaja, wydające (partenogenetycznie) samice.

Ale spór między dwoma uczonymi przeciął Punnett (1903), wykazując, że u *Hydatina senta* występują wogóle trzy różne rasy: jedna, u której stale liczba urodzeń męskich jest bardzo wielka, druga, u której liczba urodzeń męskich jest bardzo mała, i trzecia, u której rodzą się same tylko osobniki żeńskie, czyli czysto żeńska. Punnett przekonał się, że ani temperatura, ani odżywianie nie mają tu żadnego znaczenia; rasa rodząca same samice nie zmienia się pod tym względem tak w temperaturze niskiej (8° do 11° C.), jak i wysokiej (22° C.). Tak samo bez wpływu na płęć pozostaje obfitsze lub skąpe pożywienie. Punnett sądzi, że płęć u *Hydatina* zależy zatem od przyczyn czysto wewnętrznych, od konstytucji zygot. Whitney (1907 r.) również zajął się tym przedmiotem. I on doszedł do wniosku, że temperatura, wysoka, czy niska, nie ma żadnego wpływu na płęć. Nie znalazł on ras ze stałą większą lub mniejszą skłonnością do rodzenia samców. I on także twierdzi, że zdecydowanie płci zależy od czynnika tkwiącego w jajach, ale na czym ten czynnik polega, nie wiemy.

W r. 1907 ogłosił v. Malsen pracę nad czynnikami określającymi płęć u *Dinophilus apatris*. Praca ta zasługuje na szczególną uwagę, jakkolwiek nie jest zbyt dokładna; owszem, możnaby jej wiele zarzucić, jak i niektórym innym pracom lat ostatnich z pracowni R. Hertwiga z Monachium, gdzie często młodzi badacze przystępują do poszukiwań z myślą z góry powziętą, narzuconą im przez kierownika, i bezkrytycznie dochodzą do wniosku, poddanego im z góry. Do takich należy i praca v. Malsena. Zasługuje ona wszakże na uwagę dlatego, iż, jak wiemy (p. str. 64, 65), *Dinophilus* (robak ten zajmuje w systematyce stanowisko pośrednie między pewnymi wirkami a prapierścienicami) wytwarza dwa rodzaje jaj: wielkie i małe; z pierwszych powstają zawsze samice, z drugich samce, co stanowi ważną

podstawę dla poglądu badaczy, którzy twierdzą, że płęć jest zdecydowana już w jajach i to nawet przed zapłodnieniem. Ciekawą właśnie jest rzeczą, czy w tym przypadku warunki zewnętrzne wywierają wpływ na jakość płci.

Wyniki badań v. Malsena były następujące:

Kultura	Stosunek samców do samic
w temper. pokojowej (+19° C)	1 : 2.4
w chłodzie (+13° C)	1 : 3.5
w cieple (+26° C)	1 : 1.7

A więc w chłodzie powiększa się liczba samic, w cieple — samców.

Czy tu jednak temperatura jest istotnie decydującą? V. Malsen twierdzi, że ma ona tylko znaczenie pośrednie.

W celu wyjaśnienia tej sprawy musimy zauważyć, że u *Dinophilus* młode jaja (prajaja) leżą początkowo pomiędzy wielkimi komórkami nabłonka jelitowego (z zewnątrz) i stąd dopiero wędrują, prawdopodobnie, do jajnika. Otóż wogóle w wysokiej temperaturze czynność płciowa podnosi się, zwierzę wytwarza bardzo wiele jaj, a wskutek tego, że jest ich dużo, komórki jelita nie mogą im dostarczyć dosyć pożywienia, natomiast w chłodzie jaj rozwija się mniej, każde więc lepiej się odżywia, rośnie szybciej, otrzymuje więcej plazmy. Słowem, w chłodzie powstają jaja większe, w cieple mniejsze; z wielkich wykluwają się samice, z małych samce.

To byłoby wszystko bardzo pięknie.

Aliści okazuje się (Conklin 1907), że wielkie jaja powstają właśnie ze zlania się wielu prajaj, około 25 do 30, w jedno jajo ostateczne (żeńskie), jajo zaś małe (męskie) powstaje ze zlania się o wiele mniejszej liczby prajaj. Nie wiemy więc z pewnością, czy wielkie jaja (żeńskie) zawdzięczają swą wielkość tylko lepszemu odżywianiu, a więc pośrednio niższej temperaturze; może raczej temu, że powstają ze zlania się ogromnej liczby prajaj? Ostatnie przypuszczenie wydaje się znacznie prawdopodobniejszym, wobec czego upada

cała piękna teoria v. Malsena, a wraz z nią i opierający się na niej wniosek R. Hertwiga — iż temperatura, wpływając na stosunek jądra do plazmy (jądra bowiem małych jaj są stosunkowo większe, niż dużych), określa płć!

Cała sprawa powstawania płci u *Dinophilus* na zupełnie nowe weszła jednak tory z chwilą, kiedy w końcu roku 1911 Dr. Creswell Schearer na zjeździe Stowarzyszenia Brytańskiego w Portsmouth przedstawił swe interesujące spostrzeżenia nad tym przedmiotem. Doszedł on do wniosku, że samice *Dinophilus* są zapładniane przez samce, zanim jeszcze dojrzeją płciowo, a nawet zanim jeszcze w ich ciele wystąpią owogonie, czyli prakomórki jajowe. Kiedy ostatnie pojawiają się w ciele samicy, w której znajduje się już plemnica, wprowadzona tam uprzednio podczas spółkowania, plemniki zapładniają owogonie w ten sposób, że główka plemnikowa (jak wiemy, jądro), przeniknąwszy do plazmy komórki żeńskiej, układa się obok jądra żeńskiego lub nawet się w nie zagłębia, ale obie części jądrowe, żeńska i męska zachowują w owogonii zupełną samodzielność. W czasie podziału owogonii, a później owocytów I. rzędu do komórek potomnych przenikają obie części jądrowe, żeńska i męska, ale kiedy owocyty II. rzędu, dzieląc się, wytwarzają jaja dojrzałe (oraz, jak wiemy, ciątka kierunkowe), wówczas podział jąder odbywa się tak, że jajo albo otrzymuje i żeńską i męską część jądrową, albo też tylko żeńską. Jaja pierwszego rodzaju, a więc zawierające substancję jądrową i żeńską i męską, dają osobniki płci żeńskiej, drugiego zaś rodzaju, a więc zawierające substancję jądrową tylko żeńską, dają osobniki płci męskiej. Dopiero później jaja obu rodzajów nierównomiernie rosną wskutek zlewania się z wielu innymi komórkami płciowymi, zużywającymi się na wytworzenie deutoplazmy. Z badań Schearera wynika zatem, że właściwie tylko jaja większe, z których powstają samice, są zapłodnione, bo zawierają i męską i żeńską substancję jądrową, mniejsze zaś, z których powstają samce, są właściwie dzieworodne, bo w jądrach ich znajduje się substancja tylko żeńska. Stosunki te przypominają do pewnego stopnia faktu dawno już znane np. u pszczoł,

u których z jaj zapłodnionych rozwijają się samice, z niezapłodnionych — trutnie (samce). Wobec tych niezmiennie interesujących badań wyżej opisane wyniki poszukiwań v. Malsena tracą niemal zupełnie swą wartość.

Podobnie wątpliwą wartość mają, według mego najgłębszego przekonania, prace kilku innych także uczniów R. Hertwiga: Kuschakiewitscha, Papanikolaou'a i Issakowitscha, usiłujące stwierdzić zdanie R. Hertwiga, osiągnięte na podstawie badań nad zapłodnieniem jaj niezupełnie dojrzałych i przeddojrzałych u żab, iż płć jest zależna od ustosunkowania się masy jądra do masy plazmy w jaju, na co mogą wpływać warunki zewnętrzne, działające na rodziców. Issakowitsch np. (1907) twierdzi, że „odżywianie i temperatura (ostatnia przez wpływ na odżywianie) określają u plesznicy (*Daphnidae*) pojawienie się płci. Jeżeli odżywianie ustroju matki tak się zmniejsza, że nie może dostarczyć jaju dosyć części pożywnych, ażeby z niego mogła rozwinąć się samica, rodzi się mniej wymagający samiec“.

Wszelako przeważna część odnośnych badań okazała się nieściłą lub wręcz błędną, jak wiemy z prac Keilhacka, Strohla, Wolterecka (p. niżej), a zwłaszcza z pięknych badań Olgi Kuttner (1909), która wykazała, że płć plesznicy (*Daphnidae*) nie określa się bynajmniej przez temperaturę, lecz zależy od czynników czysto wewnętrznych, występujących okresowo.

Z innych poszukiwań, dotyczących omawianej przez nas sprawy, wymienimy z kolei badania Achillego Russo (1909), które zasługują na uwagę ze względu na oryginalność metody. Uczony ten wychodzi z uprzedniego założenia, że jajo określa płć, co już, jako wniosek z góry powzięty, należy brać nader ostrożnie. Wniosek ten stosuje się do jaj króliczych; ale twierdzi dalej, że jaja nie są przeznaczone do wydania tej lub owej płci w sposób niezmienny, t. j. te lub inne jaja nie są bezwarunkowo przeznaczone do wydania zarodka męskiego lub żeńskiego, lecz że ta predestynacja może się zmieniać pod wpływem warunków zewnętrznych, a przede wszystkim zależnie od środków odżywczych, które dostają się do jaja. Ażeby dowieść tej apriorystycznej

tezy, Russo wprowadza do ustroju samicy króliczej lecytynę* (ciało należące do grupy t. zw. lipoidów, wykazujących pod względem fizycznym wiele podobieństwa do tłuszczów, a zawierające węgiel, wodór, tlen, azot i fosfor) i znajduje, że jaja w jajniku mogą pochłaniać pewne składniki lecytyny, dzięki czemu stają się obfitsze w żółtko odżywcze, czyli deutoplazmę. Dalsze zaś badania statystyczne prowadzą go do wniosku, że jaja bogatsze w deutoplazmę rozwijają się w osobniki żeńskie.

Russo przekonał się, że samice królików, którym podawano w ciągu kilku miesięcy lecytynę, rodziły stosunkowo znacznie więcej osobników żeńskich, aniżeli samice normalne, którym nie dawano lecytyny. Stąd wniosek, że większa obfitość lecytyny powoduje przewagę płci żeńskiej.

I tym doświadczeniom możnaby bardzo wiele zarzucić, bo, przede wszystkim, nie dał Russo przekonywających dowodów, iż jaja istotnie posiadają więcej materiału odżywczego, jeżeli matka otrzymuje więcej lecytyny; powtóre, skoro jaja tak łatwo asymilują lecytynę, a obecność jej ma określać płeć, to dlaczego niewszystkie noworodki samic, odżywianych obficie lecytyną (lub którym zastrzykiwano lecytynę), są płci żeńskiej, a tylko pewna ich liczba, zresztą, według Russa, większa, niż w warunkach normalnych? Wreszcie, o ile mi wiadomo, w ostatnim roku kilku badaczy przedsięwzięło sprawdzenie doświadczeń powyższych, ale bez dodatniego rezultatu.

Wszystkie rozważania powyższe o wpływie warunków zewnętrznych na określenie płci wykazują, że panuje tu dotąd bardzo wiele poglądów sprzecznych, że liczne spostrzeżenia są niewystarczające i niepewne i że wiele jeszcze potrzeba nowych badań. Naogół wszakże wydaje mi się, iż wpływ warunków zewnętrznych na powstawanie płci jest zanadto przeceniany, iż jest nieznaczny w porównaniu z czynnikami wewnętrznymi, tkwiącymi w naturze komórek rozrodczych, których różne skłonności dziedziczne ścierają się z sobą i kombinują, wzajem się przy-

* Zastrzykiwał do jamy ciała lub pod skórę, albo też dawał w pokarmach.

głuszają lub opanowują, jak niżej jeszcze zobaczymy. Za tym poglądem przemawiają między innymi także niezmiennie sumienne badania O. Schultzego (1904), który wykazał na myszach, że lepsze lub gorsze odżywianie, rozpatrywane i analizowane z najrozmaitszych stanowisk, nie wpływa bynajmniej na liczebny stosunek rodzących się osobników jednej lub drugiej płci. Wpływ warunków zewnętrznych na genezę płci może mieć wszelako pewne znaczenie, zdaje się, dla ustrojów niższych, lecz dla wyższych wykazać się nie daje. To samo możemy powiedzieć o roślinach, gdzie u niższych, np. u paproci lub skrzypów, wykazano pojawianie się przedrostków męskich lub żeńskich (*prothallium*) zależnie od warunków odżywiania, światła i t. p. (Prantl, Buchtien, Noll 1904), czego nie stwierdzono jednak dla roślin jawnokwiatowych, rozdzielnopłciowych (Strassburger).

Od czasu, kiedy zaczęto głębiej analizować reguły mendlowania się przy krzyżowaniu osobników różnych ras, zwrócono też uwagę i na to, że, być może, cechy płciowości męskiej i żeńskiej zachowują się względem siebie tak, jak każda para cech antagonistycznych, czyli allelomorficznych (p. str. 241), a zatem, że podlegają regułom Mendla*.

Jeden z pierwszych zwrócił na to uwagę botanik C. Correns (1907) w pięknych swych badaniach nad dwoma gatunkami rodzaju przestępu (*Bryonia*): *Bryonia alba* i *Bryonia dioica*, roślinami blisko spokrewnionymi z dynią i ogórkiem. *Bryonia alba* jest obupłciowa, czyli jednopienna (każdy osobnik ma kwiaty męskie i żeńskie), natomiast *Bryonia dioica* jest rozdzielnopłciowa, czyli dwupienna (każdy osobnik ma kwiaty tylko jednej płci). Obie rośliny posłużyły Corrensowi do doświadczeń, gdyż bardzo łatwo krzyżują się z sobą na przemian i łatwo też dają mieszańce.

Okazało się, że osobnik żeński *Bryonia dioica*, zapłodniony pyłkiem obupłciowej *B. alba*, daje wyłącznie bastardy żeńskie. Przy krzyżowaniu zaś prze-

* Rzecz ciekawa, że już sam Mendel miał przeświadczenie tej myśli.

miennem, t. j. przy zapłodnieniu obupłciowej *B. alba* pyłkiem męskiego osobnika *B. dioica* powstaje 50% bastardów męskich, 50% żeńskich. Ażeby objaśnić zjawisko, że przy krzyżowaniu pierwszego rodzaju powstają tu osobniki wyłącznie żeńskie, przy przemiennej zaś w połowie męskie, w połowie żeńskie, Correns wypowiedział przypuszczenie, iż płeć rośliny rozdzielnopłciowej dziedziczy się tak, jak cecha mendlująca, t. j. jak gdyby łączyły się z sobą niejako rasa żeńska z rasą męską. Przy krzyżowaniu, twierdzi Correns, cecha męskości ma przewagę nad cechą żeńskości, z czego wynika, że osobniki żeńskie, jako zawierające cechę ustępującą, są ze względu na obecność odnośnych zawiązków dziedzicznych w komórkach płciowych homozygotyczne, osobniki zaś męskie — heterozygotyczne. Jeżeli zatem jednostkę dziedziczną męskości oznaczmy przez *A*, jednostkę zaś dziedziczną żeńskości przez *a*, albo, w myśl teorii *presence-absence*, przez *A* oznaczmy zdolność do rozwoju narządów płciowych męskich zamiast żeńskich, a przez *a* brak tej zdolności, w takim razie komórki płciowe osobników żeńskich, jako homozygoty, będziemy musieli oznaczyć przez *aa*, komórki zaś płciowe osobników męskich, jako heterozygoty, przez *Aa*. Pamiętajmy nadto, że czynnik *A*, t. j. zdolność do rozwoju męskich narządów płciowych zamiast żeńskich, nie istnieje zgoła u osobników obupłciowych (jednopiennych), bo tu każdy osobnik ma właśnie kwiaty i męskie i żeńskie, a więc i męskie i żeńskie narządy płciowe. Wreszcie przy krzyżowaniu wspomnianych form obupłciowych z rozdzielnopłciowymi Correns przypuszcza jeszcze czynnik *Z*, t. j. czynnik rozdziału płci, i *z* — brak tego czynnika. Pełny wzór dla zygoty gatunku obupłciowego *Bryonia alba*, tak dla elementu żeńskiego, jak i męskiego (ponieważ brak tu *A*), byłby tedy następujący: *ztaa*, natomiast dla rozdzielnopłciowego gatunku *Bryonia dioica*, dla osobnika męskiego byłby *ZZAa*, dla żeńskiego *ZZaa*.

Otóż oba krzyżowania przemienne między tymi gatunkami będą: 1) *B. dioica* ♀ × *B. alba* ♂, czyli *ZZaa* × *ztaa*, które da tylko jedną kombinację osobników potomnych:

Zzaa; a ponieważ brak tu czynnika *A* — męskości, więc wszystkie osobniki potomne będą żeńskie, jakkolwiek czynnik *Z* — rozdzielnopłciowości jest obecny; oraz 2) *B. alba* ♀ × *B. dioica* ♂, czyli *ztaa* × *ZZAa*, co da dwie kombinacje osobników potomnych: *ZzAa* oraz *Zzaa*, czyli 50% osobników męskich i 50% żeńskich. Przyjawszy więc powyższe założenie, otrzymujemy doskonałe wyjaśnienie wyników krzyżowania przemiennej pomiędzy obu wymienionymi gatunkami ze względu na dziedziczenie się płci. Tym sposobem Correns powstawanie tej lub innej płci u pewnych roślin rozdzielnopłciowych usiłuje sprowadzić do zjawisk mendlowania się. Zaznaczam wszelako, że co stosuje się do przestępu, to dla wielu innych roślin, według różnych badaczy, zastosowania dotąd nie znalazło, i że przeto wyników tych uogólniać nie można.

Do podobnych wyników co do dziedziczenia płci tak u roślin, jak i zwierząt, doszli i niektórzy inni nowsi badacze, a najłatwiej stwierdzić to mogli w tych przypadkach, kiedy czynniki określające płeć kombinują się z sobą w pewien określony sposób z jakimiś innymi jeszcze czynnikami, również podlegającymi mendlowaniu, słowem w przypadkach, kiedy kombinuje się z sobą kilka par cech allelomorficznych, najprościej — dwie pary. Tutaj zasługują na uwagę prace L. Doncastera (1908), pań T. M. Durham i Maryat (1908), Batesona i Punnetta (1908), R. Pearla (1910), Hagedoorna (1909), Wolterecka (1910) i innych, prace dotyczące się powstawania płci u różnych ustrojów.

Dla przykładu przytoczymy interesujące poszukiwania Doncastera nad odziedziczaniem się płci u motyla agrestowca (*Abraxas grossulariata*). U tego motyla znana jest odmiana szczególnie jasno ubarwiona, t. zw. mleczna, *Abraxas grossulariata* var. *lacticolor*, a osobniki tej odmiany są zawsze samicami. Tu więc mamy dwie pary cech allelomorficznych przy krzyżowaniu się odmiany zwykłej, *grossulariata*, z odmianą *lacticolor*: cechy płciowości i cechy ubarwienia.

Oto niektóre z doświadczeń Doncastera. 1. Jeżeli skrzyżujemy samicę *lacticolor* z samcem *grossulariata*, w pokoleniu *F*₁ powstaną osobniki tylko *grossulariata*, co dowo-

dzi, że cecha tego ubarwienia przeważa nad ubarwieniem *lacticolor*, ale wśród tych osobników będą samce i samice prawie w jednakowej liczbie (45:50). Gdy zaś osobniki pierwszego pokolenia (F_1) znów się skrzyżują, w pokoleniu F_2 otrzymamy: 14 samców *grossulariata*, 4 samice *grossulariata*, 7 samice *lacticolor*. W tem pokoleniu nastąpiło już zatem rozszczepienie się cech ze względu na ubarwienie, ale co do odmiany *lacticolor*, to tu nie nastąpiło jeszcze rozszczepienie ze względu na płeć, wszystkie bowiem jej osobniki tego pokolenia są jeszcze żeńskie. 2. Jeżeli samice *lacticolor* skrzyżowane będą z samcami mieszańcami z pierwszego pokolenia (F_1) doświadczenia powyższego, powstaną 63 samce *grossulariata*, 62 samice *grossulariata*, 65 samców *lacticolor*, 70 samców *lacticolor*. Tu więc wystąpiły już i samce *lacticolor*, nastąpiło tedy rozszczepienie się cech co do płciowości osobników *lacticolor*, które w poprzednim pokoleniu były wszystkie żeńskie (płciowość żeńska przeważająca, męska ustępująca). Na podstawie podobnych i innych jeszcze doświadczeń, których tu już przytaczać nie będę, Doncaster dochodzi do wniosku, że płeć u motyla agrestowca dziedziczy się według mendlowskiej reguły rozszczepiania się, przyczem „żeńskość“ przeważa, „męskość“ ustępuje, samice są przeto heterozygotyczne, samce homozygotyczne. Zachodzą tu więc stosunki wprost odwrotne, niż u *Bryonia* według Corrensa, gdzie, jak wiemy, należy przyjąć, iż „męskość“ przeważa, a „żeńskość“ ustępuje, i że osobniki żeńskie są homozygotyczne, a męskie heterozygotyczne.

A zatem z pośród biologów, którzy usiłują objaśnić dziedziczenie płci przez zasadę rozszczepiania się cech, w myśl Mendla, jedni twierdzą, iż w komórkach płciowych męskich tkwią zawiązki, czyli jednostki (czynniki) dziedziczne dla męskości i żeńskości, w komórkach zaś płciowych żeńskich — tylko dla żeńskości (Correns), drudzy natomiast sądzą, że w komórkach płciowych męskich tkwią zawiązki tylko dla męskości, w żeńskich zaś i dla męskości i dla żeńskości (Doncaster). Ale prócz tych dwóch poglądów istnieje także trzeci, oparty na tej samej zasadzie, a służący do objaśnienia

pewnych stosunków dziedziczenia się płci u owadów, opatrzonych chromozomami X lub chromozomami X i Y w komórkach plemnikowych (p. str. 276 i d.). Według tego poglądu (Haecker), którego tu bliżej rozważać nie będziemy, komórki płciowe, tak męskie, jak i żeńskie, zawierają jednostki dziedziczne i dla męskości i dla żeńskości (czyli są heterozygotyczne); hipoteza ta napotyka wszelako bardzo liczne trudności, gdy za jej pomocą objaśnić pragniemy odnośne fakta.

Do badaczy, którzy przyjmują, że jajo zawiera czynnik dziedziczny dla płci żeńskiej i męskiej, należy także Woltereck (1910, 1911), który dochodzi do tego wniosku w swej pracy nad zmianą płciowości u plesznicy (*Daphnidae*). Woltereck sądzi, że dopóki komórki płciowe żeńskie są jeszcze w jajniku, oba czynniki (Woltereck, zamiast wyrazu „czynniki“ dziedziczne, używa „substancje“ dziedziczne) dla płci są utajone. Określenie, czyli determinacja płci polega na aktywowaniu, czyli ujawnianiu się jednego ze współzawodniczących z sobą czynników i ukryciu, ustąpieniu drugiego. Stosunki zachodzą tu podobnie, jak przy pojawianiu się przeważającej cechy u bastardów. Ale gdy w ostatnim przypadku przewaga jednej cechy nad drugą jest zwykle stałą, to przy powstawaniu płci u plesznicy raz przeważa cecha „męskości“, drugi raz „żeńskości“. Ta zmiana przewagi raz w jednym, drugi raz w drugim kierunku jest u plesznicy rytmiczna, okresowa, i zależy głównie od przyczyn czysto wewnętrznych (Woltereck), a wiadomo, że u tych skorupiaków po pewnej liczbie pokoleń wyłącznie żeńskich, następuje pokolenie męskie i żeńskie. Por. podobne wyniki Olgi Kuttner (1909), o których mowa była wyżej (str. 289).

Staraliśmy się przedstawić rozmaite zapatrywania dzisiejsze na dziedziczość płci. Widzieliśmy, że są one bardzo różnorodne, że niektóre są z sobą niezgodne, że jedne opierają się na faktach, dających się bardzo ściśle zaobserwować, inne zaś za mało są dotychczas uzasadnione faktami. Ogólny wynik tych wszystkich różnorodnych dociekań trudno dotąd sformułować. Zdaje się atoli rzeczą pewną, że płeć jest tak samo cechą dziedziczną, jak i wszelkie inne

najważniejsze właściwości ustroju, że najczęściej bywa wynikiem ścierania się dziedzicznych antagonistycznych zawiązków, jednostek, podobnie jak to zachodzi z wielu innymi parami cech antagonistycznych przy krzyżowaniu się różnych osobników, i wreszcie, że warunki zewnętrzne mają naogół bardzo mały wpływ na genezę tej lub innej płci, a często żadnego nie wywierają działania. Zwróćmy tu także uwagę, że pewien wpływ warunków zewnętrznych na powstawanie płci nie stoi bynajmniej w sprzeczności z tem, że płeć naogół występuje jako skutek rozszczepiania się zawiązków (jednostek) dziedzicznych, w myśl reguły Mendla, albowiem, jak widzieliśmy na str. 251, warunki zewnętrzne mogą zmieniać do pewnego stopnia reguły Mendla (Tower). Dodam wreszcie, że rozbieżność wyników co do wpływu warunków zewnętrznych na genezę płci pochodzi, być może, stąd, że i tutaj działać należy na komórki płciowe rodziców w pewnym specjalnym okresie ich wrażliwości, jak wykazał Tower w innych przypadkach, a co rozpatrzyliśmy na innem miejscu (p. str. 209, 221 i d.).

ROZDZIAŁ DWUDZIESTY.

Zmienność i różne jej rodzaje.

W kilku poprzednich rozdziałach rozpatrzyliśmy zagadnienie dziedziczności z różnego stanowiska. Ale pozostaje nam do analizy jeszcze jeden, bardzo ważny jej objaw.

Pomimo, iż dzieci odziedziczają po rodzicach znamiona swego gatunku oraz najrozmaitsze cechy indywidualne, nigdy nie są one bezwzględnie rodzicom swym równe, lecz zawsze różnią się od nich w większym lub mniejszym stopniu; przecież pośród dzieci tych samych rodziców znajdujemy zawsze, prócz podobieństwa rodzinnego, niemałe także różnice osobnikowe, które wyodrębniają od siebie członków jednego rodzeństwa. To samo dzieje się u wszystkich zwierząt i wszystkich roślin. Z tysięcy, milionów nasion jednego drzewa wyrasta tysiąc, milion osobników, a wszystkie różnią się między sobą wielkością, sposobem rozgałęzienia, liczbą pędów, liści, kwiatów, tysiącami cechami, które pozwolą nam odróżnić jeden osobnik od drugiego. Oto — prawo zmienności w przyrodzie, stanowiące tylko jeden z przejawów dziedziczności, w obszernem znaczeniu tego wyrazu. Niepodobna przeto przy różnostronnem rozpatrywaniu przejawów dziedziczności pominąć zagadnienia zmienności.

Weźmy pod uwagę pewną liczbę osobników jakiegoś gatunku roślin lub zwierząt, całkiem dowolnie wybierając je z pośród form zamieszkujących jakąś okolicę ziemi, zupełnie bez względu na to, czy osobniki te pochodzą od tych samych, czy od różnych rodziców, słowem, pewną liczbę

osobników jakiejś populacji, jak dziś mówimy, a oto przekonamy się, że między osobnikami takiej populacji występują różnice indywidualne ze względu na każdą niemal cechę. Jest to, oczywiście, przejaw zmienności.

Ale jeżeli uszeregujemy te wszystkie osobniki danego gatunku według jakiejś jednej cechy, wzrostu, wielkości poszczególnych części ciała, barwy lub t. p., przekonamy się niebawem, że szereg ten będzie miał pewne określone właściwości. Przedewszystkiem przekonamy się, że każda cecha podlegająca zmienności waha się w pewnych granicach, które nazywamy granicą minimalną i maksymalną. Gdybyśmy zwrócili uwagę na wahania we wzroście ciała u osobników ludzkich w wojsku Stanów Zjednoczonych, przekonalibyśmy się, że minimum wzrostu wynosi tu 60 cali angielskich, maximum 76; naturalnie, że, gdybyśmy wzięli pod uwagę owe wahania nie pośród żołnierzy, lecz ludności cywilnej, owe minimum i maximum wykazywałyby granice jeszcze o wiele szersze, ponieważ do wojska bierze się osobniki nie przekraczające pewnego minimum wzrostu.

Tak samo, gdybyśmy spostrzegali wahania w wielkości pewnych części ciała jakiegoś ustroju, np. wahania w długości ziarn u bobu, znaleźlibyśmy i tutaj minimum i maximum zmienności danej cechy; okazałoby się, że owa długość waha się między 8 mm. a 16 mm. Pierwsza więc reguła zmienności, to pewne minimalne i maksymalne granice wahań.

Następnie zauważylibyśmy, że wahania te można ułożyć w szereg bardzo stopniowy, powoli wznoszący się od minimum do maximum, w szereg, jak mówimy, ciągły, czyli płynący — kontynualny*, czyli fluktuacyjny. Tak np. różni owi żołnierze wykazują wzrost: 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76 cali, a długość ziarn bobu wynosi 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 milimetrów. To jest druga zasadnicza właściwość naszych szeregów zmienności indywidualnej.

Wreszcie, jeżeli osobniki każdej kategorii, np. żołnie-

* *Continuus* — ciągły, nieprzerwany.

rzy o różnej wysokości lub ziarna bobu o różnej długości, ułożymy w grupy jednakowych osobników, a grupy te uporządkujemy w szereg według stopniowo wzrastającej cechy i obliczymy, ile osobników zawiera każda grupa, przekonamy się, że najmniej osobników jest w grupach krańcowych (zawierających osobniki o właściwości minimalnej lub maksymalnej), najwięcej — w grupie pośredkowej, zajmującej w przybliżeniu środek pomiędzy krańcowymi, a od grupy pośredkowej ku jednemu i drugiemu końcowi szeregu (ku minimum i maximum) znajdziemy grupy o stopniowo zmieniającej się liczbie osobników.

W celu wyjaśnienia rozważymy to na dwóch przykładach, tyjących się wyżej wymienionych przypadków zmienności indywidualnej. Przykład dotyczący żołnierzy podaje znany antropolog-statystyk Quetelet, który poczynił pomiary wysokości ciała na 25878 ochotnikach armii północno-amerykańskiej, znajdując, że wzrost ich waha się, jak wspomnieliśmy, między 60 a 76 calami angielskimi. Napiszmy, za Queteletem, w jednym poziomym szeregu liczby wykazujące wzrost od minimum (60) do maximum (76), w drugim zaś, pod każdą z tych liczb, liczbę osobników danego wzrostu obliczoną dla uproszczenia na każdy 1000 mierzonych żołnierzy:

60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, **67**, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76

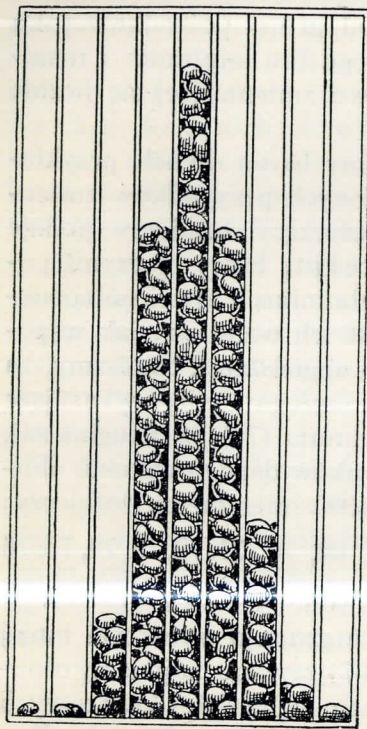
2, 2, 20, 48, 75, 117, 134, **157**, 140, 121, 80, 57, 26, 13, 5, 2, 1.

Z tego zestawienia widzimy, że grupa o wysokości mniej więcej przeciętnej, pośredkowej (67) zawiera najwięcej osobników — 157, grupy o wysokościach najbardziej krańcowych (60, 76) — najmniej, bo 2 lub 1, a od owej grupy pośredkowej o 157 osobnikach liczby spadają tak na lewo, w kierunku minimum, jak i na prawo, w kierunku maximum. Jest to t. zw. prawo Queteleta.

Albo inny przykład, dotyczący wahań w długości nasion bobu, według obliczeń de Vriesa. W górnym szeregu napiszmy liczby, wyrażające długości nasion w milimetrach, w dolnym — liczby nasion pewnej populacji, w której zmierzono 448 nasion:

długość w mm.: 8, 9, 10, 11, **12**, 13, 14, 15, 16, liczba nasion: 1, 2, 23, 108, **167**, 106, 33, 7, 1. I tu zatem długość mniej więcej pośrodkową (12) ma najwięcej nasion — 167, długość minimalną (8) i maksymalną (16) — najmniej — 1.

Weźmy wanienkę szklaną podzieloną przegródkami na dziewięć wąskich komór, odpowiadających dziewięciu dłu-



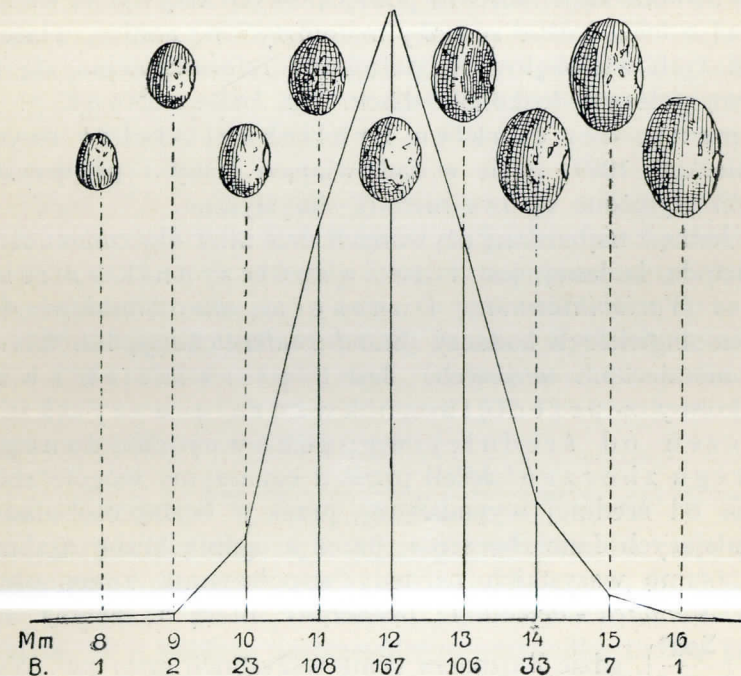
Rys. 68. Ilustracja prawa Queteleta.

gościom nasion bobu; do każdej z komór włożmy ziarna jednej długości: do pierwszej najmniejsze (1 mm.), do drugiej nieco większe (2 mm.) i t. d., a oto otrzymamy obraz, jaki przedstawia rys. 68. Górne końce utworzonych przez nasiona słupów dają rodzaj krzywej, która, począwszy od strony lewej, wznosi się ku górze, osiąga maximum wysokości pośrodku (w komorze zawierającej ziarna 12 mm. długie), a następnie ku stronie prawej znów opada. Jest to ilustracja prawa Queteleta, iż najwięcej osobników posiada cechy mniej więcej pośrodkową, a najmniej — cechy minimalne lub maksymalne.

To samo jeszcze dokładniej można wyrazić graficznie za pomocą krzywej wykreślonej w układzie osi współrzędnych.

Liczby oznaczające wahania pewnej cechy, w danym przykładzie wahania w długości nasion bobu, nazywamy wariantami, liczby oznaczające ilości osobników, opatrzonych daną kategorią cechy — frekwentami. Na osi odciętych (poziomej) oznaczamy w jednakowych odległościach warianty, odpowiadające 8, 9, 10, 11 i t. d. milimetrom, na

osi rzędnych (pionowej) wysokości odpowiadające liczbie osobników (w naszym przypadku nasion bobu) każdej kategorii. W ten sposób otrzymujemy krzywą, odpowiadającą tej, jaką widzieliśmy w opisaney przed chwilą waniencie szklanej. Począwszy od strony lewej, krzywa wznosi się stopniowo ku górze, osiąga maximum wysokości odpowiednio do kategorii cechy przeciętnej (nasiona 12 mm - owe), na którą przypada ma-



Rys. 69. Krzywa Queteleta.

ximum osobników (167), poczem ku stronie prawej znów opada. Jest to t. zw. krzywa Queteleta, a cała figura, utworzona przez nią wraz z osią odciętych, zowie się wielokątem zmienności (*Variationpolygon*).

Wielokąt zmienności ma doniosłe znaczenie dla różnych poszczególnych przypadków zmienności (według prawa Queteleta) ciągłej, fluktuacyjnej; miewa różną postać, bywa o podstawie krótszej lub dłuższej, o różnej wysokości, niezawsze

jest tak prawidłowy, jak w powyższym przykładzie, bo, jeżeli maximum wysokości jest nie po samym środku, lecz nieco na prawo lub na lewo od środka, trójkąt staje się niesymetrycznym.

