

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 94 Nr 5

Maj 1993



Gen męskości
Modliszki i nietoperze
Biotechnologiczna owca



DZIĘCIOŁ SYRYJSKI *Dendrocopos syriacus* przy dziupli karmiący młodego. Fot. A. Tabor

Zalecono do bibliotek nauczycielskich i licealnych pismem Ministra Oświaty nr IV/Oc-2734/47

Wydano z pomocą finansową Komitetu Badań Naukowych

Treść zeszytu 5 (2353)

H. Krzanowska, Jak poszukiwano genu determinującego płęć męską człowieka	109
M. J. Katkowska, Hodgkin i Huxley — droga do sławy	112
P. Indykiewicz, Genialny śmieciarz (?)	117
H. Szarski, Jeszcze raz o pokrewieństwach kręgowców lądowych	121
T. Twardowski, „Bankowe” depozyty mikroorganizmów	122
K. Siuciński, Indukcja transformacji nowotworowych komórek <i>in vitro</i> przez promieniowanie jonizujące	123
E. Kośmicki, Kompozycje roślinne. Próba estetyki ogrodu	125
Drobiazgi	
Wystąpienie tarczніка <i>Aspidiotus destructor</i> Signoret na okazach draceny (W. Karnkowski) .	127
Modliszki wiedzą, że dzwonią, ale nie wiedzą, w którym kościele (J. Latini)	128
Napęd cyklu komórkowego (Z. Polański)	129
Wszczęświat przed 100 laty (oprac. JGV)	130
Rozmaiitości	131
Recenzje	
Encyklopedia Mémo Larousse: Wszczęświat i Ziemia. Fauna i Flora (W. Mizerski)	133
U. E. Zimmer, A. Handel: Guide de la faune et de la flore de nos régions (B. Prędotą)	133
Komunikaty	
Zaprzyjaźnione czasopisma: Kosmos	134

* * *

Okładka: MŁODA SOWA USZATA *Asio otus*. Fot. D. Karp

Rada redakcyjna: Henryk Szarski (przewodniczący), Jerzy Vetulani (z-ca przewodniczącego), Adam Łomnicki (sekretarz). **Członkowie:** Stefan W. Alexandrowicz, Wincenty Kilarski, Adam Kotarba, Halina Krzanowska, Barbara Płytycz, Adam Zajac, Kazimierz Zarzycki

Komitet redakcyjny: Jerzy Vetulani (redaktor naczelny), Halina Krzanowska (z-ca redaktora naczelnego), Stefan W. Alexandrowicz, Barbara Płytycz, Adam Zajac, Wanda Lohman (sekretarz redakcji)

Adres Redakcji: Redakcja Czasopisma *Wszechświat*, 31-118 Kraków, ul. Podwale 1, tel. (12) 22-29-24

PRZEPISY DLA AUTORÓW

1. Wstęp

Wszechświat jest pismem upowszechniającym wiedzę przyrodniczą, przeznaczonym dla wszystkich interesujących się postępem nauk przyrodniczych, a zwłaszcza młodzieży licealnej i akademickiej.

Wszechświat zamieszcza opracowania popularnonaukowe ze wszystkich dziedzin nauk przyrodniczych, ciekawe obserwacje przyrodnicze oraz fotografie i zaprasza do współpracy wszystkich chętnych. *Wszechświat* nie jest jednak czasopismem zamieszczającym oryginalne doświadczalne prace naukowe.

Nadsyłane do *Wszechświata* materiały są recenzowane przez redaktorów i specjalistów z odpowiednich dziedzin. O ich przyjęciu do druku decyduje ostatecznie Komitet Redakcyjny, po uwzględnieniu merytorycznych i popularyzatorskich wartości pracy. Redakcja zastrzega sobie prawo wprowadzania skrótów i modyfikacji stylistycznych. Początkującym autorom Redakcja będzie niósła pomoc w opracowaniu materiałów lub wyjaśniała powody odrzucenia pracy.

2. Typy prac

Wszechświat drukuje materiały w postaci artykułów, drobiazgów i ich cykli, rozmaitości, fotografii na okładkach i wewnątrz numeru oraz listów do Redakcji. *Wszechświat* zamieszcza również recenzje z książek przyrodniczych oraz krótkie wiadomości z życia środowisk przyrodniczych w Polsce.

Artykuły powinny stanowić oryginalne opracowania na przystępnym poziomie naukowym, napisane żywo i interesująco również dla laika. Nie mogą ograniczać się do wiedzy podręcznikowej. Pożądane jest ilustrowanie artykułu fotografiami, rycinami kreskowymi lub schematami. Odradza się stosowanie tabel, zwłaszcza jeżeli mogą być przedstawione jako wykres. W artykułach i innych rodzajach materiałów nie umieszcza się w tekście odnośników do piśmiennictwa, nawet w formie: (Autor, rok), z wyjątkiem odnośników do prac publikowanych we wcześniejszych numerach *Wszechświata* (w formie: "patrz *Wszechświat* rok, tom, strona"). Obowiązuje natomiast podanie źródła przedrukowywanej lub przerysowanej tabeli bądź ilustracji oraz — w przypadku opracowania opierającego się na pojedynczym artykule w innym czasopiśmie — odnośnika dotyczącego całego źródła. Przy przygotowywaniu artykułów rocznicowych należy pamiętać, że nie mogą się one, ze względu na cykl wydawniczy, ukazać wcześniej niż 4 miesiące po ich złożeniu do Redakcji.

Artykuły (tylko one), są opatrzone opracowaną przez Redakcję notką biograficzną. Autorzy artykułów powinni podać dokładny adres, tytuł naukowy, stanowisko i nazwę zakładu pracy, oraz informacje, które chcieliby zamieścić w notce. Ze względu na skromną objętość czasopisma artykułu nie powinien być dłuższy niż 9 stron.

Drobiazgi są krótkimi artykułami, liczącymi 1—3 stron maszynopisu. Również i tu ilustracje są mile widziane. *Wszechświat* zachęca do publikowania w tej formie własnych obserwacji.

Cykl stanowi kilka *Drobiazgów* pisanych na jeden temat i ukazujących się w kolejnych numerach *Wszechświata*. Chętnych do opracowania cyklu prosimy o wcześniejsze porozumienie się z Redakcją.

Rozmaitości są krótkimi notatkami omawiającymi najciekawsze prace ukazujące się w międzynarodowych czasopismach przyrodniczych o najwyższym standardzie. Nie mogą one być tłumaczeniami, ale powinny być oryginalnymi opracowaniami. Ich objętość wynosi 0,3 do 1 strony maszynopisu. Obowiązuje podanie źródła (skrót tytułu czasopisma, rok, tom: strona).

Recenzje z książek muszą być interesujące dla czytelnika: ich celem jest dostarczanie nowych wiadomości przyrodniczych, a nie informacji o książce. Należy pamiętać, że ze względu na cykl redakcyjny i listę czekających w kolejce, recenzja ukaże się zapewne wtedy, kiedy omawiana książka już dawno zniknie z rynku. Objętość recenzji nie powinna przekraczać 2 stron maszynopisu.

Kronika drukuje krótkie (do 1,5 strony) notatki o ciekawszych sympozjach, konferencjach itd. Nie jest to kronika towarzyska i dlatego prosimy nie robić wyliczanki autorów i referatów, pomijając tytuły naukowe i nie rozwodzić się nad ceremoniami otwarcia, a raczej powiadomić czytelnika, co ciekawego wyszło z omawianej imprezy.

Listy do Redakcji mogą być różnego typu. Tu drukujemy m. in. uwagi dotyczące artykułów i innych materiałów drukowanych we *Wszechświecie*. Objętość listu nie powinna przekraczać 1,5 strony maszynopisu. Redakcja zastrzega sobie prawo selekcji listów i ich edytowania.

Fotografie przeznaczone do ewentualnej publikacji na okładce lub wewnątrz numeru mogą być czarno-białe lub kolorowe. Każde zdjęcie powinno być podpisane na odwrocie. Podpis powinien zawierać nazwisko i adres autora i proponowany tytuł zdjęcia. Należy podać datę i miejsce wykonania zdjęcia. Przy fotografiach zwierząt i roślin należy podać nazwę gatunkową polską i łacińską. Za prawidłowe oznaczenie odpowiedzialny jest fotografujący.

3. Forma nadsyłanych materiałów

Redakcja przyjmuje do druku tylko starannie wykonane, łatwo czytelne maszynopisy, przygotowane zgodnie z Polską Normą (30 linijek na stronę, ok. 60 uderzeń na linijkę, strony numerowane na górnym marginesie, lewy margines co najmniej 3 cm, akapity wcięte na 3 spacje), napisane przez czarną, świeżą taśmę. Bardzo chętnie widzimy prace przygotowane na komputerze. Wydruki komputerowe powinny być wysokiej jakości (NLQ lub HQ) i pisane na świeżej taśmie.

Tabele należy pisać nie w tekście, ale każdą na osobnej kartce. Na osobnej kartce należy też napisać spis rycin wraz z ich objaśnieniami. Ryciny można przysyłać albo jako fotografie, albo jako rysunki kreskowe w tuszu, na kalce technicznej. Powinny być ponumerowane i podpisane z tyłu lub na marginesie ołówkiem.

Fotografie ilustrujące artykuł muszą być poprawne technicznie. Przyjmujemy zarówno zdjęcia czarno-białe, jak i kolorowe (pozytywy i negatywy).

Materiały powinny być przysyłane z jedną kopią. Kopie maszynopisów i rycin, ale nie oryginały, mogą być kserogramami. Kopie rycin są mile widziane, ale nie obowiązkowe.

Zaakceptowana praca po recenzji i naniesieniu uwag redakcyjnych zostanie zwrócona do autora celem przygotowania wersji ostatecznej. Przesłanie ostatecznej wersji na dyskietce znacznie przyspieszy ukazanie się pracy drukiem.

Prace należy nadsyłać na adres Redakcji (Podwale 1, 31-118 Kraków). Redakcja w zasadzie nie zwraca nie zamówionych materiałów.

4. Honoraria

Opublikowane prace są honorowane zgodnie z aktualnymi stawkami Wydawnictwa. Ponadto autor otrzymuje bezpłatnie jeden egzemplarz *Wszechświata* z wydrukowanym materiałem.



PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA WYDAWANE PRZY WSPÓŁDZIAŁE POLSKIEJ AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI

TOM 94
ROK 112

MAJ 1993

ZESZYT 5
(2353)

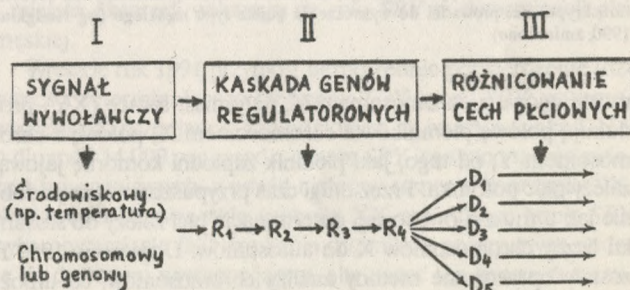
HALINA KRZANOWSKA (Kraków)

JAK POSZUKIWANO GENU DETERMINUJĄCEGO PŁEĆ MĘSKĄ CZŁOWIEKA*

U wszystkich gatunków rozdzielnopłciowych w prawidłowych warunkach każdy osobnik zostaje zróżnicowany jako samica lub samiec, jakkolwiek mechanizmy prowadzące do osiągnięcia tego stanu mogą być różne. Jak jednak wykazują obecne badania, genetyczną kontrolę determinacji płci można sprowadzić do ogólnego schematu i przedstawić w trzech etapach (ryc. 1). Pierwszy etap stanowi sygnał wywoławczy, który działa jak „przełącznik” nastawiający rozwój organizmu według typu żeńskiego lub męskiego. Sygnałem tym może być czynnik środowiskowy (np. u żółwi jest nim temperatura otoczenia) lub genetyczny, jak obecność pewnych chromosomów (genów) albo wzajemne stosunki między nimi, np. u muszki owocowej *Drosophila melanogaster* decydujący jest stosunek liczby chromosomów X do liczby autosomów (czyli wszystkich chromosomów z wyłączeniem chromosomów płci), u ssaków zaś taki sygnał stanowi obecność chromosomu Y. Etap drugi to uruchomienie kaskady genów regulatorowych, z których każdy pobudza lub hamuje aktywność następnego z serii. I dopiero ostatni z nich uruchamia etap trzeci, oddziałując na geny odpowiedzialne już bezpośrednio za zróżnicowanie się narządów i struktur płciowych.

Badania nad determinacją płci i różnicowaniem się cech płciowych dotyczą wielu ważnych problemów biologicznych o ogólnym znaczeniu, jak precyzyjna kontrola ekspresji genów, autoregulacja, mierzenie wartości progowych, interakcje i koordynacje komórkowe. Dopiero od niedawna zaczynamy poznawać molekularne mechanizmy leżące u podstaw tych procesów. U muszki owocowej, jednego z najlepiej zbadanych obiektów genetycznych, opisano różne mutanty o fenotypie wskazującym na zaburzenia determinacji płci, co umożliwiło poznanie kluczowych genów regulatorowych, z których wiele już sklonowano, a nawet posłużono się nimi do uzyskania osobników transgenicznych.

Samice *D. melanogaster* mają dwa chromosomy X, samce zaś jeden chromosom X i jeden Y. Determinacja płci nie zależy jednak od obecności chromosomu Y, lecz od stosunku liczby



Ryc. 1. Trzy etapy genetycznej kontroli determinacji płci (wg McLaren 1988, zmienne)

chromosomów X do liczby zespołów autosomów, czyli stosunku X/A, który u samicy wynosi 1:1 a u samca 1:2 (ryc. 2.).

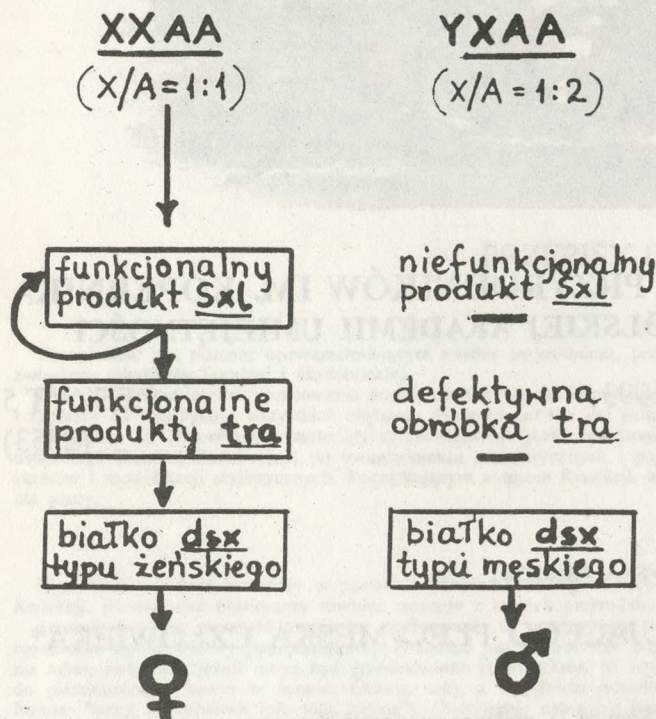
U samicy *D. melanogaster*, jeszcze w okresie zarodkowym, mieszczące się w obu chromosomach X geny regulatorowe produkują białka, które rozpoznają sekwencje zasad DNA w promotorze nadrzędnego genu regulatorowego *Sxl*, dzięki czemu działają jako czynniki transkrypcyjne uruchamiające jego aktywność. Gen *Sxl* koduje białko łączące się z prekursorem mRNA i umożliwiające w ciągu dalszego rozwoju funkcjonalną obróbkę (*splicing*) zarówno własnego produktu (*Sxl*), jak i następnego w kaskadzie genu *tra*. Ten z kolei oddziałuje na produkt genu *dsx* w taki sposób, że powstaje białko tego genu typu żeńskiego (ryc. 2.).

U samców natomiast, obecność jednego tylko chromosomu X nie wystarcza do wprowadzenia w stan aktywności genu *Sxl*, wskutek czego produkt zarówno *Sxl* jak i *tra* jest нефункциональный, a transkrypt genu *dsx* podlega alternatywnej obróbce pro-

* Odczyt wygłoszony na posiedzeniu wydziałów Przyrodniczego, Medycznego i Matematyczno-Fizycznego PAU w dniu 23 marca 1993 r.

wadząc do powstania białka typu męskiego. Okazało się więc, że w wyniku tej regulacji produkty tych samych genów mogą być różne u samic niż u samców.

Jak na tle tych zaawansowanych badań przedstawiają się nasze wiadomości o determinacji płci u człowieka? Od dawna wiadomo, że osobniki żeńskie (podobnie jak u muszki owocowej) mają dwa jednakowe chromosomy płci (XX) i produkują ko-



Ryc. 2. Kaskada głównych genów regulatorowych biorących udział w determinacji płci u *D. melanogaster*. *Sxl* i *tra* funkcjonują tylko u samic, co decyduje o produkcji białka *dsx* typu żeńskiego, natomiast u samców alternatywna obróbka transkryptu *dsx* prowadzi do wytworzenia białka typu męskiego (wg Hodgkina 1990, zmienione)

mórki jajowe z chromosomem X, natomiast samce (XY) produkują połowę plemników z chromosomem X, połowę z chromosomem Y; od tego, jaki plemnik zapłodni komórkę jajową, zależy płeć potomka. Przez długi czas przypuszczano, że podobnie jak u muszki owocowej, determinacja płci zależy od stosunku liczby chromosomów X do autosomów. Dopiero w 1959 r. zostały opracowane metody analizy chromosomów, co umożliwiło badanie osobników nietypowych, z zaburzeniami chromosomów płci. Stwierdzono wówczas, że osobnicy XXY (zespół chorobowy Klinefeltera) są płci męskiej, zaś XO (zespół Turnera) płci żeńskiej. Oba te zespoły prowadzą do niepłodności, gdyż — jak się później okazało — obecność drugiego chromosomu X u mężczyzn powoduje zamieranie spermatogoniów zaraz po urodzeniu osobnika, natomiast u kobiet brak drugiego chromosomu X przyczynia się do zamierania oocytów. W każdym razie stało się jasne, że w chromosomie Y musi się mieścić jakiś czynnik (gen), który odgrywa kluczową rolę w determinacji płci męskiej. Czynnik ten został nazwany *TDF* (ang. *Testis Determining Factor*). Taki sam typ dziedziczenia stwierdzono także u innych ssaków, w tym u myszy, małp i zwierząt domowych.

Poszukiwania genu determinującego płeć męską ssaków przypominają rozwiązywanie fascynującej zagadki kryminalnej: kolejno stawiane hipotezy musiały być odrzucane w świetle coraz to nowych odkrywanych faktów, aż wreszcie rok 1990 przyniósł, jak się wydaje, rozstrzygnięcie tego problemu, do czego przyczyniły się przede wszystkim badania dotyczące człowieka i my-
szy laboratoryjnej.

Najpierw, od 1975 r. panowała powszechnie bardzo atrakcyjna — jak się początkowo wydawało — hipoteza, iż gen *TDF* jest u ssaków równoznaczny z genem kodującym antygen zgodności tkankowej H-Y, który powoduje odrzucanie przeszczepu tkanki samca przez samice, nawet w obrębie jednego szczepu wśobnego, a więc przy całkowitej zgodności wszystkich innych genów. O definitywnym odrzuceniu tej hipotezy zadecydowało dopiero w 1984 r. zidentyfikowanie zmutowanych osobników u myszy, które były wprawdzie samcami, ale nie produkowały antygeny H-Y. Stało się więc oczywiste, że gen kodujący H-Y jest odrębnym genem od *TDY*, jakkolwiek są one blisko siebie położone w chromosomie Y.

Trzeba było zaczynać poszukiwania od początku. Punktem wyjścia były nienormalności chromosomowe, powodujące wykształcenie płci żeńskiej u osobników z niekompletnym chromosomem Y, lub płci męskiej mimo braku tego chromosomu na preparatach cytologicznych. Nienormalności te, jak się później okazało, powstają najczęściej wskutek nietypowego przebiegu *crossing over* między chromosomami X i Y podczas mejozy. Chromosomy X i Y koniuguja ze sobą terminalnie, tzn. na bardzo niewielkim końcowym odcinku (ryc. 3), w którym są homologiczne. Odcinek ten określany bywa jako region pseudoautosomowy, gdyż zlokalizowane w nim sekwencje DNA posiadają swe odpowiedniki zarówno w chromosomie X, jak i Y, toteż dziedziczą się jak geny autosomowe, a nie jak geny sprzężone z płcią.

U człowieka gen *TDF* mieści się w krótkim ramieniu chromosomu Y, w pobliżu regionu pseudoautosomowego, o czym przekonano się analizując płeć osobników z ubytkami fragmentów tego chromosomu. Jest to lokalizacja bardzo niefortunna, gdyż przy zdarzającym się czasem „głębokim” *crossing over*, wykraczającym poza region homologii, gen ten może zostać przeniesiony na chromosom X (ryc. 3). Jeżeli plemnik z takim chromosomem zapłodni jajo z normalnym chromosomem X, to powstanie osobnik o karyotypie XX, ale posiadający gen *TDF* i wobec tego płci męskiej (oczywiście, nieplodny ze względu na obecność dwu chromosomów X). Natomiast po zapłodnieniu jaja plemnikiem z chromosomem Y pozbawionym czynnika *TDF*, powstanie osobnik o karyotypie XY, ale płci żeńskiej (również nieplodny ze względu na brak drugiego chromosomu X).

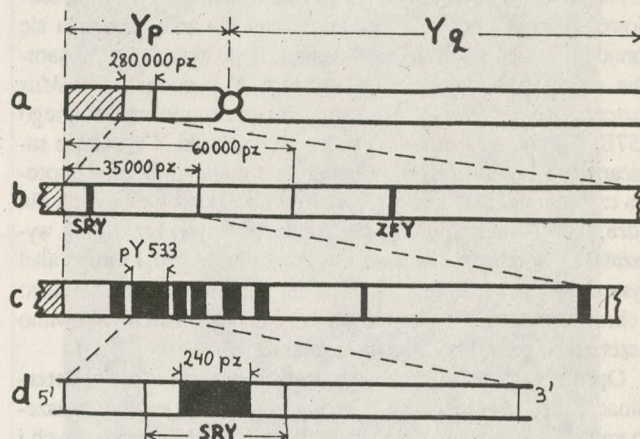
Analizując nienormalności spowodowane „głębokim” *crossing over*, a także różnymi delecjami lub translokacjami, starano się określić minimalny region chromosomu Y, który musi być obecny u mężczyzny o karyotypie XX, ale którego nie może posiadać osobnik płci żeńskiej o karyotypie XX. W tym czasie dysponowano już wieloma sondami DNA specyficznymi dla chromosomu Y, była też znana lokalizacja odpowiadających im regionów na mapie tego chromosomu. Stosując 135 sond DNA wyznaczających różne regiony chromosomu Y, oraz metodę kroczenia wzdłuż chromosomu (*chromosome walking*) określono, iż gen *TDF* musi się u człowieka mieścić w krótkim ramieniu chromosomu Y, w obrębie sekwencji DNA o długości 280 000 nukleotydów, przyległej do regionu pseudoautosomowego (ryc. 4). W 1987 r. został tam zidentyfikowany gen kodujący białko o charakterze czynnika transkrypcyjnego o 13 „palcach cynkowych”, mających zdolność wiązania się ze specyficznymi sekwencjami DNA. Nazwano go *ZFY* (ang. *Zinc Finger of the Y chromosome*) i wydawało się, że jest to wreszcie poszukiwany gen *TDF*.

Gen *ZFY* został znaleziony w chromosomie Y u wszystkich badanych ssaków, okazało się, że ma on także wysoce homologiczne odpowiedniki w chromosomie X. Jednak już w roku 1989 hipoteza o roli *ZFY* jako genu determinującego płeć u człowieka została obalona, gdy wykazano brak tego genu u trzech mężczyzn o karyotypie XX. Zidentyfikowano u nich natomiast w chromosomie X fragment o długości 60 000 nukleotydów, po-

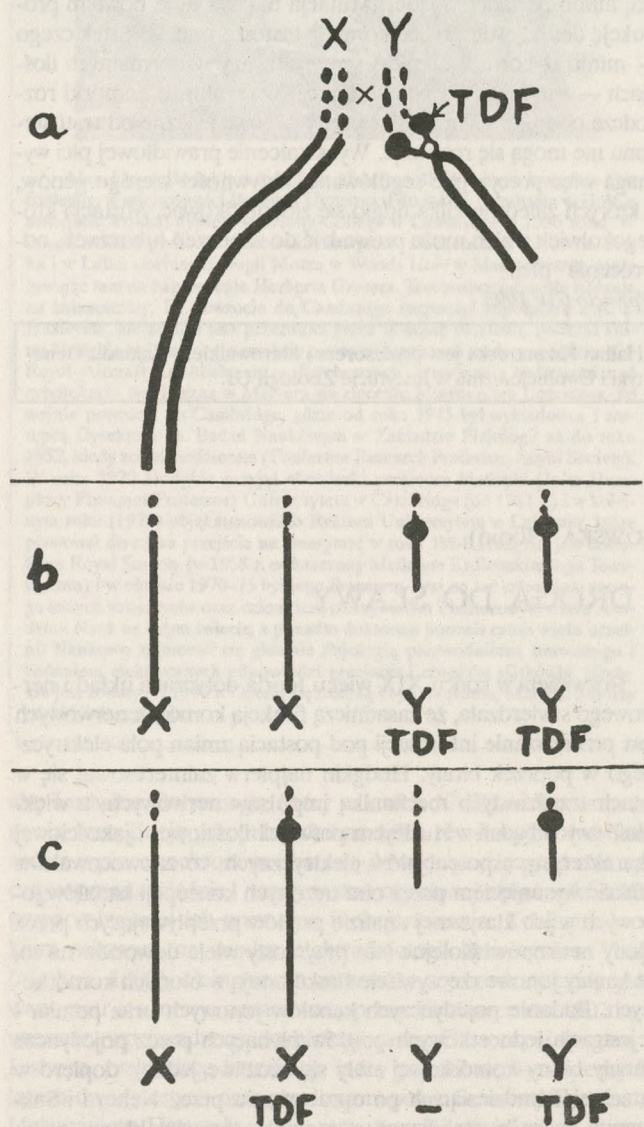
chodzący z odcinka chromosomu Y bezpośrednio przyległego do regionu pseudoautosomowego (ryc. 4b). Tam więc należało poszukiwać właściwego genu *TDF*. W rok później, po znalezieniu następnych markerów DNA, region poszukiwań został zawężony do 35 000 nukleotydów (ryc. 4c). I wreszcie w odcinku tym, oprócz wielu powtarzalnych sekwencji DNA, bardzo blisko regionu pseudoautosomowego znaleziono sekwencję (ryc. 4d), która jak dotąd spełnia wszystkie założenia teoretyczne, aby być długo poszukiwanym genem *TDY*.

Jest to sekwencja nazwana *SRY* (ang. *Sex-determining Region of the Y chromosome*), obejmująca odcinek, który koduje białko zawierające bardzo konserwatywny fragment (domenę) złożony z 80 aminokwasów. Jest on homologiczny do domeny białka Mc biorącego udział w wyznaczaniu typu koniugacyjnego u drożdży *Schistosaccharomyces pombe* (!), a mającej zdolność wiązania się ze specyficzną sekwencją DNA. Na tej podstawie można sądzić, iż gen *SRY* jest genem regulatorowym, którego produkt kontroluje aktywność innych genów biorących udział w determinacji płci. Opisano już przypadek kobiety o kariotypie

XY, u której właśnie w obrębie genu *SRY* zidentyfikowano delecję 4 zasad, co prawdopodobnie stało się przyczyną utraty funkcji genu wskutek przesunięcia fazy odczytu (czyli zmiany znaczenia kolejnych kodonów). U ojca tej kobiety gen *SRY* był niezmutowany.



Ryc. 4. Lokalizowanie genu determinującego płęć u człowieka: a — schemat chromosomu Y, Yp — ramię krótkie, Yq — długie, kreskowany region pseudoautosomowy; b — mapa fragmentu 280 000 par zasad (pz) z genami *ZFY* i *SRY*; c — mapa odcinka 35 000 pz (czarno zaznaczone sondy użyte do badań; w obrębie sondy pY 53.3 mieści się gen *SRY*); d — diagram sondy pY 53.3: w obrębie genu *SRY* czarno zamalowany fragment 240 pz kodujący 80-aminokwasową domenę o charakterze czynnika transkrypcyjnego (a i b na podstawie McLaren 1988, zmienione; c i d wg Sinclair i in. 1990, uproszczone)



Ryc. 3a. Schemat koniugacji chromosomów X-Y u człowieka; region pseudoautosomowy, w którym zachodzi *crossing over* (x) zaznaczono linią przerywaną, puste kółko oznacza centromer, ciemne kółka geny *TDF*; b. w wyniku prawidłowego *crossing over* powstają plemniki z chromosomem X oraz plemniki z chromosomem Y i genem *TDF*; c. w wyniku nietypowego „głęбоkiego” *crossing over* gen *TDF* zostaje przeniesiony z jednej chromatyd Y na jedną chromatydę X i powstają 4 typy plemników, z których dwa są nieprawidłowe: jeden z nich zawiera chromosom X z genem *TDF*, drugi chromosom Y pozbawiony tego genu (częściowo wg McLaren 1988)

Gen *SRY* jest konserwatywny ewolucyjnie, występuje w chromosomie Y u wszystkich zbadanych dotąd ssaków. U myszy, analizując przy pomocy hybrydyzacji *in situ* komplementarne do sekwencji *SRY* cząsteczki mRNA, wykazano, iż ekspresja tego genu następuje w komórkach zawiązka gonady w 11,5 dniu życia płodowego myszy, czyli w okresie bezpośrednio poprzedzającym różnicowanie się płciowe gonady. A więc zarówno czas, jak i miejsce ekspresji wskazują na rolę *SRY* w determinacji płci męskiej.

Wreszcie rok 1991 przyniósł bezpośrednie potwierdzenie tożsamości determinującego płęć genu *TDY* i genu *SRY*: po wprowadzeniu do przedjadrza zapłodnionych jaj myszy odcinka DNA o długości 14 000 par zasad z genem *SRY* uzyskano szereg zwierząt transgeniczných, a wśród nich trzy samce o kariotypie XX. Wprawdzie nie wszystkie osobniki XX posiadające kopie *SRY* były samcami, ale fakt uzyskania osobników pozytywnych wydaje się dowodem wystarczającym, aby uznać ten gen za determinujący płęć męską.

Oczywiście, złudne byłoby spekulacje, że tą metodą można dowolnie „produkować” normalne samce. Wiemy przecież, że osobniki męskie XX są bezpłodne z powodu obecności dodatkowego chromosomu X. Otrzymane transgeniczne samce XX były także sterylne. Doświadczenie to nie miało więc znaczenia praktycznego, natomiast było doniosłe z punktu widzenia poznawczego jako dowód na rolę genu *SRY* w wyznaczaniu płci męskiej.

Jednak identyfikację genu *TDF* to dopiero początek badań nad determinacją płci ssaków. Wiadomo bowiem, że gen ten musi współdziałać z szeregiem innych, tworząc prawdopodobnie „kaskadę regulatorową” jak u muszki owocowej. Wskazują na to przypadki, w których mimo obecności normalnego chromosomu Y, płęć męska nie zostaje wykształcona. U ssaków poznano dotąd zaledwie kilka z tych genów, które mogą być zlokalizowane zarówno w chromosomie X, jak w autosomach.

U lemingów *Myopus schisticolor* występują dwa rodzaje chromosomów X: normalny oraz krótszy, z ubytkiem fragmentu krótkiego ramienia oznaczony X*. Samcami są tylko osobniki XY,

natomiast zarówno XX, XX*, jak X*Y są samicami. Wynika z tego, że w normalnym chromosomie X musi występować gen, który — w obecności chromosomu Y — jest też niezbędny dla wykształcenia płci samca.

Natomiast u myszy wykryto przynajmniej dwa geny autosomowe, których obecność jest konieczna dla zróżnicowania się gonady męskiej. Okazało się bowiem, iż po skrzyżowaniu samców myszy posiadających chromosom Y z podgatunku *Mus musculus domesticus* (Y^{do}) z samicami szczepu laboratoryjnego C57BL/6J (*M. m. musculus*) rodzą się osobniki XY będące samicami lub hermafrodytami; te ostatnie mają jajnik oraz owotestis czyli narząd składający się z zarówno z tkanek typowych dla jądra, jak i tkanek jajnikowych. Analiza różnych krzyżówek wykazała, że w jednym z autosomów znajduje się gen, którego allel występujący w szczepie C57BL/6J nie współpracuje prawidłowo z chromosomem Y^{do}. W innych krzyżówkach zidentyfikowano jeszcze dwa geny o podobnym działaniu.