Nie leży w zakresie naszej pracy szczegółowe rozpatrywanie wielokątów zmienności. Zaznaczę tu jednak, że dziś istnieją doskonale wypracowane metody statystyczne, służące do badania zmienności za pomocą owych krzywych i wielokątów, a także różne sposoby matematycznej analizy właściwości tych wielokątów. Czytelnikowi interesującemu się tą sprawą polecam doskonale dzieło W. Johannsena p. t. *Elemente der exakten Erbliehkeitslehre* (wyd. niemieckie) 1909, gdzie w zadziwiająco jasny i przejrzysty sposób wyłożone są owe metody statystyczne.

Jedną z najbardziej używanych dziś miar dla zmienności, tą metodą badanej, jest t. zw. współczynnik zmienności (*Variabilitätsindex* Dunckera), albo *Standard-deviation* angielskich badaczy (*Standardabweichung*, lub *Streuung* niemieckich uczonych). Jest to pierwiastek kwadratowy z przeciętnego kwadratu wszystkich zboczeń od średniej wypadkowej (M) danego szeregu zboczeń. Jeżeli przez a oznaczymy wogóle zboczenie od średniej wypadkowej, przez p liczbę osobników posiadających dane zboczenie, przez n ogólną liczbę osobników (sumę wszystkich p), tedy współczynnik zmienności, czyli *Standard-deviation*, oznaczany literą σ , równa się $\pm \sqrt{\left(\frac{\Sigma pa^2}{n}\right)}$, gdzie Σ oznacza sumę wszystkich grup pa^2 . Wyjaśnimy to za pomocą jednego z prostszych przykładów.

U robaka pierścienicy *Nereis limbata* zauważono wahania w liczbie ząbków na brzegu szczęki; jedne osobniki mają ich więcej, inne mniej. Liczba ząbków mierzona u 398 osobników wynosiła 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Wypiszmy w znany nam już sposób dwa szeregi liczb, z których jeden zawierać będzie kolejne liczby ząbków (warianty), drugi liczby osobników obdarzonych każdą z tych ilości ząbków (frekwenty):
 liczba ząbków: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (warianty),
 liczba osobników: 7, 30, 80, 148, 98, 29, 6 (frekwenty).

Średnią wypadkową M otrzymujemy tu w sposób następujący. Każdy wariant mnożymy przez jego frekwent, a więc $2 \times 7 = 14$, $3 \times 30 = 90$, $4 \times 80 = 320$ i t. d., i bierzemy sumę wszystkich iloczynów: $14 + 90 + 320$ i t. d. Suma ta, Σ , wynosi, jak łatwo się przekonać, 2003. Ponieważ zaś liczba mierzonych wogóle osobników, n , wynosi 398, przeto, podzieliwszy Σ przez n , czyli 2003 przez 398, otrzymamy 5.03, t. zw. wartość przeciętną (średnią wypadkową), którą oznaczamy przez M . W celu uproszczenia dalszego rachunku możemy opuścić ułamek, zaokrąglić tę liczbę i powiedzieć, że $M = 5$.

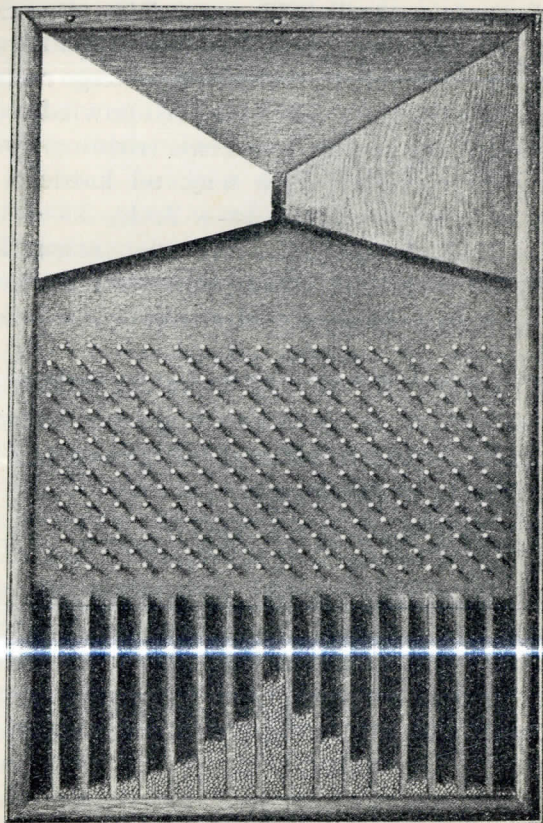
Z kolei musimy znaleźć zboczenie (różnicę) każdego wariantu od owej przeciętnej 5, a więc od każdego wariantu odejmujemy $5: 2 - 5 = -3$, $3 - 5 = -2$, $4 - 5 = -1$, $5 - 5 = 0$, $6 - 5 = 1$, $7 - 5 = 2$, $8 - 5 = 3$. Mamy więc szereg liczb: -3 , -2 , -1 , 0 , $+1$, $+2$, $+3$, które podnosimy do kwadratów: 9, 4, 1, 0, 1, 4, 9, a każdy kwadrat mnożymy przez p , czyli odpowiedni frekwent, a więc: $9 \times 7 = 63$, $4 \times 30 = 120$, $1 \times 80 = 80$, $0 \times 148 = 0$ i t. d. Suma wszystkich iloczynów $63 + 120 + 80 + 0$ i t. d., czyli, według powyższego oznaczenia, Σpa^2 , wynosi, jak łatwo obliczyć, 531. Ponieważ zaś ogólna suma osobników $n = 398$, przeto

$$\frac{\Sigma pa^2}{n} = \frac{531}{398} = 1.33, \text{ a } \sigma = \pm \sqrt{\left(\frac{\Sigma pa^2}{n}\right)} = \pm \sqrt{1.33} = 1.15.$$

Dowiedzieliśmy się z kilku przykładów, na czym polega t. zw. zmienność ciągła, czyli fluktuacyjna, dowiedzieliśmy się także, że najważniejszą jej cechą charakterystyczną jest to, iż w każdym poszczególnym przypadku można ją wyrazić przez wielokąt zmienności, w którym największa liczba frekwentów odpowiada mniej więcej średniemu wariantowi, wtedy gdy najmniejsze ilości frekwentów odpowiadają minimalnym i maksymalnym wariantom, czyli że największa liczba osobników ma cechę przeciętną.

Zapytajmy teraz, jaka jest przyczyna, iż zmienność fluktuacyjna podlega prawu Queteleta. Ażeby na to odpowiedzieć, przyjrzyjmy się przyrządowi wykonanemu przez Galtona w celu zilustrowania tego zjawiska. Jest to t. zw. przyrząd przypadku (podobny do używanego często jako zabawka dziecinna, zwana Tivoli). Na pochyło ustawionej desce

ujętej w ramy widzimy u góry szeroki otwór w rodzaju drewnianego lejka, którego wąskie ujście dolne otwiera się pomiędzy kilkanaście równoległych szeregów sztyfcików ponabijanych w deskę w ten sposób, że poszczególne sztyfciki każdego szeregu stoją na przemian ze sztyfcikami szeregów



Rys. 70. Przyrząd przypadku Galtona.

sąsiednich. Wreszcie u spodu, poniżej ostatniego szeregu sztyfcików, znajdują się liczne równoległe przegrody, w jednakowej odległości jedna od drugiej. Wyobraźmy sobie teraz, że od góry przez otwór lejkiowaty sypimy na pochyłą płaszczyznę przyrządu drobny śrut. Kulki śrutu, spadając na dół,

spotykają po drodze sztyfciki, od których w rozmaity sposób się odbijają, i wreszcie, przebywszy te przeszkody, dostają się do przegródek w dolnej części przyrządu. Tutaj rozmieszczają się w sposób, uwidoczniiony na rysunku, a najzupełniej odpowiadający rozmieszczeniu nasion bobu na rys. 68. oraz krzywej Queteleta, najwięcej bowiem kulek wpada do przedziałki środkowej, najmniej do obu przedziałek krańcowych. Czem się to dzieje?

Nazwijmy wszystkie przeszkody (sztyfciki) po lewej stronie linii środkowej ujemnemi, po prawej dodatnimi. Łatwo sobie wyobrazić, iż, gdyby przeszkód (sztyfcików) nie było, wszystkie kulki spadałyby na dół środkiem, po linii najkrótszej; ponieważ zaś kulki napotykają przeszkody, więc się od nich odbijają, część na prawo, część na lewo, a wobec jednakowej liczby przeszkód, tak ujemnych, jak dodatnich, najwięcej kulek idzie środkiem, najmniej ich zbacza zupełnie na prawo lub zupełnie na lewo—stąd przedziałka środkowa zawiera śrutu najwięcej, krańcowe najmniej, a we wszystkich innych jest ich stopniowo tem więcej, im bliżej linii środkowej; w ten sposób powstaje właśnie krzywa, podobna do queteletowskiej. Dla kuleczek śrutu sztyfciki stanowią niejako pewne czynniki zewnętrzne, zmuszające je do zboczeń, do wahań w kierunku ujemnym lub dodatnim.

To samo dzieje się, jak sądzi większość biologów, ze zboczeniami fluktuacyjnemi w populacjach ustrojów. Ustroje napotykają najrozmaitsze czynniki zewnętrzne: klimatyczne, geologiczne, oekologiczne, uwarunkowane obecnością innych ustrojów, czynniki powodujące jużto lepsze, już gorsze odżywianie się osobników, szybszy lub powolniejszy ich wzrost i t. d. Ponieważ w przeciętnych warunkach w każdej grupie czynników możemy znaleźć działające ujemnie i dodatnio, a więc po największej części wzajemnie się znoszące, przeto, podobnie jak w doświadczeniu Galtona, większość osobników waha się około przeciętnej, obiera sobie, że tak powiemy, drogę pośrodkową, znaczna zaś mniejszość ulega zboczeniom krańcowym w kierunku podniet czysto ujemnych lub czysto dodatnich. Stąd podobieństwo krzywej Queteleta przy zmienności fluktuacyjnej osobników do krzywej w przy-

rzędzie Galtona. Zmienność fluktuacyjna jest zatem głównie wynikiem wpływu warunków zewnętrznych, działających na ustroje.

Wniosek ten wysnuliśmy niejako przez analogię, na podstawie podobieństwa końcowych efektów w „przypadku” Galtona do spostrzeżeń statystycznych nad zmiennością ustrojów w przyrodzie. Co prawda, podobieństwo ostatecznego wyniku nie upoważnia nas jeszcze do wniosku, iż tu i tam przyczyny działające są tej samej kategorii, iż tu i tam owymi czynnikami, powodującymi zmienność fluktuacyjną, są istotnie warunki zewnętrzne, lub, wyrażmy się w sposób mniej naukowy, przypadkowo napotykanne działania w świecie otaczającym. Ale wniosek ten popierają także fakta, i to ma największe dla nas znaczenie dowodowe.

Istnieją liczne dowody, że ze zmianą warunków zewnętrznych modyfikuje się zmienność, a krzywa zmienności ulega przemieszczeniom. Bateson wykazał, że w Azji środkowej, w jeziorach o różnej zawartości soli, muszla małża-sercaka (*Cardium edule*) ulega rozmaitym zmianom zależnie od słoności wody, tak iż w najbardziej słonych jeziorach muszla jest najcieńsza; zaś krok w krok ze zmianą grubości ulega też wahaniom ubarwienie muszli, wielkość i budowa, słowem — dla jezior o różnych zawartościach soli krzywa zmienności muszli jest rozmaita. W przykładzie tym mamy jeno zestawienie szeregu spostrzeżeń, z których wynika z całą siłą logiki, iż warunki zewnętrzne powodują różnice w zmienności, ale ciekawsze są przypadki, w których, oprócz spostrzeżeń dokonanych na łonie przyrody, mamy też stwierdzenie odnośnych wyników drogą doświadczalną. Mam tu na myśli w pierwszym rzędzie znakomite, kilkakrotnie już przez nas wspomniane doświadczenia Towera nad chrząszczykiem kolorado (*Leptinotarsa*).

Tower znalazł, że chrząszczyk ten wykazuje różne odmiany (wahania) w ubarwieniu, zależnie od tego, jaką zamieszkuje okolicę Ameryki, okolice Orizaby, Vera Cruz, Guadelupy, Nowego Yorku, Chicago, Texas, czy Meksyku; w każdej z tych okolic, różniących się między sobą wybitnie pod względem klimatycznym, stosunków gleby i t. d., krzywa

zmienności jest inna. Ale, co ciekawsza, chrząszczyki przeniesione z pewnej okolicy do innej, różniącej się wysokością położenia, klimatem i t. d., wykazują w ostatniej po jednym lub dwóch pokoleniach inną krzywą zmienności, charakterystyczną dla tej właśnie okolicy — oczywisty dowód, że warunki panujące w ostatniej są przyczyną takiej, a nie innej krzywej zmienności. Tower nie zadowolił się jednak tem spostrzeżeniem, lecz przeprowadził nadto szereg niezmiernie dokładnych doświadczeń nad wpływem temperatury, wilgoci, światła, ciśnienia atmosferycznego, pożywienia na ubarwienie chrząszczyka, a pod wpływem tych czynników owały istotnie wykazywały różne krzywe zmienności, przyczem okazało się między innemi, że małe różnice temperatury, czy to w kierunku zimna, czy ciepła, powodowały przesunięcie się krzywej zmienności ku stronie ubarwienia ciemnego (ku t. zw. stronie melanotycznej), wielkie zaś — ku stronie ubarwienia białego (ku stronie albinotycznej).

Jak dalece różnice w warunkach zewnętrznych działają na krzywe zmienności, dowodzą także piękne badania Klebsa nad rozchodnikiem *Sedum* i *Sempervivum*. Klebs usiłował doświadczalnie wykazać wpływ zmiany warunków zewnętrznych na zmienność różnych narządów u rozchodnika *Sedum spectabile*, a przez modyfikowanie warunków odżywiania, światła, wpływ czynników chemicznych udało mu się najzupełniej przekształcać krzywe zmienności. Najlepszym tego wyrazem jest fakt, że współczynnik zmienności (*Standard-deviation*) σ okazał się innym, zależnym od warunków. Oto tablica ilustrująca te stosunki:

Typy	Warunki	Liczba osobników	M	σ
I	Grunt dobrze nawożony, stosunkowo suchy, światło jasne	4260	9.68	0.7505
II	Grunt dawno nie nawożony, suchy, światło jasne	3000	8.45	1.6472
III	Grunt wilgotny, nawożony, cieplarnia, światło słabe	4390	6.54	1.6187
IV	Światło czerwone, cieplarnia . . .	4000	5.05	0.3537
V	Drobne siewki w gruncie wilgotnym, późnem latem	2117	9.47	1.0383
VI	W rozczyinach substancji ograniczających tworzenie się korzeni	2570	7.33	2.3092

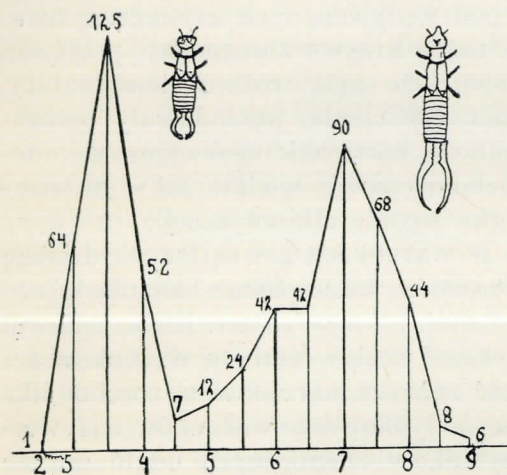
Jakkolwiek zmienność fluktuacyjna w obrębie każdego gatunku jest wyrazem działania warunków zewnętrznych, to nie ulega jednak wątpliwości, że zależy ona także od czynników wewnętrznych, od natury samych osobników, od ich zdolności swoistego reagowania na czynniki zewnętrzne, od ich dziedzicznych, wrodzonych właściwości, które kombinują się z wpływami świata zewnętrznego.

Widzieliśmy wyżej, że wszelka zmienność ciągła, czyli fluktuacyjna, może być wyrażona za pomocą krzywej Que-
teleta o jednym
wierzchołku. Co to
znaczy? Oto, jak wie-
my, że średniemu wa-
ryantowi odpowiada
największa liczba fre-
kwentów.

Ale znane są także
inne jeszcze rodzaje
krzywych zmienno-
ści, t. zw. krzywe
dwuwierzchoł-
kowe lub wielo-
wierzchołkowe,
które musimy tu z ko-
lei bliżej nieco zana-
lizować.

Zbierzmy pew-
ną liczbę egzempla-
ry

skórka (*Forficula auricularia*), pospolitego owadu prosto-
skrzydłego; zbierajmy same samce opatrzone w tyle odwło-
ku cęgami różnej długości. Kreśląc za przykładem Bateso-
na wielokąt zmienności dla osobników męskich ze wzglę-
du na wahania w długości owych wyrostków, otrzymamy
wielokąt (rys. 71.), w którym krzywa wznosi się szybko do
góry, następnie szybko opada, znów się wznosi, ale już nie
tak szybko, lecz stopniowo, dosięga pewnej wysokości i znów
opada. Otrzymana krzywa wskazuje, że na długość wyrost-
ków 3-5 mm. (na osi poziomej) przypada 125 osobników, na



Rys. 71. Krzywa zmienności ze
względu na długość cęgów u samca
skórka (*Forficula*). (Wedł. Batesona).

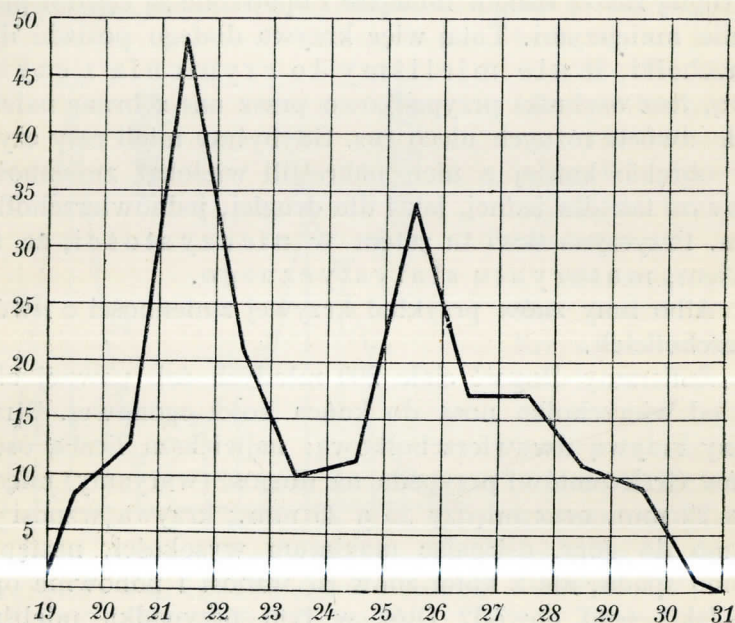
długość 7 mm. — 90 osobników. A więc na dwa różne wa-
ryanty przypada tu szczególnie wielka liczba osobników, nie
zaś jak w krzywej jednowierzchołkowej, gdzie jednemu tyl-
ko wariantowi (mniej lub więcej przeciętnemu) odpowiada
największa liczba frekwentów. Bliższa analiza wykazuje, że
krzywa dwuwierzchołkowa pochodzi w naszym przypadku
stąd, że zbieraliśmy osobniki dwóch ras, z których w jednej
samce są naogół większe i mają przeciętnie dłuższe cęgi,
w drugiej zaś są naogół mniejsze i opatrzone są cęgami prze-
ciętnie mniejszymi. Tutaj więc krzywa dlatego posiada dwa
wierzchołki, iż nie mieliśmy do czynienia z czystą
rasą, lecz osobniki przypadkowo przez nas zebrane należa-
ły do dwóch różnych nieco ras. Gdybyśmy mieli rasy czyste
i w obrębie każdej z nich nakreślili wielokąt zmienności,
byłby on tak dla jednej, jak i dla drugiej, jednowierzchołko-
wym. Przyczyna tkwi tu zatem w nieczystości, że tak
powiem, materiału statystycznego.

Albo inny znów przykład krzywej zmienności o dwóch
wierzchołkach.

Zmierzymy długość ciała 200 młodych żab pewnej oko-
licy od wierzchołka nosa do końca kości ogonowej. Otrzy-
mamy krzywą dwuwierzchołkową; największa liczba osob-
ników (frekwentów) przypada na długość (warianty) między
21 a 22 mm. oraz między 25 a 26 mm.; krzywa wznosi się
stromo do góry, osiągając maximum wysokości, następnie
stromo spada, ale z kolei znów się wznosi i ponownie opa-
da. Jakiż tego powód? Otóż w tym przypadku mieliśmy
wprawdzie osobniki tego samego gatunku i tej samej rasy,
ale okazuje się, że z dwustu mierzonych osobników sto by-
ło schwytanych w czasie od czerwca do sierpnia, a więc
w 12 do 14 miesięcy po przeobrażeniu, sto zaś w czasie od
marca do maja, a więc w 22 do 24 miesięcy po przeobraże-
niu (Goldschmidt). Tutaj zatem mieliśmy dwie grupy
osobników rozmaitego wieku przeciętnego, a wy-
razem tego jest krzywa dwuwierzchołkowa. Gdybyśmy każ-
dą grupę osobników, młodszych i starszych, zmierzili z osob-
na i dla każdej wykreślili krzywą zmienności, biorąc pod

uwagę długość ciała, otrzymalibyśmy dwie osobne krzywe, z których każda byłaby jednowierzchołkową.

Dwa powyższe przykłady wskazują, że różne mogą być przyczyny, dla których zmienność fluktuacyjna nie wykazuje, jak należy, krzywej Queteleta, lecz przedstawia się w postaci krzywej dwu lub wielowierzchołkowej. Mierzone osobniki mogą należeć do dwóch różnych ras, żyjąc razem w jednej



Rys. 72. Krzywa zmienności ze względu na długość ciała młodych żab. (Wedł. Goldschmidta).

okolicy, pochodzić z różnych okresów i różnić się przez to wzrostem lub innymi cechami związanymi z wiekiem i t. d. Należy więc być bardzo ostrożnym w stosowaniu metody statystycznej, trzeba uprzednio pod względem biologicznym dokładnej poddać analizie materiał statystyczny, jeśli ma się uniknąć przypadkowych błędów i niedokładności.

A błędy takie popełniali liczni badacze, o ile opierali się na samej tylko statystyce. Dwu lub wielowierzchołkowe

krzywe zmienności, otrzymane z pomiarów osobników pewnej populacji, tłumaczyli sobie Davenport, Vernon, Blankinship, Weldon i inni przypuszczeniem, że zachodzi tutaj rozpadanie się danego gatunku lub danej rasy na podgatunki lub podrasy, że, słowem, krzywe wielowierzchołkowe są wyrazem niejako różnicowania się nowych gatunków lub ras drogą zmienności fluktuacyjnej, powstawania nowych form drogą waryacji ciągłej. Wyobraźmy sobie, że badamy długość t. zw. rogów u samca chrząszcza jelonka i znajdujemy, że dla największej liczby osobników przypada długość n mm. i $2n$ mm., że zatem na 200, dajmy na to, zbadanych chrząszczy 50 okazuje długość rogów n , 60 zaś $2n$; innym długościom odpowiada znacznie mniejsza już liczba osobników. Krzywa zmienności, odpowiednio do długości n i liczby osobników 50 oraz długości $2n$ i liczby osobników 60, jest dwuwierzchołkowa. Możemy na tej podstawie przypuszczać, że gatunek jelonka jest jakby na drodze do rozpadu na dwie różne rasy, czy też na dwa różne podgatunki, albo na dwa odmienne gatunki elementarne (o ileby różnice w długości rogów służyć mogły za dostateczną podstawę do tworzenia nowych gatunków), z których jeden miałby rogi przeciętnej długości n mm., drugi $2n$, czyli dwa razy dłuższe. Gdyby formy pośrednie wyginęły, a zachowały się tylko osobniki o długości rogów mniej więcej n i $2n$, mielibyśmy dwie nowe formy, z których każda miałaby swoją własną samodzielną krzywą zmienności.

Niektórzy też autorowie sądzili, że z kształtu krzywej, np. dwuwierzchołkowej, to jest z tego, o ile dolina między obu wznoszącymi się wierzchołkami jest głęboka lub płytka, wnosić można o stopniu rozbieżności cech pomiędzy tworzącymi się dwiema nowymi formami; sądzono, że w jednym przypadku mamy tylko dwie nowe, tworzące się rasy, w innym zaś, gdy przepaść między obu wierzchołkami bardzo jest głęboka i obniża się niemal do poziomu, początek już dwóch nowych gatunków. Wszelako, jak widzieliśmy na powyższych przykładach, wnioski takie są bardzo niepewne, bo *a priori* moglibyśmy wciągnąć do pomiarów materiał bardzo nieczysty, należący do róż-

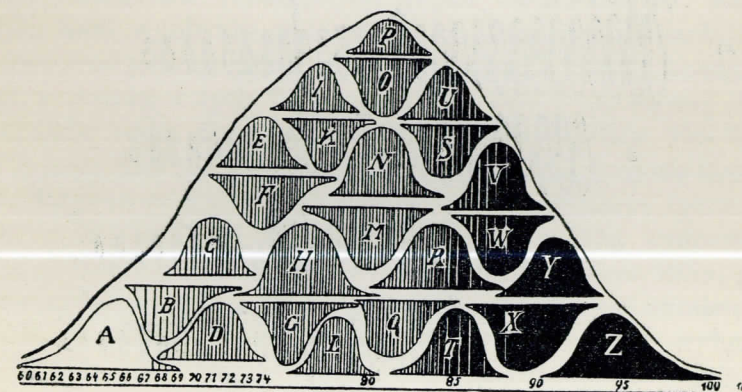
nych istniejących już ras, albo też materyałów różnego wieku lub rozmaitej płci, a w ostatnim przypadku moglibyśmy nie zauważyć, że pewne wahania jakiejś mierzonej cechy zawisłe być mogą od różnic płciowych i innych. Słowem, wyciągać podobne wnioski wyłącznie z danych statystycznych, bez gruntownej analizy biologicznej, to rzecz bardzo niepewna i prowadząca często na manowce. Metoda ta ma olbrzymie znaczenie tylko w związku z analizą biologiczną.

Analiza zmienności ciągłej w ostatnich latach na nowo weszła tory dzięki pracom W. Johanna, profesora fizjologii roślin w uniwersytecie kopenhaskim (*Ueber Erbllichkeit in Populationen und reinen Linien*, 1903, i *Elemente der exakten Erblchkeitslehre*, 1909).

Jak zaznaczyliśmy już wyżej, populacją nazywamy wszystkie osobniki danego gatunku lub danej rasy roślin albo zwierząt, zamieszkujące dany kraj lub wogóle pewną określoną okolicę. Otóż okazuje się, że populacja w bardzo wielu przypadkach nie jest jednostką, którą bez zastrzeżeń można badać statystycznie ze względu na zmienność, albowiem bardzo często przedstawia mieszaninę różnych grup, różnych typów samoistnych, z których każdy w obrębie własnych granic podlega zmienności. Populacja tworzy zatem jeno typ rzekomy, czyli z grecka phaenotyp (*Phaenotypus*), owe zaś typy, które on obejmuje, zwą się biotypami lub genotypami, albo inaczej liniami czystymi (*reine Linien*).

Wyobraźmy sobie, że w danej okolicy żyje pewien gatunek rośliny obupłciowej (t. j. posiadającej na tym samym pniu kwiaty męskie i żeńskie lub obupłciowe), której zbieramy 100 osobników, badamy w nich pewną cechę zmienną i kreślimy krzywą zmienności. Mielibyśmy tu populację, czyli phaenotyp, grupę mieszaną. Weźmy jednak pod uwagę każdy z badanych osobników, wysiejmy nasiona powstałe drogą samozapłodnienia, t. j. zapłodnienia jaj danego osobnika jego własnym pyłkiem, przez co unikniemy obcej domieszki, zanieczyszczenia, a otrzymamy pewną liczbę osobników, których nasiona, pochodzące również z samozapłodnienia, ponownie wysiejmy. Postępując tak z każdym osobnikiem od-

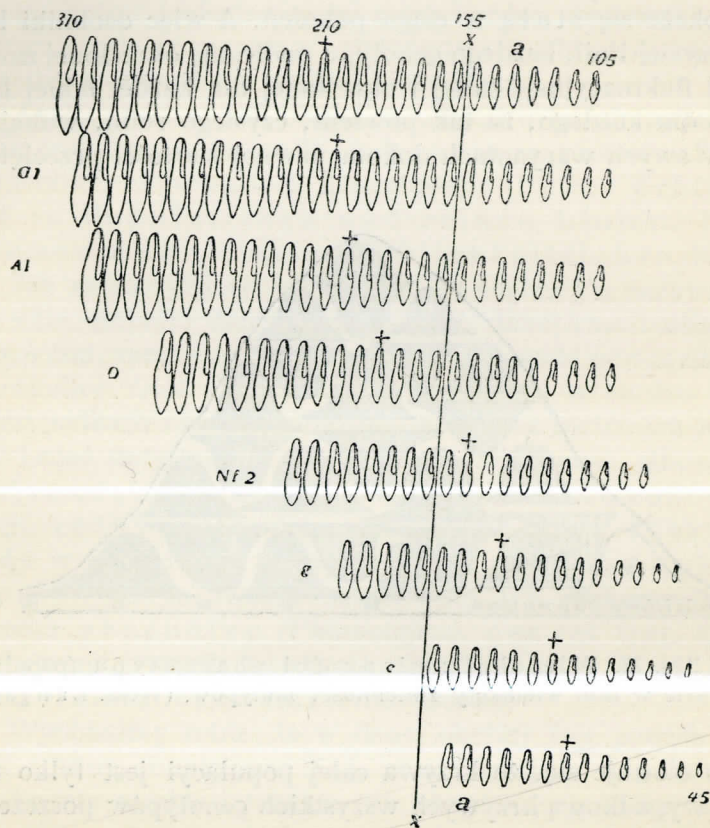
dzielnie, otrzymamy grupy osobników czystych, czyli linii czystych, albo genotypów. W obrębie każdej linii czystej możemy również zauważyć zmienność fluktuacyjną ze względu na badaną cechę i możemy nakreślić krzywą Queteleta, wyrażającą tę zmienność; krzywa okaże się stałą w ciągu pokoleń. A więc osobniki każdej czystej linii, każdego genotypu podlegają określonej zmienności fluktuacyjnej, stałej i określonej dla każdej takiej linii, czyli dla każdego, że tak powiem, czystego rodu, wahającej się w swych wariantach dokoła pewnej wartości przeciętnej.



Rys. 73. Wielokąt zmienności phaenotypu (populacji) i zawarte w nim wielokąty zmienności biotypów. (Wedł. Langa).

I oto okazuje się, że krzywa całej populacji jest tylko niejako wypadkową krzywych wszystkich genotypów poszczególnych. Wyraża to w sposób bardzo obrazowy Lang za pomocą załączonego tu schematu (rys. 73.), na którym w ogólny wielokąt zmienności phaenotypu wtłoczone są wielokąty zmienności biotypów poszczególnych (genotypów), przyczem, w celu pomieszczenia ich na danym polu, jedne wyrysowane zostały podstawami do góry, inne podstawami na dół, a widzimy, że suma ich składa się mniej więcej na całość. Jeżeli na osi odciętych wielkiego wielokąta wybierzemy jakikolwiek punkt oznaczający pewien wariant (liczby te zo-

stały na rysunku opuszczone), okaże się, że wzniesiona w tym punkcie pionowo ku górze oś rzędnych wielokąta jest sumą osi rzędnych wielokątów małych (wielokątów biotypów), przypadających na to miejsce.



Rys. 74. Ośm czystych linii wymoczka *Paramaecium* w szeregach zmienności. XX — przeciętna długość ciała populacji, + — przeciętna długość ciała osobników poszczególnych linii. Liczby oznaczają długość ciała w mikromilimetrach. (Wedł. Jenningsa).

Rzecz prosta, że u organizmów, które nie rozmnażają się przez samozapłodnienie, lecz przez krzyżowanie się osobników różnych płci, nie można wyodrębnić owych czystych linii, czystych rodów, ponieważ tu w każdym pokoleniu zająć

może domieszka krwi obcej. Ale możliwa uczynić to wówczas, kiedy mamy przed sobą zwierzęta rozmnażające się drogą bezpłciową, np. przez samopodział, a przynajmniej rozmnażające się w ten sposób przez bardzo długi szereg pokoleń. Jennings wykazał (1908, 1909), że u wymoczka *Paramaecium*, rozmnażającego się przez bardzo długi szereg pokoleń przez samopodział, można wyodrębnić czyste linie, czyli biotypy, a w każdym z nich stwierdzić zmienność fluktuacyjną. Na rys. 74. mamy ośm linii czystych wymoczka *Paramaecium*, którego długość i szerokość podlegają znacznym wahaniom; długość waha się w granicach od 45 do 310 mikromilimetrów (tysięcznych części milimetra, μ). Każda czysta linia wyobraża potomstwo w kilku pokoleniach, pochodzące od jednego pierwotnego osobnika; widzimy, że zmienność w każdej z tych linii jest różna, np. w pierwszej długość ciała waha się w granicach od 105 do 310 μ . Dla każdej z tych linii można by wykreślić odmienną krzywą Queteleta. Gdybyśmy wzięli pod uwagę całą populację (phaenotyp), w której różne linie czyste byłyby z sobą zmieszane, otrzymalibyśmy średnią (przeciętną) długość ciała 155 μ , gdy tymczasem w każdej poszczególniej linii jest ona odmienna, np. w pierwszej wynosi aż 210. Jedne czyste linie wykazują wahania przeważnie na prawo od przeciętnej phaenotypu, czyli wahania w stronę dodatnią, inne na lewo, w stronę ujemną.

Wykrycie zmienności w obrębie biotypów i wykazanie, że każdy phaenotyp obejmuje zmieniające się fluktuacyjnie biotypy, wyjaśniło pewien dotychczas niejasny, a niezmiernie interesujący fakt biologiczny. Wiadomo, jak wielką rolę odgrywa w hodowli zwierząt i roślin zasada doboru sztucznego*, według której hodowca dobiera w każdym pokoleniu do rozplodu pewne tylko osobniki, odznaczające się cechami, pod jakimkolwiek względem dlań pożytecznymi. Dana cecha, czy to kwiaty pewnej barwy, ziarna obfite i duże u roślin, czy wełna szczególnych właściwości albo wysoki rozwój siły mięśniowej u zwierząt — cecha korzystna dla ho-

* Por. książkę moją *Idea ewolucji w biologii*.

dowcy potęguje się w ciągu pokoleń przez staranny dobór odpowiednich osobników do rozplodu, wzmacnia się, gromadzi i utrwała coraz bardziej, aż prowadzi do otrzymania szczególnej rasy, wysoko cenionej dla swych zalet. Droga doboru sztucznego otrzymano np. buraki cukrowe o stosunkowo ogromnym odsetku cukru w porównaniu ze szczepem pierwotnym, który zawierał go względnie mało. W każdym pokoleniu dobierano tu do chowu nasiona tych tylko buraków, w których za pomocą analizy stwierdzono większą, niż u innych, zawartość cukru. Zawartość cukru u poszczególnych osobników podlega zmienności fluktuacyjnej, bywa mniejsza lub większa, a przez stosowny dobór sztuczny przeciętną ilość cukru znacznie można powiększyć, można tedy przesunąć średnią tego wariantu w kierunku dodatnim. To samo można uczynić i we wszelkich innych przypadkach, stosując dobór w kierunku pewnej cechy podlegającej zmienności fluktuacyjnej.

Ale znane są przypadki, kiedy hodowca znajduje, np. w łanie zboża, pewne osobniki o szczególnych właściwościach, z osobliwymi, bardzo pożądanymi znamionami ziarn, i oto odosobnia je, aby nie krzyżowały się z innymi, a w pierwszym zaraz pokoleniu otrzymuje nową rasę, nie stosując wcale doboru w ciągu wielu pokoleń, któryby daną cechę potęgował dopiero stopniowo i powoli. Niema tu zatem właściwego doboru, jest wprost tylko odosobnienie, izolowanie danych osobników, przedstawiających już odrazu nową rasę. Rzecz bowiem naturalna, że, gdyby te osobniki krzyżowały się z innymi, które danej cechy nie posiadają, tedy domieszka owej krwi niepożądaney, że się tak wyrazimy, wpływałaby na zacieranie się czystości rasy; odosobnienie ich zatem, czyli zmuszenie do łączenia się tylko pomiędzy sobą lub do samozapłodnienia jest konieczne do utrzymania czystości, do wyhodowania rasy, której wszystkie osobniki odznaczają się cechą pożądaną.

Otóż dziś wiemy, na podstawie wyżej wspomnianych badań Johannsena, że w tych przypadkach hodowca napotyka czystą linię, biotyp, i całe jego zadanie polega na wyodrębnieniu tego biotypu z pośród całej populacji i za-

chowaniu jego czystości. Takie postępowanie stosowali w hodowli zbóż Le Couteur w początku ubiegłego wieku, Patrick i Shirreff, którzy w ten sposób dali nam znakomite nowe rasy zbóż, Hays w Ameryce, a przede wszystkim N. H. Nilsson w słynnej szwedzkiej stacji hodowlanej w Svalöf. Ostatni wyszukał z różnych kultur zbóż około tysiąca typów odznaczających się rozmaitymi właściwościami, wytrzymałością na mróz, zdolnością wzrostu na gruncie swoistym, wcześniejszem lub późniejszym dojrzewaniem, długością kłosów, liczbą nasion (ziarn) i t. d., a, wysiewając nasiona z kłosów każdego typu w odosobnieniu, na osobnym półku doświadczalnym, otrzymał mnóstwo ras, czyli właściwie wyodrębnił mnóstwo czystych linii, a w obrębie każdej osobniki wahały się tylko około pewnej średniej ze względu na daną właściwość.

Są biologowie, którzy twierdzą, że całe znaczenie doboru sztucznego polega tylko na wyodrębnianiu genotypów, czyli czystych linii; jest to jednak przesada, niczem nieuzasadniona jednostronność, gdyż nie ulega wątpliwości, że dobór stopniowy, stosowany w długim szeregu pokoleń, może doprowadzić do przesunięcia średniej, czyli przeciętnej danej właściwości w jednym lub drugim kierunku w całej populacji. Albowiem w hodowli zwierząt nie można wyodrębniać czystych linii, ponieważ nie zachodzi tu samozapłodnienie, lecz krzyżowanie różnych osobników, a pomimo to, drogą doboru sztucznego otrzymano przecież mnóstwo ras zwierząt domowych, odznaczających się najrozmaitszymi właściwościami.

Zmienność (c. d.).

Dotychczas mówiliśmy o rodzaju zmienności, który nazywamy zmiennością fluktuacyjną, i przekonaliśmy się, że jednym z najistotniejszych jej znamion jest to, iż odznacza się ciągłością i podlega prawu Queteleta, dając się wyrazić w układzie rzędnych i odciętych przez krzywą jednowierzchołkową.

Ale istnieje jeszcze innego rodzaju zmienność, różniąca się jakoby, według niektórych badaczy, bardzo zasadniczo od fluktuacyjnej. Jest to zmienność mutacyjna, albo skokowa, lub inaczej nieciągła (dyskontynualna). Wyobraźmy sobie, że pośród mięczaków mających muszlę skręconą na prawo wystąpi nagle osobnik o muszli skręconej na lewo, lub pośród owiec, mających odnóża zupełnie proste, urodzi się jeden lub kilka osobników o kończynach silnie wykrzywionych, albo że pośród bydła, posiadającego dobrze rozwinięte rogi, zrodzi się raptem jeden lub kilka osobników całkiem bezrogich, lub wreszcie, że w stadzie koni, które normalnie posiadają, jak wiadomo, jeden tylko (trzeci) dobrze wykształcony palec, pojawi się pewna liczba źrebiąt trójpalcowych. A wszystkie wymienione przykłady to fakta, które rzeczywiście zostały stwierdzone, przyczem istoty obdarzone temi modyfikacjami, a więc czy to konie o trzech palcach, czy owce krzywonogie, przenosiły ową modyfikację swej budowy, czyli owo zboczenie, na potomstwo. Tu niema mowy o ciągłości, bo w przypadku dotyczącym muszli skręconej na lewo nie było przejść od muszli skręconych na pra-

wo do takich, u którychby skrety stopniowo w lewą zaczynały przechodzić stronę (co byłoby zresztą niemożliwe), nie było wariantów, lecz nagłe przejście od jednego rodzaju budowy muszli do drugiego. Tak samo w przypadku owych owiec krzywonogich nie mieliśmy długiego szeregu wariantów od osobników z nogami prostymi do takich, których odnóża byłyby lekko i nieznacznie wygięte, i wreszcie do osobników o stopniowo coraz bardziej wykrzywionych nogach; przeciwnie, odmiana powstała nagle: z jednej strony owce prostonogie, z drugiej odrazu krzywonogie. Tu zatem nie ma zastosowania ani zasada ciągłości, ani nie może być mowy o wyrażeniu zmienności za pomocą krzywej Queteleta. Mamy tu do czynienia ze zmiennością skokową, czyli mutacyjną (de Vries), która doskonale znana już była K. Darwinowi.

Darwin, który, jak wiadomo, w r. 1859 wydał słynne swe dzieło* o powstawaniu gatunków, *Origin of Species*, jeszcze znacznie wcześniej, bo w r. 1842 i 44, napisał szkic do swej teorii p. t. *Foundations of the Origin of Species* (obecnie rzecz ta wyszła w przekładzie niemieckim, 1910) i oto w szkicu tym mówi o nagłym, skokowym powstawaniu nowych form, o zmienności mutacyjnej (w znaczeniu de Vriesa), nazywając takie formy *sports* (to co dziś de Vries oznacza nazwą mutantów). „Wiadomo — mówi wielki biolog angielski — że takie *sports* były w niektórych przypadkach szczepami (formami rodowymi) naszych ras domowych; a prawdopodobnie *sports* były także szczepami wielu innych ras, zwłaszcza takich, które do pewnego stopnia oznaczone być mogą nazwą dziedzicznych potworności, np. gdzie pojawia się członek nadliczbowy lub kończyny są skrzywione (u owiec ankonów), lub gdzie brak jakiejś części, jak u kur krótkoogonowych lub psów i kotów bezogonowych“. Nietylko w tym dawnym szkicu, ale i w dziełach swych późniejszych Darwin wielokrotnie wspomina o zmienności nagłej, która była mu równie dobrze znana, jak i ciągła, czyli fluktuacyjna. W dziele mem *Idea ewolucyi w biologii* sta-

* Przekład polski mój i S. Dicksteina.

rałem się* już to wykazać, zaznaczając, że w najgrubszym błędzie są ci, co sądzą, że idea mutacyi, czyli zmienności dyskontynualnej, nieciągłej, skokowej de Vriesa jest ideą nową i stanowi przeciwstawienie nauce darwinowskiej.

Przedewszystkiem kilka szczegółowych przykładów powstania nagłych zboczeń, czyli mutacyi. W r. 1791 w Ameryce Północnej urodził się z rodziców normalnych tryk krzy-

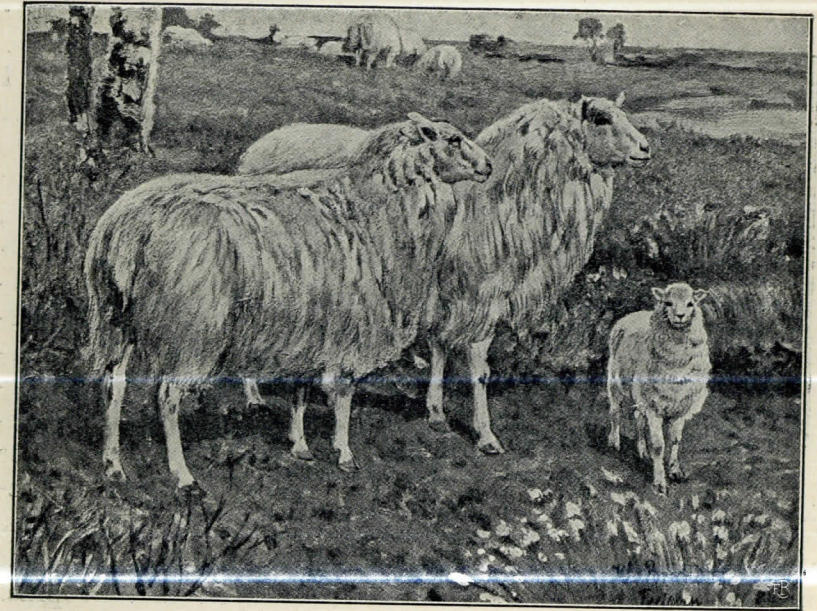


Rys. 75. Zwykła rasa owcy stepowej. (Z Goldschmidta).

wonogi, o nogach krótkich krzywych, a tułowiu długim. Skrzyżowany z owcą normalnego typu, spłodził potomstwo krzywonogie, które w dalszym ciągu, strzeżone przez hodowców i łączone między sobą, dało początek całej nowej ra-

* O zasadzie mutacyi szeroko dosyć pisałem w pracy mej *Idea ewolucyi w biologii*. Wszelako tutaj podam pewne, zupełnie nowe, nieuwzględnione tam grupy faktów, nowe zapatrywania, które stanowić mogą dopełnienie tego, co przedstawiłem we wspomnianem dziele.

sie — rasie owiec ankonów. Zasługuje na uwagę, że podobne zboczenie, jak u owiec ankonów, napotyka się i u innych zwierząt; znana jest pewna rasa psów szpiców, która powstała nagle, a która odznacza się takimiż cechami: nogi krótkie, tułów wydłużony. Pośród jaguarów Paragwaju i psów Paria w Indyach również spostrzegano niekiedy podobnego rodzaju zboczenia.

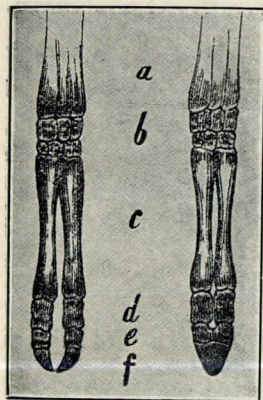


Rys. 76. Bezrogie białe owce stepowe. (Według Lepela z Goldschmidta).

W r. 1828 powstała nagle rasa owiec Mouchamp, zawdzięczająca swe pochodzenie jednemu trykowi, którego potomstwo odziedziczyło po nim znamiona charakterystyczne dla tej rasy: wełnę długą, sztywną, nie kędzierzawą, jak u merynosów, wzrost ciała nieznaczny, głowę wielką, szyję długą, pierś wąską, słabizny wydłużone. Inna nagle powstała rasa owiec — to owce bezrogie, białe, które wystąpiły wśród zwykłych owiec stepowych, opatrzonych rogami (rys. 75 i 76).

Dalej wspomnimy o potwornem bydle Ameryki Połu-

dniowej, Niata, które powstało prawdopodobnie nagle z wprowadzonego tam bydła, a odznacza się tem, że ma wargę górną zadartą do góry, nozdrza wysoko położone, silnie zaś wystające zęby sieczne nadają mu bardzo dziwny wygląd; czaszka silnie zmieniona, nogi tylne krótsze, niż zwykle. Rasa ta zachowuje w zupełnej czystości wszystkie te dziwne znamiona swoje. Wiadomo także, że bydło bezrogie pojawia się w różnych okolicach nagle; u nas w niektórych miejscowościach wschodnich Karpat często rodzą się osobniki bydła bezrogiego. Droga nagłą pojawiają się także od czasu do czasu wśród świń osobniki jednokopytne (rys. 77).



Rys. 77. Skielet kończyny przedniej świni normalnej (na lewo) i świni jednokopytnej (na prawo). a — kości przedramienia, b — nadgarstek, c — kości dłoniowe, d, e, f — kości (człony) palcowe. (Według v. Dąbrowy).

krócej w książce Szlakami wiedzy, wyd. 2., a obszerniej i z licznymi uwagami krytycznymi w dziele Idea ewolucji w biologii.

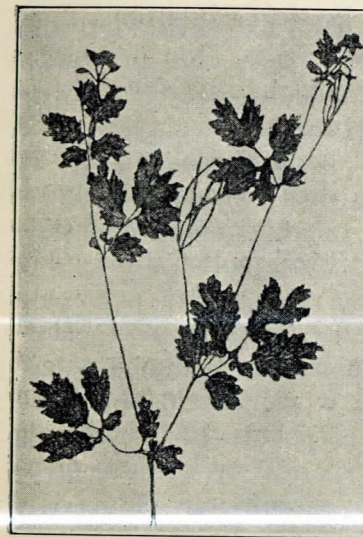
Przytoczone przykłady przekonują nas, że wcale nie rzadko zmienność przybiera postać nagłą, powiedziałbym, bezpośrednią; pewne modyfikacje pojawiają się odrazu, w stop-

niach wschodnich Karpat często rodzą się osobniki bydła bezrogiego. Droga nagłą pojawiają się także od czasu do czasu wśród świń osobniki jednokopytne (rys. 77).

Pośród roślin również znamy bardzo liczne przykłady mutacji, z których najsłynniejsze dotyczą mutacji jaskółczego ziela (rys. 78), gładka wiosennego, paproci *Scolopendrium*, a przede wszystkim wiesiołka Lamarecka (*Oenothera Lamarckiana*); liczne mutanty ostatnio wymienionej rośliny, wybitnie różniące się od szczepu pierwotnego i dziedzicznie przenoszące swe znamiona na potomstwo, zbadane i opisane zostały w nowszych czasach przez de Vriesa. Nie będę tu o nich mówił, jakkolwiek odegrały one pierwszorzędą rolę w sprawie mutacyonizmu, a to z powodu, iż miałem sposobność przedstawić tę rzecz czytelnikom polskim dwukrotnie:

niu od pierwszej chwili wysokim i jako takie są dziedziczne. Oto, co nazywamy w hodowli *sports*, a co wogóle zowie się mutacją.

De Vries i jego zwolennicy upatrują bardzo wielkie różnice zasadnicze pomiędzy zmiennością fluktuacyjną a skokową (między wariantami a mutantami): 1) pierwsza podlega prawu Queteleta, druga mu nie podlega; 2) pierwsza niezawsze, druga zaś stale jest dziedziczna, prowadząc tym sposobem do wytwarzania



Rys. 78. A — Jaskółcze ziele (*Chelidonium majus*) i jego mutant B — *Chelidonium laciniatum*. (Według de Vriesa).

się stałych form nowych (gatunków elementarnych* de Vriesa); 3) pierwsza jest wynikiem warunków zewnętrznych, druga jest od nich niezależna, lecz tkwi w naturze ustrojów, które od czasu do czasu nagle zaczynają się zmieniać, tworząc liczne nowe formy (okresy mutacyjne w życiu ustrojów), poczem znów zjawianie się ich ustaje; 4) odmiany, czyli rasy w znaczeniu de Vriesa po-

* P. Idea ewolucji w biologii.

wstają drogą zmienności fluktuacyjnej, nowe zaś gatunki (elementarne) drogą mutacji; pierwsze przy krzyżowaniu wzajemnym, jako rasy, podlegają prawu Mendla, ostatnie, jako różne gatunki, nie wydają mieszańców mendlujących. Jak zaś tłumaczyć sobie to de Vries, tego tu bliżej rozбивać nie będziemy*.

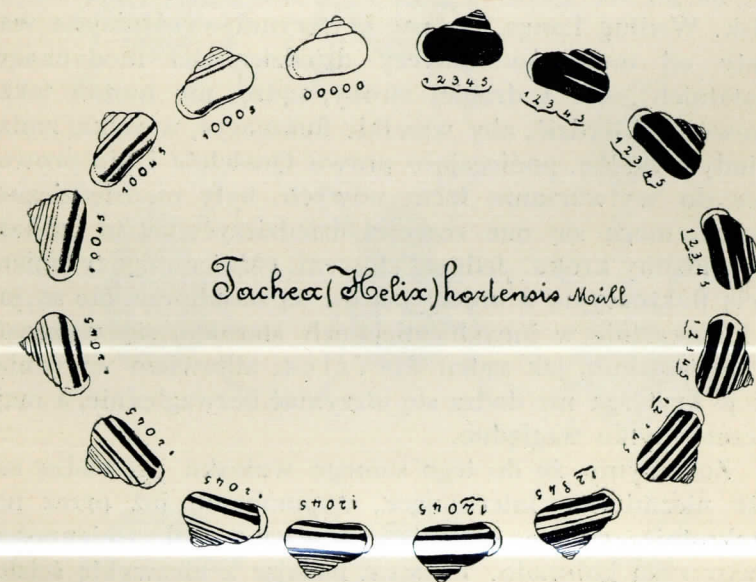
Mojem zdaniem wszelako, co już i w poprzednich pismach kilkakrotnie z całym naciskiem usiłowałem zaznaczyć, niema zgola tak zasadniczych i wybitnych różnic między fluktuacją a mutacją, a pogląd ten, który wypowiedziałem wkrótce po pojawieniu się teorii de Vriesa, stwierdzają wszystkie nowsze badania. Niektóre z nich tutaj przytoczę.

Przedewszystkiem interesujące badania Arnolda Langa nad mutacją i zmiennością fluktuacyjną (waryacją) ślimaka ogrodowego (*Helix hortensis*). Lang przekonał się, że w pewnych okolicach Zurychu żyją dwa rodzaje osobników tego ślimaka: jedne o muszli barwy żółtej, zupełnie jednostajnej, bez pasków, i drugie o muszli barwy żółtej, z pięcioma grubymi paskami. Łącząc się między sobą, wydają one znów osobniki tych dwóch typów, przyczem w pierwszym pokoleniu występują mieszańce tylko jednobarwne; jednobarwność (brak paskowania) przeważa zatem w pierwszym pokoleniu nad paskowatością; w następnych zaś pokoleniach występują znów osobniki bezpaskowe i pasiaste. W tych miejscowościach, gdzie w koloniach ślimaka ogrodowego (ślimaki te napotyka się bowiem zwykle gromadnie, kolonialnie) występują te dwa rodzaje osobników, tak wybitnie różniące się pomiędzy sobą, mamy przykład zmienności mutacyjnej, nieciągłej, dyskontynualnej.

Aliści okazało się, iż w innych koloniach muszle paskowane przedstawiają najrozmaitsze odmiany (rys. 79): od muszli o paskach bardzo grubych i ciemnych (popielatych), niekiedy zlewających się z sobą, co szczególnie dotyczy paska czwartego i piątego, do muszli o paskach coraz cieńszych i jaśniejszych i wreszcie do całkiem bezpaskowych. A okazało się przytem, że potomstwo jednej i tej samej pary ro-

* Idea ewolucji w biologii: pogląd de Vriesa na krzyżowanie się, str. 529 i n.

dziców również miewa te wszystkie modyfikacje w ubarwieniu, będące w tym przypadku zmianami ciągłymi, fluktuacyjnymi. W tym więc szeregu wariantów zmienności fluktuacyjnej formy krańcowe są podobne do typów zmienności mutacyjnej: formy paskowane, o wybitnych grubych paskach, i formy jednobarwne, całkiem pasków pozbawione. Wariantów tych, różniących się grubością pasków i ich barwą, białą, żółtą, pomarańczową, bru-



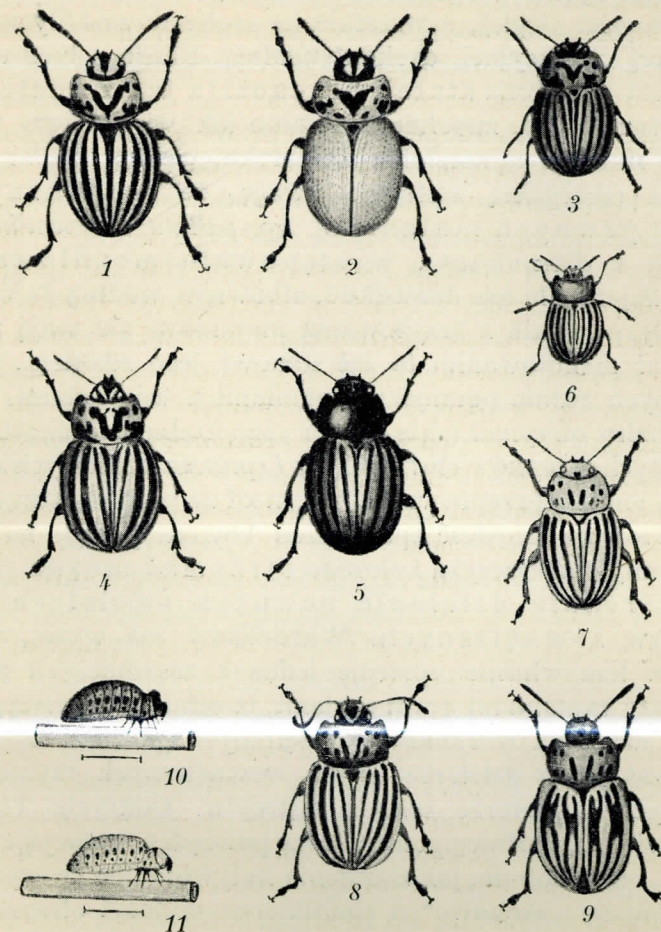
Rys. 79. Szereg (w krąg ułożonych) muszli ślimaka ogrodowego, wykazujących szereg zmian od jasnych jednostajnych do pięciopaskowych, bardzo ciemnych. Liczby oznaczają symbolicznie znaki różnych typów. (Według Langa z Goldschmidta).

natną i popielatą, naliczył Lang aż do 89. Ten niezmiernie interesujący fakt skłania nas do zapytania: azali obie formy zmienności, ciągła (fluktuacyjna) i nieciągła (dyskontynualna, mutacyjna), są czemś zasadniczo różnym, czy też stanowią tylko krańcowości jednej sprawy? Pytanie to zadał też sobie Arnold Lang i rozwiązał je w ostatnio wypowiedzianem znaczeniu.

Badacz ten dochodzi do wniosku, iż „każda właściwość (podobnie jak w powyższym przypadku paskowatość lub brak pasków na muszli) może występować już to w charakterze dziedzicznej mutacji, już w charakterze niedziedzicznej wariacji ciągłej (fluktuacyjnej)”. Twierdzi on dalej, że pojęcie mutacji, jako przeciwstawienie wariacji, nie może się opierać na kryterium nieciągłości, czyli skokowości występowania, na co de Vries i jego zwolennicy tak wielki kładli nacisk. Według Langa, „jedynym kryterium wyróżniającym warianty od mutantów dotyczy dziedziczności modyfikacji u ostatnich”. Ale z drugiej strony, sądzę, nie można także stanowczo twierdzić, aby wszelkie fluktuacje, wszelkie zmiany indywidualne, podlegające prawu Queteleta i nie prowadzące do wytwarzania form nowych, były niedziedziczne; owszem, mogą się one również dziedziczyć, jak to na każdym widzimy kroku. Jednym słowem, różnice między zmiennością fluktuacyjną a mutacyjną nie są zasadnicze, nie są, jak już kilkakrotnie w innych miejscach starałem się wykazać, tak powszechne, jak sądził de Vries, albowiem wyróżniające je kryteria nie dadzą się utrzymać bezwzględnie, a mają znaczenie tylko względne.

Zobaczmy, że do tego samego wniosku prowadzą nas także niezmiernie interesujące, wspomniane już przez nas kilkakrotnie, słynne badania Towera nad zmiennością chrząszczyka kolorado. Tower, badając z niezwykłą ścisłością różne formy chrząszczyka kolorado (na przeszło dwustu tysiącach osobników!) napotkał przeszło sto osobników, które uznać musiał za podlegające zmienności mutacyjnej. U *Leptinotarsa decemlineata* znalazł on różne formy mutantów, jak *Leptinotarsa melanica* (31 osobników), *tortuosa* (3 osobniki), *minuta* (2), *maculothorax* (2), *pallida* (63), *rubrivittata* (1), *defecto-punctata* (1), *albida* (1), *obscurata* (4). Były to wszystko mutanty zupełnie naturalne, nie stanowiły zaś bynajmniej wyniku domestykacji lub wogóle jakichkolwiek warunków sztucznych, związanych z kulturą danych okolic. U innych gatunków, u *Leptinotarsa undecimlineata* lub u *L. multitaeniata* znalazł również po kilka mu-

tacji. Każdy z wymienionych mutantów odznaczał się bardzo swoistymi cechami, które tyczyły się tak rozmiarów ciała, jak i rysunku na tułowiu (na grzbietowej jego stronie) i na



Rys. 80. Mutacje u *Leptinotarsa*; 1—2 dwie mutacje gatunku *L. undecimlineata* (2—nosi nazwę *L. angustovittata* i jest barwy sino-zielonawej); 3-5—trzy mutacje *L. multitaeniata* (zwane: *L. multitaeniata* — 4, *rubicunda* — 3 barwy czerwonej, i *melanothorax* — 5, o tle żółtem); 6-9—cztery mutacje gatunku *L. decemlineata* (zwane: *L. decemlineata* — 8, *tortuosa* — 9, *pallida* — 7, *defectopunctata* — 6); 10 i 11—larwy *L. multitaeniata* (żółtej barwy) i jej mutant *L. rubicunda* (10) barwy czerwonej. (Wedł. Towera).

pokrywach skrzydeł oraz ogólnego tła ubarwienia; jedne były barwy czerwonej, inne zielonej lub niebieskawej, słowem, różnice bardzo wybitne, nie połączone jednak żadnymi szeregami przejść, tak iż mowy tu być nie mogło o zmienności ciągłej, a wszelkie jej cechy dowodziły natury skokowej, mutacyjnej, dyskontynualnej. Każda z tych mutacji miała znamiona stałe i przenosiła je dziedzicznie na potomstwo, zupełnie tak samo jak w słynnym przykładzie mutacji u wiesiołka Lamarcka, według de Vriesa.

Na szczególną zasługuje uwagę, że przy krzyżowaniu pewnych mutantów, np. *pallida* z *decemlineata*, występowało mendlowanie, co wielką ma dla nas doniosłość, albowiem, według de Vriesa, bastardy powstałe z krzyżowania mutantów nie mają nigdy podlegać mendlowaniu, to zaś stanowi, jego zdaniem, jedną z ważnych różnic pomiędzy mutantami a wariantami.

Nadto otrzymał także Tower różnorodne fluktuacje wśród rozmaitych gatunków chrząszczyka *Leptinotarsa*, których szczegółową analizę przeprowadził i wyraził za pomocą krzywych.

Wielka doniosłość spostrzeżeń Towera polega na tem, iż mutanty chrząszczyka kolorado otrzymać można przez bezpośrednie działanie pewnych swoistych warunków zewnętrznych. Widzieliśmy zaś wyżej, że de Vries w tem właśnie upatruje jedną z zasadniczych różnic pomiędzy mutantami a wariantami, iż ostatnie powstają jako skutek działania warunków zewnętrznych (por. str. 323), mutanty zaś przez działanie czysto wewnętrznych czynników, tkwiących w naturze samych ustrojów. Odkrycie Towera obala więc i tę różnicę podstawową pomiędzy mutacją a fluktuacją, bo podobnie, jak zboczenia indywidualne (waryacje), tak i zmiany „skokowe” o charakterze mutacji otrzymywał badacz amerykański na skutek wpływu warunków otaczających. Cała tajemnica odnośnych doświadczeń co do wpływu warunków zewnętrznych na powstawanie mutacji polega na tem, iż wpływy owe działać muszą na ustroje w pewnym, szczególnym okresie ich życia, w okresie tak zwanej wrażliwości ich elementów płciowych, a okres ten przypada, jak już na innem miejscu

(por. str. 221) powiedzieliśmy, na czas dojrzewania jaj. Jeżeli w tym okresie życia osobników zmienimy w pewien sposób otaczające warunki zewnętrzne, potomstwo tych osobników urodzi się ze zmianami w budowie, które będą miały charakter zmian skokowych, mutacyjnych. Oto kilka przykładów tych niezmiernie interesujących i ważnych doświadczeń Towera.

Cztery samce i cztery samice *Leptinotarsa decemlineata* poddane zostały działaniu wysokiej ciepłoty (około $+35^{\circ}\text{C}$), a równocześnie suchości, której towarzyszyło niskie ciśnienie atmosferyczne; było to w czasie dojrzewania trzech pierwszych grup jaj. Gdy jaja te zostały złożone, pozostawiono je w warunkach normalnych, w których także rozwinęły się i rosły młode. I oto z 506 gąsienic otrzymał Tower 96 dorosłych chrząszczyków, z których 82 przedstawiały mutację *pallida*, 2 zaś mutację *immaculothorax*. Rodziców tych mutantów umieszczono następnie znów w normalnych warunkach, a samice złożyły jeszcze dwie grupki jaj, z których rozwinęły się zupełnie normalne *decemlineata*. Przykład ten pokazuje w sposób najoczywistszy, iż zmienione warunki zewnętrzne, o ile działają w pewnym określonym czasie (w okresie „wrażliwości” komórek jajowych) na rodziców, wywołują powstawanie mutantów.

W innym przypadku siedem samców i siedem samic typowej formy *decemlineata* poddał Tower w okresie dojrzewania komórek płciowych działaniu wysokiej ciepłoty i suchości; samice złożyły 409 jaj, z których wychowało się 64 młodych, z tych zaś 20 przedstawiało typowe formy *decemlineata*, 23 mutację *pallida*, 5 mutację *immaculothorax*, 16 *albida*, ale nawet i owe typowe formy *decemlineata* różniły się pod pewnymi względami od osobników w normalnej rozwijających się ciepłocie, a różniły się od nich pewnymi fizjologiczno-rozwojowymi właściwościami, których tu bliżej rozpatrywać nie będziemy.

Poprzestaniemy na tych przykładach; więcej ich znajdzie czytelnik w niezmiernie interesującym dziele Towera *An investigation of evolution in chrysomelid beetles of the genus Leptinotarsa*, 1906, wydanem przez

Instytut Carnegiego w Washingtonie. Dzieło to, obejmujące 320 stronic druku i opatrzone licznymi tablicami i rysunkami, jest, zdaniem mojem, jedną z najznakomitszych publikacji biologicznych bieżącego stulecia.

Tak więc z pracy L. Towera oraz z poprzednio wymienionej pracy A. Langa nad mutacjami w świecie zwierzęcym, wynikają takie fakta, jak te, iż mutanty, jak i warianty, mogą podlegać mendlowaniu się przy krzyżowaniu, że mutacje, podobnie jak i zmiany fluktuacyjne, powstawać mogą jako rezultat działania pewnych określonych warunków zewnętrznych, że wreszcie wariacje mogą być równie dziedziczne, jak mutacje. Ostateczny wynik tych spostrzeżeń i dociekań jest ten, iż oba rodzaje zmienności, fluktuacyjna i mutacyjna, różnią się wprawdzie wybitnie pod względem swych objawów zewnętrznych, lecz niema między nimi różnic zasadniczych i bezwzględnych, a raczej tylko — różnice co do stopnia. Istnieje tylko jedno ogólne zjawisko zmienności w przyrodzie organicznej, zjawisko będące pewnym przejawem ogólniejszego jeszcze fenomenu, który nazywamy dziedzicznością w najszerszem znaczeniu wyrazu, a fluktuacje i mutacje są to tylko dwa krańcowe ogniwa jednego łańcucha zjawisk podlegających w swych przejawach licznym wahaniom i modyfikacyom.

ROZDZIAŁ DWUDZIESTY DRUGI.

Dzieworództwo, czyli partenogeneza.

Już w poprzednich rozdziałach miałem sposobność wspomnieć tu i owdzie o dzieworództwie, czyli o zdolności niezapłodnionego jaja do rozwijania się. Na str. 132 i nast. omówiliśmy, między innemi, bliżej zachowanie się ciałek kierunkowych w jajach rozwijających się dzieworodnie, sprawę bardzo ważną, której w tym rozdziale dotyczyć już przeto nie będziemy. Natomiast rozpatrzmy tu dzieworództwo ze względu na formy, w jakich przejawiać się może w przyrodzie, oraz poznamy zjawiska t. zw. dzieworództwa sztucznego, które w dzisiejszej embryologii ogólnej doniosłą odgrywa rolę.

Już wiele lat przed tem, zanim należycie poznano znaczenie i udział plemnika w sprawie zapłodnienia, stwierdzono fakt, iż pewne owady, mianowicie mszyce, mogą rodzić młode, nie będąc uprzednio zapłodnione. Wykazali to Réaumur, Bonnet i inni autorowie 18. wieku. Kirby stwierdził, że mszyce, hodowane w odpowiedniej temperaturze i wilgoci, mogą w ciągu lat czterech (a zapewne i dłużej) wydawać wciąż dzieworodnie pokolenia samic, jedne po drugich. W naturze dzieje się tak, że w ciągu całego lata występuje kilkanaście żyworodnych, partenogenetycznie rozmnażających się generacji samic, a dopiero w późnej jesieni pojawiają się samce i samice, z których ostatnie składają jaja zapłodnione; z jaj tych powstają znów żyworodne partenogenetyczne samice.

Wykazano później, że i u wielu innych owadów zacho-

dzie może dzieworództwo. De Geer, o ile się zdaje, pierwszy wykazał, że pewne motyle rodzaju *Solenobia* składają jaja niezapłodnione, rozwijające się normalnie, a v. Siebold znalazł to samo (1856) u motyla *Psyche helix*, którego samiec za czasów Siebolda nie był wcale znany i został odkryty dopiero później (gatunek tego motylka nosi dziś nazwę *Apterona crenulella* Brd., samica jego jest bezskrzydła i wygląda, jak larwa, samczyk jest skrzydlaty i znacznie mniejszy od samicy). Jaja niezapłodnione tego motyla mają dawać tylko samice, a zapłodnione — samce.

Najsłynniejszym atoli w historii tej dziedziny nauki było odkrycie Dzierżona, dotyczące partenogenezy u pszczoł (ogłoszone po raz pierwszy, według Siebolda, w r. 1845 w *Eichstädter Bienenzeitung*) — rzecz zdumiewająca — znanej już Arystotelesowi. Dzierżon doszedł do wniosku, że z niezapłodnionych jaj królowej pszczoł powstają samce, czyli trutnie, z zapłodnionych — samice (królowe) i robotnice, t. j. samice z niezupełnie wykształconymi narządami płciowymi. Wykazał on, że królowa raz w życiu zostaje zapłodniona, i to nie w ulu, lecz na powietrzu, podczas tak zwanego wzlotu weselnego, kiedy wzbija się wysoko w górę w towarzystwie wielu samców. Plemnina (sperma) gromadzi się w szczególnym woreczku w narządach płciowych królowej, w t. zw. zbiorniku nasiennym (*receptaculum seminis*), gdzie przez wiele lat może się przechowywać, a jajo, które ma być złożone nazewnątrz, przechodząc obok przewodu zbiornika, zostaje zapłodnione przez plemnik. Dzieje się to w ten sposób, że, gdy królowa składa jajo do komórki woskowej, przeznaczonej na robotnice, podczas przejścia jaja obok ujścia przewodu zbiornika nasiennego nieco plemni wycieka z ostatniego i zapładnia jajo. Kiedy zaś królowa znosi jaja do komórek woskowych, przeznaczonych na trutnie i obszerniejszych, niż pierwsze, wówczas, gdy jaja mijają wspomniane ujście, nic zgoła plemni nie wycieka z przewodu i jajo nie zostaje zapłodnione.

V. Siebold sądził, że zależy to od woli i świadomości królowej, iż w jednym przypadku zapładnia jaja, w drugim zaś nie zapładnia ich. Nie ulega wszakże wątpliwości, że jest

to czynność najzupełniej odruchowa, nieświadoma, a być bardzo może, że wąskość komórek woskowych przeznaczonych na robotnice (i samice), większa zaś ich obszerność na trutnie sprawiają, iż w pierwszym przypadku mięśnie zbiornika nasiennego zostają odruchowo podrażnione, wskutek czego zachodzi skurcz zbiornika, wyciek plemni i zapłodnienie, w drugim zaś podrażnienia takiego nie ma, plemnina nie wycieka i jajo nie zostaje zapłodnione. Zresztą, działają tu, być może, i inne jeszcze czynniki, bliżej niewyjaśnione, które warunkują zapłodnienie lub niezapłodnienie jaj. Wszelako wydaje mi się niedostatecznie uzasadnionem przypuszczenie niektórych badaczy, jakoby pszczoła wcale nie składała jaj niezapłodnionych, lecz wogóle wytwarzała dwa rodzaje jaj, jedne przeznaczone (predestynowane) na samce, drugie na samice lub pszczoły robocze.