Oprócz tych genów zaangażowanych bezpośrednio w determinację płci, równie ważną rolę odgrywają geny jeszcze „niższego rzędu”, kierujące różnicowaniem się narządów rozrodczych i drugo- oraz trzeciorzędowych cech płciowych. Wiadomo, że o prawidłowym wykształceniu tych cech u ssaków decyduje kierunek różnicowania się gonady. Powstaje ona we wczesnym okresie zarodkowym z zawiązka utworzonego przez komórki somatyczne, do którego wmigrowują komórki prątlciowe i tylko te ostatnie dadzą początek wszystkim komórkom rozrodczym: jajom lub plemnikom. Początkowo gonada jest jednakowa u obu płci, a jej dalsze zróżnicowanie zależy od kierunku rozwoju linii komórek somatycznych typu podporowego. Jeżeli zawierają one chromosom Y, to przekształcają się w komórki Sertoliego indukując rozwój embrionalnego zawiązka gonady w jądro: komórki prątlciowe różnicują się wtedy w spermatogonia, zaś komórki

sterydogenne w komórki Leydiga produkujące hormon płciowy męski, testosteron, odpowiedzialny za zapoczątkowanie szeregu dalszych procesów związanych ze spermatogenezą i wykształceniem cech męskich osobnika.

Natomiast w braku chromosomu Y gonada różnicuje się jako jajnik, co prowadzi do wykształcenia płci żeńskiej. W tym przypadku komórki prątlciowe stają się oocytami, które już w okresie zarodkowym wchodzą w profazę mejotyczną, a otaczające je komórki podporowe przekształcają się w komórki pęcherzykowe (folikularne); komórki sterydogenne zaś biorą udział w tworzeniu torebki pęcherzyków jajnikowych i produkują hormony płciowe żeńskie.

Jak z tego wynika, zasadniczą rolę w prawidłowym wykształceniu cech płciowych odgrywa układ hormonalny. Jego funkcjonowanie zaś może być upośledzone genetycznie. Na przykład zarówno u ludzi, jak u myszy, osobniki XY będące nosicielami sprzężonej z chromosomem X mutacji *Tfm* (ang. *testicular feminization*), tzw. zespołu feminizujących jąder, mają fenotyp żeński, mimo posiadania jąder. Mutacja ta powoduje bowiem produkcję defektywnego receptora dla testosteronu, wskutek czego — mimo iż hormon ten jest syntetyzowany w normalnych ilościach — nie może on pełnić funkcji; w rezultacie komórki rozrodcze obumierają, a męskie cechy płciowe zależne od testosteronu nie mogą się rozwinąć. Wykształcenie prawidłowej płci wymaga więc precyzyjnie regulowanej aktywności szeregu genów, z których zaledwie kilka udało się zidentyfikować. Mutacja którejkolwiek z nich może prowadzić do zaburzeń lub nawet „odwrócenia” płci.

Wpłynęło 6 IV 1993

Halina Krzanowska jest profesorem i kierownikiem Zakładu Genetyki i Ewolucjonizmu w Instytucie Zoologii UJ.

MARIA JOLANTA KATKOWSKA (Toruń)

HODGKIN I HUXLEY — DROGA DO SŁAWY

Odkrycia, które przyczyniły się do uzyskania w 1991 r. Nagrody Nobla przez E. Nehera i B. Sakmanna (patrz *Wszechświat* 1992, 93: 59), sięgają korzeniami do osiągnięć badawczych uzyskanych przez innych laureatów tej Nagrody — Hodgkina i Huxleya.

W 1963 roku Nagroda Nobla w dziedzinie medycyny i fizjologii przypadła w udziale dwóm angielskim uczonym, A. L. Hodgkinowi i A. F. Huxleyowi, a także fizjologowi australijskiemu Johnowi Carew Ecclesowi. Hodgkin i Huxley Nagrodę tę otrzymali za badania dotyczące przewodnictwa nerwowego i ruchów jonów w czasie pobudzenia błony nerwowej, przy okazji których wysunęli koncepcję kanałów jonowych. Tytuł wykładu Hodgkina wygłoszonego z okazji przyznania Nagrody Nobla brzmiał w polskim tłumaczeniu — „Podstawy jonowe przewodnictwa nerwowego”, a Huxleya — „Ilościowa analiza pobudzenia i przewodnictwa w nerwie”.

Obydwaj uczeni przez wiele lat związani byli z Uniwersyteciem w Cambridge i Royal Society. Renoma obu tych instytucji nie wymaga chyba komentarza. Z nazwiskami Hodgkina i Huxleya związane są pionierskie badania zjawisk bioelektrycznych za pomocą mikroelektrodowej techniki wewnątrzkomórkowej. Są oni także twórcami, opartej na wcześniejszych badaniach Bernsteina, teorii jonowej genezy potencjałów bioelektrycznych. Obaj w ogromnej mierze przyczynili się do poznania istoty pobudzenia i przewodzenia impulsów nerwowych.

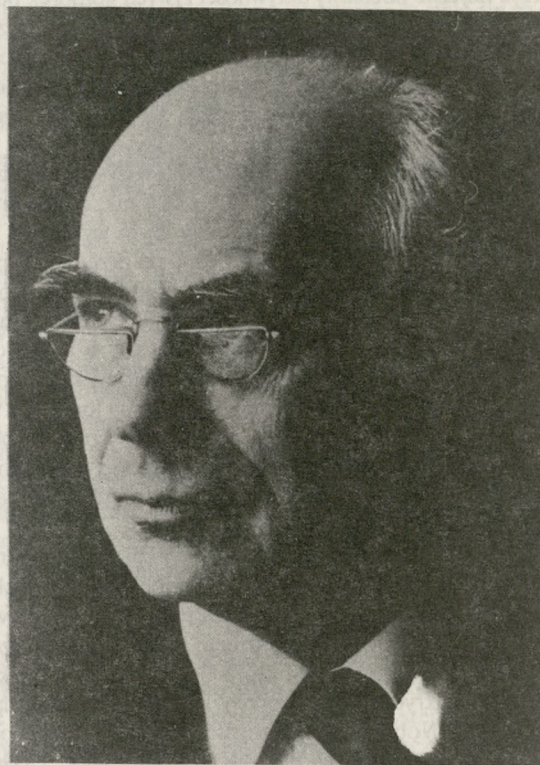
Rozwinięta w końcu XIX wieku teoria dotycząca układu nerwowego stwierdzała, że zasadniczą funkcją komórek nerwowych jest przenoszenie informacji pod postacią zmian pola elektrycznego w poprzek błony. Hodgkin najpierw zainteresował się w latach trzydziestych mechaniką impulsów nerwowych, a większość swych badań z Huxleyem poświęcił ilościowej i jakościowej charakterystyce potencjałów elektrycznych, co zaowocowało w efekcie wysunięciem przez obu uczonych koncepcji kanałów jonowych w ich klasycznej analizie prądów przepływających przez błony neuronów. Kolejne lata przyniosły wiele dowodów na to, że kanały jonowe rzeczywiście funkcjonują w błonach komórkowych. Badanie pojedynczych kanałów jonowych oraz pomiar i rejestracja jednostkowych prądów płynących przez pojedyncze kanały błony komórkowej stały się możliwe jednak dopiero w latach siedemdziesiątych po opracowaniu przez Nehera i Sakmanna techniki stabilizacji potencjału skrawka błony (*patch clamp*). W dziedzinie badania błon pobudliwych teoria często wyprzedzała technologię i musiała czekać na nowe rozwiązania techniczne, aby uzyskać potwierdzenie lub zaprzeczenie.

Elektrofizjologia jest nauką mającą dwa podstawowe cele: ścisłe obserwacje elektryczności wytwarzanej przez żywe tkanki w toku normalnej ich czynności oraz badanie, co się dzieje, kiedy prąd elektryczny przepływa przez żywe tkanki i wzbudza ich reakcje. Mianem pierwszego elektrofizjologa można określić Wło-



Alan Lloyd Hodgkin urodził się 15 lutego 1914 roku w hrabstwie Oxfordshire, w miejscowości Banbury. Uczęszczał do szkoły Greshama w Holt, a następnie uzyskał dyplom w Trinity College w Cambridge w 1936 roku. W latach 1937/38 pracował przez rok w Instytucie Rockefellera w Nowym Yorku i w Laboratorium Biologii Morza w Woods Hole w Massachusetts, przebywając tam na zaproszenie Herberta Gassera. Tam rozpoczął swoje badania na kalamarnicy. Po powrocie do Cambridge rozpoczął współpracę z A. F. Huxleyem, ale została ona przerwana przez II wojnę światową, podczas której Hodgkin najpierw zajmował się pewnymi aspektami medycyny lotniczej w Royal Aircraft Establishment w Farnborough, a następnie badaniami nad echolokacją powietrzną w Malvern na zlecenie Ministerstwa Lotnictwa. Po wojnie powrócił do Cambridge, gdzie od roku 1945 był wykładowcą i zastępcą Dyrektora ds. Badań Naukowych w Zakładzie Fizjologii aż do roku 1952, kiedy został profesorem (Foulerton Research Professor, Royal Society). W roku 1970 Hodgkin przyjął obowiązki profesora biofizyki (John Humphrey Plummer Professor) Uniwersytetu w Cambridge (do 1981 r.) i w kolejnym roku (1971) objął stanowisko Rektora Uniwersytetu w Leicester, które piastował do czasu przejścia na emeryturę w roku 1984. Hodgkin jest członkiem Royal Society (w 1958 r. odznaczony Medalem Królewskim tego Towarzystwa) i w okresie 1970–75 był jego Prezesem. Jest on też członkiem szeregu innych towarzystw oraz członkiem rzeczywistym i honorowym wielu Akademii Nauk na całym świecie, a ponadto doktorem honoris causa wielu uczelni. Naukowo zajmował się głównie fizjologią przewodnictwa nerwowego i badaniami elektrycznych odpowiedzi pręcików i czopków siatkówki. Hodgkin jest żonaty od 1944 r. Ożenił się z córką Peytona Rousa, Marion. Ma trzy córki i jednego syna.

cha Ludwika Galwaniego, który w końcu XVIII wieku wraz ze swoją żoną Łucją przeprowadził na żabie rewolucyjne doświadczenia z piorunochronem i baterią dowodzące, że prąd elektryczny wprawia mięśnie i nerwy w stan ożywionej aktywności ściśle przypominającej ich normalne funkcjonowanie. Kolejnym krokiem milowym na drodze elektrofizjologii było ogniwo Volty (około r. 1800), elektrometr włosowaty czy bardziej czuły galvanometr strunowy, opracowany przez Einthovena w 1902 r., i wreszcie, wprowadzony do biologii przez Gassera, Erlangera i Bishopa, oscyloskop katodowy, który pojawił się we wczesnych latach dwudziestych oraz zbudowany przez Gassera i Forbesa z Uniwersytetu Harvarda w tym samym mniej więcej czasie wzmacniacz. Od czasu odkryć Galwaniego biolodzy zastanawiali się czy jego „elektryczność zwierzęca” była czymś jedynym w swoim rodzaju, czy też można by ją objaśnić dobrze znanymi procesami fizykochemicznymi. Już od połowy XIX wieku uważano, w związku z badaniami nad osmozą, że w błonie istnieją pory i odtąd krok za krokiem zbliżano się do koncepcji kanałów jonowych. W oparciu o pośrednie obserwacje już w drugiej połowie XIX wieku przeczuwano fakt, że wewnątrz komórki jest elektry-



Andrew Fielding Huxley, wnuk wybitnego XIX-wiecznego naukowca Thomasa Huxleya, urodził się 22 listopada 1917 roku w Londynie. Droga jego kształcenia wiodła przez szkoły University College i Westminster do Trinity College (od 1935 r.) w Cambridge, gdzie najpierw specjalizował się w naukach fizycznych. Studia ukończył w roku 1938, a tytuł magistra uzyskał w 1941 r. Już w 1939 roku spotkał się z Hodgkinem i zainteresował fizjologią. Jego rozpoczęte badania zostały przerwane przez II wojnę światową, w czasie której był on zaangażowany w badania operacyjne na rzecz Dowództwa Obrony Przeciwlotniczej (1940–42), a następnie dla Admiralicji (do 1945). Po swoim powrocie do Cambridge Huxley kontynuował z Hodgkinem badania, które przyniosły później im obu Nagrodę Nobla (1963). Huxley był najpierw demonstratorem (tzn. asystentem przy profesorze; 1946–50) na Uniwersytecie w Cambridge, a następnie został tam zastępcą Dyrektora ds. Badań Naukowych (1946–60), pełniąc jednocześnie w Trinity College funkcję Dyrektora Badań (1951–59), przy czym przez rok był tam lektorem biofizyki doświadczalnej. W 1955 roku został wybrany członkiem Royal Society, a w roku 1980 objął po Aleksandrze Toddzie urząd Prezesa tego Towarzystwa. W międzyczasie przeniósł się do University College w Londynie (1960), gdzie w 1969 roku otrzymał stanowisko profesora (Jodrell Professor of Physiology) i kierownika Zakładu Fizjologii. Jest on członkiem rzeczywistym i honorowym wielu Akademii Nauk na całym świecie oraz szeregu towarzystw, ponadto doktorem honoris causa wielu uczelni. W swoich badaniach zajmował się analizą przewodnictwa nerwowego, w ramach tego także badaniem skokowego przewodnictwa w obwodowych włóknach nerwowych z osłonką mielinową, badał też strukturę mięśni i zajmował się teorią skurczu. Ponadto własnoręcznie skonstruował nowego typu mikroskop interferencyjny i udoskonalił ultramikrotom. Huxley jest żonaty od 1947 roku i ma pięć córek oraz jednego syna.

cznie ujemne w stosunku do środowiska i że w czasie pobudzenia następuje odwrócenie polaryzacji komórki. Przeczucie to ugruntowało się w pierwszej dekadzie naszego wieku. Overton (1902 r.) przeprowadził staranne doświadczenia dotyczące znaczenia wewnątrzkomórkowych jonów Na^+ dla aktywacji mięśnia i, przewidując pewną wymianę pomiędzy jonami K^+ włókna mięśniowego a jonami Na^+ środowiska pozakomórkowego, przepowiedział teorię jonową pobudzenia błony, która obecnie akceptowana jest przez wszystkich elektrofizjologów. Jednakże całkowita prawidłowość tego stwierdzenia, prawie zapomnianego przez wiele lat, pozostawała nieudowodniona przez prawie 50 następnych lat. Również w pierwszej dekadzie XX wieku Julius Bernstein, eksperymentalny neurofizjolog, stworzył obszerną teorię zmian przepuszczalności błony podczas pobudzenia mięśni i nerwów. Opierając się w dużej mierze na elektrochemicznych teoriach Nernsta (1889 r.), Bernstein próbował po raz pierwszy

stworzyć fizyczne podstawy aktywności żywych komórek pobudliwych. Zasugerował on, że — przy założeniu asymetrycznego rozłożenia jonów po obu stronach błony — potencjał spoczynkowy jest wynikiem selektywnej przepuszczalności błony nerwowej dla jonów K^+ . On również uważał, że potencjał czynnościowy jest skutkiem załamania się tej selektywności (przy ogólnym wzroście przepuszczalności błony dla wszystkich rodzajów obecnych jonów, a głównie Na^+ , K^+ i Cl^-) tak, że transmembranowy potencjał spada do zera, przy czym wyjściowa przepuszczalność dla K^+ zostaje przywrócona po przejściu impulsu. Jego prace były w pewnym sensie kontynuowane przez Hodgkina i Huxleya, którzy przez wiele lat badali elektrochemiczne zachowania błon nerwowych. Dopiero jednak w latach czterdziestych i pięćdziesiątych wprowadzono metody, które pozwoliły na ścisłe pomiary asymetrycznego rozłożenia jonów Na^+ , K^+ i Cl^- po obu stronach błony oraz potencjałów i prądów błonowych, potwierdzając jednocześnie jonową teorię transmembranowych potencjałów, oraz doprowadziły do ujętej matematycznie teorii tych zjawisk.