Z różnych stron krytykowano spostrzeżenia Dzierżona. Landois (1867) przeczył im na tej zasadzie, iż, skoro umieszczał jaja na robotnice w komórkach woskowych przeznaczonych na trutnie, z jaj tych powstawały, według niego, trutnie, i naodwrot, gdy umieszczał jaja na trutnie w komórkach woskowych przeznaczonych dla robotnic, z jaj tych rozwijały się robotnice. Zdawałoby się zatem, że, rzecz zadziwiająca, rodzaj komórki woskowej, w której jajo spoczywa, wpływa na płeć potomstwa. Ale tymczasem nie ulega wątpliwości, o ile spostrzeżenia Landoisa były dobre, że rzecz ta objaśnić się daje w sposób całkiem inny, a bardzo prosty; otóż zauważono, że robotnice często same opróżniają z jaj komórki, do których jaja zostały włożone przez obcą rękę, odróżniając zapewne niewłaściwy sposób przymocowania jaja; jeśli zaś zachodziło to także w doświadczeniach Landoisa, tedy królowa mogła łatwo w miejsce jaj uprzątniętych przez robotnice złożyć do danych komórek jaja właściwe, a więc do komórek przeznaczonych na trutnie — jaja niezapłodnione i odwrotnie. Także zarzuty innych badaczy, np. Dickela, Pereza, nie wytrzymują, zdaniem moim, krytyki. Z drugiej zaś strony v. Berlepsch, v. Siebold, Leuckart, a w nowszych czasach Petruniewicz z pracowni A. Weis-

manna (1901) stwierdzili dokładność i prawdziwość spostrzeżeń Dzierżona.

Dodamy tu jeszcze, że sam Dzierżon w celu dowiedzenia słuszności swego twierdzenia, iż z jaj składanych dziwiorodnie (niezapłodnionych) wykluwają się samce, przytoczył wiele argumentów pośrednich, bardzo przekonywających, a łatwych do sprawdzenia. Dzierżon stwierdził, że królowe, które wskutek niedostatecznego rozwoju skrzydeł nie mogą odbyć wlotu weselnego, rodzą bez wyjątku same tylko samce; zarówno też stare samice, w których zbiorniku nasiennym brak już plemni, rodzą same trutnie; dalej, robotnice, które wskutek niedorozwoju narządów płciowych nie mogą być wogóle zapładniane, składają niekiedy jaja, z których (jako niezapłodnionych) rozwijają się wyłącznie trutnie.

Podobnie, jak u pszczół, wiele także czyniono spostrzeżeń nad dziwiorództwem prządki jedwabnika (*Bombyx mori*). Już w r. 1838 zauważył Herold, że pewien odsetek niezapłodnionych jaj jedwabnika zaczyna się rozwijać, ale w przeciwieństwie do jaj zapłodnionych jaja dziwiorodne odbywają tylko pierwsze stadya rozwojowe i na nich się zatrzymują, wskutek czego z jaj tych nie wylęgają się gąsienice. V. Siebold wspólnie z hodowcą jedwabników Schmidem rozpoczęli badania nad tą sprawą i przekonali się, że i niezapłodnione jaja jedwabników mogą się rozwijać normalnie i wytwarzać gąsienice, które nawet przepoczwarczają się i dają motyle.

Ale inni autorowie nie potwierdzili spostrzeżeń v. Siebolda i Schmid. W r. 1871 v. Siebold powrócił do tej sprawy i ponownie stwierdził prawdziwość swych spostrzeżeń, powołując się, między innymi, na doświadczenia Barthélemyego, który do tych samych doszedł wniosków, ale zauważył przytem, że część tylko jaj dziwiorodnych osiąga zupełny rozwój, większość zaś zatrzymuje się w różnych stadyach, bądź wcześniejszych, bądź późniejszych, a nadto, że te tylko samice, które pochodzą z chowu letniego, wytwarzają dziwiorodnie jaja, całkowicie rozwijające się w tym samym jeszcze roku; jaja zaś dziwiorodne, które przezimo-

wały, nie rozwijają się wcale. Jest to spostrzeżenie niezmiernie ciekawe, bo dowodzi, że zdolność do rozwoju jaj niezapłodnionych zależy może od pewnych warunków zewnętrznych, w powyższym przypadku niedostatecznie jednak poznanych.

Z kolei wykazano też, że dziwiorództwo zdarza się i u innych jeszcze owadów, np. u wielu błonkoskrzydłych, oprócz pszczoły, jak u osowatych, gdzie z jaj niezapłodnionych rozwijają się samce (v. Siebold, Leuckart).

Często także występuje partenogeneza u pewnych niższych skorupiaków oraz u wrotków (*Rotatoria*). U obu tych grup zwierząt, podobnie jak u mszyc, dziwiorództwo zjawia się okresowo, czyli cyklicznie, t. j. po całym szeregu generacji samic dziwiorodnych następuje tu jedno lub kilka pokoleń samców i samic, które składają jaja zapłodnione. Najczęściej w ciągu lata znajdujemy pokolenia samic dziwiorodnych, w jesieni zaś z jaj niezapłodnionych rozwijają się także samce i samice, które znoszą jaja zapłodnione, zimujące i dające na wiosnę znów samice, z tych zaś powstaje szereg pokoleń dziwiorodnych samic.

Okresowość dziwiorództwa tkwi najprawdopodobniej w naturze danych ustrojów, podobnie jak i różne inne sprawy, które występują peryodycznie. W części, być może, zależy ona od warunków odżywiania i temperatury, które inne są latem, a inne późną jesienią. Mówiliśmy już wyżej, w rozdziale o powstawaniu płci, że zdania w tym względzie są podzielone, że np. Issakowitsch sądzi, iż plesznice, czyli dafnidy (drobne skorupiaki wód naszych), rozmnażają się dziwiorodnie przy dobrym odżywianiu się, w niesprzyjających zaś pod tym względem warunkach obok samic występują samce. Widzieliśmy wszelako, że inni badacze nie stwierdzili tych wyników (Olga Kuttner, Woltereck, 1911), przypuszczając raczej wpływy czysto wewnętrzne, związane z cyklicznością, okresowością pewnych spraw życiowych u tych ustrojów. Wspomnieliśmy także, w rozdziale o powstawaniu płci, o wrotku *Hydatina senta*, który składa w ciągu lata jaja niezapłodnione, lecz dające tak samce, jak i samice, zimową zaś porą znosi jaja zapłodnione, z których, według

badań Lenssen a (1898), rozwijają się tylko samice. Ale samice tego wrotka są naogół dwojakiego rodzaju: jedne tylko dzieworodne (z jaj ich powstają tylko samice), drugie składają jaja niezapłodnione i zapłodnione. Por. ustęp o różnych doświadczeniach nad powstawaniem płci u tego wrotka na str. 285 i n.

Rozpatrując różne objawy dzieworództwa w przyrodzie, możemy, zdaniem mojem, wyróżnić w niem pięć głównych typów.

1. Dzieworództwo stałe, napotykane u nielicznych zwierząt, u których dotąd znane są tylko samice. Małżora-czek *Cypris reptans* rozmnaża się, według kilkoletnich spostrzeżeń Weismanna (1891, *Amphimixis*), tylko dzieworodnie. Pośród mrówek znany jest żyjący pasorzytnie w gniazdach innych gatunków tej rodziny owadów *Tomognatus sublaevis*, u którego, według Adlera, niema ani samców, ani robotnic (t. j. samic bezskrzydłych z niedokształconymi narządami płciowymi), istnieją zaś tylko samice bezskrzydłe, które przypominają swym wyglądem robotnice i rozmnażają się stale drogą dzieworództwa. To samo przyjmują niektórzy badacze dla pewnych mszyc i dla spokrewnionego z niemi owadu *Chermes* (Chołodkowski, 1900), na co jednak nie mamy ścisłego dowodu. Zdaje mi się wszelako, że tej formy dzieworództwa nie należy uważać za osobny typ i że mówić o nim jako o typie możemy tylko warunkowo; niepodobna bowiem twierdzić, że u wspomnianych gatunków stanowczo niema samców; być może, że są, tylko niezmiernie rzadkie, i występują na bardzo krótki czas w pewnych tylko okresach i w pewnych tylko warunkach, skąd łatwo je przeoczyć.

2. Dzieworództwo okresowe, czyli cykliczne, stanowi typ, jaki poznaliśmy wyżej, mówiąc o mszycach, plesnicach, niektórych wrotkach. U mszyc, jak już wspominaliśmy, po okresie rozmnażania się dzieworodnego (w ciągu całego lata) następuje okres, kiedy pojawiają się samce i samice, które wytwarzają jaja podlegające zapłodnieniu (na jesieni).

3. Trzeci typ dzieworództwa moglibyśmy nazwać jed-

nostronnym; jest to typ, w którym jaja partenogenetyczne dają osobniki jednej tylko płci, przyczem samica może w tym samym czasie składać jaja zapłodnione i niezapłodnione; przykład takiej partenogenezy widzieliśmy u pszczoły, gdzie z jaj niezapłodnionych powstają zawsze samce.

4. Typ czwarty nazwałbym dzieworództwem sporadycznym. Tutaj zwierzę rozmnażające się z reguły za pośrednictwem jaj zapłodnionych składa czasami także jaja niezapłodnione, które również mogą się rozwijać, co widzieliśmy u motyla jedwabnika. To samo zauważono także u niektórych gatunków rozgwiazd i jeżowców morskich (Bataillon, Viguier, O. Hertwig).

5. Dzieworództwo zaczątkowe, czyli niezupełne, polega na tem, że jaja niektórych zwierząt, nie będąc zapłodnione, zaczynają się pomimo to rozwijać, podlegają pierwszym stadiom bródkowania, zwykle zresztą w sposób mniej lub więcej patologiczny, ale nigdy nie osiągają rozwoju zupełnego, lecz prędzej czy później giną. Niektórzy sądzą (Barfurth), że jaja, znoszone przez kurę, długo trzymaną zdala od koguta, a więc niezapłodnione, podlegają niekiedy takiemu zaczątkowemu bródkowaniu, które jednak szybko ustaje. Co do jaj ssaków, przyjmował podobną możliwość jeszcze Bischoff w r. 1844, a niektórzy są zdania, że bywa to niekiedy i w jajach ryb lub płazów, jakkolwiek inni temu przeczą, tak iż sprawę tę należy dotąd uważać za otwartą (p. Bonnet, 1900, w „Ergebnisse“ Merkela i Bonneta), a tem samem i typ piąty dzieworództwa przyjąć możemy tylko warunkowo i z zastrzeżeniem, podobnie jak pierwszy.

Dotychczas mówiliśmy o dzieworództwie naturalnem, napotykanem na łonie przyrody. Z kolei bliżej rozważyć musimy t. zw. dzieworództwo sztuczne, t. j. partenogenezę, wywoływaną sztucznie za pośrednictwem podniet zewnętrznych, głównie chemicznych. Nad tą sprawą pracowano w ostatnich latach z wielkiem powodzeniem, a nazwiska Tichomirowa, H. T. Morgana, Winklera, Yves Delage'a i innych, w szczególności zaś i w stopniu najwyż-

szym dzielnego fizjologa amerykańskiego Jaque'a Loeba splotły się z tą dziedziną doniosłych poszukiwań biologicznych.

Jeden z pierwszych zwrócił uwagę na możliwość sztucznego wywoływania dziwiorództwa zoolog rosyjski Tichomirov, który w r. 1886 w Archiwum Du Bois-Reymonda ogłosił krótką rzecz o „sztucznej partenogenezie u owadów”. Metoda jego polegała na drażnieniu niezapłodnionych jaj jedwabnika środkami chemicznymi i mechanicznymi i pobudzaniu ich w ten sposób do rozwoju. „Zanurzyłem — mówi Tichomirov — 36 niezapłodnionych jaj do stężonego kwasu siarkowego i pozostawiłem je tam przez dwie minuty (później jaja te zostały starannie opłukane). Trzydzieści z tych jaj poczęło już na czwarty dzień zmieniać barwę, a szóstego dnia można było zauważyć w nich obecność zarodka. Tak zarodek, jak i błona surowicza, składająca się ze wspaniałych komórek barwikowych, wyglądały zupełnie normalnie. Inne szesnaście jaj pocierałem szczoteczką umyślnie bardzo słabo. Dotąd (a więc po tygodniu) wynik był ujemny; żadne z jaj nie zaczęło się rozwijać. Trzecią grupę jaj, w liczbie 99, pocierałem szczoteczką bardzo silnie. Na czwarty dzień u sześciu z tych jaj można było zauważyć charakterystyczną dla rozwijającego się zarodka zmianę ubarwienia. Żadne natomiast z jaj niezapłodnionych, które pozostały niepodrażnione, nie rozwinęło się partenogenetycznie”.

Oto pierwsze dokładniejsze spostrzeżenia w dziejach nauki nad sztuczną partenogenezą. W szesnaście lat później pojawiły się słynne pierwsze badania Loeba nad sztucznym dziwiorództwem, poprzedzone wszelako przez spostrzeżenia innych także biologów nad tą sprawą, po większej części jednak wysoce niekrytyczne. Co do doświadczeń Tichomirowa, sądzi Loeb, że skąpanie jaj w stężonym kwasie siarkowym lub energiczne tarcie szczoteczką wpływa głównie na to, że błony jajowe łatwiej przepuszczają tlen z powietrza, a ta dopiero okoliczność warunkuje pobudzenie jaja do rozwoju.

Ze względu na to, że zagadnienie sztucznej partenogenezy zostało w ostatnich latach szczególnie wszechstronnie

i dokładnie zbadane przez J. Loeba, który na podstawie swych poszukiwań stworzył „chemiczną teorię zapłodnienia”, rozpatrzmy tok prac i rozumowań tego eksperymentatora.

Otóż, jak wiadomo, Boveri (p. str. 141) sądził, iż niezapłodnione jajo zwierzęce dlatego nie ma zdolności do rozwoju, że brak mu pewnego „narządu”, niezbędnego do podziału, mianowicie centrozomu, bo w jaju dojrzałym centrozom (owocentr) zwykle zanika; „narząd” ten wnosi do jaja dopiero plemnik podczas zapłodnienia, gdyż, jak pamiętamy, wraz z główką plemnikową przenika do jaja także spermocentr, czyli centrozom męski. Dokoła centrozomu powstaje sfera promieni plazmatycznych — astrosfera, a pomiędzy rozchodzącymi się ku obu przeciwnym biegunom jaja produktami podziału spermocentru występuje wrzeczono pierwszej figury mitotycznej jaja. Boveri sądził, że cały ten złożony aparat, stanowiący niezbędny warunek podziału jaja, występuje w zależności od centrozomu, dostarczanego jaju przez plemnik.

W ten sposób jego teoria zapłodnienia była czysto morfologiczna, obecność bowiem pewnych struktur komórkowych uważał on za niezbędny warunek rozpoczęcia się podziału jaja, a tem samem — rozwoju zarodka.

Wszelako twierdzenie Boveriego, iż w jaju niezapłodnionem nie ma centrozomów i astrosfer i że one nie mogą w niem powstawać samoistnie, okazało się nie wytrzymałym krytyki z chwilą, gdy Morgan wykazał, że działanie rozczyń hipertonicznych* na jajo może wywoływać w niem tworzenie się astrosfer i że jaja takie mogą nawet zacząć bródkować. Boveri musiał wobec tego przyznać, iż centrozomy i astrosfery mogą się tworzyć także w jaju niezapłodnionem pod wpływem pewnych podniet zewnętrznych, przypuszczał atoli nadal, że do jaja zapłodnionego tworzy te wprowadzane bywają przez plemnik; tu zatem nie potrzebujemy przyjmować jakiegoś działania czynników chemicznych lub fizycznych.

* Rozczyn hipertoniczny w tym przypadku jest to rozczynek, którego koncentracja cząsteczkowa jest większa, niż substancji jaja.

Ale oto powiada Loeb (1909): „Wobec tego upada znaczenie hipotezy Boveriego; albowiem dlaczego plemnik nie miałby powodować tworzenia się w jajach astrosfery przez to właśnie, iż powoduje zmiany chemiczne w jajach, które ze swej strony dopiero stają się przyczyną występowania astrosfery?”

Loeb usiłował proces naturalnego zapłodnienia sprowadzić do chemizmu, a wykryte przez niego i innych badaczy (Mead, H. T. Morgan) fakta, iż pod wpływem pewnych podniet chemicznych można zmusić do rozwoju jaja niezapłodnione, czyli wywołać partenogenezę sztuczną, przemawiają, według niego, za chemiczną teorią zapłodnienia.

Badania nad działaniem jonów naprowadziły Loeba na myśl, że jony są wogóle najdzielniejszymi czynnikami w zjawiskach życiowych i że przy pomocy teorii jonów uda się zapewne w wysokim stopniu opanować istotę tych zjawisk. Okoliczność, iż chemia organiczna tak mało wyjaśniła dynamikę zjawisk życiowych, ma, zdaje się, źródło swe w tem, iż najczynniejsze składniki żywej substancji, elektrolity, nie były dotychczas dostatecznie uwzględniane (Loeb). Loeb przypuszcza, iż jony mogą zapewne pobudzić jajo do rozwoju dzieworodnego, a sądzi, że nadają się do tego przedewszystkiem jony hydroksylowe. Znalazł on, że szybkość rozwoju zapłodnionych jaj jeżowców wzrasta się do pewnej granicy wraz ze wzrostem koncentracji jonów hydroksylowych (zasadowych) w wodzie morskiej. Wpływ jonów hydroksylowych pojmuje Loeb w ten sposób, że one to potęgują utlenianie, a przedtem już był wykazał, że bez tlenu zapłodnione jajo jeżowca nie może się ani dzielić, ani rozwijać.

Pierwsze doświadczenia Loeba, mające na celu pobudzenie do rozwoju niezapłodnionych jaj jeżowców za pomocą związków zasadowych, polegały na dodawaniu do wody morskiej ługu sodowego. W wodzie takiej jaja bródkowały (dzieliły się), ale tylko początkowo; larwy nie wylęgły się z nich.

Niezdługo Loeb przekonał się, że jaja niezapłodnione jeżowców pobudzić można do rozwoju przez włożenie ich

na dwie godziny do wody morskiej hipertonicznej, t. j. takiej, której ciśnienie osmotyczne powiększa się znacznie (mniej więcej do 60%) przez dodanie jakiejś soli lub cukru. Nawet czyste roztwory (hipertoniczne) cukru trzcinowego działają pobudzająco na rozwój jaj niezapłodnionych, ale powstające z nich larwy nie osiągają stadyum t. zw. prętowca (*pluteus*). Na tej podstawie Loeb przez pewien czas sądził, że już samo zwiększenie ciśnienia osmotycznego, a więc czynnik natury czysto fizycznej, może wystarczyć do pobudzenia jaj niezapłodnionych do rozwoju; sądził on, jak i niektórzy inni badacze, że zachodzi tu pozbawienie jaja pewnej ilości wody i że to właśnie stanowi istotę podniety; a niektórzy biologowie przypuszczali, że i główka plemnikowa, powiększająca się po przeniknięciu do jaja, odbiera nieco wody plazmie jajowej i w podobny sposób pobudza jajo do rozwoju. Poglądy te wszelako upadły.

Wkrótce doszedł Loeb do wniosku, że ta pozornie czysto osmotyczna metoda pobudzania jaja do rozwoju składa się w rzeczywistości z dwóch czynników: pierwszy polega na utracie wody przez jajo wskutek wzrostu ciśnienia osmotycznego, drugi — na koncentracji jonów hydroksylowych roztworu hipertonicznego. Okazało się bowiem, iż w pewnych granicach pobudzające działanie roztworu hipertonicznego wzrasta w miarę koncentracji jonów hydroksylowych, a nadto, okazało się dalej, że roztwór hipertoniczny tylko wówczas pobudza jajo do rozwoju, kiedy zawiera w dostatecznym stężeniu czysty tlen. Gdy usuniemy tlen z roztworu hipertonicznego lub powstrzymamy utlenianie w jajach przez dodanie sinku potasowego do wody morskiej — działanie pobudzające roztworu hipertonicznego będzie żadne. Jednem słowem Loeb doszedł do wniosku, że chodzi tu przedewszystkiem o działanie chemiczne na jajo niezapłodnione, że tylko takie działanie pobudza je do rozwoju, zastępując niejako plemnik.

To też wkrótce po otrzymaniu larw z niezapłodnionych jaj jeżowców morskich, trzymanych w wodzie hipertonicznej, Loeb dostał też larwy z niezapłodnionych jaj robaka *Chaetopterus* za pomocą działania na nie potasem lub kwasem

mi oraz z jaj rozgwieżdż morskich przez działanie na nie kwasami, przyczem nie uciekał się bynajmniej do zwiększania ciśnienia osmotycznego wody morskiej. Że i co do jaj jeżowców nie chodziło o wzmożone ciśnienie osmotyczne, lecz o wpływ podniet chemicznych, wykazały to Loebowi między innymi interesujące fakty, iż jaja jeżowców z pewnych mórz rozwijały się bez zapłodnienia pod wpływem wzmożonego ciśnienia osmotycznego, z innych zaś mórz nie rozwijały się; okazało się później, że woda morska w jednych z tych okolic była o wiele bardziej zasadowa, niż w drugich.

Nowy szereg doświadczeń Loeba w tej sprawie dotyczył powstawania błony ochronnej w jajach pod wpływem różnych bodźców zewnętrznych. Przypomnijmy sobie (p. str. 140), że, skoro tylko plemnik przeniknie do jaja, ostatnie wytwarza na całej swej powierzchni szczególną błonę ochronną, która nie pozwala już innym plemnikom wejść do jaja. Otóż, według Loeba, powstawanie błony jest skutkiem napęcznienia i rozplynięcia się (cytolizy) substancji jajowej na powierzchni jaja, przyczem albo istniejąca już błonka zostaje przez płyn ten odsunięta od powierzchni jaja, albo też tworzy się nowa błona przez strącenie. Powstawanie błony zawsze było uważane za coś zupełnie drugorzędnego, tymczasem Loeb zwrócił uwagę na doniosłe jej znaczenie i wykazał, że ona stanowi dla jaja podniecie do rozwoju (czyli do bródkowania).

W r. 1905 wykazał Loeb, że krótkotrwałe traktowanie jaj jeżowców jednozasadowymi kwasami tłuszczowymi wywołuje w nich typową błonę, a nadto, że wszystkie te jaja zaczynają się rozwijać i dają larwy, jeżeli, po sztucznym wytworzeniu się błony przez działanie kwasów tłuszczowych, na 20 do 30 minut włożone zostaną do hipertonicznego roztworu wody morskiej. Jeżeli zaś wywołamy tylko powstanie błony, lecz nie damy ich do hipertonicznej wody morskiej, to zaczną wprawdzie bródkować, ale wkrótce ulegną rozpadowi, i to tem prędzej, im wyższą będzie ciepłota otoczenia. A zatem, jakkolwiek powstająca błona pobudza jajo do rozwoju, to jednak wywiera ona także pewne działanie szkod-

liwe, wywołując skłonność do zbyt wielkiej cytolizy, czyli do rozpadania się komórek. To szkodliwe działanie może być jednak, jak widzieliśmy, usunięte przez włożenie jaja na krótki czas do roztworu hipertonicznego, tylko, jak Loeb się przekonał, roztwór musi zawierać w dostatecznej ilości wolny tlen. Uczony ten wyobraża sobie, że płyn hipertoniczny usuwa z jaja przez utlenianie pewne szkodliwe substancje. Loeb wykrył inny jeszcze sposób (1906) usuwania szkodliwego wpływu sztucznie wywołanej błony na jajo, ale możemy to tutaj pominąć.

W ten sposób Loebowi udało się dowieść, że tworzenie się błony nie jest procesem natury drugorzędnej, lecz, przeciwnie, sprawą pierwszorzędnej wagi, ponieważ właśnie błona stanowi dla jaja bezpośrednią podniecie do bródkowania i rozwoju. Loeb potwierdził to także badaniami swemi nad rozgwieżdżą (*Asterina*) i robakiem pierścienicą *Polynoe*, a Lefèvre nad jajami robaka *Thalassema*. Wszędzie można tu było sztucznie, przez działanie kwasów, wywołać powstanie błony u jaj niezapłodnionych, poczem znaczny odsetek jaj obłonionych zaczynał się rozwijać, tak iż powstawały z nich larwy. A że kwasy działały tylko pośrednio, bezpośrednią zaś podniecie do rozwoju jaja była błona, stwierdza to okoliczność, że i błona wywołana innymi sztucznymi środkami działa podniecająco na bródkowanie i rozwój jaja.

Wobec tego Loeb, oczywiście, zadać sobie musiał pytanie, czy także u jaj zapłodnionych podniecie do bródkowania nie daje pojawiająca się błona; jeżeli zaś tak jest, tedy należy przypuścić, iż plemnik wnosi do jaja jakąś substancję chemiczną, która, podobnie jak w powyższych doświadczeniach, sprowadza powstanie błony.

Szereg doświadczeń doprowadził Loeba do wniosku, że błona tworzy się na jaju prawie zawsze pod wpływem czynników wywołujących na jego powierzchni pewne rozpuszczanie się protoplazmy, czyli pewną, jak powiadamy, cytolizę. Stosunkowo krótkie działanie czynnika cytolitycznego

sprowadza tylko tworzenie się błony, przy działaniu dłuższem następuje już znaczna cytoliza i śmierć jaja. Pewne glikozydy, saponina, solanina, digitalina, mają silne działanie cytolityczne. Jeżeli jaja na krótki czas do bardzo rozcieńczonego roztworu tych substancji w wodzie morskiej, utworzy się typowa błona, a gdy zaraz po utworzeniu się ostatniej błony je do czystej wody morskiej, zaczynają się rozwijać (niekiedy należy jeszcze dać jaja uprzednio do wody hipertonicznej, aby usunąć szkodliwy wpływ środka, który spowodował wytworzenie się błony).

Ciała wywołujące cytolizę noszą nazwę lizyn. Otóż Loeb pyta, azali i plemnik nie wnosi do jaja jakichś lizyn i czy one, powodując chwilową cytolizę powierzchniowych części substancji jajowej, nie wywołują w ten sposób powstania błony, która znów, działając jako podnieta, pobudza jajo do rozwoju. Szereg doświadczeń nad wpływem plemni rozgwiazd morskich na jaja jeżowców i wogóle nad działaniem obcej plemni na jaja oraz szereg rozumowań teoretycznych prowadzą Loeba do wniosku, że plemnik zapładniający jajo wprowadza do tegoż istotnie pewne lizyny, a nadto jeszcze inne jakieś substancje, które przeciwdziałają szkodliwemu działaniu towarzyszącemu powstawaniu błony. Wniosek ten wszakże nie jest dotąd oparty na faktach nie ulegających wątpliwości; jest raczej wysnuty na drodze pośredniej, a przyszłe badania wykażą, czy zdoła się utrzymać. Na razie ma on znaczenie próby wyjaśnienia za pomocą chemii procesu zapłodnienia i sztucznego dzieworództwa, spowodowanego przez działanie pewnych czynników zewnętrznych na jajo niezapłodnione.

Zakończymy nasze rozważania o sztucznej partenogenezie zwróceniem uwagi jeszcze na to, że różni badacze osiągnęli rozmaitymi środkami sztuczne dzieworództwo jaj u różnych zwierząt.

Oprócz środków chemicznych, sztuczne dzieworództwo wywołuje u jaj jeżowców, według Morgana, krótkotrwałe zamrożenie, a według Viguiera (1902), każda zmiana temperatury, jak również podniety mechaniczne; według Yves Delage'a (1902, 1903) dzieworództwo sztuczne jaj

szkarłupni wywołane być może przez zmiany temperatury, przez dodanie minimalnych ilości kwasu solnego, soli manganowych, a przede wszystkim przez przepuszczanie przez wodę morską dwutlenku węgla; przy działaniu ostatnio wymienionego środka Delage otrzymał do 100% przypadków dzieworództwa jaj rozgwiazd morskich, z których normalne rozwinęły się larwy. Kostanecki (1902) wywoływał partenogenetyczny rozwój jaj mięczaka *Macra* przez wpływ chlorku sodu, chlorku potasu, chlorku wapnia; Lefèvre (1907), jak już wspominaliśmy, osiągał to samo u robaka *Thalassema* przez pięciominutowe przetrzymywanie jaj w słabych kwasach organicznych i nieorganicznych, a drogą tą otrzymał larwę (trochoforę). Wreszcie bodźce elektryczne również powodować mogą niekiedy dzieworodny rozwój jaj, jak wykazali Tichomirow, Verson, Quajat (1905) względem jedwabnika.

Sztuczną partenogenezę próbowano wywołać także u kręgowców. Jaja żaby poddane działaniu temperatury $+25^{\circ}$ do 38°C . zaczynają bródkować (Bataillon, 1902), a Kułagin (1898) i Bataillon (1900) zauważyli również bródkowanie niezapłodnionych jaj rybich pod wpływem różnych środków chemicznych. Zasługuje przytem na uwagę, że jaja kręgowców i niektórych zwierząt bezkręgowych, bródkując bez zapłodnienia, zachowują się niezupełnie normalnie, wykazują opóźnienie w podziale jądra, mitozy wielobiegunowe i różne inne zboczenia. Kiedy jaja pewnych robaków pierścienic, np. *Chaetopterus* lub *Amphitrite*, rozwijają się dzieworodnie pod wpływem chlorku potasu lub chlorku wapnia (Lillie, Fischer), powstaje larwa (trochofora), w której nie ma granic komórek, lecz która składa się z jednolitej masy protoplazmy z rozrzuconymi w niej jądrami (t. zw. *syncytium*), gdy tymczasem normalna larwa jest tworem wielokomórkowym, a granice komórek są w niej wyraźnie zaznaczone.

Sztuczne dzieworództwo w niektórych więc tylko przypadkach odbywa się prawidłowo i prowadzi do wytworzenia się normalnych larw, bardzo zaś często jaja przechodzą

tylko pierwsze stadia rozwojowe lub rozwijają się nienormalnie, patologicznie. Wychodowanie z larw, pochodzących ze sztucznej partenogenezy, osobników dorosłych jest wogóle niezmiernie trudne. Wszelako Delage'owi udało się niedawno przetrzymać dwie takie larwy rozgwiad aż poza okres przeobrażenia; miały one 1 mm. w średnicy i łążyły po szkle akwaryum; w następnym roku zginęły (1909).

ROZDZIAŁ DWUDZIESTY TRZECI.

Rozmnażanie krewniacze, czyli wsobne.

Mówiąc o krzyżowaniu się dwóch płci należących do różnych odmian lub do rozmaitych gatunków albo rodzajów, widzieliśmy, że zbyt wielkie różnice pomiędzy gametami stawiają tamę krzyżowaniu; musimy wreszcie zadać sobie również pytanie, azali zbyt małe różnice indywidualne pomiędzy łączącymi się gametami nie stawiają pewnych szranków normalnemu rozmnażaniu się ustrojów. Otóż najmniejsze różnice wrodzone pomiędzy osobnikami, a tem samem i ich gametami, znajdujemy u dzieci tych samych rodziców i wogóle u bardzo blizkich krewnych. Czy więc związki między bardzo blizkimi krewnymi nie stawiają pewnych przeszkód normalnemu płodzeniu? Związki takie nazywamy krewniaczymi, lub wsobnymi (termin „związki wsobne”, wprowadzony przeze mnie do naszej literatury naukowej przed wielu jeszcze laty, doskonale, jak sądzę, oddaje niemieckie *Innzucht*).

Co do roślin, powiada Noll (1900): „Oddawna stwierdzono doświadczalnie, iż długotrwałe związki wsobne nie są korzystne dla potomstwa już przez to samo, że drobne zбочenia szkodliwe, które przy odpowiednich krzyżowaniach wyrównują się, przez związki takie zostają zsumowane. A z tym przez obserwacye zdobytym faktem łączy się okoliczność, iż w świecie roślinnym istnieją rozmaite, częstokroć bardzo złożone urządzenia, umożliwiające krzyżowanie się różnych osobników nawet wówczas, kiedy dane indywidua są obupłciowe, czyli posiadają kwiaty męskie i żeńskie“.

Jak wiadomo, na co już dawniejsi biologowie, K. Sprengel (1793), Kölreuter (1809), K. Darwin (1862) i inni, zwrócili byli uwagę, istnieją w świecie roślinnym rzeczywiste najrozmaitsze urządzenia w celu zapewnienia różnym osobnikom krzyżowania się. Niejednoczesne dojrzewanie narządów męskich i żeńskich w tym samym kwiecie, osadzenie słupków i pręcików na różnych wysokościach w rozmaitych kwiatach tego samego gatunku (*heterostylia*), szczególne ruchy pręcików (np. u szatwi), a dalej, obecność miodników, pięknych barw i przenikliwych zapachów u kwiatów — wszystko to są znane urządzenia, dzięki którym kwiaty unikają samozapylenia, a owady, przelatujące z kwiatu na kwiat, przenoszą obcy pyłek i przyczyniają się do krzyżowania*.

Ale co najciekawsze, to fakt, że częstokroć przy samozapyleniu się kwiatów nie zachodzi zgoła zapłodnienie, że zatem własny pyłek jest niejako jałowy, a tylko obcy pyłek tworzy łagiewkę i zapładnia jaja. Noll podaje, że taką jałowością odznacza się własny pyłek u żyta, u *Corydalis cava*, u niektórych roślin krzyżowych (Hildebrand 1896), u *Lobelia fulgens*, *Verbascum nigrum* i t. d. U pewnych zaś roślin storczykowatych, jak podają Fr. Müller (1872), K. Darwin, a za nim Noll i inni, ta, że tak powiem, odraza względem własnego pyłku idzie jeszcze dalej, albowiem pyłek, padając na znamię słupkowe własnego kwiatu, nie tylko nie zapładnia go, lecz działa nawet trująco na znamię, powodując patologiczne w niem zmiany, albo też pyłek ulega zniszczeniu pod wpływem wilgoci znamienia słupkowego, gdy tymczasem nie zachodzi to przy zapłodnieniu pyłkiem obcym.

Pomimo wszakże, że istnieje u roślin tyle urządzeń, mających na celu przeszkodzenie samozapyleniu i umożliwienie krzyżowania, pomimo, iż tak rozpowszechnioną jest wiara w szkodliwość samozapylenia, zdaje mi się, że istotnie szkodliwość ta nie została dotąd dostatecznie ściśle dowiedziona. Sądzę natomiast, iż krzyżowanie, czyli zapylenie obcym pyłkiem, przyczynia się do większej zmienności, co

* Por. odnośny ustęp w mojej *Idei ewolucji w biologii*.

pozostaje w związku (p. str. 158 i d.) ze znaczeniem zapłodnienia jako środka, wywołującego w potomstwie zboczenia od typu rodzicielskiego wskutek kombinowania się różnych dążeń dziedzicznych.

Skutki fizjologiczne samozapłodnienia i zapłodnienia na krzyż u roślin badał K. Darwin na 2300 osobnikach roślinnych, należących do 57 gatunków i 30 rodzin. Prowadził te badania w ciągu aż 30 lat, przyczem starał się, aby wszystkie badane osobniki znajdowały się w jednakowych warunkach. Porównywał wzrost oraz ciężar, odporność na niepogodę, siłę konstytucji, liczbę, ciężar i zdolność kiełkowania nasion u badanych roślin. Na podstawie tak obszernego materiału Darwin doszedł do wniosku, iż korzyść wypływająca z krzyżowania (w przeciwieństwie do samozapylenia) pochodzi stąd, iż osobniki krzyżujące się mogą być różne „w swej konstytucji”; a więc, w myśl tego, co powiedzieliśmy, krzyżowanie potęguje zmienność, a zdaniem Darwina, jak wiemy, zmienność daje pole działania doborowi naturalnemu, który zachowuje najlepsze, a oddaje na zagładę najgorzej do warunków przystosowane osobniki. U roślin długotrwale rozmnażających się przez samozapylenie Darwin nie zauważył ani skarlłowacenia, ani jakiegokolwiek objawu patologicznego, tylko liczba nasion powstających przez samozapylenie jest, według niego, najczęściej mniejsza, niż wówczas, gdy rośliny się krzyżują. Nadto twierdzi on, że osobniki powstające ze skrzyżowania odznaczają się silniejszą konstytucją, wszelako niezawsze, bo, samozapylając przez sześć pokoleń *Ipomoea purpurea*, otrzymał szczególną odmianę, którą nazwał *Heros*, a która znacznie była większa, silniejsza i płodniejsza, niż osobniki powstałe ze skrzyżowania różnych osobników. Ponieważ odmiana ta przenosiła swe cechy dziedzicznie na potomstwo, była to może, sądzę, mutacja w znaczeniu dzisiejszem. Podobnie też u tytoniu (*Nicotiana tabacum*) dodatnie działanie krzyżowania nie dało się zauważyć; owszem, osobniki powstałe z samozapylenia przewyższały wzrostem i obfitością nasion te, które pochodziły ze skrzyżowania się różnych osobników.

Więcej stosunkowo mamy obserwacji wśród zwierząt.

Niektórzy jako dowód szkodliwego działania związków krewniaczych przytaczają fakt, iż w r. 1418 przewieziono na wyspę Porto-Santo króliczyce z młodemi, a potomstwo ich, które więc w ścisłych pozostawało związkach krewniaczych, stopniowo skarłowaciało, tak że osobniki nie są dziś o wiele większe od szczura, ale zresztą są normalne.

Bardzo ważną rolę odgrywa wsobność w hodowli zwierząt, albowiem niepodobna otrzymać żadnej czystej i wysoko uszlachetnionej rasy bez częściowego stosowania chowu krewniaczego, zwłaszcza w początku. To też sprawą tą zajmowali się liczni znakomici hodowcy-teoretycy, a między innymi Settegast. Według tego badacza, w początku chowu wsobnego daje się zauważyć pewne wzmaganie się poszczególnych zalet u danej rasy, szlachetność krwi bezwarunkowo występuje wyraźniej; atoli przy dłuższem stosowaniu wsobności konstytucja słabnie, zwierzęta stają się bardzo wrażliwe na wpływy zewnętrzne, uszy, powieki i skóra cieńszeją, szyja się wydłuża i staje się wiotką, włos delikatniejszy, kości słabną, naogół występuje pewne karłowacenie, a młode ssą źle i karmią się nienależycie. Wszelako każdy gatunek zwierząt, ba, nawet i rasa każda wykazuje pod względem skutków wsobnego chowu pewne właściwości. Głowa u owiec pozostaje naga, u świń nogi ulegają porażeniu, u niektórych psów rasowych zauważono potworności w ogonie, króliczyce stają się złemi matkami, kury nie lęgają jaj.

Według Settegasta, ze wszystkich zwierząt domowych świnia jest najwrażliwsza na chów krewniaczy, następnie idzie owca i koń, a na samym końcu bydło. Wright skrzyżował wieprza z córką, wnuczką i t. d. aż do siódmego pokolenia. Młode uległy wreszcie zidyoceniu, nie miały pociągu do ssania, nie umiały należycie chodzić i w wielu razach nie rozmnażały się. Względnie normalna świnia ostatniego pokolenia nie chciała się połączyć z praszczepem, ale połączyła się z innym samcem, jak się zdaje, skutecznie. Tak samo i Nathusius stwierdził podobne skutki blizkiego chowu wsobnego u świń.

Szkodliwość związków wsobnych dla ludzi i zwierząt

zdaje się wynikać głównie stąd, że pewne wrodzone zawiązki niekorzystne, właściwe danej rodzinie, np. słaba budowa ciała, brak odporności, skłonność do pewnych chorób, przez blizkie połączenia krewniacze potęgują się i rozpowszechniają, przyczyniając się do ogólnego zwyrodnienia rodziny. Czy jednak połączenia krewniacze zwierząt, same przez się, nawet i wówczas, gdy nie towarzyszą im niekorzystne zawiązki dziedziczne, są szkodliwe, na to, jak powiedziałem, nie mamy dotąd dowodów dostatecznie ścisłych, jakkolwiek wydaje się to bardzo prawdopodobnem.

Co do człowieka również nie mamy niezbitych dowodów szkodliwości związków krewniaczych jako takich, bez względu na przypadek niekorzystnych zawiązków dziedzicznych. Wymieranie starodawnych rodów, które częstokroć dla celów utrzymania w rodzinie wielkich fortun praktykowały związki krewniacze, jak również częste wśród nich choroby nerwowe i zboczenia usiłowano przypisywać wsobności. Statystyka oftalmologiczna wskazuje, iż barwikowe zapalenie siatkówki (*retinitis pigmentosa*) częściej występuje (27%) w potomstwie ze związków krewniaczych (Hensen, *Physiologie der Zeugung*, 1881). Głuchota, choroby umysłowe mają również częściej występować przy związkach wsobnych. Wszelako Oesterlen (*Handbuch d. Statistik. Tübinga. 1874*) uważa, że poglądy te nie znajdują dostatecznego uzasadnienia naukowego w statystyce, a George Darwin (1875) również nie znalazł dla nich potwierdzenia w swych badaniach statystycznych nad związkami kuzynostwa. Jednakże wielu doświadczonych lekarzy uważa takie związki za szkodliwe, a nie ulega najmniejszej wątpliwości, że są szkodliwe, jeżeli oboje młodzi, mający wstąpić w związek małżeński, są obarczeni tem samem dziedzictwem chorobowem.

Połączenia krewniacze nie mogą wszakże tak bezwzględnie być szkodliwe dla ludzi, skoro w rozwoju każdej rasy ludzkiej, w dziejach każdego ludu, który od okresu barbarzyństwa dźwigał się wytrwale ku coraz wyższym stopniom kultury, związki krewniacze odgrywały niewątpliwie wielką rolę i stanowiły czynnik bardzo dodatni w kulturalnym po-

stępie rasy, co w sposób nader przekonywający starał się wykazać A. Reibmayr* (1897) w dziele p. t. *Innzucht und Vermischung*.

Autor ten dowodzi, że warunkiem wybicia się z barbarzyństwa i osiągnięcia pewnego stopnia kultury było u każdego ludu pierwotnego tworzenie się kast panujących, które górowały nad ciemnym ogółem inteligencją i prowadziły za sobą masy; a kasty takie, o dziedzicznie większej inteligencji, niż u ogółu ludności, mogły powstać pierwotnie na drodze ścisłej wsobności, krewniaczego łączenia się z sobą tylko członków pewnych rodzin, które wyróżniały się z pośród ogółu pewnymi szczególnymi uzdolnieniami i wogóle osobliwymi warunkami, usposabiającymi do wyższej kultury. Wsobność u ludów pierwotnych uważa tedy Reibmayr za jeden z najważniejszych warunków zbudzenia się u nich życia kulturalnego. „Im wyższą była zasada wsobności — mówi ten autor — tem wcześniej wytwarzała się kasta przewodnicza, tem wcześniej następował chów wybitnych intelektualnych właściwości charakteru, które ludowi korzyść przynosiły nie tylko w walce o byt z przyrodą, lecz i w zapasach z innymi ludami“.

Wszystkie wyżej przytoczone okoliczności, dotyczące wpływu związków wsobnych, opierają się bądź na spostrzeżeniach różnych badaczy, bądź na danych statystycznych lub teoretycznych rozważaniach. Wszelako najważniejsze w omawianej sprawie byłyby dla nas bardzo ścisłe eksperymenty. Wykonywał je K. Darwin, jak widzieliśmy, względem roślin, a niektórzy hodowcy (Settegast, Wright) w stosunku do zwierząt. Dopiero atoli w nowszych czasach pojawiło się kilka dokładniejszych prac doświadczalnych, z którymi też zapoznamy się niebawem.

Ritzema Bos** hodował w ciągu trzydziestu pokoleń szczury w ścisłej wsobności¹. Skrzyżował naprzód albinosa z dzikim szczurem i otrzymał stąd dwanaścioro młodych.

* Reibmayr sądzi, że zjawisko wsobności pozostawało u ludów pierwotnych w ścisłym związku z „prawem ojcostwa“ (*Vatterrecht*), że zaś nie sprzyjało mu prawo macierzyństwa (*Mutterrecht*).

** Wedł. H. T. Morgana *Experimentelle Zoologie*. 1909. str. 229.

Innego pochodzenia biały samiec skrzyżowany został z siedmioma samicami z tych dwunastu młodych, a zresztą w ciągu lat sześciu wciąż łączyły się między sobą osobniki powstałe z tych związków i ich dzieci, bez żadnej już domieszki krwi obcej; rodzice łączyli się z dziećmi, siostry z braćmi, słowem — najściślejszy chów krewniaczy. Okazało się, że płodność stopniowo malała, albowiem przeciętna liczba młodych jednego pomiotu wynosiła w r. 1887 — $7\frac{1}{2}$, w r. 1888 — $7\frac{1}{7}$, w 1889 — $7\frac{12}{17}$, w 1890 — $6\frac{21}{36}$, w 1891 — $4\frac{7}{12}$, w 1892 — $3\frac{1}{5}$. W pierwszych dwudziestu pokoleniach podczas pierwszych czterech lat, jak widzimy, nie można było zauważyć wyraźnego obniżania się płodności, ale w następnych dziesięciu nastąpiło wybitne i nagłe zmniejszenie się jej, a liczba związków całkiem bezpłodnych wzrastała również niemal stale: w r. 1887 wynosiła 0, w 1888 — 2·63, w 1889 — 5·55, w 1890 — 17·39, w 1891 — 50, w 1892 — 41·18. Prócz tego wzmagala się także w coraz późniejszych pokoleniach śmiertelność młodych, bo gdy w r. 1887 wynosiła 3·9%, to w r. 1888 — 4·4%, w 1889 — 5·0%, w 1890 aż 36·7%, w 1891 — 36·4%, a w 1892 dosięgła 45·5%. W tym samym więc czasie (r. 1890), w którym liczba śmiertelności tak nagłe wzrosła, zmniejszyła się także wybitnie liczba urodzeń jednego pomiotu.

Okazało się dalej, że przy połączeniach braci z siostrami rodziło się mniej potomstwa, aniżeli przy związkach rodziców z dziećmi, co jest zrozumiałem wobec tego, że związki między dziećmi jednych rodziców stanowią wyższy stopień wsobności, niż rodziców z dziećmi, ponieważ dziecko ma $\frac{1}{2}$ krwi obcej w stosunku do łączącego się z niem rodzica, dzieci zaś tych samych rodziców mają jednakową kombinację krwi ($\frac{1}{2}$ po ojcu, $\frac{1}{2}$ po matce).

Wreszcie i ciężar ciała zmniejszał się w szeregu pokoleń. Największy ciężar zupełnie wyrosniętego samca wynosił w r. 1891 — 300 gramów, w 1892 tylko niektóre nieliczne osobniki osiągnęły ciężar 275 gr., po sześciu latach ciężar maksymalny osobników spadł do 240 gr. Crampé, który robił na szczurach podobne doświadczenia, doszedł do wniosku, że w szeregu pokoleń podlegają one różnym zboczeniom patologicznym, czego Ritzema Bos nie stwierdził (Morgan l. c.).

W tego rodzaju doświadczeniach należy wszakże, zdaniem mojem, postępować nader ostrożnie, albowiem sama niewola w ciągu bardzo wielu pokoleń i nieodpowiednie warunki, niezależnie od wsobności, mogą spowodować różne choroby zakaźne i zwiększoną śmiertelność. Przed kilku laty hodowałem w lwowskim instytutie zoologicznym przez dwa lata myszy białe, które wciąż łączyły się z sobą krewniaczo; w końcu zaczęły chorować i ginąć — nie był to wszakże wynik wsobności, lecz choroby zakaźnej, ile że mięśnie wszystkich osobników przepełnione były sarkosporidiami (pasorzyty zwierzęce — pierwotniaki, zamieszkujące mięśnie różnych ssaków). Zdaje się atoli wobec doświadczeń Ritzemy Bosa, że zmniejszanie się płodności i pewne karłowacenie stanowią u ssaków nieuniknione skutki długotrwałego chowu krewniaczego.

Stwierdzają to także badania A. Weismanna i jego ucznia Guaity (1900) nad chowem wsobnym u myszy. W ciągu 35 pokoleń wystąpiło tu znaczne zmniejszenie się płodności: od 1. do 10. pokolenia było ogółem u badanych myszy 219 pomiotów, a przeciętnie na każdy pomiot przypadało 6,1 osobników; w pokoleniach 11. do 20. — 62 pomioty, przeciętnie po 5,6 w każdym pomiole; w 21. do 29. już tylko 29 pomiotów z liczbą przeciętną zaledwie 4,2; w 30. do 33. liczba przeciętna urodzeń wynosiła 3,5 do 3,6, a w pokoleniu 34. i 35. już tylko 2,9, przyczem liczba samych pomiotów również wciąż malała.

Najszczegółowsze w ostatnich czasach badania nad wpływem wsobności przeprowadzili Castle* i jego uczniowie, Carpenter, Clark, Mast i Barrow (1906), na musze *Drosophila amplephila*. Mucha ta bardzo łatwo może być hodowaną w niewoli, przez cały rok rozmnaża się, a cykl życiowy każdego pokolenia trwa wszystkiego dwanaście dni (trzy dni trwa rozwój zarodkowy jaja, trzy dni żyje gąsienica, tyleż poczwarka, a po dwóch—trzech dniach dorosły owad składa już jaja). W każdym pokoleniu krzyżowano z sobą dzieci jednych rodziców. Najdłuższa serya doświadczeń była prowadzona przez 59 pokoleń w ciągu trzech lat.

* Morgan l. c.

Na pierwszy rzut oka nie wydaje nam się zbyt długim ten okres, ani zbyt wielką liczba pokoleń, ale możemy je łatwo ocenić przez porównanie ze stosunkami ludzkimi. Jeśli trzy pokolenia ludzkie przyjmujemy na jedno stulecie, dwudziestu trzeba by stuleci do wydania sześćdziesięciu pokoleń. A więc szereg doświadczeń dokonanych nad *Drosophila* odpowiadałby szeregowi eksperymentów nad pokoleniami ludzkimi od narodzenia Chrystusa aż do dziś dnia. Łatwo zatem ocenić, na jak poważnym materiale statystycznym oparli swe badania Castle i jego uczniowie.

Okazało się, że płodność w ciągu pokoleń bynajmniej się nie zmniejszała, lecz wogóle ulegała wahaniom w ciągu roku, w zimie obniżała się, na wiosnę wzrastała, w lecie osiągała liczbę najwyższą. Wahania te były zależne od zmian warunków zewnętrznych, przede wszystkim temperatury, ile że samo przeniesienie do cieplejszego pokoju wystarczało do nagłego wzmoczenia płodności. Nadto przekonali się wymienieni badacze, że jedne rodziny odznaczały się większą płodnością, inne mniejszą, i zachowywały tę zdolność niezależnie od tego, czy warunki życiowe poprawiały się, czy też pogarszały. Ale na to wszystko nie wywierała prawie wpływu wsobność; czy to w pokoleniach, u których krócej stosowany był chów krewniaczy, czy też w takich, u których już od bardzo dawna wciąż ściśle zachodziły związki krewniacze, płodność wykazywała zawsze te same wahania, zależnie od warunków zewnętrznych. Wobec tego Castle dochodzi do wniosku, że naogół chów krewniaczy tylko w bardzo małym stopniu zmniejsza płodność muchy *Drosophila*.

Zdaje się zatem, że niekorzystny wpływ wsobności u jednych grup zwierząt jest naogół mniej wybitny, niż u innych; u owadów np., o ile sądzić można z prac Castle'a, jest bardzo nieznaczny, gdy tymczasem u zwierząt ssących, jak widzieliśmy wyżej, zmniejszanie się płodności w szeregu pokoleń, które w krewniaczych żyją związkach, jest bardzo wybitne i wątpliwości nie ulega.

Należy jeszcze zadać sobie pytanie, od czego zależeć może owo zmniejszanie się płodności, które w pewnych przypadkach, przy długotrwałej wsobności, stanowczo daje się

stwierdzić. Czy zależy ono od tego, że samo zapłodnienie jest wówczas utrudnione, że zachodzą przeszkody w przenikaniu plemnika do jaja, czy też jajo zapłodnione plemnikiem osobnika krewniaczego traci zdolność do podziału, czy wreszcie zachodzi tu równocześnie i jedno i drugie, wpływając, rzecz prosta, na zmniejszanie się płodności? Odpowiedź nie łatwa.

U roślin zauważono niejednokrotnie, że samozapylenie nie odbywa się dlatego, iż własny pyłek nie wytwarza łągiewki, wrastającej do zalążnika, i wcale przeto nie zapładnia jajeczka albo też nawet powoduje zmiany patologiczne w znamieniu słupkowem (u niektórych storczyków); tu zatem moglibyśmy przypuścić, że, gdy pyłek pada na znamie własnego słupka, brak mu niejako podniety do wytworzenia łągiewki, czyli do rozpoczęcia procesów, zdążających do zapłodnienia. Zdaje się, że podobne zjawiska zachodzą i u zwierząt, że zbyt blizki krewniaczo plemnik nie znajduje ze strony jaja dostatecznej podniety, ażeby przeniknąć do jego wnętrza. Do wniosku tego prowadzą nas pewne spostrzeżenia dokonane przez H. T. Morgana.

Gdy Castle zauważył, że u obupłciowej osłonicy *Ciona intestinalis* plemnik z reguły nie zapładnia jaj tego samego osobnika (powiedzmy krócej — jaj własnych), lecz zapładnia jaja innych osobników (jaja obce), Morgan postanowił bliżej zbadać przyczynę tego zjawiska. Po przeprowadzeniu szeregu badań przekonał się przede wszystkim, iż naogół plemnia danego osobnika nie zapładnia jednakowo dobrze jaj wszystkich innych osobników; w jednych przypadkach 100% jaj uległo zapłodnieniu, w innych zaś tylko 25% lub jeszcze mniej. Słowem, jaja różnych osobników okazują jakby rozmaity stopień powinowactwa względem plemników danego osobnika, jaja jednych podniecają je więcej w kierunku zapłodnienia, innych mniej. Nigdy wszelako nie zauważył, aby zdrowa, normalna plemnia była tak obojętną względem jaj innego osobnika, jak względem jaj własnych. Morgan zauważył dalej, że przez sztuczne podniecenie plemników pewnymi bodźcami zewnętrznymi można je zmusić do zapłodnienia także jaj własnych.

Na tej podstawie Morgan sądzi, iż własne jaja nie działają dostatecznie podniecająco na plemniki, obce zaś wywierają ten wpływ; a brak tej podniety sprawia, iż plemnik staje się niezdolny do przezwyciężenia pewnego oporu, jaki stawia jajo, gdy plemnik ma do niego przeniknąć. „Prawdopodobna — mówi Morgan — że coś jest w jaju lub jego błonie, co osłabia czynność własnego plemnika, gdy ten styka się z jajem, powodując przez to nie-wnikanie. Być może, iż niezdolność do przenikania do jaja pochodzi stąd, że jajo nie może otrzymać od własnego plemnika odpowiedniej podniety, zmuszającej je do wpuszczenia go do siebie“.

Dotąd więc nie umiemy jeszcze sobie wytłumaczyć zupełnie jasno owego dziwnego zjawiska, iż blizki chów krewniaczy, iż spotykanie się plemników z jajami tego samego osobnika (w przypadkach hermafrodytyzmu) lub osobnika bardzo blizko spokrewnionego — tak często prowadzi do jałowłości. Naogół możemy dziś powiedzieć tylko tyle, że między jajem a plemnikiem istnieć musi niejako pewne napięcie różnic, które waha się jednak w określonych granicach od minimum do maximum i posiada swoje optimum. Gdy różnice są zbyt małe — jak w elementach płciowych osobnika hermafrodytycznego — zapłodnienie może wcale nie zachodzić; gdy są zbyt wielkie, kiedy plemniki jednego gatunku zapłodnić mają jaja innego gatunku lub innego rodzaju, zapłodnienie jest trudniejsze, a w razie udania się prowadzi często do wytworzenia osobnika nienormalnego, niepłodnego mieszańca, który sam jest pozbawiony elementów rozrodczych; gdy wreszcie łączą się osobniki różnych rodzin, różnych ras — wówczas zachodzi, zdaje się, stan optimum, zapłodnienie i rozwój są wówczas najnormalniejsze, a płodność najwyższy osiąga stopień.

CENTRALNA BIBLIOTEKA PEDAGOGICZNA
przy K. O. S. B.
w Białymostku

542

Literatura.

Wykaz najważniejszych dzieł dotyczących przedmiotu tej książki.

DO ROZDZIAŁÓW I.—IV.

- Arystoteles. Peri zoon geneseos. Bibl. E. Tom III. dzieł Arystotelesa. Lipsk. Engelmann 1860. Przekład niemiecki D-ra Auberta i D-ra Wimmera; wraz z tekstem greckim.
- Baer K. E. v. Ueber Entwicklungsgeschichte der Tiere. Beobachtung und Reflexion. Cz. I. Królewiec 1828.
- Balfour M. Fr. Handbuch der vergleichenden Embryologie. Deutsch v. Vetter. 1880.
- Bischoff. Entwicklungsgeschichte der Säugetiere und des Menschen. Lipsk 1842.
- Haeckel E. Anthropogenie. Lipsk 1874.
Także szereg wydań późniejszych tego dzieła.
- Die Gastraea-Theorie. Jen. Zeitschrift für Naturwissenschaft. 1874.
- Die generelle Morphologie der Organismen. 1866.
- Hertwig O. Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Herausgegeben von O. Hertwig. Tom I. obejmuje dzieje embryologii w opracowaniu O. Hertwiga.
- Die Entwicklung der Biologie im 19. Jahrhundert. 1900.
- His W. Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung. Lipsk 1875.
- Kirchhoff Alfred. Caspar Friedrich Wolff. Sein Leben und seine Bedeutung für die Lehre von der organischen Entwicklung. Jen. Zeitschrift für Naturwiss. 1868 (T. IV.).
- Kowalewski A. Entwicklungsgeschichte des Amphioxus lanceolatus. Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg. T. XI. 1865.
- Embryologische Studien an Würmern und Arthropoden. Mém. de l'Acad. Pétersbourg 1871.
- Kölliker A. Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere. Lipsk 1879.

- Naegeli C. Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. 1884.
- Nusbaum J. Ogólny rzut oka na dzieje i stanowisko nauki o rozwoju zwierząt. 1884. (Odbitka z Wszechświata).
- Idea ewolucji w biologii. 1910.
- Mechanika rozwoju jako nowa gałąź biologii. W dziele „Szlakami Wiedzy“, wyd. II.
- Rathke H. Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Lipsk 1861.
- Remak R. Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbeltiere. 1851.
- Śniadecki Jędrzej. Teoria jestestw organicznych. 1804.
- Wolff Fr. Casp. Theorie von der Generation. 1764.

DO ROZDZIAŁÓW V. i VI.

- Balbani E. G. Centrosome et „Dotterkern“. Archiv de l'Anat. et Physiol. 1893.
- Bambecke Ch. v. Contribution à l'hist. de la constitution de l'oeuf. Archiv. Biol. T. XIII. 1894.
- Beneden E. van. Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf. Mém. de l'Acad. Royl. de Belgique. T. XXXIV. 1870.
- Boveri Th. Zellenstudien. I—III. 1887—90.
- Claus C. Beobachtungen über die Bildung des Insecteneies. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 14. 1864.
- Fiedler K. A. Ueber Ei- und Spermaabildung bei Spongilla fluviatilis. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 47. 1888.
- Foot K. Yolk nucleus and polar rings. Journ. of Morphology. Vol. XII. 1896.
- Häcker V. Die Vorstadien der Eireifung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 45. 1895.
- Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre. Jena 1899.
- Ihering H. von. Zur Kenntniss d. Eibildung bei den Muscheln. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 29. 1877.
- Jørgensen M. Untersuch. über Eibildung v. Nephelis et cet. Archiv f. Zellenforschung. Bd. 2. 1908.
- Julin Ch. Le corps vitellin de Balbiani et cet. Bull. Sc. de la France et Belgique. T. 25. 1893.
- Korschelt E. Ueber Bau u. Entwicklung von Dinophilus apatris. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 37. 1882.
- Ueber einige interessante Vorgänge bei der Bildung der Insecteneier. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 45. 1887.
- Korschelt E. u. Heider K. Lehrbuch d. vergl. Entwick-

- lungsgesch. der wirbellosen Tiere. 1. u. 2. Auflage. 1. Lieferung. Jena 1902.
- Leydig Fr. Beiträge zur Kenntniss des tierischen Eies im unbefruchteten Zustande. Zool. Jahrbücher. Abteil. f. Anat. u. Entwickl. Bd. 3. 1888.
- Lubbock J. The ova and pseudova of Insects. Philosoph. Transactions Royal Society. Vol. 149. 1859.
- Ludwig H. Die Eibildung im Tierreiche. Arbeiten aus dem Zool. Institute Würzburg. Bd. I. 1874.
- Munson J. P. The ovarian egg of Limulus. Journal of Morphology. Vol. XV. 1898.
- Schaxel J. Das Verhalten des Chromatins bei der Eibildung einiger Hydrozoen. Zool. Jahrbücher. Abt. f. Anat. u. Ontogenie. Bd. 31. 1911.
- Schockaert R. L'ovogenèse chez le Thysanozoon. La Cellule. T. XVIII. 1901.
- Waldeyer W. Eierstock u. Ei. Lipsk 1870.
- Die Geschlechtszellen. Handbuch der vergl. und experim. Entwicklungsgesch. der Wirbeltiere. Herausgeg. v. O. Hertwig. I. Bd. I. Teil. Jena 1906.
- Wilson E. B. The Cell in development and Inheritance. New-York. 2. Ed. 1900.
- Winiwarter H. v. Recherches sur l'ovogenèse et l'organogenèse de l'ovaire des mammifères. Arch. Biol. T. XVII. 1900.

DO ROZDZIAŁU VII.

- Auerbach L. Untersuchungen über die Spermatogenese von Paludina vivipara. Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 30. 1896. (*Oraz liczne inne poprzednie prace tegoż autora*).
- Ballovitz E. Untersuchungen über die Structur der Spermatozoen. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 36. 1890.
- Zur Kenntniss der Samenkörper der Arthropoden. Internat. Monatsschrift f. Anat. u. Phys. Bd. 11. 1894. (*Oraz liczne inne prace*).
- Benda C. Ueber Spermatogenese der Vertebraten und Evertbraten. Archiv f. Anat. und Phys. 1898. (*Oraz liczne inne prace*).
- Bloomfield J. E. On the development of the Spermatozoa. Quarterly Journ. of Micr. Sc. Vol. XX. 1880.
- Boveri Th. Zellenstudien. IV. 1901.
- Brandes G. Die Spermatozoen der Dekapoden. Sitz. Berichte d. Akad. d. Wiss. Berlin. XVI. 1897.
- Zum Bau der Spermien. Verhandl. d. deutsch. zoologisch. Gesellschaft. 1898.

- Godlewski E. Ueber die Umwandlung der Spermatiden in Spermatozoen bei Helix pomatia. Abh. d. Akad. d. Wiss. Kraków. 1897.
- Henking H. Ueber Spermatogenese bei Pyrrhocoris. Zeitschr. f. Wiss. Zool. Bd. 51. 1891.
- Hermann F. Beiträge zur Kenntniss der Spermatogenese. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 50. 1897 (*oraz liczne inne prace*).
- Jenssen O. Die Structur der Samenfäden. Bergen. 1879.
- Untersuchungen über die Samenkörper der Säugetiere. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 30. 1887.
- La Valette St. George A. v. Liczne prace o genezie plemników. Arch. f. mikr. Anatomie między r. 1865 a 1898.
- Lee Bolles A. Les cinèses spermatogénétiques chez l'Helix pomatia. La Cellule. T. XIII. 1897. (*oraz kilka innych prac*).
- Lenhossek M. v. Untersuchungen über Spermatogenese. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 51. 1898 (*i inne prace*).
- Mayer A. Zur Kenntniss der Samenbildung bei Ascaris megalocephala. Zool. Jahrb. Anat. Abt. 1908.
- Meves Fr. Ueber Structur u. Histogenese der Samenfäden von Salamandra mac. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 48, 50. 1897, 1898. (*Oraz liczne inne prace*).
- Ueber Struktur u. Histogenese der Samenfäden des Meer-schweinchens. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 54. 1899.
- Zum Verhalten des s. g. Mittelstückes des Echinidenspermiums bei d. Befruchtung. Anat. Anzeiger. 1911.
- Montgomery Th. H. Spermatogenesis of Peripatus. Zoolog. Jahrbücher. Abt. f. An. u. Ontog. Bd. 14. 1900.
- Nusbaum J. Die Entstehung des Spermatozoon aus der Spermatische bei Helix lutescens. Anat. Anz. Bd. XVI. 1900.
- Platner G. Samenbildung u. Zellteilung im Hoden der Schmetterlinge. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 33. 1889.
- Retzius G. Zur Kenntniss der Spermatozoen. Biolog. Untersuchungen. 1904, 1910 (Bd. 11., 15.).
- Verson E. Spermatogenesis bei der Seidenraupe. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. 58. 1894.

DO ROZDZIAŁÓW VIII., IX. i X.

- Balfour F. M. Handbuch der vergl. Embryologie, übers. von Vetter. 1880.
- Beneden E. van. La maturation de l'oeuf et cet. Bull. Acad. Royale Belg. 1875.
- Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et cet. Arch. Biol. T. IV. 1883. (*Oraz inne prace tegoż autora*).

- Bergh R. S. Vorlesungen über allgemeine Embryologie. Wiesbaden 1895.
- Blanc H. Etude sur la fécondation de l'oeuf de la truite. Ber. d. naturw. Ges. Freiburg 1894.
- Bonnevie K. Chromosomenstudien. I.—III. Archiv für Zellforschung. 1908—1911.
- Boveri Th. Zellenstudien. I.—VI. 1887—1907.
— Das Problem der Befruchtung. Jena 1902.
- Brauer A. Zur Kenntniss d. Spermatogenese von *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikroskopische Anat. Bd. 42. 1892 (*i inne prace*).
- Delage Yves. L'hérédité et les grands problèmes de la biol. gén. Paryż 1903.
- Fol H. Le quadrille de centres etc. Anat. Anzeig. Bd. VI. 1891.
- Goldschmidt R. Eireifung, Befruchtung u. Zellteilung bei *Polystomum integerrimum*. Ztschr. für wiss. Zool. Bd. 71. 1902.
- Haecker V. Praxis und Theorie d. Zellen- u. Befruchtungslehre. Jena 1899.
— Ueber die Autonomie d. väterl. und mütterl. Kernsubstanz. Anatom. Anzeiger. Bd. 20. 1902.
— Chromosomen als Vererbungsträger. Ergebn. d. Fortschr. d. Zoologie. Bd. I. 1907.
— Allgemeine Vererbungslehre. 1911.
- Hertwig O. Beiträge zur Kenntniss d. Bildung, Befruchtung und Teilung des tier. Eies. Morph. Jahrbuch. Bd. I—IV. 1875—1878.
— Das Problem d. Befruchtung. Jen. Zeitschrift f. Naturwiss. Bd. 18. 1884.
— Der Kampf um Kernfrag. d. Entw.- u. Vererbungslehre. 1909.
— Allgemeine Biologie. III. Auflage (*tamże obszerna literatura*).
- Korschelt E. Ueber Kernteilung, Eireifung und Befruchtung bei *Ophryotrocha*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 60. 1895.
- Korschelt u. Heider. Lehrbuch d. vergl. Entwicklungsgeschichte. 1892—1910 (I. u. II. Auflage).
- Kostanecki K. Die Befruchtung d. Eies von *Myzostoma glabrum*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 51. 1898.
(*Oraz liczne inne prace tegoż autora*).
- Kostanecki K. u. Wierzejski A. Ueber das Verhalten der achromatischen Substanzen im befruchteten Ei von *Physa*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 47. 1896.
- Lenhossek M. v. Untersuchungen über Spermatogenese. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 51. 1898.
- Marcus H. Ei- und Samenreife bei *Ascaris canis*. Archiv für mikr. Anat. Bd. 68. 1906.
- Mc. Clung C. E. Note on the accessory chromosome. Anatom. Anzeiger Bd. 20. 1901 (*i inne prace*).

- Meves Friedr. Ueber die Beteiligung der Plastochondrien an der Befruchtung des Eies von *Ascaris megalcephala*. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw. Bd. 76. 1911.
- Montgomery Th. H. Further studies on the chromosomes of the Hemiptera. Philadelphia 1901 (*znane mi z referatu*).
- Petrunkewitsch A. Die Reifung d. partenog. Eier von *Artemia*. Anat. Anzeiger. 1902.
- Rückert J. Ueber Polyspermie. Anat. Anzeiger. 1910.
— Ueber die Selbstständigkeit d. väterl. u. mütterl. Kernsubstanz u. s. w. im befruchteten Cyclopsei. Archiv für mikr. Anat. Bd. 45. 1895.
- Schreiner A. u. K. E. Neue Studien über Chromatinreifung der Geschlechtszellen. I.—V. Arch. Biol. T. 21., 22. 1905—06.
- Sobotta J. Die Befruchtung des Wirbeltiereies. Ergebnisse d. Anat. u. Entwicklungsgesch. 5. B. 1896.
- Weismann A. Vorträge über Descendenztheorie. 2 tomy. Jena. 1902 (*tamże literatura licznych prac*).
- Wheeler W. M. The maturation, fecundation etc. of *Myzostoma glabrum*. Arch. Biol. T. XV. 1897.
- Wilson E. B. The Cell in development and Inheritance. II. Edit. 1900.

DO ROZDZIAŁÓW XI i XII.

- Oprócz wymienionych wyżej (Lit. rozdz. V.—VIII.) dzieł obszernych Korschelta i Heidera (Lehrbuch d. vergl. Entwicklungsgeschichte), O. Hertwiga (Allgemeine Biologie), A. Weismanna (Vorträge über Descendenztheorie):*
- Brauer A. Ein neuer Fall von Brutpflege bei Fröschen. Zool. Jahrb. Abt. f. Systematik. Bd. XII. 1898.
- Klinkowström A. v. Zur Anatomie der *Pipa americana*. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. Bd. VII. 1894.
- Nusbaum J. Viviparität beim *Proteus anguineus*. Biologisches Centralblatt. 1907.
- Sarasin P. u. J. Ergebnisse naturwiss. Forschungsreisen auf Ceylon. 1887.
- Spengel J. W. Die Fortpflanzung des *Rhinoderma Darwini*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXIX. 1877.
- Wiedersheim R. Brutpflege bei niederen Wirbeltieren. Biol. Centralblatt. Bd. 20. 1900.

DO ROZDZIAŁU XIII.

- Boveri Th. Ueber die Befruchtungs- und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seeigeleier u. s. w. Arch. f. Entw. d. Organismen. 1896.

- Delage Y. L'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale. Paris 1903.
- Demoll R. Zur Lokalisation der Erbanlagen. Zoolog. Jahrb. Bd. 30. 1910.
- Godlewski E. Untersuchungen über die Bastardirung der Echiniden- und Crinoidenfamilie. Arch. f. Entw. 1906.
- Vererbungsproblem im Lichte der Entwicklungsmechanik. Leipzig 1909. Roux. Vorträge und Aufsätze, Heft 9.
- Hertwig O. Allgemeine Biologie. 3. Auflage. Jena 1909.
- Der Kampf um Kernfragen der Entwicklungs- und Vererbungslehre. 1909.
- Meves Fr. Die Chondriosomen als Träger erblicher Anlagen. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. 72. 1908.
- Ueber die Beteiligung der Plastochondrien an der Befruchtung des Eies von Ascaris. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 76. 1911.
- Naegeli C. Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. 1884.
- Rabl C. Ueber organbildende Substanzen und ihre Bedeutung f. die Vererbung. Lipsk 1906.
- Ružicka Wl. Ueber Erbsubstanz und Vererbungsmechanik. Zeitschrift f. allgemeine Physiol. Bd. 10. 1909.
- Tennent D. H. The Dominance of Maternal or of Paternal Characters in Echinoderm Hybrids. Arch. f. Entw. 29. 1910.
- Vernon H. N. The Relation between the Hybrid and the Parent Forms of Echinoid Larvae. Proceedings Royal Soc. 63. 1898 (*oraz inne prace*).
- Weismann A. Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. Jena. 1892.
- Wilson E. B. The Cell in development and Inheritance. New-York and London 1900.

DO ROZDZIAŁU XIV.

- Blaringhem L. Mutation et Traumatismes. Bull. scient. de la France et de la Belgique. 1907.
- Bos Ritzema J. Zur Frage der Vererbung von Traumatismen. Biolog. Centralblatt. Bd. 11. 1891.
- Braus H. Vordere Extremität u. Operculum bei Bombinatorlarven. Morphol. Jahrbuch. Bd. 36. 1906.
- Brown-Séguard. *Liczne prace między r. 1868 a 1882. Ostatnia z nich: Faits nouveaux établissant l'extrême fréquence de la transmission etc.* C. R. Acad. Sciences. Paris. T. XCIV. 1882 (*większość innych prac w Archives de physiol. norm. et pathol.*).