Sądzę, że dla nas, przyzwyczajonych do korzystania z drogiej skomplikowanej aparatury i często nie wyobrażających sobie w ogóle możliwości pracy i uzyskania wartościowych wyników bez niej, interesujące byłoby prześledzenie trudnej, a jednocześnie niewiarygodnie prostej drogi, która doprowadziła Hodgkina i Huxleya do odkryć, które otworzyły im drogę do grona laureatów Nagrody Nobla. Pełen szczerości, skromności i uwypuklający bardziej zasługi innych niż własne wykład A. L. Hodgkina wygłoszony na Zjeździe Towarzystwa Fizjologicznego w Cambridge w lipcu 1976 r., a więc w wiele lat po otrzymaniu Nagrody Nobla, o której zresztą w ogóle w swoim wykładzie nie wspomina, mógłby być wzorem dla każdego z nas. Wykład ten był też dla autorki wielką pomocą przy pisaniu tego artykułu, bo dzięki niemu możliwe stało się pokazanie tak wielkich uczonych, jak Hodgkin i Huxley także jako ludzi, z całym balastem ich problemów i wątpliwości.

Prześledzenie serii prac dotyczących przewodnictwa nerwowego, napisanych przez Hodgkina i jego współpracowników w latach 1937–52 i później, może wywoływać wrażenie ścisłego ukierunkowania i planowania badań, co wcale nie pokrywa się z faktycznym przebiegiem wypadków. Często istotny był w tych badaniach element przypadku, a nie starannego planowania i logiki. Najczęściej przemilcza się tę część, w której przypadek czy szczęście odegrały istotną rolę w tym, co następnie wydaje się raczej logicznym ciągiem zdarzeń.

Hodgkin z całą skromnością przypisuje znaczny udział w jego badaniach, przynajmniej tych pierwszych, przypadkowi, prowadzącemu w efekcie do logicznego rozwoju badań. Rozpoczął on pierwsze swoje badania jeszcze na studiach w 1934 r. Dzięki lekturze prac tak wybitnych uczonych, jak m. in. A. V. Hill (chemiczne przewodnictwo w nerwie; Nagroda Nobla — 1922), W. J. V. Osterhout czy L. R. Blinks, który to stwierdził wzrost przewodności błony w czasie potencjału czynnościowego u glonu *Nitella* (1930), Hodgkin skoncentrował swoje zainteresowania na błonach. Używając bardzo prostej aparatury, m. in. kimografu, i preparatu nerwowo-mięśniowego żaby, w którym nerw był zablokowany wskutek miejscowego zamrożenia, zajął się badaniem przewodzenia nerwowego, starając się uzyskać dowód istnienia transmisji nerwowej, co w pierwszej fazie badań mu się nie udało. W międzyczasie przeczytał wszystkie prace J. Erlangera i H. S. Gassera (laureatów Nagrody Nobla w 1944 r.), G. H. Bishopa, H. T. Grahama, R. Lorente de Nó oraz F. O. Schmitta i stwierdził, że ci wiodący badacze aksonu są bardzo sceptycznie nastawieni do teorii błonowej w ogóle, a teorii prądu lokalnego w szczególności. Hodgkin doszedł do wniosku, że warto byłoby zobaczyć czy przejściowy wzrost pobudliwości poza zlo-

kalizowanym blokiem jest efektem elektrycznym i zdecydował się podjąć taki projekt badawczy.

W tamtym okresie większość aparatury trzeba było zbudować samemu, wykorzystując własne umiejętności i inwencję. Brzmiało to może deprymująco, ale takim nie było dla ówczesnych uczonych. W dzisiejszych czasach naukowcy mają skłonność do popadania we frustrację i zrzucania pracy, jeśli wiedzą, że ich aparatura jest znacznie gorsza niż innych. Rzeczywiście, uważa się za nieco nienaukowe wykonywanie doświadczeń za pomocą czegokolwiek innego oprócz najlepszej aparatury. Dla Hodgkina jednak, jedyne co liczyło się, to mieć aparaturę wystarczającą, aby zrobić coś nowego. Jest on może skrajnym przypadkiem w tym względzie, ale ogólne nastawienie do aparatury było z pewnością wtedy bardzo odmienne od prezentowanego dzisiaj. Wybitny fizyk J. A. Ratcliffe mówi, że w latach dwudziestych i trzydziestych za doskonałą aparaturę czy doświadczenie uważano takie, które można było zbudować lub wykonać tanio. Twierdzi on, ilustrując to przykładami, że najlepszym badaniem jest to, które zostało wykonane w najprostszy sposób. Hodgkin uważał się za szczęściarza, bo odziedziczył po Matthewsie oscyloskop i inne oprzyrządowanie elektryczne, a wzmacniacz skonstruował sam wykorzystując jako obudowę kilka puszek po ciastkach. Zajął mu to, przy braku wielu dzisiejszych udogodnień, sporo czasu, ale dumny był z efektu. Jesienią 1935 r. mógł już rejestrować potencjały elektrotoniczne rozprzestrzeniające się przez zablokowany obszar nerwu. Nadal też udoskonalał swoją aparaturę z lepszym lub gorszym skutkiem. W połowie 1936 r. Hodgkin ukończył swoje główne doświadczenia i opisał ich wyniki w pracy dyplomowej dla Trinity College. Po otrzymaniu stypendium spędził kilka miesięcy na powtarzaniu i udoskonalaniu doświadczeń, co zaowocowało 2 publikacjami w renomowanym czasopiśmie *Journal of Physiology* (1937). Wnioski były w zasadzie prawidłowe, wyjąwszy ten dotyczący nerwu z osłonką mielinową, gdzie, jak wiadomo, prąd jest ograniczony tylko do przewężenia.

Przypadek i szczęście odegrały równie ważną rolę w kolejnej fazie badań Hodgkina. Zainteresował się on teorią kablową i właściwie równolegle z Rushtonem doprowadziło go to do idei odpowiedzi podprogowej. Zaniechał jednak przemysłanych starań, aby sprawdzić te idee i zamiast tego, zgodnie z sugestią profesora Adriana (Nagroda Nobla — 1932), zajął się nerwem kraba. Miał wiele szczęścia, bo bez pomocy odpowiedniego mikroskopu udało mu się wyizolować pojedynczy akson o średnicy 30 μm ; dopiero później pożytył taki mikroskop. Wkrótce też stwierdził, że bodziec podprogowy wywołuje coś jakby mały stopniowany potencjał czynnościowy, którego wielkość szybko rośnie, gdy bodziec osiąga wartość progową. Było to dokładnie to, co było niezbędne, aby wyjaśnić wyniki badań Bernarda Katza (Nagroda Nobla — 1970) i Hodgkinowi było ogromnie miło, że uzyskał dowód na istnienie czegoś tak niezwykłego na owe czasy, jak stopniowana odpowiedź pojedynczego włókna nerwowego. Technika, którą dysponował nie była jednak wystarczająca do dalszych badań, ale pomoc znalazła się w zasięgu ręki, gdyż Herbert Gasser (ówczesny dyrektor Instytutu Rockefellera w Nowym Yorku) zaproponował mu odbycie rocznego stażu w jego grupie badawczej. Hodgkin miał tam dostęp do lepszej aparatury i możliwość współpracy z dobrymi elektronikami i wybitnymi uczonymi, jak chociażby Lorente de Nó, Grundfest czy Hursch. Instytut Rockefellera był w tym czasie już bardzo wybitnym laboratorium i dla Hodgkina bardzo wartościowym doświadczeniem była praca w dużym, dobrze zorganizowanym laboratorium, co pomogło mu przekształcić się, jak stwierdza, z amatora w profesjonalnego naukowca. Wielu ludzi tam pracujących wywarło niezatarty wpływ na jego życie (np. Osterhout — duże komórki roślinne, Michaelis — błony). Ale kontakt,

który miał największy bezpośredni wpływ na jego życie naukowe, to spotkanie z Curtisem i Cole'm z Uniwersytetu Columbia. Hodgkin pragnął dowiedzieć się czy przewodnictwo błonowe zwiększa się podczas aktywności i uzyskał nawet pewne dowody na potwierdzenie tej tezy. Odkrywał rzeczy wydające się dzisiaj dla nas tak oczywistymi. Hodgkin był szczęśliwy, bo Cole zaprosił go do współpracy w Woods Hole (czerwiec 1938). W międzyczasie odwiedził on w St Louis J. Erlangera (Nagroda Nobla — 1944), który zupełnie nie wierzył w podprogową aktywność w aksonach z osłonką mielinową i miał wątpliwości co do teorii prądów lokalnych. Okres pobytu w Instytucie Rockefellera i Woods Hole był jednak bardzo owocny. Doświadczenia potwierdziły istnienie wzrostu przewodnictwa błonowego podczas potencjału czynnościowego i udowodniły zmianę szybkości przewodnictwa przy zmianie rezystancji elektrycznej na zewnątrz włókna nerwowego (w wyniku zamiany oleju na wodę morską). Hodgkin wykonał tam wraz z Curtisem kilka dalekowzrocznych doświadczeń, próbując wprowadzić przez obcięty koniec olbrzymiego aksonu kałamarnicy (średnica ok. 0,7 mm) do jego wnętrza elektrody, po czym obaj rozjechali się z myślą, że stosunkowo łatwo można będzie zarejestrować potencjały czynnościowe używając wewnątrzkomórkowej elektrody. I tak w następnym roku obaj wykonali takie doświadczenia z różnymi partnerami.

Wyjeżdżając z Nowego Yorku Hodgkin otrzymał zawrotną na owe czasy dla młodego naukowca sumę 300 funtów brytyjskich na wyposażenie laboratorium, którą wykorzystał na zbudowanie aparatury podobnej do używanej przez niego w Instytucie Rockefellera. Zajęło mu to kilka miesięcy. Ze względu na zbliżającą się wojnę w Europie Hodgkin uznał, że najlepiej będzie wybrać do badania jakieś proste zagadnienie, które pozostawiłoby czas na nienaukową działalność. W tym okresie Andrew Huxley zaczął współpracować z Hodgkinem przy wykonywaniu niektórych doświadczeń. Mierzili oni zewnętrzne zmiany elektryczne w aksonach *Carcinus* i otrzymali potencjał spoczynkowy jako stałą różnicę potencjałów między obszarem nieuszkodzonym a zdepolaryzowanym wskutek uszkodzenia lub zastosowania izotonicznego KCl. Wykazali też, że potencjał czynnościowy jest dużo większy niż spoczynkowy. Takie same wyniki Hodgkin uzyskał na aksonie homara.

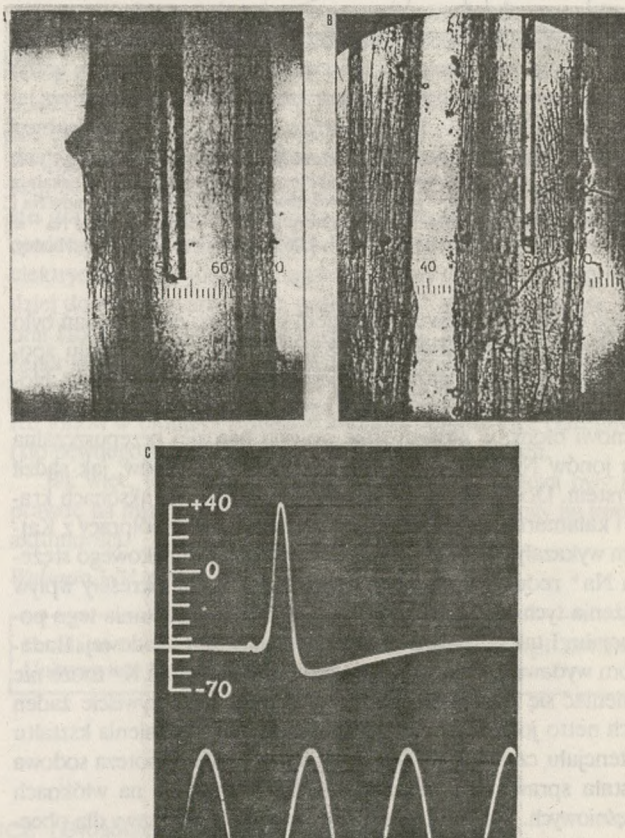
Wyniki badań wykonywanych przy użyciu elektrod zewnątrzkomórkowych nie dawały bezwzględnych wartości potencjału czynnościowego i spoczynkowego wskutek efektu krótkiego spięcia w zewnętrznym płynie, co jednak wpływało jednakowo na każdy z potencjałów.

Hodgkin zdecydował się kontynuować dalsze doświadczenia w Plymouth, ze względu na dostępność kałamarnic, dokąd w lipcu 1939 r. przewiózł swoją aparaturę. Po kilku tygodniach dołączył tam do niego Huxley i rozpoczął nieudane pomiary lepkości aksooplazmy, które jednak nasunęły mu pomysł, jak stosunkowo łatwo można wprowadzić szklaną kapilarę do olbrzymiego aksonu kałamarnicy *Loligo forbesi* i zarejestrować różnicę potencjałów w poprzek powierzchniowej błony. Udało się to od razu, chociaż były problemy z ocieraniem się kapilary o powierzchnię błony. Huxley usprawnił to jednak wprowadzając 2 lusterka, co pozwoliło ustawiać wypełnioną wodą morską kapilarę z wprowadzoną do niej srebrną elektrodą w centralnej części aksonu. Rycina 1 AB pokazuje tę technikę. Wynikiem wykonanych w ten sposób doświadczeń był potencjał czynnościowy wielkości blisko 100 mV czyli około 2-krotnie większy niż potencjał spoczynkowy — ok. 50 mV (ryc. 1 C). Hodgkin i Huxley zaobserwowali, że wewnątrz komórki jest elektryczne (potencjał spoczynkowy), a podczas impulsu nerwowego potencjał błonowy ulega odwróceniu i aksooplazma staje się dodatnia w stosunku do otaczającego roztworu. Był to ten pierwszy raz, kiedy zmiany elektryczne w poprzek błony komórkowej zostały

zarejestrowane i wykazane zostało bezspornie istnienie, zapożyczone od czasów Bernsteina, nadstrzału, a stało się to możliwe dzięki zastosowaniu wewnątrzkomórkowej elektrody.

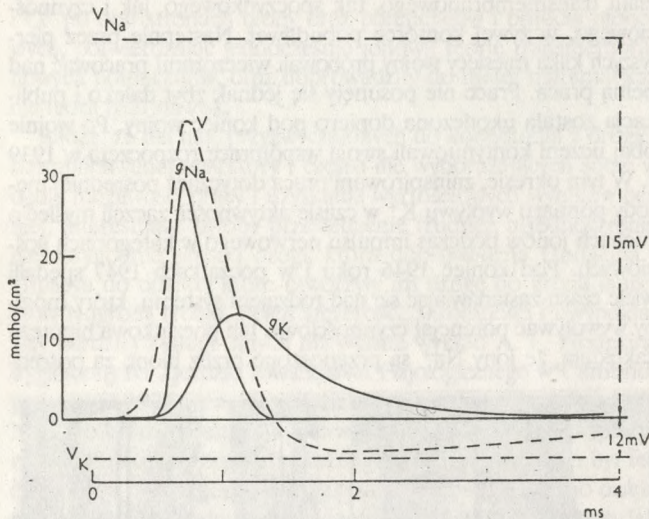
Hodgkin i Huxley byli ogromnie podnieceni tym odkryciem i możliwościami tej techniki. Było to rzeczywiście odkrycie o epokowym znaczeniu dla elektrofizjologii. Uчени rozpoczęli testowanie wpływu jonów K^+ na potencjał spoczynkowy i czynnościowy, badanie wykonane później (1942 r.) bardzo perfekcyjnie przez Curtisa i Cole'a. Jednakże w tym czasie Hitler wkroczył do Polski i rozpoczęła się wojna, a obaj badacze porzucili swoją technikę na 8 lat, tzn. do 1947 r., kiedy to możliwy stał się powrót do Plymouth.