- Darwin K. Powstawanie gatunków (1859) i Zmienność zwierząt i roślin w stanie kultury. 1868. Przekład polski J. Nusbauma.
- Detto C. Die Theorie der direkten Anpassung. Jena 1904.
- Dorfmeister G. Ueber den Einfluss der Temperatur bei der Erzeugung der Schmetterlingsvarietäten. Graz 1880. (*Oraz inne prace*).
- Fischer E. Weitere Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften. Allg. Zeitschr. f. Entomol. Bd. 7. 1902 (*oraz poprzednie prace*).
- Kammerer P. Beitrag zur Erkenntniss der Verwandtschaftsverhältnisse v. Salamandra atra u. maculosa. Archiv für Entw.-mech. 17. Bd. 1904 (*także inne ważne prace tegoż autora w temże Archiwum z r. 1906, 1907, 1909, 1910*).
- Nusbaum J. Dziedziczność („Szlakami wiedzy“, wyd. 2. 1910).
- Pictet A. Influence de l'alimentation et de l'humidité etc. Genève 1905.
- Plate L. Selectionsprincip u. Probleme d. Artbildung. 3. Auflage. 1908.
- Roux W. Ueber die bei der Vererbung blastogener u. somatogener Eigenschaften anzunehmende Vorgänge. Brünn 1911.
- Semon R. Die Mneme. 3. Auflage. 1911.
- Der Stand der Frage nach der Vererbung erworbener Eigenschaften. Fortschritte der naturwiss. Forschung. Bd. II. 1910.
- Sommer M. Die Brown-Séguard'sche Meerschweinchenepilepsie etc. Ziegler's Beiträge z. pathol. Anat. u. allg. Pathol. Bd. 27. 1900.
- Spencer H. Weismannism once more. Contemporary Rev. 1904.
- Standfuss M. Weitere Mitteilungen über den Einfluss extr. Temperaturen auf Schmetterlingspuppen. Entom. Zeitschr. 1895.
- Weismann A. Das Keimplasma. Eine Theorie d. Vererbung. Jena 1892 (*oraz liczne inne prace*).
- Wrzosek A. i Maciesza A. Experim. Untersuch. über die Vererb. u. s. w. der Brown-Séguard'schen Meersch.-Epilepsie. Archiv f. Rass. u. Gesellsch.-Biologie 1911.
- Ziegler H. E. Die Vererbungslehre in der Biologie. Jena 1905.

DO ROZDZIAŁÓW XV. — XVIII.

- Ackermann R. Tierbastarde. Kassel 1898.
- Bateson W. Mendel's Principles of Heredity. Cambridge 1909. (*Zebrana ogromna literatura*).
- Baur E. Einführung in die experiment. Vererbungslehre. Berlin

- 1911 (*w dziele tem zebrana jest bardzo obszerna literatura dotycząca bastardacji i mendlowania, zwłaszcza u roślin*).
- Castle W. E. Colour varieties of the Rabbit and of other Rodents. Science N. S. 1907 (*i liczne inne prace*).
- Correns C. Liczne prace botaniczne (p. literaturę u Baura).
- Cuénot L. La loi de Mendel et l'hérédité etc. chez les souris. Arch. de zool. exper. et gén. 1902—1907.
- Darwin K. Zmienność zwierząt i roślin (1868). Przekład polski J. Nusbauma. Warszawa.
- Davenport C. B. Liczne prace z 1904—1910 (p. u Baura i Goldschmidta).
- Godlewski E. Das Vererbungsproblem im Lichte u. s. w. Vorträge u. Aufsätze von Roux. 1909.
- Goldschmidt R. Einführung in die Vererbungswissenschaft. Lipsk 1911 (*b. obszerna literatura*).
- Guaita G. v. Versuche mit Kreuzungen von verschiedenen Rassen d. Hausmaus. Ber. d. Nat. Ges. Freiburg 1898—1900.
- Haecker V. Ueber die neueren Ergebnisse der Bastardlehre u. s. w. Archiv f. Rass.- u. Ges.-Biol. 1904.
- Allgemeine Vererbungslehre. 1911. (*Zebrana obszerna literatura*).
- Axolotlkreuzungen. Verhandl. d. Deutsch. Zool. Ges. 1908.
- Hertwig O. Allgemeine Biologie (3. Aufl.) 1909.
- Hertwig O. u. R. Experimentelle Untersuchungen über die Bedingungen d. Bastardbefruchtung. Jenaische Zeitschrift. Bd. 19. 1886.
- Kellogg V. L. Inheritance in Silkworms. Lel. Stanford Jun. University Publicat. N 1. 1908 (*znane mi z referatu*).
- Lang A. Ueber die Bastarde von *Helix hortensis* u. *H. nemoralis*. Festschr. d. Univ. Jena 1908.
- Die Erblichkeitsverhältnisse d. Ohrenlänge d. Kaninchen u. s. w. Zeitschrift f. exper. Abstamm.- u. Vererbungslehre. 4. 1910.
- Loeb J. Weitere Versuche über die heterogene Hybridisation bei Echinodermen. Pflügers Archiv. 1904.
- Lotsy J. P. Vorlesungen über Descendenztheorien u. s. w. Jena 1906—1908.
- Mendel G. J. Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verh. d. naturw. Vereins in Brünn. 1865. (*Przedruk w „Klass. d. exakt. Wissensch.“ Ostwalds, N 121*).
- Morgan H. T. Experimentelle Zoologie. Deutsch von L. u. H. Rhumbler. 1909 (*obszerna literatura*).
- Nusbaum J. Idea ewolucji w biologii. Warszawa 1910.
- Plate L. Die Erbformeln der Farbenrassen von *Mus musculus*. Zool. Anz. Bd. 35. 1910.
- Selectionsprincip u. Probleme d. Artbildung. 3. Aufl. 1908.

- Plate L. Vererbungslehre und Descendenztheorie. Festschr. für R. Hertwig. 1910.
- Poll H. Mischlingsstudien. Sitzungsber. d. Ges. d. Naturf. Berlin 1907—1908.
- Standfuss M. Ueber Hybridisation bei Insekten. Mitteil. der schweiz. entomol. Gesellsch. 8. 1893.
- Die Resultate 30-jähr. Experimente mit Bezug auf Artenbildung u. s. w. Verhandl. d. schweiz. naturf. Gesellschaft. Luzern 1906.
- Szymkiewicz W. Biologiczeskija osnovy zoologii. Wyd. 3. Petersburg 1907.
- Tschermak E. Liczne prace botaniczne, p. u Baura.
- Tower W. L. An Investigation of Evolution in Chrysomelid Beetles of the Genus *Leptinotarsa*. Washington 1906.
- The Determination of dominance and the Modification of behavior in alternat. Inheritance etc. Biol. Bull. 1910.
- Toyama K. Mendel's Laws of Heredity as appl. to the Silkworm Crosses. Biologisches Zentralblatt. Bd. 26. 1906.
- Vries H. de. Die Mutationstheorie. Lipsk 1901—1903.
- Vries de u. Klebhan. Arten u. Varietäten. 1907. (*Tu podane liczne inne prace de Vriesa*).

DO ROZDZIAŁU XIX.

- Cała dawniejsza literatura zebrana jest w klasycznym dziele C. D üsinga Die Regulierung des Geschlechtsverhältnisses bei der Vermehrung der Menschen, Tiere und Pflanzen. Jen. Zeitschrift für Naturw. 1884 (wyszło jako osobna książka). Literatura najważniejsza po r. 1884 jest następująca:*
- Baehr W. B. v. Die Oogenese bei einigen viviparen Aphiden und die Spermatogenese u. s. w. Arch. f. Zellforsch. Bd. 3. 1909.
- Boveri Th. Ueber Beziehungen des Chromatins zur Geschlechtsbestimmung. Sitzungsber. der Phys. Med. Gesellsch. Würzburg 1908, 1909.
- Conklin E. G. Sex Differentiation in *Dinophilus*. Science (2). Vol. 24. 1907.
- Correns C. Bestimmung und Vererbung des Geschlechtes. Lipsk 1907. (*Oraz inne prace, p. u Baura, lit. do rozdz. XV.—XVIII.*).
- Delage Yves. L'hérédité et les grands problèmes etc. Paris 1903.
- Doncaster L. Sex inheritance in the moth *Abraxas grossulariata* and its variet. *lacticolor*. Rep. Evol. Ctee. 4. 1908. (*Znane mi tylko ze sprawozdań*).

- Goldschmidt R. Einführung in die Vererbungswiss. Lipsk 1911.
 Haecker V. Allgemeine Vererbungslehre. 1911.
 Hagedoorn A. L. Mendelian Inheritance of Sex. Archiv für Entwicklungsmech. d. Org. Bd. 28. 1909.
 Hertwig R. Weitere Untersuch. über das Sexualproblem. Verh. d. deutsch. zool. Gesellsch. 1907 (*oraz inne prace*).
 Issakowitsch A. Geschlechtsbestimm. Ursachen bei den Daphniden. Biol. Centralblatt. 1905 (*oraz inne prace*).
 Kuschakiewitsch. Die Entwicklungsgesch. d. Keimdrüsen von Rana esculenta. Festschr. f. R. Hertwig. Bd. 2. 1910.
 Kuttner O. Untersuchungen über Fortpflanzungsverhältnisse u. Vererbung bei Cladoceren. Internat. Revue d. gesamt. Hydrobiologie. Bd. 2. 1909.
 Lenhossek M. v. Das Problem d. geschlechtsbestimm. Ursachen. Jena 1903.
 Mac Clung C. E. The accessory Chromosome Sex-Determinant. Biol. Bull. 3. 1902 (*znane mi z referatu*).
 Malsen v. Geschlechtsbestimmende Einflüsse u. Eibildung des Dinophilus apatris. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. LXIX. 1906.
 Marshall E. Recherches sur la biologie et dével. des Hymenoptères parasites. Arch. de Zool. Exp. et Gén. 1904.
 Maupas. Sur la déterm. de la sexualité chez l'Hydatina senta. Comptes Rendus de l'Ac. des Sc. Paris 1891.
 Montgomery Th. Chromosomes in the spermatog. of Hemiptera etc. Trans. Amer. Philos. Soc. 1906.
 Morgan H. T. Experimentelle Zoologie. Uebers. von R. u. H. Rhumbler. 1909.
 — An attempt to Analyse the Constitution of the Chromosomes on the Basis of Sex-Limited etc. Journal of Exper. Zool. Vol. II. 1911.
 Nusbaum J. Przyczyny powstawania różnych płci u człowieka i zwierząt. Warszawa 1884.
 — Regulowanie stosunku ilościowego płci u istot organiczn. Ateneum. 1887.
 Nussbaum M. Geschlechtsentwicklung bei Polypen. Verhandl. d. naturw. Ver. Bonn 1893 (*i inne prace*).
 — Die Entstehung d. Geschlechtes bei Hydatina senta. Arch. für mikr. Anat. Bd. XLIX. 1897.
 Punnett R. C. Sex-Determination in Hydatina etc. Proc. Royal Soc. 1906.
 Russo A. Studien über die Bestimmung d. weiblichen Geschl. Jena 1909.
 Schultze O. Zur Frage nach den geschlechtsbild. Ursachen. Archiv f. mikr. Anat. LXIII. 1903.
 Strassburger E. Ueber geschlechtsbest. Ursachen. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 48. 1910 (*oraz inne prace*).

- Strohl. Polyphemusbologie u. s. w. Intern. Revue d. gesamt. Hydrobiologie I. 1908.
 Whitney D. Determination of Sex in Hydatina. Journ. of Exper. Zool. 1907.
 Wilson E. B. Studies on Chromosomes. Jour. of Exper. Zool. 1905.
 — The Cell in developm. and Inheritance. 1900.
 Woltereck R. Kilka rozpraw o rozmnażaniu się daphnidów. P. Internat. Revue d. gesamt. Hydrobiologie 1911.

DO ROZDZIAŁÓW XX. i XXI.

- Literatura tego przedmiotu, wykraczająca nawet poza granice nauki o rozmnażaniu się i rozwoju zwierząt i roślin, została w ostatnich latach bardzo skrzętnie zebrana w kilku ważnych dziełach ogólnego znaczenia. Wystarczy przeto, iż przytoczę tytuły tylko ostatnich.*
 Bateson W. Mendels Principles of Heredity. Cambridge 1909.
 Baur E. Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. Berlin 1911.
 Cuénot L. La genèse des espèces animales. Paris 1911.
 Darwin K. Zmienność zwierząt i roślin w stanie kultury. 2 tomy. Przekład J. Nusbauma.
 Davenport C. B. Experimental Morphology 1897—1899.
 Delages Yves. L'Hérédité et les grands problèmes de la biol. gén. Paris 1903.
 Dunccker G. Die Methode der Variationsstatistik. Archiv. f. Entwicklungsmech. d. Org. 1899. Bd. 8.
 Galton Fr. Natural Inheritance. London 1889.
 Goldschmidt R. Einführung in die Vererbungswissenschaft. Lipsk 1911.
 Johannsen W. Ueber Erbllichkeit in Populationen und in reinen Linien. Jena 1903.
 — Elemente der exakten Erblchkeitslehre. Jena 1909.
 Lock R. H. Recent progress in the Study of Variation, Heredity, Evolution. 2. Ed. 1909.
 Lotsy J. S. Vorlesungen über Descendenztheorien. Jena 1906—1908.
 Nusbaum J. Idea ewolucyi w biologii. 1910.
 Plate L. Selectionsprincip und Probleme der Artbildung. 3. Aufl. 1908.
 Tower W. L. An Investigation of Evolution in Chrysomel. Beetles of the Genus Leptinotarsa. Washington (wyd. Inst. Carnegiego) 1906.
 Vries H. de. Die Mutationsteorie. 2 tomy. Lipsk 1901—03.
 — Arten u. Varietäten (przekład Klebhana). Berlin 1907.

DO ROZDZIAŁU XXII.

- Oprócz dzieł ogólnobiologicznych O. Hertwiga, Korschelta i Heidera, Haeckera i t. d., wymienionych w literaturze rozdziałów poprzednich, a zawierających liczne dane bibliograficzne:
- Delage Yves. Les vrais facteurs de la parthénogenèse expériment. Arch. de Zool. expériment. 4. 1908 (oraz inne prace tegoż autora).
- Loeb J. Untersuchungen über künstliche Parthenogenese. Lipsk 1906.
- Die chemische Entwicklungserregung des tierischen Eies. Berlin 1909 (tu zebrana jest literatura o sztucznej partenogenezie).
- Morgan H. T. Experimentelle Zoologie. 1909.
- Petrunkiewitsch A. Die Richtungskörper und ihr Schicksal im befrucht. u. unbefrucht. Bienenerei. Zool. Jahrbücher. XIV. 1901.
- Siebold v. Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen. Lipsk 1856.
- Beiträge zur Parthenogenesis der Arthropoden. Lipsk 1871.

DO ROZDZIAŁU XXIII.

- Oprócz dzieł Darwina: Zmienność zwierząt i roślin, Düsinga: Regulierung (przyl. wyżej):
- Castle W. E., Carpenter etc. The effects of Inbreeding, Cross-Breeding etc. of Drosophila. Proceed. Amer. Acad. Arts and Sciences XLI. 1906 (znane mi z referatu).
- Guaita G. v. Versuche mit Kreuzungen von verschied. Hausmausrassen. Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg. 1900.
- Hensen V. Physiologie der Zeugung. VI. Bd. 2. Teil. Handbuch d. Physiologie v. L. Hermann. 1881.
- Morgan H. T. Experimentelle Zoologie. 1909. Rozdział XII. Innzucht (zebrana literatura).
- Reibmayr A. Innzucht u. Vermischung beim Menschen. Lipsk 1897.
- Settegast. Die Tierzucht. 1872.

Spis rysunków.

	Str.
Rys. 1. Jajo stulbi	58
" 2. Kokon z jajami robaka <i>Dinophilus apatris</i> (według Korschelta i Heidera)	64
" 3. Jajo szkarłupni	67
" 4. Jajo mięczaka brzuchonoga	67
" 5. Jajo owadu (maika)	68
" 6. Jaja młode w jajniku pajaka domowego w różnym wieku (według van der Strichta)	72
" 7. Młody osobnik pajaka domowego z jądrem żółtkowym w masie żółtka nagromadzonej w odwłoku (według Balbianiego)	73
" 8. Młode jajo pajaka z wielkim jądrem żółtkowym obok jądra. Młode jajo pajączaka wodopójki rodzaju <i>Sperchon</i> z jądrem żółtkowym, czapkowato otaczającym jądro (rys. oryg. według preparatów lwowskiego instytutu zoolog.)	74
" 9. Przecięcie podłużne przez jajo kurze (nieco schemat.)	76
" 10. Jajo żarłacza <i>Scyllium</i>	77
" 11. Ślepy koniec woreczka jajnikowego u szkarłupni <i>Amphidetus cordatus</i> i <i>Astropecten aurantiacus</i> z nabłonkiem płciowym, młodszymi i starszymi jajami (wedł. H. Ludwiga)	80
" 12. Przecięcie przez woreczek jajnikowy mątwy (<i>Sepia</i>) z licznymi fałdami nabłonka, przenikającymi do substancji jaja (według R. Lankester)	81
" 13. Woreczki jajnikowe przekopnicy w różnych stadiach rozwoju (według H. Ludwiga)	82
" 14. Rurki jajnikowe różnych owadów (wedł. Korschelta)	83
" 15. Rozwój jajnika u ssaków (według Waldeyera)	85
" 16. Świeża plemnica ludzka, powiększona około 300 razy (według Waldeyera)	88
" 17. Plemniki różnych plesznicy (<i>Cladocera</i>), wedł. Weismanna	89
" 18. Dwa plemniki ludzkie, od strony szerokiej powierzchni główki i od strony brzegu główki (według Retziusa)	92
" 19. Plemniki świnki morskiej (rysunek oryginalny według preparatu R. Weigla, silne pow. mikr.)	95
" 20. Plemnik kałużnicy (<i>Hydrophilus</i>)	96

	Str.
Rys. 21. Plemniki chrząszczy <i>Hylobius abietis</i> i <i>Copris lunaris</i> (według E. Ballowitza)	96
„ 22. Plemniki <i>Triton marmoratus</i> , <i>Tr. taeniatas</i> , <i>Tr. helveticus</i> , <i>Pelobates fuscus</i> (według Ballowitza)	98
„ 23. Plemnik <i>Galathea strigosa</i> (według G. Hermann)	99
„ 24. Dwa stadya rozwojowe oraz forma dojrzała plemnika homara (<i>Homarus vulgaris</i>), według G. Hermann	99
„ 25. Plemnik podwójny (bliźniaczy) i odosobniony dydelfa (według E. Selenki)	102
„ 26. Plemnio mieszk (spermatofory) ślimaka winniczka, mięczaków <i>Parmacochlea</i> i <i>Microparmarion</i> , głowonogów mątwy i <i>Rossia</i> (według różnych autorów)	103
„ 27. Komórki odżywiające młode komóreczki plemnikowe. Komórka Versona. Komórki Sertoliego (według Toyamy i Lenhosseka, nieco zmienione)	107
„ 28. Rozwój plemnika ze spermatydy u <i>Amphiuma</i> (według Mevesa i Gregora)	109
„ 29. Spermatydy salamandry, wykazujące stopniową zmianę kształtu (według Mevesa)	110
„ 30. Przednie i tylne końce spermatyd salamandry. Przekształcanie się główki i wierzchołka. Powstawanie pasemka środkowego (według Mevesa)	111
„ 31. Kilka stadyów rozwoju plemnika u ślimaka winniczka (<i>Helix pomatia</i>). Rysunek oryginalny według preparatu mikr. R. Weigla	112
„ 32. Podział mitotyczny komórki	117
„ 33. Tworzenie się ciałek kierunkowych, schemat (wedł. Korschelta i Heidera)	122
„ 34. Powstawanie ciałek kierunkowych u <i>Ascaris megalocephala</i> var. <i>bivalens</i> (według Boveriego)	125
„ 35. Kilka stadyów dojrzewania jaja robaka (pierścienicy) <i>Ophryotrocha puerilis</i> (według Korschelta)	127
„ 36. Schematy powstawania komórki jajowej i plemnika z prątków płciowych (według Boveriego)	129
„ 37. Pierwsze stadya zapłodnienia jaja rozgwiezdy (według E. B. Wilsona)	138
„ 38. Zapłodnienie jaja jeżowca <i>Toxopneustes lividus</i> (według E. B. Wilsona)	143
„ 39. Zapłodnienie u <i>Ascaris megalocephala</i> var. <i>bivalens</i> (według Boveriego)	146
„ 40. Podział jaja cyclopsa (<i>Cyclops strenuus</i> , <i>C. brevicornis</i>), według V. Haeckera	150
„ 41. Zapłodnienie jaja glisty <i>Ascaris lumbricoides</i> (rysunek oryginalny według preparatu J. Hirschlera)	153
„ 42. Dwie dżdżownice podczas spółkowania	171

	Str.
Rys. 43. Ryba <i>Aspredo laevis</i> od strony brzusznej z licznymi jajami. Jedno jajo oddzielnie z zarodkiem wewnątrz	181
„ 44. Żaba <i>Hylodes lineatus</i> z młodymi główkami na grzbiecie (według I. Wymana)	183
„ 45. Larwy prętowce (pluteus) jeżowców <i>Sphaerechinus granularis</i> i <i>Echinus microtuberculatus</i> oraz ich bastarda (według Boveriego)	197
„ 46. Cztery salamandry coraz starsze, hodowane na ziemi czarnej (według Kammerera)	217
„ 47. Doświadczenie Guthrie (według Guthrie)	222
„ 48. Kura czarnej rasy Bantam	236
„ 49. Kogut białej rasy Bantam	237
„ 50. Bastard dwóch poprzednich (według Davenporta)	237
„ 51. Schemat krzyżowania drogą mendlowania się dwóch odmian <i>Mirabilis jalappa</i>	240
„ 52. Schemat krzyżowania dwóch odmian bobu drogą mendlowania się	241
„ 53. Schemat krzyżowania według zasady mendlowania myszy szarej z białą oraz osobników heterozygotycznych	246
„ 54. Schemat krzyżowania myszy szarej z białą oraz połączenia produktu tego krzyżowania, czyli osobnika heterozygotycznego, z myszą białą	247
„ 55. Krzyżowanie się myszy szarej z albinosem (wedł. Cuénotta, nieco zmienione)	258
„ 56. Sztucznie wytworzone larwy żab, złożone z odcinka żaby leśnej i odcinka żaby błotnej (według Harrisona)	264
„ 57. Larwa żaby leśnej z przeszczepionym na nią ogonem żaby błotnej (według Morgana)	265
„ 58. <i>Solanum tubigense</i> (według Winklera)	267
„ 59. <i>Solanum nigrum</i> (według Winklera)	267
„ 60. <i>Solanum lycopersicum</i> (według Winklera)	268
„ 61. Przekroje przez blaszkę liściową pelargonii normalnej oraz jej chimery periklinalnej (według Baura)	271
„ 62. Garnitury chromozomów u pluskwiaka <i>Anasa tristis</i> (według Wilsona)	275
„ 63. Jaja filoxery (<i>Phylloxera vastatrix</i>). Według Balbianiego	280
„ 64. <i>Encyrtus</i> w chwili, gdy przebiega pokładelkiem jajo motyle (według P. Marshalla, pow.)	281
„ 65. Jajo <i>Encyrtusa</i> z licznymi jądrami (według P. Marshalla)	282
„ 66. Łańcuch wielozarodkowy powstający z jednego jaja <i>Encyrtusa</i> (według P. Marshalla)	283
„ 67. Rozcięty pęcherz zarodkowy pancernika <i>Tatu novemcinctum</i> z czterema zarodkami (według Newmana i Pattersona)	284
„ 68. Ilustracja prawa Queteleta	300
„ 69. Krzywa Queteleta	301

Rys. 70. Przrząd przypadku Galtona	Str. 304
„ 71. Krzywa zmienności ze względu na długość cęgów u samca skórka (<i>Forficula</i>), według Batesona	308
„ 72. Krzywa zmienności ze względu na długość ciała młodych żab (według Goldschmidta)	310
„ 73. Wielokąt zmienności phaenotypu i zawarte w nim wielokąty zmienności biotypów (według Langa)	313
„ 74. Ośm czystych linii wymoczka <i>Paramaecium</i> w szeregach zmienności (według Jenningsa)	314
„ 75. Zwyczajna rasa owcy stepowej (z Goldschmidta)	320
„ 76. Bezrogie białe owce stepowe (według Lepela)	321
„ 77. Skielet kończyny przedniej świni normalnej i świni jednokopytnej (według v. Dąbrowy)	322
„ 78. Jaskółcze ziele (<i>Chelidonium majus</i>) i jego mutant (<i>Chelidonium laciniatum</i>), według de Vriesa	323
„ 79. Szereg muszli ślimaka ogrodowego, wykazujący stopniowe zmiany ubarwienia (według Langa)	325
„ 80. Mutacje u <i>Leptinotarsa</i> , według Towera	327

Alfabetyczny spis nazwisk.

- Ackermann R. 365.
 Adam 266.
 Adler W. 336.
 Agassiz A. 44, 46.
 Albinus 206.
 Alkmeon 9.
 Anaxagoras 10, 14.
 Andry Mikołaj 23 in.
 Arystoteles 10 — 15, 18, 20, 30, 33, 358.
 Auerbach L. 360.

Babor 165.
 Baer K. E. v. 12, 18, 33 id., 38, 42, 46, 358.
 Baer W. B. v. 367.
 Balbiani E. G. 72 in., 280, 359.
 Baldamus 60.
 Balfour Fr. M. 33, 38, 48, 67, 358, 361.
 Ballowitz E. 93, 96, 98, 360.
 Baltzer F. 228, 279 in.
 Bambeke Ch. v. 359.
 Barfurth D. 337.
 Barrow 354.
 Barthélemy 334.
 Bataillon E. 337, 345.
 Bateson W. 239, 253, 255, 293, 306, 308, 365, 369.
 Baur E. 212, 256, 269 id., 365, 369.
 Benda C. 74, 94, 96, 108, 153, 360.
 Beneden Ed. v. 50 in., 152, 359, 361.
 Bergh R. S. 362.
 Berlepsch v. 333.
 Bischoff Th. 36, 337, 358.
 Blanc H. 362.
 Blankinship 311.
 Blaringhem L. 211 in., 364.
 Blochmann N. F. 132.
 Bloomfield J. E. 360.
 Blumenbach 54.
 Bonifacy VIII 16.
 Bonnet R. 20, 24 id., 28, 32, 54, 331, 337.
 Bonnevie K. 362.

 Born G. 231, 263, 265.
 Bos Ritzema J. 205, 352 id., 364.
 Boveri Th. 50 in., 71, 124, 129 id., 141, 146, 162, 195 id., 228 in., 238, 278, 339 in., 359 in., 362 in., 367.
 Brandes G. 360.
 Brauer A. 126, 133, 362 in.
 Braus H. 205, 364.
 Brown-Séguard 209 in., 364.
 Buchtien 291.
 Buder J. 271.
 Buffon 27.
 Bütschli O. 50, 66.

 Calkins G. N. 73.
 Carnegiego Instytut 330.
 Carpenter 354.
 Castle W. E. 239, 256, 261, 354 id., 366, 370.
 Chabry L. 53.
 Chołodkowski N. 336.
 Clark A. H. 354.
 Claus C. 359.
 Conklin E. G. 141, 287, 367.
 Correns C. 239, 250, 253, 291 id., 294, 366 in.
 Coste 36.
 Crampe H. 353.
 Crampton H. E. 263.
 Cuénot L. 239, 254 in., 257 id., 366, 369.
 Cuvier Jerzy 32, 38, 42.

Dalton 33.
 Darbshire A. D. 239.
 Darwin George 351.
 Darwin Karol 26, 39, 46, 48, 51, 158, 204, 224, 266, 319, 348 in., 352, 365 in., 369.
 Davenport C. B. 235, 239, 250, 311, 366, 369.
 Dąbrowa v. 322.
 Delage Yves 133, 337, 344 in., 346, 362, 364, 367, 369 in.
 Demokryt 9, 14.

- Demoll R. 364.
 Descartes 18.
 Detto C. 218, 365.
 Dickel 333.
 Doncaster L. 198, 228, 293 in., 367.
 Dorfmeister G. 365.
 Döllinger 33.
 Driesch H. 53 in., 141, 227.
 Dugés 54.
 Dumas 24, 36 in.
 Duncker G. 302, 369.
 Dupuy 210.
 Durham T. M. 293.
 Düsing C. 367.
 Dzierzon J. 332 i d.
 Empedokles 14.
 Eschericht 61.
 Fabricius Hieronim 16 id., 20.
 Fick R. 143.
 Fiedler K. A. 359.
 Fischel A. 53, 154.
 Fischer E. 54, 213, 221, 231, 345, 365.
 Flourens 233.
 Fol H. 46, 152, 362.
 Foot K. 359.
 Galen 9.
 Galiari 233.
 Galton Fr. 51, 236, 303 in., 306, 369.
 Gates R. R. 250.
 Gautier 20, 23.
 Geer de 332.
 Gegenbaur C. 46.
 Godlewski E. 199, 227, 361, 364, 366.
 Goldschmidt R. 70, 309 in., 362, 366, 368 in.
 Golgi-Kopscha aparat 73, 95 in., 112 in.
 Graaf Regner de 17.
 Graafa pecherzyki 12, 18, 34, 84 in.
 Gregor 109.
 Gruber M. 220.
 Guaita G. 354, 366, 370.
 Guignard 50.
 Guthrie C. 222 in.
 Haeckel E. 36, 38, 43 id., 46 id., 48, 358.
 Haecker V. 51, 119, 150 in., 250, 261, 295, 359, 362, 366, 368.
 Hagedoorn A. L. 293, 368.
 Haller Albrecht 20, 24, 28.
 Hamm Ludwik 18, 23.
 Harrison R. G. 263 id.
 Hartsoecker N. 20, 23.
 Harvey Wilhelm 16 id., 20.
 Hatschek B. 46.
 Hays 317.
 Heckel 230.
 Heider K. 64, 66, 195, 197.
 Henking H. 133, 141, 161, 274, 361.
 Henle 63.
 Hensen V. 63, 351, 370.
 Herbst C. 198, 228.
 Herla 149.
 Hermann G. 99, 109, 361.
 Herold 334.
 Hertwigowie bracia 38, 46, 227, 366.
 Hertwig Oskar 49 i d. 52 in., 133, 152, 158, 162, 194, 337, 358, 362, 364, 366.
 Hertwig Ryszard 50, 70, 157 in., 288 in., 368.
 Hesse A. 165.
 Heyse 63.
 Hildebrand 348.
 Hipokrates 18.
 Hirschler J. 153, 234.
 His W. 38, 46, 49, 358.
 Hofacker J. 273.
 Hurst C. 239.
 Huxley Tomasz H. 39.
 Ihering H. 359.
 Ishikawa 132.
 Issakowitsch A. 289, 335, 368.
 Iwanow E. J. 232 in.
 Jaekel O. 230.
 Jennings H. S. 314 in.
 Jenssen O. 361.
 Johannsen W. 212, 302, 312, 316, 369.
 Jørgensen M. 359.
 Jolin Ch. 359.
 Kammerer P. 54, 184, 207, 214 id., 219, 365.
 Keilhack 289.
 Kellogg V. L. 250, 366.
 Kirby 331.
 Kirchhoff Alfred 30, 358.
 Klebs S. 211, 307.
 Klinkovström A. v. 363.
 Knauthe 231.
 Koelreuter 19, 38.
 Kolcow 100.
 Korschelt E. 64 in., 66, 70, 83, 124, 126 in., 263, 359, 362.
 Korschelt u. Heider 64, 66, 122, 359, 362.
 Kostanecki K. 50, 141, 144, 345, 362.
 Kostanecki K. u. Wierzejski A. 362.
 Kowalewski A. 38, 40 id., 44, 46, 172, 358.

- Kölliker A. v. 33, 37 in., 39, 46, 358.
 Kulagin 345.
 Kuschakiewitsch S. 289, 368.
 Kuttner Olga 289, 295, 335, 368.
 Lamarek J. 204.
 Landois 333.
 Lang Arnold 239, 313, 324 id., 330, 366.
 La Valette St. George 49, 361.
 Le Couteur 317.
 Lee Bolles A. 361.
 Leeuwenhoek Antoni van 18, 20, 23 in.
 Lefèvre 343, 345.
 Leibnitz 20, 25.
 Lenhossek M. v. 107, 361 in., 368.
 Lenssen 336.
 Lepel 321.
 Leuckart R. 61 in., 333, 335.
 Leydig Fr. 89, 360.
 Lillie 345.
 Lock R. H. 369.
 Lode 64.
 Loeb Jacques 54, 227, 338 id., 341 id., 366, 370.
 Lotsy J. P. 366, 369.
 Lotze 49.
 Lubbock J. 360.
 Ludwig H. 80, 82, 360.
 Mac Clung C. E. 134, 274, 363, 368.
 Mac Farlane 271.
 Maciesza A. 210, 365.
 Malebranche 20, 24.
 Malpighi Marceli 16, 19, 20, 24.
 Malsburg K. 234.
 Malsen v. 286 id., 289, 368.
 Marcus H. 362.
 Marryat 293.
 Marshall E. 281 id., 368.
 Mast 354.
 Mathews 143.
 Maupas M. 50, 285, 368.
 Maupertuis Piotr Ludwik Moreau de 26 in.
 Mayer A. 361.
 Mead 340.
 Meckel F. 29.
 Mendel G. J. 51, 239, 244, 366.
 Meves Fr. 96, 108 id., 134, 152 id., 202, 274, 361, 363 in.
 Meyer J. 149.
 Miecznikow El. 40, 46.
 Miescher 86.
 Montgomery Th. H. 134, 274, 363, 368.
 Morgan H. T. 54, 134, 162, 235, 263, 265, 274, 337, 339, 344, 353 in., 356 in., 366, 368, 370.
 Munson J. P. 360.
 Müller Joh. 44, 348.
 Naegeli C. v. 51, 152, 194, 359, 364.
 Nathusius 233, 350.
 Newman 284.
 Nilsson-Ehle 212.
 Nilsson N. H. 317.
 Noll 291, 347 in.
 Nusbaum J. 47, 49, 178, 219, 230, 234, 261, 273, 315, 319 in., 322 id., 348, 359, 361, 363, 365 in., 368 in.
 Nussbaum M. 285, 368.
 Obersteiner 210.
 Oesterlen 351.
 Ogata 71.
 Oppel A. 161.
 Pander 33.
 Papanikolau G. 289.
 Patrick 317.
 Patterson 284.
 Pearl R. 293.
 Perez J. 333.
 Petruniewicz A. 132, 333, 363, 370.
 Pfeffer W. 142.
 Pflüger E. 84 in., 231.
 Pictet A. 54, 214, 365.
 Plate L. 239, 365 id., 369.
 Platner G. 71, 132, 361.
 Plöss 273.
 Poll H. 367.
 Prantl 291.
 Prévost 24, 36 in.
 Przibram H. 54, 211.
 Punnett R. C. 286, 293, 368.
 Purkinje 36.
 Quajat 345.
 Quatrefages 229.
 Quetelet 299 id.
 Rabl C. 152, 364.
 Rath v. 51.
 Rathke H. 37, 39, 359.
 Ray-Lankester E. 43 in., 81.
 Réaumur 54.
 Redi Fr. 16.
 Reibmayr A. 352, 370.
 Reichert C. B. 36 in.
 Remak Robert 37 in., 40, 359.
 Retzius G. 92, 101, 361.
 Romanes G. 210.
 Rosenthal J. 205.
 Roux Wilhelm 49, 52 id., 142, 233, 365.
 Rusconi 36 in., 231.

Russo Achilles 289 in., 368.
Ružicka Wl. 364.
Rückert J. 51, 150 in., 161, 363.

Sadler M. 273.
Samassa P. 161.
Sanson 233.
Sarasin P. u. J. 363.
Schaxel J. 360.
Schearer Creswell 288.
Schmid 334.
Schockaert R. 360.
Schreiner A. u. K. E. 363.
Schröder 214.
Schultze O. 291, 368.
Schübeler 212.
Schwann Teodor 33.
Seeliger O. 228.
Selenka E. 46, 102.
Semon R. 206, 211, 213, 220, 365.
Settegast 350, 352, 370.
Shirreff 317.
Siebold C. Th. v. 36, 332 id., 335, 370.
Silvestri 282.
Sobotta J. 363.
Sommer M. 210, 365.
Spallanzani 19, 20, 28, 32, 54, 231.
Spencer Herbert 35, 39, 51, 61, 158, 365.
Spengel J. W. 363.
Sprengel K. 348.
Standfuss M. 54, 213, 221, 229, 365, 367.
Steinbrück 228.
Stevens N. M. 274.
Strassburger Edward 50 in., 158, 291, 368.
Stricht O. van der 72, 144.
Strohl 289, 369.
Swammerdam 16, 20 id.
Szymkiewicz W. 230 in., 367.

Śniadecki Jędrzej 32, 359.

Tennent D. H. 198, 364.
Thury 273.
Tichomirow 337 in., 345.
Tower L. 208 in., 220 in., 251 in., 296, 306 in., 326 id., 329 in., 367, 369.

Toyama K. 107, 235, 367.
Trembley 54.
Tschermak E. 239, 242, 367.

Vallisneri Antoni 20, 24.
Vernon H. N. 198, 228, 311, 364.
Version E. 106 in., 345, 361.
Vetter B. 45.
Viguiet 337, 344.
Vogt Karol 37.
Vries H. de 212, 239, 299, 319 in., 322 id., 326, 328, 367, 369.
Vries de u. Klebhan 367.