W 1939 r. Hodgkin i Huxley opublikowali krótkie, podsumowujące ich odkrycia, doniesienie w *Nature*, w którym przedstawili pierwszy bezpośredni wewnątrzkomórkowy pomiar potencjału transmembranowego, tak spoczynkowego, jak i czynnościowego, w żywej komórce pobudliwej. Następnie przez pierwszych kilka miesięcy wojny próbowali wieczorami pracować nad pełną pracą. Prace nie posunęły się jednak zbyt daleko i publikacja została ukończona dopiero pod koniec wojny. Po wojnie obaj uczeni kontynuowali swoją współpracę rozpoczętą w 1939 r. W tym okresie, zainspirowani pracą dotyczącą pośredniej metody pomiaru wypływu K^+ w czasie aktywności, zaczęli myśleć o ruchach jonów podczas impulsu nerwowego w kategoriach ilościowych. Pod koniec 1946 roku i w początkach 1947 spędzili wiele czasu zastanawiając się nad rodzajem systemu, który mógłby wywoływać potencjał czynnościowy. Ich początkowa hipoteza zakładała, że jony Na^+ są przenoszone przez błonę za pośred-



Ryc. 1. A, B. Zdjęcia elektrod rejestrujących wewnątrz niekompletnie oczyszczonego olbrzymiego aksonu kałamarnicy, wykonane przed i po udoskonaleniu techniki ich wprowadzania, tzn., odpowiednio, zdjęcie bez 2-lusterkowego urządzenia — oglądany w małym lusterku obraz z boku (A) i zdjęcie wykonane przy użyciu podwójnego lusterka — obraz bezpośredni z mikroskopu (B). Jedna podziałka skali = 33 μm . C — potencjał spoczynkowy i czynnościowy rejestrowany między wnętrzem a powierzchnią aksonu za pomocą widocznej powyżej (A, B) szklanej kapilary wypełnionej wodą morską; znacznik czasu 500 Hz. Skala pionowa pokazuje potencjał wewnętrznej elektrody w miliwoltach (zmodyfikowane wg Hodgkin i Huxley, 1945)

nictwem jakichś ujemnie naładowanych cząsteczek nośnika lub dipoli. W stanie spoczynku byłyby one utrzymywane w jednej pozycji przez siły elektrostatyczne i byłyby niezdolne do przeprowadzania Na^+ . Nośniki te podlegałyby „inaktywacji” wskutek wolnego reagowania z jakimiś substancjami w aksoplazmie. Rozprzestrzeniający się potencjał czynnościowy, zrekonstruowany w 1947 r. na podstawie obliczeń Huxleya, zawierał w sobie te główne cechy, które wyłoniły się dwa lata później z doświadczeń wykonanych techniką *voltage clamp*, tj. szybki wzrost przepuszczalności błony dla Na^+ , po którym następuje wolniejszy jej zanik i wolne narastanie przepuszczalności dla K^+ (zob. ryc. 2). Obliczenia Huxleya pozwoliły Hodgkinowi utwierdzić się w przekonaniu, że wzrost przepuszczalności błony dla Na^+ lub może dla jakiegoś wewnątrzkomórkowego anionu są najbardziej prawdopodobną przyczyną nadstrzału. I tak stopniowo zaświtała na-



Ryc. 2. Zmiany przewodności błony (skala z lewej strony) dla jonów Na^+ (g_{Na}) i K^+ (g_{K}) podczas rozprzestrzeniającego się potencjału czynnościowego (V ; skala z prawej strony). V_{Na} i V_{K} – potencjały równowagi, odpowiednio, dla jonów Na^+ i K^+ . Obliczenia komputerowe dla temperatury $18,5^\circ\text{C}$. Całkowite wejście Na^+ = $4,33 \text{ pmol/cm}^2$; całkowite wyjście K^+ = $4,26 \text{ pmol/cm}^2$ (z Hodgkin i Huxley, 1952)

dzieja dla teorii sodowej. Wynikiem kolejnego etapu badań było przypisanie przez Hodgkina i Katza (1949 r.) potencjału spoczynkowego nerwu głównie specyficznej przepuszczalności błony dla jonów K^+ , a potencjału czynnościowego przejściowemu stanowi błony, w którym staje się ona bardziej przepuszczalna dla jonów Na^+ niż K^+ , a nie dla wszystkich jonów, jak sądził Berstein. Doświadczenia Hodgkina wykonane na aksonach kłosa i kałamarnicy w Cambridge i Plymouth we współpracy z Katzem wykazały m. in., że obniżenie zewnątrzkomórkowego stężenia Na^+ redukuje potencjał czynnościowy oraz określiły wpływ stężenia tych jonów na nadstrzał i szybkość narastania tego potencjału. I tak położone zostały podwaliny teorii sodowej. Badaczom wydawało się, że przepuszczalność błony dla K^+ może nie zmieniać się podczas impulsu nerwowego i rzeczywiście żaden ruch netto jonów K^+ nie był konieczny dla wyjaśnienia kształtu potencjału czynnościowego. W kolejnym roku hipoteza sodowa została sprawdzona przez Nastuka i Hodgkina na włóknach mięśniowych. Wszystkie te ustalenia stworzyły podstawy dla obecnego poglądu na pobudzenie błony nerwowej. Powszechność stwierdzenia Hodgkina i Katza stała się bezsporna po wprowadzeniu w 1949 r. przez Linga i Gerarda wypełnionych elektrolitem, izotonicznym KCl, standardowych szklanych mikroelektrod o średnicy wierzchołka ok. $0,5 \mu\text{m}$. Metoda ta została wkrótce rozwinięta przez Nastuka i Hodgkina (1950) i pozwoliła na rejestrację potencjałów elektrycznych w pojedynczych włóknach mięśniowych i wszystkich innych pobudliwych komórkach ustro-

ju, łącznie z włóknem nerwowym posiadającym osłonkę mielinową (badania Huxleya i Stämpfliego opublikowane w 1951 r.). Hipoteza jonowa, czyli idea, że potencjały czynnościowe są wynikiem ruchu jonów przez błony, sprawdzała się.

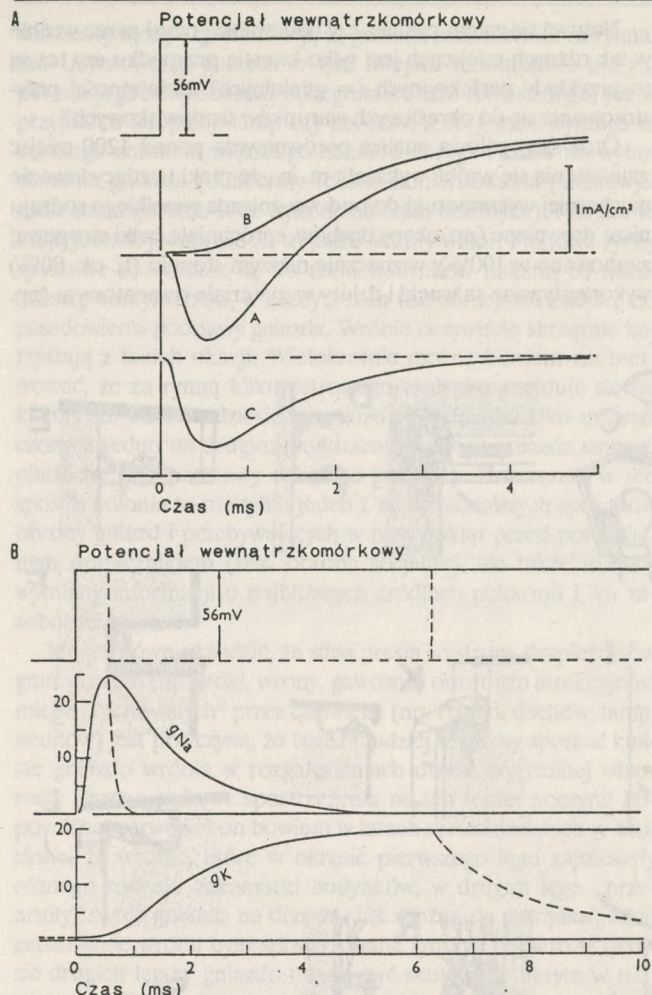
W międzyczasie konwencjonalna technika stabilizacji potencjału błony (*voltage clamp* – VC), opracowywana od 1947 r. i wprowadzona w roku 1949 przez Cole’a w Woods Hole, została rozwinięta i wykorzystana przez Hodgkina i Huxleya do wyjaśnienia podstawowych mechanizmów pobudliwości nerwu. Już od połowy roku 1948, wspierani informacjami Cole’a, powoli rozwijali oni tę technikę. Pierwsze dane doświadczalne uzyskane tą metodą zostały opublikowane już w 1949 r. Wciąż jednak brakowało wyraźnego dowodu na istnienie inaktywacji sodowej. Hodgkin i Huxley, przy współudziale Katza, wykonali w roku 1949, posługując się techniką VC, właściwie wszystkie doświadczenia, które zostały później wykorzystane w 5 pracach opublikowanych w 1952 r. Mogli zrobić to tak szybko i bez pozostawienia zbyt wielu luk, ponieważ spędzili wprawdzie wiele czasu obmyślając wszystko i wiedzieli, co muszą zmierzyć, aby zrekonstruować potencjał czynnościowy. Kolejne lata do czasu ukazania się prac drukiem zajęła im analiza danych oraz żmudne i utrudnione brakiem odpowiednich komputerów obliczenia prowadzące do rekonstrukcji potencjału czynnościowego i opisanie ruchu obdarzonych ładunkiem elektrycznym cząstek bramkujących. Wtedy też upadła teoria nośników, a zrodziła się idea istnienia jakiejś bramki zależnej od potencjału. Prace, które ukazały się w wyniku wspomnianych wyżej doświadczeń i przemysłów stały się podstawą, dzięki której obaj angielscy uczeni otrzymali Nagrodę Nobla. Taka więc była żmudna droga wiodąca do doświadczeń wykonanych techniką VC i nagrody.

W międzyczasie (1951) Hodgkin wykazał bezspornie asymetryczne rozłożenie jonów po obu stronach błony aksonu kałamarnicy, przy czym okazało się, że wewnątrz komórki zawiera duże stężenie K^+ , a otaczające ją środowisko jest bogate w Na^+ . Nieco później (1955) Hodgkin i Keynes, używając znakowanych pierwiastków i inhibitorów oddychania komórkowego, wykazali obecność w komórkach pobudliwych zależnej od energii metabolicznej pompy, która transportuje jony K^+ do wnętrza komórki, a Na^+ na zewnątrz, czyli wbrew gradientom ich stężeń.

Wszystkie te badania przyczyniły się do głębszego zrozumienia mechanizmów funkcjonowania układu nerwowego, serca, mięśni gładkich i prążkowanych. Połączenie obu technik – VC i mikroelektrodowej stało się podstawą do opracowania przez kolejnych laureatów Nagrody Nobla – Nehera i Sakmanna, techniki stabilizacji potencjału skrawka błony.

Teoria Hodgkina i Huxleya do dzisiaj nie straciła prawie wcale na swojej aktualności i chociaż wielokrotnie sprawdzano i krytykowano poszczególne jej elementy, powstawały nowe teorie (np. Markova), to w efekcie oryginalna teoria wychodziła zawsze z opresji obronną ręką i przynajmniej pod pewnymi względami jest nadal najlepsza.

Wracając do techniki VC, celem przybliżenia jej czytelnikowi, wyjaśnić trzeba, że metoda ta polegała na narzuceniu podczas impulsu nerwowego aksonowi neuronu stałego sztucznego potencjału transmembranowego za pomocą ujemnego sprzężenia i mierzeniu ilości „wstrzykniętego” prądu niezbędnego, aby to zrobić. Innymi słowy, ustabilizowanie potencjału wnętrza komórki na dowolnym, wybranym przez eksperymentatora poziomie, bez względu na prądy płynące przez błonę, odbywa się wskutek przesłania przez wzmacniacz do elektrody wewnątrzkomórkowej prądu równemu temu, jaki płynie przez błonę, ale o przeciwnym kierunku. Na podstawie odczytu prądu przesyłanego przez wzmacniacz do elektrody można zmierzyć prąd płynący przez błonę. W ten sposób przy utrzymywaniu stałym potencjału prąd pojemnościowy jest eliminowany i czyste prądy



Ryc. 3. A – rozdzielenie prądu błonowego (prąd odkomórkowy skierowany jest ku górze) na komponenty niesione przez jony Na i K. Prądy w warunkach stabilizacji potencjału błony mierzone w aksonie kałamarnicy zanurzonej w wodzie morskiej (A – prąd sodowy + potasowy) i roztworze pozbawionym jonów Na (B – prąd potasowy). Prąd sodowy – C, obliczony jako różnica pomiędzy krzywymi A i B. Temperatura 8,5°C. B – przebieg w czasie zmian przewodności błony, uzyskanych z zapisów prądów pokazanych w części A ryciny, dla Na^+ (g_{Na}) i K^+ (g_{K}) podczas stabilizacji potencjału na poziomie depolarizacji o 56 mV (linie ciągłe). Linie przerywane pokazują efekt repolarizacji błony po 0,6 lub 6,3 ms. Pionowa skala w mmho/cm^2 (zmodyfikowane wg Hodgkin, 1967)

jonowe mogły być bezpośrednio mierzone, rozdzielane i identyfikowane po raz pierwszy podczas całego impulsu nerwowego, a więc w różnych fazach powstawania potencjału czynnościowego. Metoda VC pozwoliła na ilościowe pokazanie, jak ruchy jonowe powodują powstawanie obserwowanych zmian potencjału. I tak począwszy od lat pięćdziesiątych biologowie mogli rejestrować całkowity prąd płynący przez setki tysięcy pojedynczych kanałów, czyli makroskopowe prądy elektryczne związane z przepływem jonów. Otworzyło to nowe pole do interpretacji pojawiających się prądów błonowych.

Istotnym wynikiem osiągnięć Hodgkina i Huxleya było odkrycie następczego charakteru prądów transmembranowych. Za pośrednictwem metody VC uzyskano i zmierzono (choć nie użyto wtedy jeszcze obecnie stosowanych mikroelektrod, a wprowadzanej do wnętrza olbrzymiego aksonu elektrody metalowej umieszczonej wewnątrz wypełnionej wodą morską kapilary o średnicy ok. 100 μm) potencjał czynnościowy aksonu kałamarnicy, podczas którego następuje chwilowe odwrócenie potencjału wnętrza włókna ($+30 \div +60 \text{ mV}$). Jeśli ustabilizuje się potencjał błonowy na poziomie potencjału progowego lub nieco powyżej, to okazuje się, że najpierw trzeba „wstrzykiwać” do elektrody wewnątrzkomórkowej ładunki ujemne, a w następnej fazie je od niej odbierać. Oznacza to, że w pierwszej fazie pobudzenia przez błonę komórkową płynie albo dokomórkowy prąd kationowy, albo odkomórkowy prąd anionowy, a w następnej fazie następuje odwrócenie tych prądów. Technika VC udowodniła więc, że w przypadku zastosowania depolarizacji powyżej pewnego poziomu, początkowy prąd transmembranowy ma kierunek dokomórkowy i że po nim następuje wolniej rozwijający się prąd odkomórkowy (ryc. 3). Manipulując składem jonowym środowiska zewnątrz- i wewnątrzkomórkowego (aksooplazmę włókna nerwowego kałamarnicy można zastąpić elektrolitem), Hodgkin i Huxley dalej wykazali, że cały prąd błonowy składał się z wczesnego dokomórkowego prądu sodowego (faza depolarizacji) w związku z krótkim wzrostem przepuszczalności błony dla jonów Na i późniejszego odkomórkowego prądu potasowego (faza repolarizacji) jako wyniku opóźnionego wzrostu przepuszczalności dla jonów K. Prąd sodowy depolaryzuje błonę, a depolaryzacja nasila prąd sodowy zwiększający jeszcze depolaryzację i powoduje odwrócenie potencjału błony na dodatni, a opóźniony prąd potasowy przywraca błonie jej wyjściowy potencjał elektryczny. Całość zjawisk nazywamy komórkowym potencjałem czynnościowym i komórkowymi prądami czynnościowymi. Odkrycia te właśnie doprowadziły do wniosku, że w błonie komórkowej muszą się znajdować kanały swoiste dla Na^+ i K^+ , które w stanie spoczynku są zamknięte, a otwierają się w czasie potencjału czynnościowego i przewodzą elektryczny prąd jonowy, najpierw kanały sodowe, a przy bardziej dodatnich wartościach potencjału – kanały potasowe. Teoria Hodgkina i Huxleya nie zawiera żadnej zależności czy sprzężenia między kanałami sodowymi i potasowymi, są one traktowane jako całkowicie odrębne i odmiennie mechanizmy transportu jonów w błonie. Późniejsze badania poparły ideę odrębnych i do pewnego stopnia niezależnych kanałów jonowych.

Tak więc, jak widać, odkrycia Hodgkina i Huxleya były naprawdę na miarę epoki i, co ciekawsze, nic nie straciły na swojej aktualności.

Wpłynęło 5 IV 1993

Dr Maria Jolanta Katkowska, adiunkt Zakładu Fizjologii Zwierząt Uniwersytetu M. Kopernika w Toruniu.

PIOTR INDYKIEWICZ (Bydgoszcz)

GENIALNY ŚMIECIARZ (?)

Panuje powszechne przekonanie, że wróble budują swoje gniazda byle gdzie i z byle czego, a wystające z gniazda żdźbła traw, zwisające kawałki sznurka i żyłki oraz papier, folia i skrawki materiału stanowiące wyściółkę misy jajowej – zdają się po-

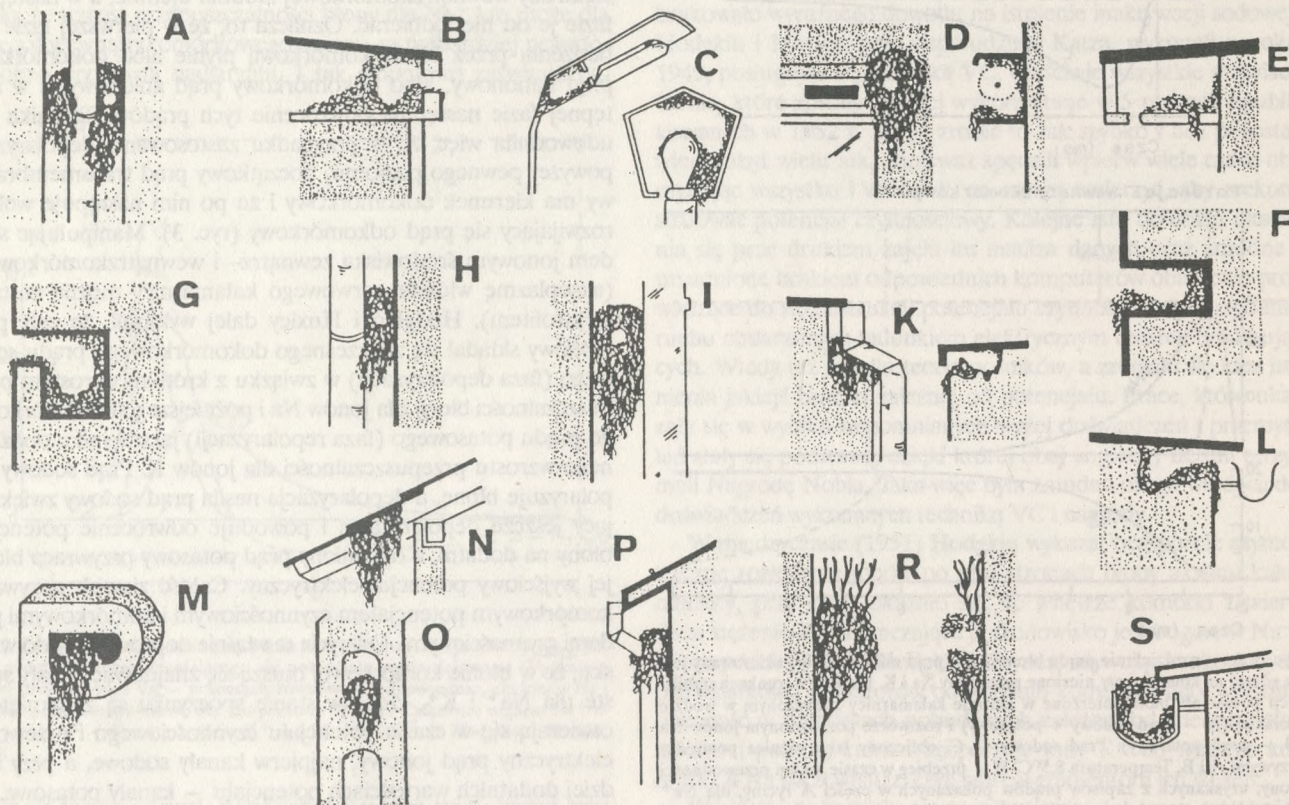
twierdzać opinię o tym, że wróbel to śmieciarz znoszący do gniazda z najbliższej okolicy wszystko to, co zdoła w dziobie udźwignąć. Z kolei Nicolas i Elies Collias, wybitni amerykańscy ornitologowie, autorzy wielu uznanych prac na temat gniazd pta-

ków, napisali w swojej ostatniej książce (*Nest building and bird behavior*), że wróbel domowy „... jest jednym z gatunków [ptaków] najdoskonalej przystosowanym do życia w mieście...”

Przedstawione wyżej przykłady wydają się wystarczającym pretekstem do rozważenia kwestii, czy wróbel domowy — to geniusz, jak twierdzą Colliasowie, czy też zgodnie z powszechną opinią — to śmieciarz? Żeby jednak odpowiedzieć na te pytania, a jednocześnie nie rozszerzać zakresu dyskusji poza kwestie dotyczące gniazda i jego budowy, należy rzetelnie rozważyć następujące problemy.

Nasuwa się zatem pytanie, czy budowanie gniazd przez wróble w tak różnych miejscach jest tylko kwestią przypadku czy też są to przykłady perfekcyjnych (= genialnych) umiejętności przystosowania się do określonych warunków środowiskowych?

Otóż szczegółowa analiza porównawcza ponad 1200 miejsc gnieźdzenia się wróbli wykazała m. in., że ptaki te zdecydowanie najchętniej wykorzystują do budowy gniazda wszelkiego rodzaju nisze drewniane (np. okapy dachów, spróchniałe belki stropowe; zajmowane w 100%); w znacznie niższym stopniu (tj. ok. 80%) wykorzystywane są wnęki i dziury w materiale cementowym (np.



Ryc. 1. Miejsca usytuowania gniazd wróbla domowego. A — rynki mocujące rynny spustowe (pionowe) znajdujące się we włocie płaszczyzny ściany; B — przestrzeń pod dachem budynków; C — oprawy elektrycznych lamp ulicznych; D — markizy witryn sklepowych; E — przestrzeń drewnianej obudowy okapu dachu; F — wnęki w płaszczyźnie ściany budynku; G — dziury „dziuple” w ścianie budynku; H — rynki mocujące rynny spustowe umieszczone bezpośrednio na płaszczyźnie ściany budynku; I — przestrzeń pomiędzy rynną a płaszczyzną ściany budynku; K — wnęki pomiędzy ścianą a dachem budynku; L — wnęki przy rynnie spustowej poziomej; M — wnętrza neonu reklamowego; N — przestrzeń pod dachówką; O — żelbetowe słupy kratowe podtrzymujące linie trakcyjne elektryczne; P — „kolano” rynny spustowej; R — dzika winorośl; S — wnętrza rynny spustowej poziomej

Różnorodność miejsc, w których można znaleźć gniazdo wróbla, jest wprost niewiarygodna. W mieście może być ono umieszczone: za rynną; pod okapem dachu; we wnękach i dziurach ścian budynków; w oprawach elektrycznych lamp ulicznych; za lub w neonach reklamowych; w nie użytkowanych osłonach witryn sklepowych; pod dachówkami; wśród gałęzi drzew i w dzikich winoroślach; w gniazdach jaskółki oknówki (ryc. 1). Na tym jednak nie wyczerpuje się lista miejsc, w których można znaleźć gniazdo tego ptaka. W Nowej Zelandii obserwowano wróbla, który umieścił swoje gniazdo w naturalnym zagłębieniu w ziemi, a polscy ornitolodzy widzieli gniazda wróbli m. in. w stromych urwiskach skalnych, w szczelinach spękanych skał wapiennych i w wysokich brzegach zbiorników wodnych. Wręcz nieprawdopodobnie mogłyby brzmieć doniesienia o brytyjskich wróblach gnieźdzących się setki stóp pod ziemią (na stemplach chodnika kopalni węgla kamiennego), gdyby nie fakt, że autorem tych informacji jest Denis Summers-Smith — światowy autorytet biologii tego gatunku.

ściany budynków) i w konstrukcjach metalowych (np. oprawy elektrycznych lamp ulicznych). Najrzadziej natomiast zajmowane są przez wróble miejsca, które w niewielkim tylko stopniu stwarzają osłonę dla umieszczonego tam gniazda (np. rynny mocowane bezpośrednio na płaskiej ścianie budynku), (ryc. 1). Przedstawione fakty świadczą o tym, że wybór miejsca na budowę gniazda z pewnością nie jest jedynie dziełem przypadku.

Można przypuszczać, że jednym z powodów wyboru konkretnego miejsca gniazdowego mogą być określone korzyści wynikające z jego zasiedlenia. Jako przykład mogą posłużyć zarówno oprawy elektrycznych lamp ulicznych, jak i neony reklamowe. Wybór takiego właśnie miejsca na gniazdo stwarza, szczególnie dla piskląt z pierwszego lęgu, dogodniejsze warunki termiczne do przetrwania chłodnych nocy, a także umożliwia szybsze i skuteczniejsze wyprowadzenia lęgów w całym sezonie. Ponadto gniazdo umieszczone w latarni lub w neonie jest praktycznie niedostępne do spenetrowania przez drapieżnika większego niż sam wróbel. Innym przykładem, pozornie zaprzeczającym przed-

stawionej wyżej argumentacji, są gniazda umieszczane za rynnami. Usytuowanie gniazda w tym miejscu niewątpliwie nie zapewnia jego właścicielowi takiego komfortu termicznego, jak w przypadku adaptacji lamp czy neonów, a co gorsze wymaga to od niego znacznie większego nakładu energii i czasu na wybudowanie gniazda (odmienny sposób konstruowania podstawy i zadaszenia gniazda oraz wykonania ścian bocznych). Miejsca te mają jednak jeden, ale za to jakże istotny walor. Pionowe rynny spustowe mocowane są do ścian budynków hakami co kilkadziesiąt centymetrów, a każdy z nich to potencjalne miejsce do posadowienia podstawy gniazda. Wróble oczywiście skrzętnie korzystają z takich okazji. Wielokrotnie można bowiem zaobserwować, że za rynną kilkupiętrowego budynku znajduje się od kilkunastu do kilkadziesiątu gniazd wróbli, nierzadko umieszczonych jedno na drugim (zadaszenie jednego gniazda stanowi platformę dla podstawy drugiego gniazda). Utworzona w ten sposób kolonia to nie tylko jeden z najdoskonalszych sposobów obrony gniazd i przebywających w nich piskląt przed potencjalnym drapieżnikiem (tzw. obrona socjalna), ale także miejsce wymiany informacji o najbliższych źródłach pokarmu i ich zasobności.

Można również sądzić, że silna presja ze strony drapieżników gniazdowych (np. sroki, wrony, gawrona) oraz duża atrakcyjność miejsc „oferowanych” przez człowieka (np. rynien, dachów, lamp, neonów) jest przyczyną, że coraz rzadziej możemy spotkać kuliste gniazdo wróbla w rozgałęzieniach drzew czy dzięki winorośli. Bardzo ciekawe spostrzeżenia na ten temat poczynił Popov. Zaobserwował on bowiem w latach sześćdziesiątych w Moskwie, że wróble, które w okresie pierwszego lęgu zajmowały różnego rodzaju zakamarki budynków, w drugim lęgu „przenosiły” swoje gniazda na drzewa. Jak można się domyślać, takie zachowanie wróbli było spowodowane tym, że dopiero w okresie drugich lęgów gniazdo mogło być skutecznie ukryte w rozwinętych liściach drzew.

Różnorodność zajmowanych miejsc gniazdowych jest jednak w pierwszym rzędzie konsekwencją dużego zagęszczenia populacji tego gatunku (na terenie Polski — do 82 par/10 ha) i ograniczonej, choćby w środowisku zurbanizowanym, liczby dostępnych miejsc lęgowych. W praktyce oznacza to silną konkurencję tak między-, jak i wewnątrzgatunkową, w której zwycięzcy zostają najstarsze i najsilniejsze osobniki. Im to właśnie przypadają najkorzystniej usytuowane miejsca, a ptaki młode, mniej doświadczone, muszą zadowolić się miejscami mniej komfortowymi.

Duża konkurencja o miejsca lęgowe jest również źródłem obserwowanej u tego gatunku, perfekcyjnej wręcz umiejętności adaptowania na miejsce lęgowe wszelkiego rodzaju nisz. Zaobserwowano np., że w zależności od istniejących warunków przestrzennych wróble modyfikują konstrukcję gniazda. Potrafią np. wybudować gniazdo bez ścian bocznych lub też materiałem budowlanym wypełniają całą adaptowaną przez siebie niszę. Grubość ścian gniazda dochodzi wówczas czasami nawet do 26 cm, co z kolei zmusza właściciela gniazda do wykonania specjalnego korytarza wejściowego. Należy jednak podkreślić, że bez względu na to czy gniazdo budowane było w warunkach komfortu przestrzennego (np. pomiędzy stropem i dachem budynku), czy też w miejscach „ciasnych”, ograniczonych przestrzennie (np. w markizach, w neonach reklamowych), wymiaru misy jajowej (tj. długość, szerokość i głębokość) nie ulegały istotniejszym zmianom, gwarantując tym samym pisklątom optymalną przestrzeń i najkorzystniejsze warunki mikroklimatyczne.

Innym przykładem zadziwiających wręcz umiejętności adaptacyjnych tego gatunku może być różnorodność umieszczania otworu wejściowego do gniazda i zmienność budowanego zadaszenia. Stwierdzono bowiem, że w niszach osłaniających w spo-

sób naturalny gniazdo od góry, wróble zazwyczaj ograniczają się jedynie do budowy „symbolicznego” zadaszenia. Niezwykle rzadko, w takiej sytuacji, konstruuje pełną kopułę, charakterystyczną dla wszystkich gniazd umieszczonych w niszach bez osłony. Ponadto stwierdzono, że wprawdzie otwór wejściowy do gniazda znajduje się zawsze w ścianie bocznej, to jednak, jeżeli jest to niemożliwe, otwór wejściowy może znajdować się tak w podstawie gniazda, jak i w jego zadaszeniu.

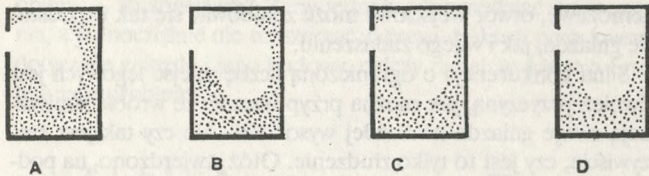
Silna konkurencja o ograniczoną liczbę miejsc lęgowych jest również przyczyną, jak można przypuszczać, że wróble umieszczają swoje gniazda na każdej wysokości. Ale czy tak jest rzeczywiście, czy jest to tylko złudzenie. Otóż stwierdzono, na podstawie szczegółowych badań gniazd tego ptaka w środowisku zurbanizowanym, że wprawdzie gniazda wróbli można spotkać zarówno na wysokości 2 m, jak i 32 m, to jednak istnieje wyraźna tendencja zmniejszania się liczby gniazd wraz ze wzrostem wysokości ponad powierzchnię ziemi. Ponadto stwierdzono, że ponad 80% gniazd wróbla usytuowanych jest nie wyżej niż 8 m nad ziemią, co niewątpliwie ściśle związane jest ze średnią wysokością budynków mieszkalnych, w których ptak znajduje najwięcej miejsc do założenia gniazda. Jednak najpowszechniej zamieszkaną strefą wysokości jest przedział od 3 m do 5 m, w którym znajduje się co trzecie gniazdo wróbla. O atrakcyjności tej strefy wysokości świadczyć może również stopień wykorzystania wszystkich potencjalnych miejsc gniazdowych, które tam się znajdują (= 87%). W praktyce oznacza to, że na 10 wolnych miejsc, prawie 9 jest wykorzystywanych przez wróbla do budowy gniazda, a w pozostałych przedziałach wysokości ptak ten adaptuje niespełna połowę miejsc. Korzyści wypływające z umieszczeniem gniazda na wysokości 3–5 m są wielorakie. Przede wszystkim znajduje się ono powyżej strefy bezpośredniego zagrożenia ze strony jednego z najpoważniejszych wrogów tego gatunku, tj. człowieka. Ponadto takie usytuowanie gniazda ułatwia dorosłym ptakom, szczególnie w czasie zbierania pokarmu dla piskląt, utrzymanie kontaktu wizualnego z gniazdem i więzi słuchowej z pisklętami. Przynosi to również ptakom wymierne korzyści energetyczne, które można by zilustrować w następujący sposób. Para wróbli, wychowująca pięcioro piskląt, przynosi pokarm średnio 18 razy w ciągu jednej godziny. Oznacza to, że wykarmienie piskląt (trwające przeciętnie 12 dni; po 13 godzin w każdym dniu) wymaga od dwojga rodziców około 2800 przylotów do gniazda z dziobem pełnym nasion, owadów itp. Jeśli z kolei wymnożymy to przez drogę, jaką musi przebyć wróbel z pokarmem niesionym do gniazda umieszczonego na określonej wysokości (przyjmując, że jest to jedynie odległość mierzona w płaszczyźnie pionowej od ziemi do gniazda i z powrotem, chociaż wiemy, że umiejętność pionowego lotu posiadły jedynie kolibry a nie wróble) — to dopiero wówczas możemy w pełni ocenić korzyści, jakie wypływają z faktu umieszczenia gniazda nie na wysokości, np. 24 czy 14 m, lecz już na wysokość 4 m. W tym konkretnym przypadku oznacza to, że para wróbli, aby wykarmić pisklęta przebywające w gnieździe na wysokości 4 m, musi przebyć z pokarmem jedynie około 23 km, a nie 79 km czy 135 km, które musiałaby pokonać, gdyby gniazdo znajdowało się odpowiednio na wysokości 14 lub 24 m.