Wagner R. 36.
Waldeyer W. 46, 63, 71, 85 in., 88, 361.
Weigl R. 95 in., 112 in.
Weismann A. 51 id., 64, 79, 89, 131 in., 148, 159, 205, 211, 218 in., 260 in., 336, 354, 363 id.
Weldon W. F. R. 311.
Westphal 210.
Wheeler W. M. 145, 363.
Wheldale M. 256.
Whitman 172.
Whitney D. 286, 369.
Wiedersheim R. 363.
Wierzejski A. 141.
Wille N. 212.
Wilson E. B. 53, 66, 71, 133 in., 138, 143, 195, 200, 274 in., 360, 363, 364, 369.
Winiwarter H. 86, 360.
Winkler H. 266 id., 270, 272, 337.
Wolff Fryderyk Kacper 29 id., 33, 359.
Woll G. 54.
Woltereck R. 289, 293, 295, 335, 369.
Wöhler 2.
Wrasskij 230.
Wright 350, 352.
Wrzosek A. 210, 365.
Wyman J. 183.

Zaddach 39.
Zarnik B. 279.
Ziegler H. E. 365.
Zürn 233.

Rzeczowy spis alfabetyczny.

Abramidopsis 230.
Abraxas grossulariata, doświadcz. Schrödera 214; *var. lacticolor*, dziedzenie płci 293 in.
Actinosphaerium, zapłodnienie 157.
Agdistis 136.
Ageniaspis 282.
Agrestnik, doświadcz. Schrödera 214.
Agrestowiec, dziedzic. płci 293 in.
Aguti 261.
Albinizm 220.
Alecital (jaja) 68.
Alytes obstetricans 37, 188; doświadcz. Kammerera 216, spółkowanie, składanie i pielęgnowanie jaj 182 in.
Amblystoma, mendlowanie 241.
Amfimijsa 159.
Amherst bażant, bastardy 236.
Amphidelus cordatus, jajnik 80.
Amphioxus lanceolatus 40; deutoplazma 67.
Amphiuma, rozwój plemnika 109.
Anasa tristis, garnit. chromoz. 275 id.
Anatomia, an. mikroskopowa 5, porównawcza 5, 48.
Androgyne 136.
Animalcula 18, 23 in.
Animalkuliści 23 in., 50.
Anizogamia 155.
Ankony 319 id.
Antedon 199.
Antophora 191.
Antropotomia 5.
Aparat Golgi-Kopscha 73, 95 in., 112 in.; ap. mikropylowy 139.
Aphides 57.
Aplacentalia 186.
Apteron crenulella Brd. 332.
Apus, komórki żółtkotwórcze 82.
Arctia caja, doświadcz. Fischera 213.
Argonauta, przenosz. plemni 173 in.
Artemia 119; *Art. salina* 133.
Arthroleptis seychellensis, pielęgnowanie jaj 183.

Ascaris, plemniki 101, rozw. plemn. 108, 202. *Asc. lumbricoides*, liczba jaj 61, zapłodnienie 153. *Asc. mega-locephala* 119, 124 id., 129, 131, 144, 149 in.; karyogamia 145 in., 154, 269; redukcja chromatyny 124 id.
Asellus cavaticus 207.
Aspredo laevis, pielęgn. jaj 80 in.
Asler 115.
Asterina, doświadcz. Loeba 343.
Asterina gibbosa 165.
Astropecten aurantiacus, jajnik 80.
Astrosfera 71, 73, 116, 339 in.
Atawizm 242.
Ateuchus sacer 179.
Atys 136.
Autonomia chromozomów 194 in.
Axolotl 140, 143; mendlowanie 241.

Bantamska rasa kur 235 id.
Barwina 50, 70.
Bastardacja 51, 149 in., 224—252: b. matroklinczna, patroklinczna 238, pośredkowa mieszana 236 id., pośredkowa mozaikowa 235 in., 238, 263 in., rozszczepna (mendlowanie) 239 in., vegetatywna 263 id., wzajem przemienne (*reciprok*) 229, 238.
Bastardy 197 in., 225, 226; bast. kręgowców 230 id., owadów 229, rośto-we, szczepionkowe 263 id., szkarłupni 227 in., vegetatywne 263 id.
Bażanty Amherst, bastardy 236.
Bezłożyskowe zwierzęta 186.
Biofory 148, 261.
Biotypy 312, 315, izolowanie 316 in.
Blastogeniczne zmiany 218, 220 in.
Blastula 35, 199.
Blending Inheritance 236.
Bliźnięta, płeć 281 id.
Błona ochronna jaja po zapłodn. 138, 140, 161, jej powstawanie 342 id. pod wpł. plemnika i lizyn 344; jej

- wpl. na rozwój jaja 342 in. Błona promienista 75, żółtkowa 75 id. Błony jajowe 58, 75 in., 141, płodowe 186.
Bombinator igneus 205.
Bombyx arrindia, cynthia, bastardy 229.
Bombyx mori, dzieworództwo 334.
Bonellia viridis, samiec 176.
 Borsuk, plemniki 91.
Bos brachyceros, primigenius, mieszańce 226.
Bothriocephalus latus 62.
 Bób, mendlowanie 240 in.
 Bródkowanie 37, przyczyna br. 155, wpływ błony ochronnej 343.
 Brózdogłowiec 62.
Bryonia alba, dioica 291 in., 294.
 Brzuchonogi, hermafrodytyzm 166.
Bufo variabilis Pall., *vulgaris* Latr., bastardy 231.
 Bydła bezrogię w Karpatach mutacje 322. B. Niata (Am. Połdn.) pochodzenie mutacyjne 321 in.
 Bydło, chów krewniaczy 350, czas ciąży 193, mieszańce 226, 233.
Bylotrephes, plemniki 89.
Cantocamptus, przenosz. plemni 172.
Carcharias, łożysko 185.
Carcinus moenas, liczba jaj 62.
Cardium edule 306.
Carpio kollarii 230.
Catocala 58.
 Cecha dominująca (panująca) 241 in., 253, 292, c. nabyta 204, nowa 242, przecielna 301, 303, recesywna, ustępująca 241 id., 253, 292.
 Cechy antagonistyczne, allelomorficzne 241, 253, 291, 293.
 Cenogenetyczne zjawiska 47 in.
 Centriol 71.
Centrolecital (jaja) 68.
 Centrozom (*centrosoma*) 71, 111, 115 in., 156, 339. C. jaja zapłodn. 145, komórki plemnikowej 94, 141 id., 146, 153, 201, w spermatyd. 108 id.
Cephalopoda, przenoszenie plemni 173 in.
 Cewka moczowa ssaków 175.
Chaetopterus 341.
Chalazae jaja ptasiego 76.
Chalcididae 282.
Chelidonium majus i jego mutant *Ch. laciniatum* 323.
 Chemotaksja 142.
 Chemotropizm 142.
Chermes, dzieworództwo 336.
 Chimery 267, 270; chim. periklinalne 270.
 Chondromity 154.
 Chorion 75, 139.
 Chromatyna 50, 115 id.; chrom. jaja zapłodn. jako substrat dziedziczności 152, 159, 195 id.; chr. jądra jajowego 70, 73; chr. komórek płc. jako substrat dziedziczności 148, 154. Redukcja chr. 51, 78, 104, 120 id., 131, 132 in. (w jajach dzieworodnych), 135, 152, 157, 159, 195, 274, 276.
Chromidia 70, 73, 113.
 Chromiole 119, 126.
Chromis, pielęgnowanie jaj 182.
 Chromozomów garnitury 195, 197, 274 id., indywidualność (autonomia) 148 id., 159 in., 194, liczba 119, 151, 194.
 Chromozomy 50 in., 115 id., 122 id.; chr. dodatkowe 133 in., 274 id.; chr. jako substrat dziedziczności 149, 194 id.; chr. X 274, 276 id., 279, 284, 295, chr. Y 278 in., 295.
Chrysolophus amherstiae pictus, bastardy 236.
Chrysomelidae 225.
 Chrząszcze, dimorfizm plemników 278.
 Ciała jamiste 175, jądrowe 71.
 Ciałka kierunkowe 78, 121 in., 124 in., 126, 128 in., 131 id., 135, 140, 146, 331.
 Ciałko środkowe 71, 108 (w spermatydach), 115 in., 122, 141 i 144 (w jaju zapłodn.).
 Ciernik, liczba jaj 61, pielęgnowanie 182, składanie i zapładnianie jaj 169.
Ciona intestinalis, samozapłodn. 356.
Cirripedia, samce dopełn. 176.
Cladocera, plemniki 89 in.
Clausilia 185.
Clavularia 69.
Clepsine, składanie i pielęgnowanie jaj 179 in.
Clitoris 175.
Cloaca 170.
Cobitis fossilis, liczba jaj 62.
Copepoda, pielęgn. jaj 180.
Copris lunaris, plemnik 96.
Copulationsbahn 142.
Coregonus 37.
Coregonus Wartmani 168 (tarło).
Corpora cavernosa 175.

- Corydalis cava* 224, jałowosc samozapylenia 348.
Cottus gobio, liczba jaj 62.
Crepidula 144.
Crinum capense, pedunculatum, mieszańce 226.
Cryptocelis alba 171 in.
Ctenophora, doświadczenia Fischela 154 in., 200 in.
Cucumaria, jaja 69, jamy leg. 185.
Cyclops brevicornis, strenuus, podział jaja 150.
 Cyclop, przenosz. plemni 172.
Cyprididae, plemniki 100.
Cyprinodon 185, 230.
Cypris ovum, plemniki 100.
Cypris reptans, dzieworództwo 336.
Cytisus Adami, laburnum, purpureus 266, 271.
 Cytoliza 343 in.
 Cytologia 5.
 Cytoplazma 4; 58.
 Częstkorództwo, doświadc. Boveriego 155, 197 in.
 Czulowiek, ciąża 193, dwukształtnosc plemników 278, jajnik 84 in., jądra 105, plemniki 91 in., produkcja jaj i liczba porodów 63 in., związki krewniacze 350 in.
 Czynniki zewnętrzne 305.
 Czynniki (faktorów) teoria 254—262, podścielisko czynników 260, wzory czynników dziedz. 261.
Daphnella brachyura, plemniki 89.
Daphnidae, dzieworództwo 335, jaja 64, 289, 295.
Dasyprocta aguti 261.
Deilephila elenor, porcellus, bastardy 229.
Dentalium 200.
 Determinanty 52, 148, 260 in.
 Deutoplazma 56, 58 id., 65, 67 id., 73, 76, 135. Pochodzenie d. 69, 73, 80 id., 86. Wpływ na rozwój jaja 69, na czas i sposób rozwoju zarodka 188 id.
 Diady 124, 127, 130.
Diaptomus, przenosz. plemni 172 in.
Diaster 118.
 Digitalina, wpływ cytolityczny 344.
 Dimorfizm jaj 64 in., 279 in., plemników 277 in., płciowy 176.
Dinophilus apatris, dimorfizm jaj 64 in., 279, powstawanie płci 286 id.
Dispirema 118.
 Dobór naturalny 160, sztuczny 315 id.
 Dojrzewanie jaja 79, 121 id., 140, komórek rozrodczych 51, 114—134, 120 id., 135, 276, prakomórek plemnikowych 104, 128 id.
Donacia 178.
Dolterkern 71.
 Drewniak, plemniki 100.
 Droga kopulacyjna, przenikania 142.
Drosophila ampelophila, doświadc. nad wsobnością 354 in.
 Dwojaki 123.
 Dwugwiazda 117 in.
 Dwukłębek 118.
 Dwukształtnosc jaj 64 in., 279 in., plemników 277 in., płciowa 176.
 Dwuskrzydło, dimorfizm plemników 278.
 Dydelf wirgiński, plemniki 101 in.
 Dynamika form organicznych 7.
 Dziedziczności podścielisko 93, 148, 151, 194—202, 229 in.; dz. wzory 255.
 Dziedziczność 14 (wedł. Arystotel.), 50 id. (wedł. nowsz. badań), 151 in. (Naegeli), 330. Dziedz. cech nabytych 12 (wedł. Arystot.), 203—223, bad. eksperym. 209—218. Dziedz. okaleczeń 204 in., 211 in., płci 291 id., zmian czynnościowych 205—208. Dziedz. u wariantów i mutantów 323, 330.
 Dziedziny pograniczne 6.
 Dzielenie się 57.
 Dzieworództwo 11, 25; 57, 64, 132 in., 155 in., 331—346. Dz. jednostronne 337, naturalne 331—337, niezupełne 337, okresowe 336, sporadyczne 337, stałe 336, zaczątkowe 337. Dz. u *Chermes*, *Cypris reptans* 336, *Hydatina senta* 335 in., u jedwabnika 334, 337, jeźowców 337, u kury 337, motyli 332, mrówek (*Tomognatus sublaevis*) 336, mszyc 331, 336, osowatych 335, płazów 337, plesznicy 335 in., pszczoł 332 id., 337, rozwiazd, ryb 337, skorupiaków 335, ssaków 337, wrotków 335 in.
 Dzieworództwo: doświadc. Barthelmyego 334, Loeba 339 in., Tichomirowa 338; okresowość 331, 335; teoria Loeba 340—344; typy dziew. 336 in. Wpływ na dziew. błony ochronnej 342 in., ciśnienia osmotyczn. 341 in., jonów 340, podniet chem. 341 in., rozczyńców hipertoniczn. 339 id., tlenu 341, 343, warunków zewn. 335.

- Dzieworództwo sztuczne 337—346, u kręgowców 345, owadów 338 (doświadc. Tichomirowa), szkarłupni 339 in., 343 (dośw. Loeba, Delage'a), u ryb, żab 345. Rozwój larw przy dz. szt. 345. Sposoby wywoływania dz. szt. 344.
- Dziobak 185.
- Dżdżownica 42, 73; liczba jaj 61; siodło 77, 170; sposób rozwoju 192; spółkowanie, woreczki nasienne 170 in.
- Dżdżowniczkę 192.
- Dżigataj, bastardy 232.
- Echinus microtuberculatus* 197 in., 199; bastardy 227, 238.
- Einschachtelungstheorie* 22.
- Ejakulacja 175.
- Ektoderma 39, 154.
- Elektrolity 340.
- Embryologia 5, 48, doświadczalna 49, porównawcza 38 id., 45, 49. Dzieje 8—54. Kierunek fizyologiczny 48 id., mechanistyczny 49. Okres morfolog.-descendancyjny 46 id.
- Encyrtus* 281 id.
- Endoplazma jaja 66.
- Entoderma 39, 154.
- Epigeneza 13, 29.
- Epilepsja u świnek morskich 209 in.
- Equus Przewalskii*, bastardy 232 in.
- Erbsubstanz* 152, 159 in.
- Erekcja 175 in.
- Eudorina*, komórki płciowe 155.
- Euspongia*, zaczątki jajników 79.
- Evolutio* 21.
- Exoplazma jaja 66.
- Filogenia 47 in.
- Fizjologia a morfologia 1 in. Fizjol. formy 6, rozwoju 48 id.
- Flagellata*, komórki płciowe 155.
- Folliculus* 75.
- Forficula auricularia*, wielokąt i krzywe zmienności 308 in.
- Fossoria* 180.
- Frekwenty 300, 302.
- Gady, jajorodność 185, plemniki 92, żyworość 184 in.
- Galasówki, składanie i pielęgnowanie jaj 179.
- Galathea strigosa*, plemnik 98 in.
- Gamety 55, żeńskie i męskie 56, czyśćność gamet 244 id., 249.
- Garnitury chromozomów 195.
- Gasterosteus*, liczba jaj 61, składanie i zapłodnienie jaj 169.
- Gastraea 43 id.
- Gastrula 40, 42, 44, 199.
- Gatunki a odmiany 226.
- Gąbki, jajo 59, 75, plemniki 91, rozwój jaj 79, żyworość 184.
- Gąsieniczniki, składanie jaj 179.
- Gąsior, prącie 175.
- Generatio spontanea s. aequivoca* według Arystotelesa 10.
- Genetyka 54.
- Genotypy 312 in., krzywe zmienności 313.
- Geryonia* 66.
- Gil, bastardy 236 in.
- Glanzkörper* 101.
- Glikozydy, wpływ cytologiczny 344.
- Glista 140, karyogamia 145, plemniki 101, rozw. plemn. 108. Gl. końska 119, red. chrom. 124 id. Gl. ludzka, liczba jaj 61.
- Glomeris*, plemniki 100.
- Glossiphonia*, przenosz. plemni 172.
- Głodek wiosenny, mutanty 322.
- Głównogi, plemniomieszki 102 in., przenosz. plemni 173 in.
- Główka plemnikowa 90 id., 120, 137 in., 140 id., 152 in., 201; jako część składowa komórki 93 in.; pochodzenie gł. 111.
- Golab, czas rozwoju 193, liczba jaj 63.
- Gonady 78.
- Gordius*, liczba jaj 61.
- Grabarze, składanie jaj 179.
- Grenzgebiete* 6.
- Groch, mendlowanie się 249.
- Gruczoły Cowpera 87, krokowe 87, płciowe 78, żółtkowe 78.
- Grupki czworacze 123 id.; 126 id.
- Grzbietoród, czas rozwoju 188, pielęgnowanie jaj 182.
- Grzebacz, składanie jaj 180.
- Guziczek końcowy w plemniku 94, 113.
- Gwiazda 115 id., 122, w jaju zapłodnionem 147.
- Hectocotylus* 174.
- Helix hortensis*, mutacja i wariacja 324 in. *H. pomatia*, liczba jaj 62.
- Hemiasler cavernosus Phil.* 190.
- Hermafrodytyzm, według Arystotelesa 11; 164 id., pochodzenie i znaczenie 166, zapłodnienie 167.
- Heros* 349.
- Heterochromozom 133, 197.
- Heteronereis* 190.

- Heterostylia* 348.
- Heterozygoty 247, 292, 294 in.
- Hibrydy 225, h. a metysy 226 id.
- Hipertoniczne roztwory, wpływ na jajo 339 id.
- Hippocampus*, pielęgnowanie jaj 182.
- Histologia 5.
- Hodowla zwierząt i roślin 315 id.
- Holcus*, jądro żółtkowe 72 in.
- Homarus vulgaris*, plemnik 99.
- Homologia 41, 44.
- Homozygoty 247, 261, 292, 294.
- Hydatina senta*, spółkowanie 285 in.
- Hydra* 57, jajo 58, wpływ pożywienia na płęć 285.
- Hydrophilus*, plemnik 96, liczba chromozomów 119.
- Hylidae*, pielęgnowanie jaj 182.
- Hylobius abietis*, plemnik 96.
- Hylodes lineatus*, pielęgn. jaj 183. *H. martinicensis* 184.
- Hyponomeuta* 282.
- Ichneumonidae* 179.
- Identy 261.
- Idioplazma 51 in., 152.
- Idiozom 71, 73, 108 in. (w spermatydach), 111, 113.
- Idy 148, 260 in.
- Iglica morska, liczba jaj 62, pielęgnowanie jaj 182.
- Indukcja blastogeniczna 219, cieleśna 218, równoległa 218, 220.
- Indywidualizm chromozomów 196.
- Inzucht* 347.
- Ipomoea purpurea*, skutki zamozapylenia 349.
- Isopoda*, pielęgnowanie jaj 180, jamy płciowe 185.
- Izogamia* 155.
- Izolowanie czystych linii 316 in.
- Jaguary Paragwaju, mutacje 321.
- Jaj biegun roślinny 67 in., 139 i zwieryżęcy 67 in., bródkowanie i jego przyczyny 155, budowa i skład chem. 66, deutoplazma 67 id., dojrzewanie 79, 121 id., dwupostaciowość 64 in., 279, jąderko i jądro 70 in., kształt 58 in., liczba 59 id., osłony 75 id. Pielęgnowanie 178 id. Powinowactwo względem plemników 356. Predestynacja płciowa 279 in. Składanie 168 id. Rozwój 78—86, w zależności od deutoplazmy 69. Typy według zawart. deutoplazmy 67 in. Wielkość 59 id. Wpływ na rozwój: błony ochronnej 342 in., lizyn 344, plemników 344, roztworów hipertonicznych 339.
- Jajnik 22 (wedł. teorii praeform.); 69 in., 75 in., 79—86; jajn. ssaków 84 id.
- Jajo 17, 18 in., 23 id., 55 id., 58—86, 120, 135, 137 in., 142, 194. J. bieżącego-żółtkowe 68, brzuchonogów 67, dojrzale 78 in., 121, 140, 156, 159, letnie 64 in., maika 68, ptasie 59, 76, ssaków 34 (Baer), szkarłupni 67, śródżółtkowe, ubogozółtkowe 68, zapłodnione 56, 146, 151, 154, 156, 159, 161, zimowe 64 in.
- Jajorodność 183 id.
- Jajo-żyworość 183.
- Jamy płciowe 184 in.
- Jaskółcze ziele, mutanty 322 in.
- Jaszczur płamisty 214.
- Jaszczurka, liczba jaj 63.
- Jaderka 50, j. jajowe 58, 70 in., prawdziwe 71, rzekome 70.
- Jądra 86, 105.
- Jądro jaja 58, 67, 69, 70 in., 156, jaja zapłodnione 145, komórkowe 50, przewężne 145, 152 (jaja zapłodn.), 161, żółtkowe 71 id., 113.
- Jednomieszańce 248.
- Jedwabnik, bastardy 226, 229, 235 in., komórki Versona 107, liczba jaj 62, mendlowanie się 250 in., 263 in., rozw. dzieworodny 334, 337.
- Jelonek, dwuwierchołkowa krzywa zmienności 311.
- Jesiotr, liczba jaj 63.
- Jęzowce 141, 143, bastardy 227, 238, polispermia 162, rozw. dzieworodny 337, 342, sposób rozwoju 190, sztuczna partenogeneza 133, sztuczne zapłodn. 137 in., 196.
- Jony, wpływ na jajo 340.
- Julus*, plemniki 101.
- Kaczor, prącie 175.
- Kaluznica, plemnik 96, liczba chromozomów 119.
- Kanaliki plemnikotwórcze 105.
- Kanarek, bastardy 236 in.
- Kangur, drugorz. znam. płęć 178, sposób rozw. 189 in.
- Kapa plazmat. główki plemnikowej 93, 95, 153, 201.
- Kapustnik 119.
- Karaś, mieszańce 230.
- Karp, mieszańce 230 in., plemnik 91.
- Karyogamia 141, 145.

- Karyokineza 115 id.
 Karyoplazma 4.
Karyosoma 71.
 Katamenia według Arystotelesa 13.
 Kazuar, prącie 175.
Kernplasmarelation Hertwiga 158.
 Kieszonki nasienne 170 in.
 Kłębek 115, 117.
 Kokony jajowe 77 in.
 Koleczatka 185.
 Kolibr, czas rozwoju 193.
 Kolorado — chrząszcz, doświadcz.
 Towera 209, 220, 251 (mendlowanie), 326 id. (fluktuacje i mutacje),
 fluktuacje i krzywe zmienności 306 in.
 Koluszcza, składanie i zapłodnienie
 jaj 169.
 Komórka zwierzęca 36.
 Komórki plemnikoodżywcze, Sertoliego, Versona 106 in., żółtkotwórcze 69.
 Konik morski, pielęgn. jaj 182.
 Koniugacja 157.
 Koń, bastardy 232 in., 238, chów
 krewniaczy 350, czas rozwoju 193.
Kopfkappe 93.
 Kopulacja 157.
 Korale, żyworość 184.
 Kosmówka 75, 78, 139.
 Kot, liczba porodów 63.
 Kowal 133.
 Koza, bastardy 233.
 Krab, liczba jaj 62.
 Kraby lądowe, składanie jaj 168.
 Kret, plemniki 91.
Kreuzungsnovum 242.
 Kregowce, dimorfizm plemników
 278, hermafrodytyzm 165, jajorodność
 i żyworość 185, spółkowanie
 i zapłodnienie 175 in.
 Krokodyl, liczba jaj 63, zapłodn. 175.
 Królik, bastardy 233 in., chów krewniaczy
 350, czas rozwoju 193, liczba
 porodów 63, mendlowanie 257,
 powstawanie płci 290.
 Krzywa zmienności 300 id., 305 id.,
 krz. zm. linii czystych, genotypów,
 populacji 313.
 Krzywe zmienn. wielowierzchołkowe
 308 id., jako wyraz różnicowania
 się nowych gatunków i ras 311.
 Krzyżak, liczba jaj 62.
 Krzyżowania znaczenie w ewolucji
 organ. 348.
 Krzyżowanie u *Ascaris megalocephala*
 149 in., u obupłciowców 167, u roślin
 348, sztuczne 51.
 Kukurydza pensylwańska 211.
 Kule przewężne 36 in.
 Kury, bastardy 235 id., chów krewniaczy
 350, doświadcz. Guthriego 222 in.,
 mendlowanie 250.
 Kwas jabłkowy 142.
Laburnum vulgare 266, 271.
 Lancetnik 40, 67 (deutoplazma).
 Larwy 46, 48; 60; 187 id., 197 (larwymieszanie).
Latebra 76.
Lathyrus odoratus, mendlowanie 242.
Latona setifera, plemniki 89.
 Lecytyna 290.
 Leporydy 226, 233 in.
Leptinotarsa, doświadcz. Towera 209,
 220, 251 (mendlowanie), 326 id. (fluktuacje
 i mutacje); fluktuacje i krzywe zmienności
 306 in.
Leptinotarsa decemlineata, powstaw.
 mutantów pod wpł. war. zewn. 329.
 Leszcz, mieszańce 230.
 Lew, bastardy 233, czas rozwoju 193,
 liczba porodów 63.
 Lewkonia 119.
 Lilia 119.
 Liliowce, bastardy 227.
 Linie czyste 312 id., izolowanie I. cz.
 316 in., w hodowli zwierząt i roślin
 316 in.
 Linina 50, 70, 116, 119.
Liparis dispar, jaja dzieworodne 132.
 Lipoidy w ooplazmie 66.
 Lis, czas rozwoju 193.
 Listki zarodkowe 31 i 33 (Wolff), 33
 (Pander), 34 (Baer), 37, 39 (Huxley,
 Kölliker, Zaddach), 40 (Miecznikow),
 41 in. (Kowalewski), 43 (Ray-Lankester),
 44 in. (Haeckel); 154.
Lithomastix 281.
 Lizyny 344.
Lobelia fulgens, jałowść własn. pyłku
 348.
 Lota, liczba jaj 62.
Lucilia caesar 179.
Lygaeus, chromozom Y 278.
 Łabędź, prącie 175.
 Łechtaczka 175 in.
 Łosoś 119, składanie jaj 168.
 Łożyisko, pęcherzowo-żółtkowe 185,
 I. ssaków 186.
 Łożykowce 186.

- Macica* 185.
Macropodius, składanie jaj 169.
Maetra, rozwój partenogen. 345.
 Maiki 191, 193 (czas rozwoju).
 Małże, hermafrod. 164, jamy lęg. 184.
 Małżorzeczki, plemniki 100.
 Mąda 86, 105.
 Mątwa, jajnik 81, plemniomieszk. 103.
 Mechanika rozwoju 7, 154, 200.
 Melanizm 220.
Meloe 191, 193 (czas rozwoju).
Membrana granulosa 84.
 Mendlowanie 239 — 253, 328, cechy
 allelomorficzne, antagonistyczne 241,
 cecha dominująca, panująca 241 in.,
 recesywna, ustępująca 241.
 Czystość gamet 244 id., 249. Powstawanie
 płci 291 id. Reguła I. 239 id., II. 242 id.,
 III. niezależności 248. Mendl. u wariantów
 i mutantów 324. Wpływy zewnętrzne 251
 in.
 Merocyty 161.
 Merogonia 155, 197 in. (doświadcz. Boveriego).
Mesovarium 84.
 Metakineza 117 in., 122.
 Metasyndeza 126, 128, 130, 195.
Metazoa 44.
 Metoda przekrojów 41 (Kowalewski).
 Metysy 225, 226 (m. a hibrydy).
 Mezenchyma 199.
 Mezoderma 45 (Haeckel), 46; 154.
Microparmarion, plemniomieszk. 103.
 Mieszańce 160, 197 in. (larwy), 225 id.
 Mieczaki, komórki Sertoliego 106,
 plemniomieszk. 103, żyworość 184 in.
 Miętuś, liczba jaj 62.
 Mikrogameta 90.
Mikropyle 75 in., 139.
 Mikrozoomy 126, 148.
 Miofibrylle 154.
Mirabilis jalappa, mendlowanie 240.
 Mitochondria w jajach zapłodn. i komórkach
 ciała 154, 202, w komórk. jajowych 74,
 153, w kom. plemnikowej 95 in., 153,
 w kom. płc. jako substrat cech dziedz. 154,
 202, w spermatydzie 108, 112 in.
 Mitoza 115 id., 142, 156.
 Mocznika synteza 2.
Moina paradoxa, rectirostris, plemniki
 89 in.
Molge cristata Latr., *marmorata* L.,
 bastardy 231.
 Monofiletyczne pochodzenie tkanek
 45 (Haeckel).
 Monohibrydy 248 in.
Monotremata 175.
 Morfologia 1 in. (m. a fizyologia), 5
 (podział).
Mosaic Inheritance 235.
 Moszna 105.
 Motyle, drugorz. znam. płc. 177, komórki
 Versona 177, rozw. dzieworodny 332,
 składanie i pielęgn. jaj 179.
 Mrówki, dzieworództwo 336.
 Mszyca winogrodowa, jaja 65.
 Mszyce 57, dzieworództwo 331, 336.
 Muchy 191.
 Muchy plujki, składanie jaj 179.
 Mulaci 236.
 Muły 225, 232, 238.
 Mustelus, łożysko 185.
 Mutacja 234, 320.
 Mutanty 319, m. bydlą 321 in., głodka
 wiosennego 322, jaskółczego ziela 322 in.,
 owiec 320 in., psów 321, *Scolopendrium* 322, świń 322,
 wiesiołka Lamarecka 322, 328. M. a
 warianty 323 id., 330.
 Müllera ciało 166.
 Mysz, chów wsobny 354, czas rozwoju 193,
 liczba porodów 63, mendlowanie 242,
 245 id., 254 in., 257 id., plemniki 94;
 119.
Myxine, hermafrod. 165.
Myxostoma glabrum, zapłodn. 139,
 plemniki 93.
 Nabłonek płciowy 75, 80, 84 (u ssaków).
 Naidy 192.
Nais 119.
 Nasienie, wedł. Arystotelesa 12 in., n. męskie
 18, 23.
 Nasieniowód 105.
Nebenkern 113.
Necrophorus 179.
Nematodes, dimorfizm plemników 278,
 żyworość 184.
Nemertini, żyworość 184.
Nephelis, składanie jaj 178.
Nereis Dumerilii And. Edw. 165, 190.
Nereis limbata, wahania w liczbie
 ząbków 302.
Nerophis, pielęgn. jaj 182.
 Neurofibrylle 154.
 Nicienie, żyworość 184.
Nicotiana tabacum 349.
 Niedźwiadek 40.

Niedźwiedziówka, doświadcz. Fischer 213.
 Niedźwiedź, bastardy 233, czas rozwoju 193.
 Nietoperz 144, 170.
 Niteczka osiowa plemnikowego pasemka środkowego 94, 111 (pochodzenie), 112, 141.
 Nocoświatlik, zapłodnienie 157.
 Noctiluca, zapłodn. 157.
 Notodelphys, pielegn. jaj 182.
 Nowopochodne zjawiska 47 (Haeckel).
 Nowość krzyżownicza 242, 256.
 Nóżkogłaszczki 174.
 Nucleoli 58, 70 in.
 Nucleus ovi 58, 70.
 Nulla est epigenesis 22.
 Nuphar luteum 178.
 Nymphaea alba 178.
 Obłeńce, dimorfizm plemników 278.
 Obupłciowość 164 id., ob. u kręgowców 165, zapłodn. u obupłciowców 167. O. wedł. Arystotelesa 11.
 Ocnariadyspar, doświadcz. Picteta 214.
 Octopus, przenoszenie plemni 173.
 Oczlik, podział jaja 150.
 Odmiany a gatunki 226.
 Odmieniec 184, 207 in.
 Odmłodzenie kom. płc. 156 id.
 Oenothera Lamarckiana, mutanty 322.
 Ogonek plemnika 91, 95, 96 in., 112, 137 in., 141, 153.
 Okulizowanie 266.
 Okuń, plemnik 91.
 Omne vivum ex ovo 17.
 Ontogenia 47 in.
 Ooplazma 66 (skład chem.), 70, 76, 81, 86, 140, 143 in.
 Ophryotrocha puerilis 124, 126 id. (redukcja chromatyny), 130.
 Orangutan, liczba porodów 63.
 Organizowane ciała 4.
 Orgasmus 176.
 Oribatidae, pielegn. jaj 180.
 Osioł, bastardy 232 in., 238.
 Osłomuly 225, 232, 238.
 Osłonicze, hermafrod. 164, 166, zapłodnienie 168.
 Osłony jajowe 75 id.
 Osowate, dzieworództwo 335.
 Ostraea edulis L. 165. Ostr. virginica 165.
 Ostryga jadalna, hermafrod. 165, liczba jaj 62.
 Osy pasorzytne 282.

Ośmiornica, przenosz. plemni 173.
 Ovaria 79.
 Ovum 58.
 Owady, drugorzędne znamiona płc. 176 in., dwukszałtność plemn. 278, dzieworództwo 332 id., hermafrodytyzm 165, jajniki 82 id., jajo 139, heterochromozom 134, kom. Versona 106, plemniki 97, polispermia 161 in., składanie jaj 178, zapłodnienie 141.
 Owca, bastardy 233, chów krewniaczy 350, czas ciąży 193.
 Owce stepowe zwykle 320, pochodzenie mutac. bezrogi 321.
 Owiec Mouchamp pochodzenie mutac. 321.
 Owocentr 71, 142, 144, 156 (w jaju dojrzałym).
 Owocyty 78, 121 id., 129.
 Owogeneza 70.
 Owogonie 78, 121, 129.
 Owuliści 23 id., 50.
 Pająk domowy, jądro żółtkowe 72 in.
 Pająki, przenosz. plemni 174.
 Pajęczaki, dimorfizm plemników 278, dimorfizm jaj 279, pielegnow. jaj 180.
 Paleontologia 48.
 Palingenetyczne zjawiska 47 in. (Haeckel).
 Paludina, plemniki 101.
 Paludina vivipara 185.
 Pandorina, kom. płc. 155.
 Paramacium, krzywezmienności 315, linie czyste 314 in.
 Parasyndocha 123, 130, 195.
 Parmacochlea, plemniomieszki 103.
 Partenogeneza 25, 57, 331—346; p. sztuczna 337—346.
 Pasemko środkowe plemnika 91, 94, 95, 111 (pochodzenie), 137, 141, 143 in., 153, 201.
 Paw, czas rozwoju 193.
 Paxillae 184.
 Paczkowanie 57.
 Pecten inflexus Poli, varius L. 165.
 Pedipalpi 174.
 Pelargonia, chimery periklinalne 270 in.
 Pelargonium fulgidum, citrinodorum, mieszańce 226.
 Pelobates fuscus, plemniki 98.
 Penetrationsbahn 142.
 Penis 105, 174 in.
 Peripatus, macica 185.