A zatem — geniusz?

Teraz z kolei spróbujmy odpowiedzieć na drugą część pytania postawionego we wstępie, tj. czy wróbel to śmieciarz, a jego gniazdo to beładny stos siana?

Na podstawie żmudnej analizy porównawczej stwierdzono, że bez względu na miejsce usytuowania (poza wcześniej już wymienionymi wyjątkami), gniazda te charakteryzują się zawsze bardzo zbliżoną konstrukcją i rodzajem zastosowanego do jego budowy materiału. Można zawsze w nim wyróżnić podstawę, ściany boczne, pewien rodzaj zadaszenia i misę jajową (ryc. 2).

Do budowy gniazda wróble wykorzystują bardzo szeroką gamę materiałów, wśród których obok piór innych ptaków, sierści zwierząt, kwiatostanów traw, łodyg i korzeni, gałązek, patyków, liści, tyka i mchu znajdują się również nici, bawełna, sznurek, wata, skrawki papieru i materiału, a także folia, guma i drut.



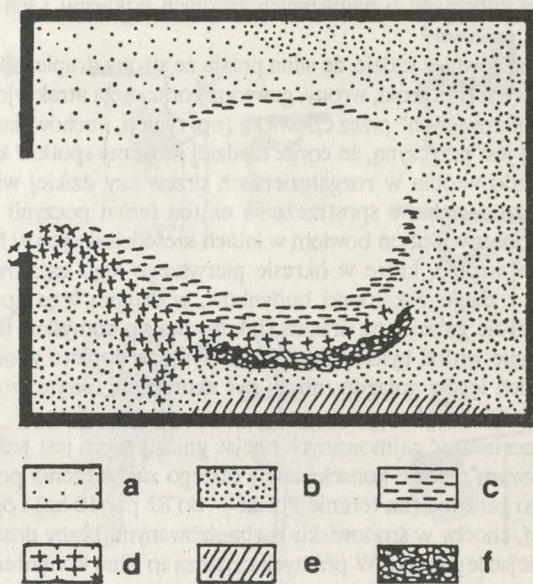
Ryc. 2. Gniazdo wróbla domowego z wykształconą kopułą (A); z półkopułą (B); z daszkiem (C); bez zadaszenia (D)

Można by zatem przypuszczać, że jest to jedna wielka zbierania tego wszystkiego, co udało się wróblowi znaleźć w najbliższej okolicy i co zdołał on przenieść w dziobie do gniazda. Stwierdzono jednak ponad wszelką wątpliwość, że kopuła i ściany boczne każdego gniazda wykonane są zawsze z tego samego materiału, tj. z kawałków łodyg i korzeni roślin, a także z kwiatostanów traw lub też z ich części. Należy również podkreślić i to, że zawsze warstwa wewnętrzna ścian bocznej gniazda sporządzona jest ze stosunkowo długich źdźbeł traw i liści, przetykanych skrawkami papieru, wełny i watoliny, dzięki czemu w odróżnieniu od warstwy zewnętrznej, tworzy bardzo zwartą strukturę skutecznie izolującą wnętrze gniazda od wpływu zewnętrznych warunków atmosferycznych (ryc. 3).

Stwierdzono również, że wprawdzie wróbel bez względu na to czy zamieszkuje w mieście, na wsi, czy też w środowisku podmiejskim, wykorzystuje do budowy gniazda te same materiały, to jednak ich procentowy udział w całkowitej masie gniazda w poszczególnych środowiskach nie jest jednakowy. Dla przykładu: w gniazdach środowiska wiejskiego i podmiejskiego materiał pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (np. pióra, sierść, itp.) stanowi przeciętnie 96% wszystkich elementów użytych do budowy gniazda, a w gniazdach środowiska zurbanizowanego materiał ten stanowi już tylko 40%. Istotę tej różnicy najlepiej obrazuje fakt niebywale dużych różnic liczby elementów poszczególnych materiałów użytych do budowy gniazda w poszczególnych środowiskach. Tak np. wróble „wiejskie”, w porównaniu z ich krewnikami z miasta, wykorzystywały do budowy gniazda, w szczególności do wyściełania misy jajowej, niemal 10 razy więcej piór. Ci ostatni z kolei znacznie częściej wykorzystywali do budowy swoich gniazd materiały pochodzenia antropogennego (np. papier, folia, itp.), o czym świadczy fakt, że materiał ten znajdowano niemal w każdym z ich gniazd (tzn. w 8 gniazdach na 10 znalezionych), a w gniazdach „wiejskich” niemal 3-krotnie rzadziej. Zastanawiająca jest jednak przyczyna tak dużego zróżnicowania. Bez wątpienia zasadniczy wpływ na tę różnorodność wywiera dostępność określonego materiału budulcowego w poszczególnych środowiskach. Stąd też, jak można przypuszczać, wróble „miejskie” nie znajdując dostatecznej ilości piór do wyściełania misy jajowej używają do tego celu innych materiałów. Jednak ich wybór nie jest jedynie dziełem przypadku. Stwierdzono bowiem, że wykorzystywane przez wróble substytuty, tj. papier, wata, watolina i skrawki materiału charaktery-

zują się, w porównaniu z innymi dostępnymi materiałami, najwyższym współczynnikiem izotermiczności. Innym przykładem świadczącym o tym, że ptak ten świadomie wybiera materiał do budowy gniazda jest informacja Sangupta. Dowiadujemy się bowiem z niej m. in., że ornitolog ten znajdował niemal we wszystkich gniazdach wróbla gnieźdzącego się w Kalkucie zielone liście drzewa Margosa. Nie byłoby może w tym nic aż tak szczególnego, gdyby nie fakt, że wróbel do budowy gniazda najczęściej wykorzystuje wysuszone już liście roślin; po drugie i to jest najistotniejsze, specjaliści chemicy z tamtejszego instytutu badawczego wyizolowali z liści wspomnianego drzewa substancję, która niezwykle skutecznie zniechęca pasożytnicze owady do składania jaj.

Również w przypadku bardzo ograniczonej dostępności do określonego rodzaju materiału niezbędnego do budowy gniazda, wróbel może zadziwić umiejętnością dostosowania się do takiej sytuacji. Ilustracją tego mogą być dwa, diametralnie różniące się między sobą gniazda tego ptaka. Otóż pierwsze z nich, będące jednocześnie największym opisanym gniazdem (ciężar



Ryc. 3. Struktura gniazda wróbla domowego. Materiały stosowane do budowy gniazda: a – łodygi roślin; b – łodygi i korzenie roślin; c – materiał pochodzenia antropogennego; e – ziemia (przyniesiona z materiałem roślinnym); f – materiał nierozpoznany

gniazda wynosił 616 g, podczas gdy średnia masa gniazda jest 4 razy mniejsza), zbudowane było tylko z materiału roślinnego i dosłownie z kilku piór znajdujących się wewnątrz misy jajowej. Natomiast drugie gniazdo było wykonane wyłącznie z piór różnych gatunków ptaków (głównie drobiu), których naliczono aż 3407.

Zatem, wróbel domowy – to geniusz? śmieciarz? czy też może genialny śmieciarz?

Wpłynęło 10 III 1993

Mgr Piotr Indykiewicz pracuje w Katedrze Zoologii na Wydziale Zootechnicznym Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy.

JESZCZE RAZ O POKREWIEŃSTWACH KRĘGOWCÓW LĄDOWYCH

W roku 1982 streściłem ówczesne poglądy na pokrewieństwa czworonogów w sposób następujący. Ryby trzonopłetwe, wraz z dziś żyjącą latimerią, ryby dwudyszne i kostnoprężne oraz czworonogi są ze sobą blisko spokrewnione. Ich nieznanymi nam wspólnymi przodkami dzielił zapewne stosunkowo niewielki przedział czasowy od najstarszych znanych nam skamieniałości, jednak oparte na budowie anatomicznej wnioski o ich pokrewieństwach bywają bardzo różne. Odmienności poglądów wynikały z rozmaitych sposobów rozumowania. Klasyczny pogląd anatomii porównawczej zakładał, że podobieństwa świadczące o pochodzeniu organizmów od wspólnego przodka, czyli homologie, wyróżnia ich złożona struktura. Argumentem świadczącym o wspólnym pochodzeniu nie może więc być np. kształt ciała, ani obecność układu krążenia. Jest nim natomiast wysoce charakterystyczne ułożenie tętnic w okolicy gardzieli zarodków kręgowców. Mniej lub więcej świadome podkreślanie podobnych podobieństw w budowie zwierząt trwa od starożytności. Niektórzy interpretatorzy opierali na podobnych stwierdzeniach hipotezy o pokrewieństwach organizmów, inni mówili tylko o wspólnych planach stworzenia, względnie budowy.

Po przyjęciu za prawdę przez większość biologów hipotezy ewolucyjnej zaczęły się pojawiać tłumaczenia podobieństw, względnie różnic w budowie związane z czynnościami narządów. Tak np. powszechnie uważano za narządy homologiczne płuca kręgowców lądowych i pęcherze pławne ryb, zaś różnice w budowie tych narządów wyjaśniano odmiennymi funkcjami. Żyjące w wodzie ryby współczesne są zapewne podobniejsze do wspólnych przodków ryb i kręgowców lądowych. Stąd dość długo przeważał pogląd, że funkcja hydrostatyczna pęcherza pławnego jest starsza od funkcji oddechowej płuc, a więc że pęcherz pławny jest strukturą pierwotną, z której powstały płuca czworonogów. Głębsze zrozumienie mechanizmów wymiany gazowej w wodzie i na lądzie, których tu nie można opisywać doprowadziło jednak zoologów do przekonania, że funkcja oddechowa jest pierwotniejsza, a więc że pęcherz pławny ryb powstał z pomocniczego narządu oddechowego. Uzasadnienie tego poglądu wymagało stworzenia hipotez opisujących pierwotne środowiska życia przodków kręgowców lądowych, oraz wskazania sił, które mogły tak skierować siły doboru naturalnego, aby w środowisku wodnym pojawiły się dwa odmienne kierunki specjalizacji. Jeden z nich wykorzystywał narządy powietrzne do uzyskania oszczędności energii wywołanej przez powiększenie wyporności ciała, drugi zaś, powodujący pojawienie się kolejnych przystosowań do życia na pograniczu ładu i wody, prowadził do opanowania środowiska lądowego.

Podobne hipotezy, w których skład wchodziły rozmaite przypuszczenia odnoszące się do budowy i sposobów życia nieznanymi stadiów pośrednich, znajomość mechanizmów rozwoju ontogenetycznego i warunków życia w rozmaitych środowiskach nazwano scenariuszami ewolucyjnymi. Rozwijały się one bujnie w bieżącym stuleciu, zaś ostatnio spotkały się z krytyką, wynikającą z dążeń do zwiększenia wiarygodności twierdzeń biologii. Scenariuszom zarzucono dowolność, nadmiar wyobraźni ich autorów, tworzenie błędnych kół w argumentacjach (np. hipotezę A można podbudować hipotezą B, tę z kolei hipotezą C, za którą przemawia hipoteza A), a przede wszystkim niewielką obalalność. Krytycy scenariuszy starają się zwiększyć wiarygodność twierdzeń ewolucyjnych przez rozszerzenie podstaw faktycznych, a więc zbadanie większej liczby gatunków i przez uwzględnienie w rozumowaniach struktur dotychczas zaniedbanych. Jest to

oczywiście bardzo pożądane. Będąc zwolennikiem scenariuszy sądzą jednak, że niektórych argumentów opierających się na przypuszczalnych funkcjach narządów nie można obalić nawet znacznym nagromadzeniem poszlak przeciwnych. Na przykład obecność stawu pozwalającego na zginanie podstawy czaszki, występująca u ryb trzonopłetwych i u najstarszych płazów wydaje się wskazywać na tak istotne podobieństwo w sposobie pobierania pokarmu, że nie mogą go obalić inne podobieństwa między współczesnymi płazami i rybami dwudysznymi — np. w budowie larwy, płuc i układu wydalniczego.

Spodziewaliśmy się, że pokrewieństwa prymitywnych kręgowców zostaną jednoznacznie rozwikłane po przeprowadzeniu badań metodami biochemicznymi. Nawet dla kogoś nie przywiązującego większej wagi do meritum sprawy, rozstrzygnięcie tego problemu jest interesujące, gdyż może on poprzeć lub podważyć jeden ze sposobów budowania hipotez ewolucyjnych opartych na danych anatomicznych. Warto więc się zapoznać z wynikami badań pokrewieństw molekularnych, które są na ogół uznane za poparcie bliskiego pokrewieństwa czworonogów z rybami trzonopłetwymi. Stwierdzono między innymi podobieństwo w budowie hemoglobiny beta latimerii i hemoglobiny kijanek płazów współczesnych. Inne podobieństwo tych organizmów, to budowa odcinków łączących egzony z intronami w zapisie hemoglobiny. Odcinki te u dwudysznych, spodoustych i kostnoszkieletowych mają odmienną sekwencję aminokwasów. Do tych samych wniosków skłania budowa fragmentów zapewniających polimeryzację cząsteczek hemoglobiny w tetramery, jak również budowa niektórych białek wchodzących w skład mieliny. Wydaje się, że te dane wystarczająco popierają pogląd o bliskim pokrewieństwie ryb trzonopłetwych i czworonogów, są więc zgodne z najszerzej przyjętym scenariuszem ewolucyjnym. Równocześnie te obserwacje zmniejszają poparcie dla wniosków rzekomo bardziej obiektywnych, wspierających się na porównaniach liczb podobieństw łączących taksony. Muszę jednak zaznaczyć, że nadzieje na jednoznaczne rozstrzygnięcie pokrewieństw nie potwierdziły się.

Przed wszystkim badaczom porównującym budowę łańcuchów hemoglobiny beta przy pomocy komputerów zarzucono, że nie użyli najlepszego programu. Powtórzono więc rachunek innym programem i wynik okazał się identyczny. Ponadto stosując również współczesne metody molekularne można dojść do wniosków odmiennych. Stwierdzono na przykład znaczne podobieństwo hemoglobiny alfa ryb kostnoszkieletowych, a nie trzonopłetwych, do hemoglobiny czworonogów. Jednak hemoglobina alfa jest znacznie silniej zróżnicowana od łańcuchów beta, można więc sądzić, że jej budowa jest raczej wynikiem świeżych zmian, a nie odbija odległej przeszłości, natomiast niewielka zmienność hemoglobiny beta powinna zapewniać lepszy przekaz pokrewieństw. Inni badacze stwierdzili podobieństwa łączące płazy z rybami dwudysznymi w budowie mitochondrialnego DNA. Jednak i w tym przypadku można wątpić w znaczenie podobieństw, gdyż wiadomo, że mitochondrialny DNA zmienia się bardzo szybko, a więc wydaje się nieprawdopodobne, aby mógł przechować bez zmian swą budowę przez przeszło 360 milionów lat. A więc, niestety, czy na szczęście, nie ma pełnej zgody co do pokrewieństw czworonogów. Potrzebne są dalsze badania i pogłębiona analiza ich wyników.