Petunia nycatanigenae-flora, phenicea (miesz.) 226.
 Pęcherzyk zarodkowy 36; 58, 70.
 Pęchlerzyki Graafa 12, 18, 34, 84 in.
 Phaenotyp 312 in., 315, krzywa zmienności 313.
 Phoronis, pielegn. jaj 180.
 Phyllobates trinitatis, pielegn. jaj 183.
 Phyllopoda, jamy leg. 184.
 Phylloxera vastatrix, chromozomy X 278, jaja 65, predestyn. płciowa jaja 279 in.
 Physa fontinalis 141.
 Pierścienie, jamy łęgowe 185, płciowość 165, sposób rozwoju 190, 192, zapłodnienie 168, żyworość 184.
 Pierwotniki 44, 55, kom. płc. 155, plemniki 90, płciowość 165, zapłodnienie 157 in.
 Pigułowce-poświętniki, składanie jaj 179.
 Pijawki, hermafrod. 164, 166, przenosz. plemni 172, skład. jaj 178.
 Pingwin, liczba jaj 63.
 Pipa dorsigera, pielegn. jaj 182, sposób rozwoju 188.
 Piscicola, przenosz. plemni 172.
 Piskle, zarodek 154.
 Piskorz, liczba jaj 62.
 Placenta 186. Placentalia 186.
 Plamka zarodkowa 36; 58, 70, 159, 218 in.
 Planariidae, skład. jaj 178.
 Plathelminthes 69.
 Plemnica 18 in., 23, 87 id., 164, 356.
 Pl. ludzka 87 in., 101. Pl-i przenoszenie 167 id., przenosiciele 172 id., składniki drugorzędne 55 in., 102.
 Plemniki 18 in., 23 id., 55 id., 86—113, 135, 137 in., 142, 155 in., 194. Pl. chrząszczy 96, dydelfa 101 in., gadów 92, glisty 61, homara 99, ludzkie 64, 91 in., 101, małżoraczek 100, mięczaków 101, mszaków 142, owadów 97, paproci 142, płazów 92, plesznice 89, ptaków 92, 97, 101, raka rzecz. 99, ryb 91 in., 97, skorupiaków 98 in., ssaków 91, 101, szczura 92, szkarłupni 92, świnki morskiej 95, traszek 98, wijów 100 in., żab 92, 98, żarłacz 92.
 Plemniki bezgłówkowe (nitkowate), 100, bliźniacze (podwójne) 102, olbrzymie, patologiczne 101.
 Plemniki wiciowate 90 id., 106. Główna pl-a 90 id., 111, 120, 137 in., 140 id., 152 in., 201. Guziczek końco-

wy 94, 113. Pasemko środkowe 91, 94, 95, 111, 137, 141, 143 in., 153, 201. Wić 90 in., 95, 96 id., 111 in., 141, 201. Wierchołek główki 92 in., 95 in., 111, 141, 152, 201.
 Plemników dimorfizm 101, 277 in., heterochromozom 133 in., komórki plemnikoodżywcze 106, mitochondria 74, odżywianie 105 in., powinowactwo względem jaj 356 in., rozwój 104 id., 108 id.
 Plemniomieszki 102 in., 169, 171 id.
 Pluskiwiaki, garnitury chromozomów 275 id., powstaw. płci 278.
 Pluteus 162, 197 in., 227, 238.
 Pławy, żyworość 184.
 Płazy, bastardy 231, jajorość 185, plemniki 92 in., plemniomieszki 102, zapłodnienie 141, 168, spółkowanie 169, żyworość 184 in.
 Płci powstawanie, wedł. filozof. greckich 14 in.; 273—296: jako objaw mendlow. 291 id., predestynacja 277 id., u zwierząt wyższych i niższych 291, wpływ war. zewn. 284 id., 296, w zależności od chromoz. dodatk. 274 id., od chromoz. X 274 i 276 in., od garnitur. chromoz. 274 id., od jakości chromozomów 279.
 Płciowe elementy 55, 155, 168 (wydal. nazewnatrż).
 Płciowe znam. drugorzędne 176 id.
 Płciowość 135 in., 156, 160.
 Płec jako cecha dziedziczna 291 id., 296; predestynacja jaj 65, 279 id., pred. plemników 134, 277 in.
 Plesznice, jaja 64, jamy leg. 184, plemniki 89 in., 295.
 Płocica, mieszańce 230.
 Płodzenia rodzaje według Arystotelesa 10—12.
 Pochwa 175.
 Pokrzywik, dośw. Standfussa 213.
 Polifiletyczne pochodzenie 44.
 Polihibrydy 248.
 Polispermia 161 id., pol. patologiczna 162.
 Polygnotus 281.
 Polynoe, doświadcz. Loeba 343.
 Polyphemus pediculus, plemniki 89 in.
 Pomidor, bastard. wegetat. 267 in., 269, 271.
 Populacja 298, 312 id., krzywa zmienności 313.
 Potworności 15 (według Arystotelesa), 23 in., 27.

Powinowactwo kom. płc. 224 id., 356 in.
 Półpokrywe, heterochromozom 134.
 Półwrzeciono 116.
 Praeformacyi teorya 13.
 Prajaja 78, 82, 85.
 Prakomórki plemnikowe 104, 135, płciowe 78, 104, 129.
 Pratchawiec, macica 185.
 Prawo biogenetyczne 36, 43, 47.
 Prawo Queteleta 299, 323.
 Prawo rekapitulacji 47.
 Prącie 105, 172, 174 in.
 Predestynacja płci 277 id., wpływ warunków zewnętrznych 284 id., 296, u zwierząt wyższych i niższych 291.
 Prętowce 162, 197 in., 227, 238.
Pristiurus 119.
Prostata 87.
 Prostoskrzydłe, heterochromozom 134, dimorfizm plemników 278.
 Proterandrya 167.
Proteus anguineus 184, 207.
 Protoginia 167.
 Protoplazma 4, 156; pr. jaja 58, 66, pr. kom. rozrodcz. jako substrat dziedziczności 154 in., 198 id., 229 in.
Protozoa 44.
 Przedjadrze męskie, żeńskie 120, 145.
 Przegrzebek, płciowość 165.
 Przekopnica, kom. żółtkotwórcze 82.
 Przeobrażenia wedł. Arystotelesa 13.
 Przewód wytryskowy 105.
 Przódsmczość, przódsmiczność 167.
 Przyjadro 112 in.
 Przypadek przypadku Galtona 303 id.
Pseudonucleolus 71.
 Psianka czarna 267 in., 269, 271, tubińska 269.
 Psiankowate, bastard. weget. 266 id.
 Pstrągi, mieszańce 226, 230 in., składanie jaj 168.
 Psy, chów krewniaczy 350, czas rozwoju 193, mendlowanie 250, mieszańce 226, 233.
 Psy Paria, mutacje 321.
Psyche helix, dzieworództwo 332.
 Pszczoły, dzieworodność 11, 132, 332 id., 337, komórki Versona 106, liczba jaj 62, zbiorniki nasienny i zapłodnienie 170, 289, 337.
 Pszenica, doświadcz. Schübelera 212.
 Ptaki, bastardy 231 in., drugorzędne znam. płc. 176 in., jajorodność 185, plemniki 92 id., 97, prącie 175.
Pupa 185.
Pyrhocoris 133.
 Rak rzeczny, liczba jaj 60 in., pielęgnowanie jaj 180, plemniki 99.
Rana arvalis, esculenta 168, 231 (bastardy), *fusca* 168, *palustris*, *pipiens*, *silvatica* 264 in. (bast. somat.).
Receptaculum seminis 170, 332.
Reciproc (bastardacja) 229, 238.
 Regeneracja 54, 266.
 Restytucja 54.
Retinitis pigmentosa w związkach krewniaczych 351.
Rhinoderma Darwini, pielęgnowanie jaj 183.
Rhedeus amarus, liczba jaj 62, skład. jaj 168 in., zapłodnienie 169.
 Robaki, składanie i pielęgnowanie jaj 178 id., 184 in.
 Robaki-ciernioglasy 58, obłe 108 (rozw. plemn.), pasożytnicze 164 i 166 (hermafrod.), płaskie 69, 86 (grucz. żółtkowe).
 Ropucha-położnik, doświadcz. Kammerera 216; spółkowanie, składanie i pielęgnow. jaj 182 in.; 188.
 Ropuchy, bastardy 231, pielęgnow. jaj 182 in., 188 in., skład. jaj 168.
Rossia, plemniomieszki 103.
Rotatoria, dzieworództwo 335, jaja 65, spółkowanie 172.
 Rozchodnik, doświadcz. Klebsa nad zmiennością 307.
 Rozdzielność płciowości 164 id., zapłodnienie u rozdzielności 167.
 Rozgwiazdy, dziewor. 133, 337, 342, jamy lęg. 184, płciowość 165, sposób rozwoju 190, zapłodn. 138.
 Rozmnażanie, anizogamiczne 56, bez zapłodnienia 57, bezpłciowe 55, 57, izogamiczne 56, płciowe 55 id., 57, wsobne (krewniacze) 347 id. Rozmn. komórki 114 in., wymoczków 157. Wedł. Arystotelesa 11.
 Rozrodcze produkty 12 (wedł. Arystotelesa), 55 id.
 Rozszczepianie się cech 51.
 Rozwoju czas 187 id., czynniki 48, 53 in.
 Rozwój jaja 70, 78 id. R. zarodka 26, 36 in., embryonalny (zarodkowy) 187 id., osobnikowy 47, postembryonalny (pozarodkowy) 187 id., pośredni 60, rodowy 47, 48, wedł. Arystotel. 13, teoryi praeform. 21.
 Równonogi, pielęgn. jaj 180.
 Różanka, drugorz. znam. płciowe 178, liczba jaj 62, skład. jaj 168 in., zapłodn. 169.

Rybka złota, bastardy 231.
 Ryby, jajorodność 185, mieszańce 230 in., pielęgnow. jaj 180 in., zapłodnienie 168, żyworość 184 in.
 Ryby, kostno-skieletowe (plemnik) 19, płaszczki 97 (plemnik), spodousto 119, 161 in. (polispermia), 168 (zapłodn.), głębinowe 208.
Sagitta 42 in., 119.
Salamandra 111, 119, doświadcz. Kammerera 214 id., rozwój plemników 108 id., składanie jaj 168, żyworość 185.
Salamandra atra 216, *maculosa* 214.
Salmo fario, lacustris, mieszańce 226, 230.
 Samce dopełniające 176.
Samentaschen 170.
 Samopodział 157.
 Samorództwo według Arystotelesa 10 in.
 Saponina, wpl. cytologiczny 344.
Sarcophaga carnaria 179.
Sargus 165.
Scolopendra, plemniki 100.
Scolopendrium, mutanty 322.
Scorpio 40.
Scyllium, jaja 77.
Sedum speculabile, doświadcz. Klebsa nad zmiennością 307.
Segmentationskern 145.
Sempervivum, doświadcz. Klebsa nad zmiennością 307.
Sensibility Towera 209.
Sepia, jajnik 81.
 Sercak (małż) 306.
Serranus 11, 165.
 Sfera 116, 156, w jaju zapłodnionem 143 in., 146, 153, 156, w spermatydach 108 in.
 Siatkoskrzydłe, dimorfizm plemników 278.
Sida cristallina, plemniki 89 in.
 Sieja, tarło 168.
 Siodelko dżdżownicy 77, 170 in., karakona 77.
 Skorupiaki, jaja dzieworodne 132, 335, jamy lęgowe 184 in., pielęgnow. jaj 180.
 Skójką 169.
 Skórek, wielokąt i krzywe zmienności 308 in.
 Słonecznica, zapłodnienie 157.
 Słoń, liczba porodów 63, czas rozwoju 193.
 Słońce, elem. męski wedł. staroż. 136.
 Smocznice, hermafrod. 164.
 Sok jądrowy 50, 70, 119.
 Solanina, wpl. cytologiczny 344.
Solanum Darwinianum 268 in., *Gaertnerianum*, *Koelreuterianum* 268, *lycopersicum*, *nigrum* 267, *proteus* 268, *tubingenense* 267, 270.
Solenobia, dzieworództwo 332.
Solenostoma, pielęgnow. jaj 180.
 Soliter, liczba jaj 61.
 Somatogeniczne zmiany 218 in., 222.
Sperchon, jądro żółtk. 74.
 Sperma 18 in., 23, 86 id., 164.
 Spermatocyty 104, 112, 123 in., 128 id., 131, 133.
 Spermatofory 102 in., 169, 171 id.
 Spermatogonie 78, 104, 128 in.
Spermatogonia 86, 104.
 Spermatydy 104, 108 id., 111, 112, 128, 131, 133.
Spermia 86.
 Spermiści 23.
 Spermocentr 141, 144, 156.
Sphaerechinus, bastardy 228. *Sph. granularis* 197 in., 227 in., 238 (bastardy).
Spirema 115.
Spirorbis, jamy lęg. 185.
Sports 319, 323.
 Spółkowanie u dżdżownic 170 in., pajaków 174, pszczoł 170, ssaków 175 in., u wirka *Tysanozoon*, wrotków 172, u zab 169.
 Sprzęganie się wymoczków 157.
Squilla, plemniki 90.
 Ssaki, bastardy 232 id., czas rozwoju 193, drugorz. znamiona płc. 178, hermafrodytyzm 165, jajnik 80, jądra 105, komórki Sertoliego 106, liczba jaj 63, łożysko 186, plemniki 91, 93 in., prącie (spółkow. i zapłodnienie) 175 in., rozwój jaj 84 id., żyworość 184 in., 189.
Stammbaum 48.
Standardabweichung 302.
Standard-deviation 302, 307.
 Staropochodne zjawiska 47 (Haeckel).
 Starożytne czasy embryologii 8—15.
 Statyka form organicznych 7.
 Stawonogi, komórki żółtkotwórcze 82 id.
 Stek 170, 175.
 Stekowce 175, 185 (jajorodność).
Stereocidaris nutrix 190.
 Steroplazma 152.
 Storzycowate, wpływ samozapyle-
 nia 348.
Streunung 302.

- Strongylocentrotus*, bastardy 228, chromozomy dodatkowe 279.
 Struna grzbietowa 35 (Baer), 40 (Kowalewski).
 Struś, prącie 175.
 Strzykwy, bastardy 227, jamy lęg. 185, sposób rozwoju 190.
 Stulbia 57, jajo 58, 75, kom. żółtkotwórcze 81, wpływ pożywienia na płeć 285.
 Stulbiopławy, rozwój jaj 79.
 Substancja dziedzicząca 152, 159 in.
 Suchy sposób zapłodnienia 230.
 Suka, liczba porodów 63.
 Synapsya 130, 195 in., 274 in.
 Synapta, jamy lęg. 185.
Syngnathus, pielęgn. jaj 182.
Syromastes, chromoz. X 278.
 Szakal, bastardy 233.
 Szczodrzeniec 266.
 Szczupak, liczba jaj 63.
 Szczur, plemniki 92, spermatogonie, spermatocyty i kom. Sertoliego 107, wsobność 352 in.
 Szkarłupnie 140, 154, bastardy 227, jajnik 80, karyogamia 145, mero-gonia 155, polispermia 162, plem-niki 92, sposób rozwoju 190, za-plodnienie 168, zapłodn. sztuczne 137, żyworość 184.
 Szpiców pochodzenie 321.
 Ślimak ogrodowy, mutacja i warya-cya 324 in.; śl. winniczek, liczba jaj 62.
 Ślimaki, hermafrod. 164, 166.
 Śluzice, hermafrod. 165 in.
 Śródecialko 71.
 Świnia, chów krewniaczy 350, licz-ba porodów 63.
 Świnka morska, doświadcz. Brown-Séquarda 209 in., plemniki 95.
 Świn mutacje 322.
 Tarczka jajonośna 84 id., zarodko-wa 68, 76.
 Tasieniec, liczba jaj 61.
 Taśmowce, hermafrod. 164.
Tatusia 283 in.
 Tchnienie nasienne 18 in.
Telecital 68.
 Teoria biogenezy 52, ciągłości plaz-my zarodk. 52, 218 in., 261, czyn-ników 254—262, descendencji 48, epigenezy 29, ewolucji 20 id., ga-stracji 43 id., listków zarodk. 31, 33 in., 34, 37, 42 in., molekularno-atomistyczna 259, mozaikowa roz-woju 52, obecności i nieobecności 253 id., pangenezy 26, 51, *presence-absence* 253, 292, praeformacji 19, 26, 29, 32, stosunku plazmy i jądra 158, szufladkowa 20, 22, 24, typów 38, 42, 45, wtórczenia 22, zapłod-nienia (Loeba) 340—344.
 Teratologia 15.
Termitomyia 165.
Testes 86, 105.
Testudo, liczba jaj 63.
 Tetrady 123 id., 126 id., 130.
Thalassemia, doświadczenia Lefèvre'a 343, 345.
Theca folliculi Graafa 84 in.
 Tkankowce 44, 55, 105 (*testes*), 157.
 Toczkwate, kom. płe. 155.
 Tojad 119.
Tomognatus sublaevis, dziewor. 336.
 Torebki nasienne 102 in.
Torpedo 119.
Toxopneustes lividus 143.
 Traszka, bastardy 231, drugorzędne znam. płciowe 177, liczba jaj 63, plemniki 98, składanie jaj 168, za-plodnienie 169.
Trichina, żyworość 184.
Triton cristatus, drugorz. znamiona płciowe 177, zapłodnienie 169; *hel-veticus*, *marmoratus*, *taeniatus* 98 (plemniki).
 Trochofory 190, 192, przy rozwoju dzieworodn. 345.
 Trochosfera 61.
 Tubularya, komórki żółtkotwórcze 81.
 Tur, mieszańce 226.
Turbellaria, przenoszenie plemni 171 id.
 Tygrys, bastardy 233.
Tysanozoon, przenoszenie plemni 172.
 Unio 169.
 Ustrojowe ciała 4.
 Uterus 185.
Vacuolae w endoplazmie 66.
Vagina 175.
Vanessa urticae, doświadcz. Stand-fussa 213.
Variabilitätsindex 302.
Variationspolygon 301.
Verbascum nigrum 224, jałowść sa-mozapylenia 348.
Vesicula germinativa 70.

- Vigne Aramon, le petit Boucher, Tein-ture* 238.
Vis essentialis 31 (Wolff).
Volvocineae, kom. płciowe 155.
Volvox 165.
 Walka o byt 160.
 Waryanty 300, 302. War. a mutanty 323 id., 330.
 Wazonkowce 192.
 Wasonogi, samce dopeln. 176.
 Wiciowce, kom. płciowe 155, płcio-wość 165.
 Wić plemnikowa 90 in., 95, 96 id., 111 (pochodzenie), 112, 141, 201.
 Widłonogi, pielęgnowanie jaj 180, przenoszenie plemni 172.
 Wiek XVI. w embriologii 16.
 Wiek średnie w embriologii 16.
 Wielbłąd, czas rozwoju 193, mie-szańce 233.
 Wielokąt zmienności 301 in., wiel.zm. phenotypu 313.
 Wielomieszańce 248.
 Wieloplemnicość 161 id., w. pato-logiczna 162.
 Wielopłetw, składanie jaj 169.
 Wierzchołek główki plemnikowej 92, 95 in., 141, 152, 201, jako część składowa komórki 93, pochodze-nie 111.
 Wiesiołka Lamarecka mutanty 322.
 Wiewiórka, czas rozwoju 193.
 Wije, plemniki 100 in., dwukszałtn. plemników 278.
 Wilk, bastardy 233.
 Winniczek, plemniomieszk. 103, roz-wój plemnika 112 in.; 119.
 Wino, mieszańce 238.
 Wirki, przenoszenie plemni 171 id.
 Włosień, żyworość 184.
 Wodniczki w ooplazmie 66.
 Wodopójka, jądro żółtk. 74.
 Wolffa ciało, przewody 166.
 Woreczek jajowy 75.
 Woreczki nasienne 170, wor. Pflü-gera 84 in.
 Wrażliwości okres (Power) 209, 221, 328 in.
 Wrotki, jaja 65 i ich dzieworodn. 132, 335, dimorfizm jaj 279, zapłod-nienie 172.
 Wróbel, liczba jaj 63.
 Wrzeczono 116, 122, 142, 146, 150 (podwójne), 156.
 Wsobność 347 id.,
 Współczynnik zmienności 302, 307.
 Wstęznice, jajniki 80, rozwój plem-ników 108, żyworość 184.
 Wyka hiszpańska, mendlowanie 242.
 Wymoczki 157.
 Wyplawki, składanie jaj 178.
 Wyplawy miesięczne 13 (według Arystotelesa).
 Wzgórek przyjmujący 138 in.
 Wzory dziedziczności 255, wz. czyn-ników dziedzicznych 261.
 Zając, bastardy 233 in., czas rozwo-ju 193.
 Zapłodnienia znaczenie 349, 356.
 Zapłodnienie wedl. Arystotelesa 12, wedl. Harvey'a, Descartesa, Leeu-wenhoecka 18, według nowszych badań 49 in., 55, 57, 93, 120, 131, 135—163, 194, 201, według teorii Loeba 340—344, wedl. teorii prae-formacji 23 id., wedl. Wolffa 32.
 Zapłodnienie sztuczne 19, 137, 196, suchy sposób 230, wewnętrzne 167, 169 id., zewnętrzne 137, 167 id.
 Zapłodnienie u *Ascaris megalocep-hala* i *tumbricoides* 146, 148 in., 152, 153, 155 in., 160, u glisty końskiej 149, u obupłciowców 149, u szkar-lupni 149.
 Zaródz jaja 66.
 Zbiornik nasienny 170, 332.
 Zboczenia fluktuacyjne 305, indywi-dualne 158 id., zbocz. mutacyjne, nagle, skokowe 318 in.
Zea Mays pensylvanica 211, *Zea Mays praecox* 212.
 Złoty deszcz 266.
 Zmienność 160, 297—330. Zm. ciągła (fluktuacyjna, kontynualna) 298—317, zm. biotypów 312 id. i zna-czenie jej w hodowli 315 in.; zm. fluktuacyjna a skokowa 323 id., 330; krzywe zmienności 300 id., 305; zm. linii czystych 313; mini-mum i maximum zm. 298 in.; pra-wo Queteleta 299 in., 303 in.; wie-lokąt zm. 301 in., 313; współczyn-nik zm. 302, 307; wynik warunków zewn. 305 id. Zm. skokowa (dys-kontynualna, mutacyjna, nieciągła) 318—330, wpł. war. zewn. 328 in.
Zoarcis, żyworość 185.
 Zoża 61.
 Zoja 53, 149.
Zona pellucida 85, *radiata* 75.
 Zootomia 5.
 Związki krewniacze (wsobne) 347—357.

Śród roślin 347 id., wpływ samozapylenia 348 in., 358. Śród zwierząt 350 id., w hodowli 350. Skutki wsobn. wobec eksperymentu 352 id. u owadów i ssaków 355. Szkodliwość dla ludzi i zwierząt 350 in. Zmniejszanie się płodności 356. Znaczenie w rozw. rasy 351 in. Zwierzęta głębinowe 207. Zygota 55 id., 155 id.

Żaba płowa, polna, zielona 168 (wydalanie produkt. płc.). Żaby, bastardy 231, bast. somat. 264 in., 270, hermafrodytyzm 165, liczba jaj 62 in., mieszańce 226, pielęgnowanie jaj 182 id., plemniki 92, wielokąt i krzywe zmienności

309 in., wydalanie produktów płc. i składanie jaj 168. Żarłacz, jaja 77, łożysko 185, plemniki 92, żyworość 185. Żebroplawy, doświadcz. Fischela 154 in., 200 in. Żeglarek, przenosz. plemni 173 in. Żmija, liczba jaj 63. Żółtko odżywcze 56, 58 id., 67 in., tworzenie się 69, 81 id., 86, wpływ na rozwój jaja 69. Żółtkotwórcze komórki 69, 81 id., 86. Żółw, liczba jaj 63, prącie 175. Żyto, jałowość własn. pyłku 348. Żyworodka, plemniki 101. Żyworość 183 id. Życie, zależność od organizacyi 3.



TH. H. HUXLEY

ZASADY FIZJOLOGJI

W OPRACOWANIU DR. I. ROZENTHALA

Przekład Dr. Adama Landego z czwartego poprawionego wydania 1910 r.
105 rycin w tekście.

R. 3.20, w oprawie płóciennej R. 3.80, w półskórek R. 4.20.

GŁOSY PRASY:

„T. H. Huxley..., oprócz prac ściśle naukowych, pisał dzieła przeznaczone dla szerszych mas myślącego ogółu, a pisał je po mistrzowsku. Mistrzostwo to polegało na umiejętności opowiadania o rzeczach najbardziej złożonych i trudnych w sposób jasny, przejrzysty, stylem prostym, ale jedynym, na umiejętności odróżnienia tego, co istotnie jest wielkiej wagi, od tego, co ma mniejsze lub zgoła drugorzędne znaczenie dla ogarnięcia całości danej nauki. I to jest największą zasługą wielkich popularyzatorów w wielkim stylu: powiedzieć nie za dużo, nie zgubić się w chaosie faktów i teorii naukowych, a być zawsze jasnym i zrozumiałym... Te wszystkie wielkie zalety mają słynne „Zasady fizjologii...“ Przekład polski jest bardzo poprawny, a wydanie wprost wykwintne; ...doskonały dobór licznych rysunków,... w oryginale angielskim, ani w wydaniu niemieckim niema tak świetnego doboru ilustracji. Dzieło Huxley'a polecam najgoręcej naszej studiującej młodzieży, nauczycielom, przyrodnikom i lekarzom...”

Prof. Dr. Józef Nusbaum (Kosmos, Zesz. I—III 1912).

„...Jest to książka popularna w najlepszym znaczeniu wyrazu i w tym zakresie najlepsza może w literaturze europejskiej. Autor nie przypuszcza u czytelnika żadnego przygotowania specjalnego, z wyjątkiem najelementarniejszych zasad fizyki i chemii, wszystkie zaś wiadomości przygotowawcze podaje w swoim wykładzie... Obok zupełnej prostoty wyśłowienia i jasności wykładu, odznaczającego się jednak żywością, a nawet niepozbawionego wdzięku, książka zaleca się przedewszystkim układem wysokiej wartości pedagogicznej; wiele rozdziałów... może służyć za wzór wykładów i obfituje w bardzo udane pomysły pedagogiczne... Wielką pomocą dla czytającego są także liczne rysunki, dobrze odbite... i bardzo udanie dobrane... Przekład dokonany dobrą polszczyzną, ze znajomością rzeczy...”

W. Jezierski (Nowe Tory, marzec 1912).

„...Fizjologia Huxley'a przedstawia ogromny materiał do nauki dla tych, którzy zaniedbali studia przyrodnicze, i jest zarazem przeglądem nowoczesnych prądów w naukach przyrodniczych. Autor nie pomija żadnej z nowych teorii przyrodniczych w dziedzinie fizjologii...”

Stanisław Baczyński (Nowa Gazeta, 28. IV. 1912).

„...Przekład jest dokonany poprawnie, ze znajomością rzeczy, a wydanie bardzo staranne, zwłaszcza rysunki, które są o wiele piękniejsze, niż w oryginale... Uwydatnia się w tej książce jasność i trzeźwość angielska z systematycznością i ścisłością niemiecką. Pomimo pozorów wielkiej popularności, jest to dzieło, które z pożytkiem i przyjemnością przeczyta każdy lekarz i przyrodnik.”

A. Putawski (Gazeta Lekarska, 18. XI. 1911).

Książkę tę „każdy lekarz przeczytać może z przyjemnością, dzięki bardzo udatnemu układowi i przejrzystości wykładu. Dla warstw inteligentnych jest to książka wyborna, doskonale opracowana, spolszczona bez zarzutu i godna polecenia...”

J. Z. (Medycyna i Kronika lekarska, 11. XI. 1911).

PROF. DR. JÓZEF NUSBAUM

IDEA EWOLUCYI W BIOLOGII

555 str. tekstu z 46 rys., 7 tablic, 10 portretów.

R. 5.50, w oprawie R. 6.50.

GŁOSY PRASY:

„W niej przystępnie, a zarazem wszechstronnie, wyłożoną została historia wraz z zasadami nauki... Niezmiernej wagi publikacja, dzieło, które powinno stać się księgą podręczną u całej naszej inteligencji. Nauka ewolucyjna powinna w osnowie, jako główny fundament światopoglądu nowożytnego, powszechnego, by rozproszyć nareszcie mroki, przesady i wierzenia, datujące się ze starożytności. ...Tę dokonać potrafi praca profesora Józefa Nusbauma, czego jej najserdeczniej życzymy”.

Dr. B. Dybowski (Kurier Lwowski z dn. 10 grudnia 1909).

„Treść jest nader obfita i przedstawia całokształt zagadnień ewolucyjnych... Pragnąłbym, aby ta książka znalazła się w ręku każdego myślącego Polaka.”

J. S. (Wszelchświat, 2 stycznia 1910).

„Treściwie i w zgoła niepospolitym wykładzie kreśli poglądy i teorie descendencyjne... poddaje głębokiej analizie krytykę doboru naturalnego i płciowego późniejszych uczonych (po Darwinie)... Książka właściwie pierwsza i jedyna w tym rodzaju, zjawia się niezwykle na czasie... Każdy... znajdzie tu zupełnie bezstronny, ściśle naukowy, a jednak łatwo dający się ująć obraz wspaniałego rozkwitu tej teorii...”

Maryan Korab (Myśl Niepodległa, Nr. 121, styczeń 1910).

„...książka ta zaznajamia nas z rozwojem darwinizmu, z jego pochodniami i zbocenieniami, jednym słowem, daje obraz, o ile można, najpełniejszy, oświecla go jak najwyraźniej i podaje w formie bardzo łatwej nawet dla najmniej z naukami przyrodniczymi obeznanych do przyswojenia... Wielką zaletę monografii stanowi dalej to, że autor nie jest stronnikiem żadnego ze skrajnych prądów myśli podarwinowskiej; ...stara się o uwzględnienie wszystkich faktów, mających naukowe znaczenie, i unika wszystkiego, co posiada znamię oderwanych spekulacji lub technicznie jednostronnością... wdzięczni powinniśmy też być autorowi i za to, że nie ominął również wskazania, jaki wpływ wywarł darwinizm na naukę polską...”

Adam Czartkowski (Nowa Gazeta z dn. 13 lutego 1910).

„...całość tego dzieła, jak też i jego szczegóły mistrzowsko wykonane... Praca ta jest wprost znakomitą... Mijamy nadzieję, że społeczeństwo nasze zainteresuje się tą niezmiernie ciekawą książką, która swym ukazaniem się zaszczyt przynosi naszej literaturze.”

K. Stolyhwo (Kurier Warszawski z dn. 8 kwietnia 1910).

H. Poincaré. Nauka i Hypoteza. Przekł. M. H. Horwitza . . . R. 1.50.

„ **Wartość nauki.** Przekł. Ludwika Silbersteina . . . R. 1.50.

„ **Nauka i Metoda.** Przekł. M. H. Horwitza . . . R. 2.—.

„Rzadko kiedy książka treści filozoficznej przyjęta została (zagranicą) z takim powszechnym entuzjazmem... jak te dzieła Poincarégo... Są one świetną odtrutką przeciw różnym pseudo-naukowym wykwitom na polu filozofii przyrody... Wdzięczność należy się tłumaczom za przyswojenie ich naszemu językowi”.

Prof. M. Smoluchowski (Ateneum Polskie).

DARWINIZM

A WIEDZA WSPÓŁCZESNA

R. 1.80, w oprawie R. 2.55.

TREŚĆ:

L. Krzywicki. Słowo wstępne o wpływie darwinizmu na nasz światopogląd i o nastroju umysłowym, jaki darwinizm wytworzył.
H. Höffding. Wpływ pojęcia ewolucyjnego na filozofię współczesną.
W. C. D. Whetham. Ewolucja materii.

George Darwin. Geneza gwiazd podwójnych.
C. Bouglé. Darwinizm a socjologia.
J. B. Bury. Darwinizm a historia.
P. Giles. Ewolucja a językoznawstwo.
J. F. Harrison. Wpływ darwinizmu na badania w zakresie religii.

GŁOSY PRASY:

„...rozprawy te dają w kilku rysach naszkicowany, ale wielki obraz ogromnego znaczenia, jakie miała teoria ewolucyjna dla wszystkich nauk...”

Dr. Władysław Witwicki (Ruch Filozoficzny z dn. 15. II. 1911).

„...Przyswojenie literaturze polskiej tej pracy zbiorowej jest niewątpliwie wielką zasługą nakładców i tłumaczy. — Gorąco też można polecić książkę powyższą inteligencji polskiej...”

K. Stolyhwo (Nowa Gazeta).

A. Zieleńczyk. Drogi i bezdroża filozofii R. 1.80.

„...Książka p. Adama Zieleńczyka jest skarbcem, w którym leżą klejnoty, narzucające się samem swem istnieniem czytelnikowi, a dobór poruszanych zagadnień... zaleca książkę samą przez się, i wszelkie pochwały wydają się zbyt szczupłe... Styl i język książki polski, bez zarzutu...”

S. Au. (Nowa Gazeta, 19. V. 1912).

Harald Höffding. Psychologia w zarysie na podstawie doświadczenia. Przekład Adama Mahrburga z czwartego wydania niemieckiego według wielostronnie zmienionego piątego wydania duńskiego oryginału R. 3.20.
opr. w półskórek . . . R. 4.20.

Jerzy Smoleński. Krajobraz polski. R. 2.—.

W. Bölsche. O pochodzeniu człowieka. Wydanie trzecie, poprawione i znacznie powiększone według ostatniego jubileuszowego wydania oryginału, Przekład Dr. Z. Szymanowskiego R. 0.50.

— **Miłość w przyrodzie.** Ser. II. Przekł. Dr. Z. Szymanowskiego R. 2.50.

W DRUKU I NA UKOŃCZENIU:

Dr. Józef Nusbaum. Rozwój świata zwierzęcego.

Tom II. Embryologia ogólna. Rozwój osobnikowy. Mechanika rozwojowa. Rozmnażanie bezpłciowe.

— Tom III. Rozwój rodowy świata zwierzęcego.

R. Eucken. Poglądy życiowe wielkich myślicieli. Przekład Dr. Adama Zieleńczyka z dziewiątego wydania oryginału.

A. E. Love. Zasady rachunku różniczkowego i całkowego. Przekł. z angielskiego St. Kalinowskiego i Wł. Wojtowicza.

H. I. Klein. Wieczory astronomiczne. Przekład z siódmego wydania oryginału.

M. Siedlecki. Jawa. Przyroda i sztuka.

S. NEWCOMB

ASTRONOMIA D L A W S Z Y S T K I C H

Przełożył z angielskiego i według drugiego wydania niemieckiego uzupełnił R. MERECKI.

R. 2.50, w kartonie R. 2.65, w ozdobnej oprawie płóc. R. 3.20.

GŁOSY PRASY:

„Książka ta słynnego astronoma, wydana z niezwykłą u nas starannością, jest istotnie „dla wszystkich“. Czytać ją może z najwyższem zainteresowaniem i z prawdziwym pożytkiem (o ile wolno mi sądzić po sobie) zarówno człowiek dorosły, który miał nawet sposobność częstego spotykania się z tym lub owym działem astronomji, jak młodzież — powiedziałbym od jakiego roku 12, a przy pewnych objaśnieniach preceptora znacznie jeszcze wcześniej. Książka bowiem... odznacza się zarówno niezwykłą jasnością wykładu, jak gorącą miłością każdego działu rozległej tej dziedziny zagadnień...“

Ludwik Silberstein (Przegląd Techniczny, 15. II. 1912 i Nowe Tory, kwiecień 1912).

„...Autor, nie tylko wybitny teoretyk, ale wytworny stylista i wytrawny pedagog umiał ująć w formę bardzo popularną, a zarazem ściśle naukową zarys społecznej nauki o niebie, nie odrzucając nawet jej najnowszych zdobyczy. W naszej ubogiej literaturze naukowo-pedagogicznej książka S. Newcomba niewątpliwie wypełnia lukę, która się oddawna dawała odczuwać, zwłaszcza nauczycielom kosmografji, którzy nie mieli do swego rozporządzenia dzieł, dających im materiał wykładowy w formie opisowej, a zarazem ścisłej. Należy wyrazić słowa uznania Szanownemu Tłumaczowi, który naszej literaturze przyswoił owe dziełko Newcomba. Prace popularne Newcomba cieszą się wielkim powodzeniem w Niemczech, co świadczy o ich wybitnych zaletach pedagogicznych... Z wielką popularnością i przejrzystością wykładu łączy się ścisłość naukowa, tak że wiadomości, czerpane z „Astronomii dla wszystkich“, aczkolwiek w szacie bardzo dostępnej, dają czytelnikowi właściwy pogląd na zjawiska, najzupełniej zgodny z ostatnimi badaniami... Każdy rozdział jest obficie ilustrowany dobrze dobranej rysunkami. Tłumaczenie staranne oddaje zalety i styl wykładu oryginału... „Astronomię dla wszystkich“ należy gorąco polecić wszystkim, kto pragnie w bardzo przystępny sposób zapoznać się z najgłówniejszymi zasadami i odkryciami astronomji społecznej. Książka wydana starannie, za co wydawcy należy się zupełne uznanie.“

Jan Krassowski (Wektor, kwiecień 1912).

„...Wyborne dziełko znakomitego amerykańskiego autora... nie tylko zapoznaje czytelnika z faktami; sprowadza go jakby do warsztatu naukowego... wykład jasny i zajmujący. Znać rękę mistrza, troskliwego przewodnika — wędrowca w cudnej tej krainie nauki... dziełko jest przeznaczone dla szerokich warstw myślącego ogółu... Wiele pięknych fotografii ułatwi też niewątpliwie naukę. Słowem, autorowi, tłumaczowi, zarówno jak wydawcy „Astronomii dla wszystkich“ należy się szczerza wdzięczność za pożyteczny czyn.“

M. Orsetti (Zaranie, 11. I. 1912).

„...Prostota, ścisłość naukowa obok popularnego wykładu, jasność i zwięzłość stanowią rzeczywiście zalety tej książki. Wyszła ona z pod pióra znakomitego badacza, który potrafił nadto własną miłość dla nauki o niebie zaszczyć czytelnikowi i obudzić w nim ciekawość do poznawania tajemnic wszechświata... Przekład polski odznacza się wielką dbałością o ścisłość i poprawność. „Astronomia dla wszystkich“ powinna więc istotnie znaleźć się w każdej bibliotece domowej, gdzie odda nieocenione usługi młodzieży, garmącej się do wiedzy.“

(Kurjer Warszawski, 12. XII. 1912).

WYDZIAŁ

MP. 24877