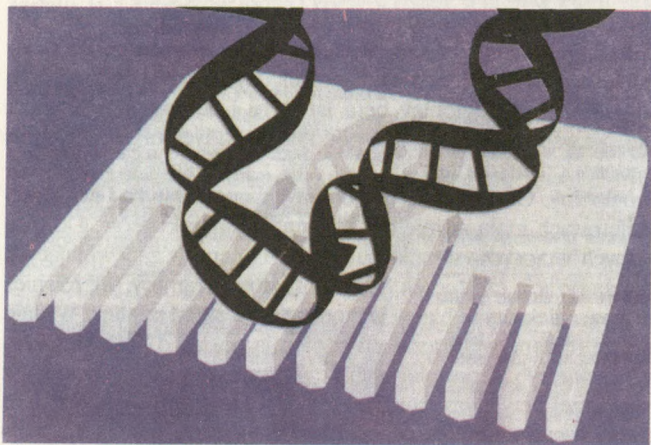
American Scientist 1993, 81: 72–82

Wpłynęło 12 III 1993

Henryk Szarski jest emerytowanym profesorem UJ.

„BANKOWE” DEPOZYTY MIKROORGANIZMÓW

Cechą charakterystyczną biotechnologii jest jej interdyscyplinarność. W sformułowaniu nazwy „biotechnologia” jest już ukryte połączenie różnorodnych tematycznie zagadnień w całość, umożliwiającą przetworzenie badań podstawowych w technologiczne przemysłowe. Dzięki poznaniu i zastosowaniu techniki inżynierii genetycznej nowoczesna biotechnologia stała się najmłodszą dziedziną przemysłu. Na większą skalę dopiero na początku następnego stulecia będziemy mogli w pełni ocenić efekty i skutki inżynierii genetycznej. Nowe odmiany roślin, np. te odporne na mrozy i zasolenia gleb, czy też nadprodukujące drugorzędne metabolity, będą zapewne dostępne handlowo pod koniec lat dziewięćdziesiątych, ale już obecnie można „siać” ziemniaki wolne od wszelkich zakażeń wirusowych w formie zarodków w otulinach żelowych zawierających składniki niezbędne dla rozwoju rośliny.



Cząsteczka kwasu nukleinowego DNA będąca nośnikiem informacji genetycznej może być stosunkowo prostymi metodami wydzielona w czystej formie

W zakresie praw własności intelektualnej w biotechnologii podstawowe znaczenie mają prawa patentowe. Zasadniczym celem ochrony patentowej jest zapewnienie właścicielowi patentu monopolistycznej pozycji wśród producentów i zagwarantowanie twórcom określonych korzyści materialnych. Jednocześnie wynalazca musi opublikować pełen i kompletny opis swego wynalazku, który podlega kontroli, a równocześnie umożliwia korzystanie z opisu po zakończeniu okresu ochrony patentowej (zazwyczaj, w większości państw dotyczy ona 20 lat).

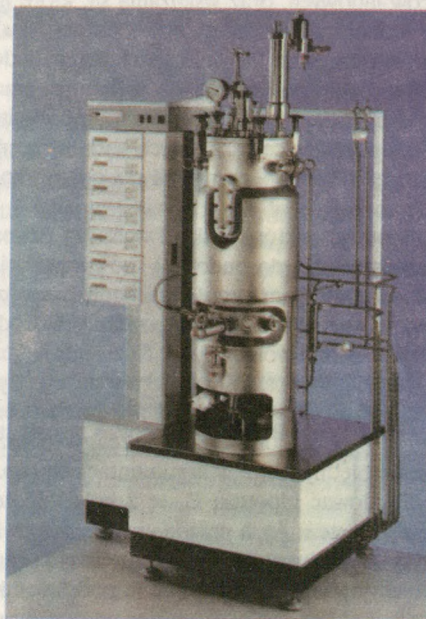
Zgodnie z wymaganiami stawianymi przez urzędy patentowe, przedmiot patentowania winien być opisany w sposób jednoznaczny i umożliwiający identyfikację oraz odtworzenie. W przypadku układów biologicznych istotnym problemem jest kwestia jednoznacznego opisu. Przykładowo, w odniesieniu do bakterii jest to zadanie bardzo trudne z kilku powodów. Kilkaście lat temu stosowano zasadniczo odmienne kryteria, aniżeli współcześnie; opis oparty na cechach mikrobiologicznych czy morfologicznych będzie inny, aniżeli w przypadku charakterystyki poprzez biologię molekularną i inżynierię genetyczną, np. w wyniku podania sekwencji genomu. Termin „mikroorganizm” obejmuje w tym kontekście bardzo zróżnicowane formy materii: grzyby, bakterie, protozoa, wirusy, glony, a również plazmidy i wektory, a zatem struktury kwasów nukleinowych.

Zastosowanie przepisów patentowych, dotychczas stosowanych głównie w odniesieniu do rozwiązań technicznych, do za-

gadnień biologicznych stworzyło szereg zupełnie nowych jakościowo kwestii. Trudne jest spełnienie pozornie prostego wymogu „jednoznacznego opisu” w odniesieniu do żywego organizmu jakim jest bakteria, czy też zapewnienie „reproduktywności opisu” przez osobę biegłą w sztuce w odniesieniu do mikroorganizmu, który może ulegać samoistnej mutacji. Również jednoznaczne zdefiniowanie „nowej”, czy też „zmodyfikowanej” formy układu biologicznego, stanowi trudny casus prawny.

Uogólniając problem można powiedzieć, że obecnie możliwe jest przede wszystkim patentowanie produktu (np. mieszaniny, kompozycji czy też urządzenia), względnie procesu technologicznego. W niewielu państwach dopuszczalne jest aktualnie patentowanie form żywych, co wiąże się ze stosowaniem określonych norm prawnych. Natomiast praktycznie wszędzie można patentować techniki prowadzące do uzyskania, np. zmodyfikowanego organizmu. W przypadku mikroorganizmów należy przede wszystkim wykazać, że jest to nowy preparat, a nie tylko odkryty, względnie, że został on wydzielony w sposób szczególny, nowatorski i nieoczywisty, a zastosowany do nieoczywistego cyklu technologicznego. Należy również wykazać, że dany mikroorganizm jest nowy, co oznacza, że do tej pory nie był jeszcze opisany i stosowany. Przykładowo, konieczne jest podanie sposobu skonstruowania nowego szczepu, czy też w jaki sposób i z czego go wydzielono. Ważną cechą są elementy identyfikujące przydatność i użyteczność nowego mikroorganizmu, a mianowicie jego odporność na temperaturę czy też szczególny sposób metabolizmu, np. zdolność do degradacji ropy naftowej. Opis taksonomiczny jak i powtarzalność właściwości mikroorganizmu wymagają dużej jednoznaczności charakterystyki. Wynika to między innymi z samoistnej zdolności drobnoustrojów do spontanicznej modyfikacji.

Problem „jednoznaczności” opisu układów biologicznych rozwiązano w sposób koncepcyjnie bardzo prosty. Wszystkie mikroorganizmy objęte zgłoszeniem patentowym muszą być złożone do depozytu w jednej z oficjalnie uznanych „depozytorni”, czyli kolekcji kultur uznanych przez biura patentowe na całym świecie. Międzynarodowe zasady działania kolekcji kultur (czyli



Bioreaktor

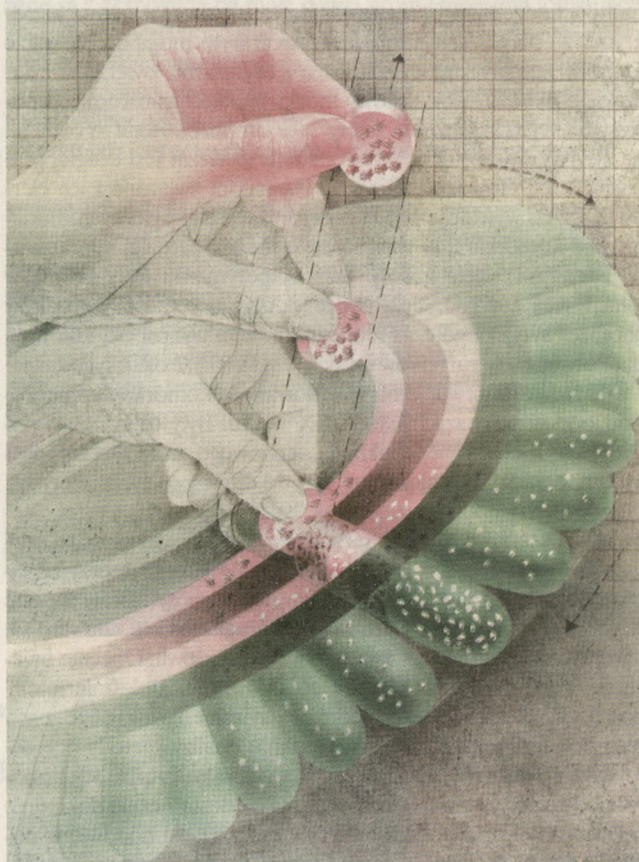


Wymywanie próbek z termosu chłodzonego ciekłym azotem w depozytorni mikroorganizmów

depozytorni) reguluje Traktat Budapeszteński (podpisany w 1977 r.) i obecnie ratyfikowany przez blisko 30 państw. Prawdopodobnie Polska w bieżącym roku ratyfikuje również ten traktat. Konwencja ta ustanowiła 18 Kolekcji Kultur uprawnionych do przyjmowania mikroorganizmów w depozyt. Znajdują się one w: Bułgarii, Francji, Holandii, Japonii, RFN, Rosji, USA, W. Brytanii oraz na Węgrzech. Dużym utrudnieniem są odmienne zasady obowiązujące w poszczególnych krajach w odniesieniu do daty założenia i terminu udostępniania depozytu.

Te ośrodki (za stosowną opłatą) przechowują i utrzymują w stanie aktywnym zdeponowane układy biologiczne. Najbardziej znaną na świecie i posiadającą największą kolekcję mikroorganizmów jest Amerykańska Kolekcja Kultur (*American Type Culture Collection*), zlokalizowana w Rockville, w stanie Maryland, USA. Bardzo istotne jest podkreślenie faktu, że depozytornie zobowiązane są do zachowania aktywności i czystości biologicznej otrzymanych preparatów. Wymaga to zachowania bardzo surowego reżymu technologicznego: stosowania niskich temperatur (chłodzenie w ciekłym azocie), okresowego namnażania kultur, kontrola aktywności biologicznej etc.

Zdeponowane próbki mikroorganizmów mogą być udostępniane tylko ściśle określonej grupie osób. Próbkę mogą otrzymać tylko eksperci urzędu patentowego oraz naukowcy dla celów *bona fide* badawczych względnie dydaktycznych. Jednakże



Wydzielanie próbek mikroorganizmów

żadne produkty ani wyniki badań pozyskane w wyniku stosowania preparatów otrzymanych z depozytorni nie mogą być wykorzystywane w celach komercyjnych, czy też przekazywane osobom trzecim. Każde udostępnienie próbki materiału biologicznego wymaga zgody właściciela (wynałazcy).

Prowadzenie centralnej, krajowej kolekcji kultur jest trudne i kosztowne, ale dla rozwoju nauki i przemysłu biotechnologicznego niezbędne, aczkolwiek efekty mogą być pozornie mało wymierne. Jednakże dla rozwoju krajowej biotechnologii jest to konieczne.

Wpłynęło 25 III 1993

Doc. dr hab. Tomasz Twardowski jest kierownikiem zespołu badawczego i zastępcą dyrektora w Instytucie Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu.

KRZYSZTOF SIUCIŃSKI (Warszawa)

INDUKCJA TRANSFORMACJI NOWOTWOROWYCH KOMÓREK IN VITRO PRZEZ PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Skutki, według których klasyfikuje się działanie promieniowania jonizującego na żywy organizm, są różne. Jednym z nich może być karcinogeneza postradiacyjna, czyli powstanie i rozwój nowotworu, jako następstwo napromieniowania.

Prawdopodobieństwo wystąpienia choroby nowotworowej zależy od wielu warunków, w jakich nastąpiła ekspozycja: rodzaju promieniowania (alfa, beta, gamma, neutronowe), mocy dawki,

czasu trwania ekspozycji (krótka, długa, frakcjonowana), sposobu napromieniowania (wewnętrzne, zewnętrzne) etc.

Wiele problemów związanych z wpływem promieniowania jonizującego na indukcję nowotworów wyjaśniły badania na zwierzętach. Było to możliwe dzięki potwierdzeniu, że nowotwory występujące u zwierząt są podobne pod względem pochodzenia, rozwoju i budowy do nowotworów u ludzi. W rozwoju badań

nad pochodzeniem i powstawaniem nowotworów pomogło odkrycie, że przekształceniom nowotworowym mogą ulegać także komórki somatyczne wyizolowane z organizmu zwierzęcia i hodowane *in vitro*. Komórkowy model badania transformacji nowotworowych *in vitro* ma zalety, których pozbawione są badania na żywych zwierzętach. Wykorzystanie zwierząt jest drogie, pracochłonne i długotrwałe, a poza wszystkim związane z ich cierpieniem, co wywołuje protesty organizacji ekologicznych. Badania nad komórkami *in vitro* są dużo tańsze, bardziej humanitarne i trwają o wiele krócej: czas eksperymentu liczy się nie w latach, lecz w tygodniach. Na przykład dla komórek zarodków chomika syryjskiego czas jednego badania wynosi ok. 10 dni, a dla fibroblastów zarodków mysich C3H 10T1/2 ok. 6 tygodni.

Pierwsze obserwacje na wyizolowanych komórkach przeprowadzono w pierwszych latach XX wieku. Były to komórki pochodzące z centralnego układu nerwowego żaby. Początkowo kultury komórkowe niezdolne były do dłuższego życia. Pierwszą długowieczną hodowlę założył w 1912 roku Alexis Carrel. Stanowiły ją komórki mięśnia sercowego 7-dniowego zarodka kurczęcia. Mimo iż hodowla ta przetrwała 34 lata, niektórzy badacze zgłaszali wątpliwości co do jej autentyczności. Brały się one stąd, że nikomu prócz Carella przez długi czas nie udało się stworzyć i utrzymać przy życiu podobnej hodowli. Obecnie uważa się, że Carrel, wbrew temu co sądził, nie „unieśmiertelnił” komórek. Bardzo prawdopodobne wyjaśnienie długiego życia jego hodowli znaleziono po dokonaniu analizy metody przygotowywania pożywki. Ekstrakt z embrionów kurcząt, który stanowił podstawowy składnik pożywki, był niedostatecznie dokładnie oczyszczany i prawdopodobnie cyklicznie zasilał hodowlę w nowe komórki. Wskazywał na to fakt, że okresy wzmożonej proliferacji pokrywały się z okresami dodawania do hodowli świeżego ekstraktu.

Właściwy rozwój badań nad transformacjami nowotworowymi rozpoczął się wraz z powstaniem linii komórek L i HeLa.

Linia L powstała w 1940 roku z komórek tkanki podskórnej powłok brzusznych samca myszy szczepu C3H i była zdolna do nieograniczonego odtwarzania się nawet z pojedynczej komórki. Komórki linii L po wstrzyknięciu do ciała zdrowej myszy powodowały rozwijanie się u niej guza nowotworowego. Inna sławna linia komórkowa została utworzona w 1951 roku z pojedynczej komórki nowotworowej. Nazwano ją HeLa od pierwszych liter imienia i nazwiska czarnoskórej pacjentki Henrietty Lacks, od której poprzez biopsję pobrano komórki z guza rdzenia kręgowego.

We wczesnym okresie badań nad hodowlami stosowano tylko trzy typy komórek: fibroblasty, makrofagi i komórki epitelialne (nabłonkowe). Obecnie dobierając we właściwy sposób warunki hodowli można uzyskać przeżywanie, rozmnażanie i różnicowanie innych typów komórek, zachowujących charakterystyczną morfologię, np. komórek glejowych, komórek mięśniowych, komórek szpiku etc.

Jedną z dziedzin nauki, która udowodniła celowość tworzenia i rozwijania hodowli komórkowych, okazała się onkologia, a w jej ramach badanie transformacji nowotworowych *in vitro*.

Pod względem morfologicznym obraz transformacji nowotworowej w hodowli można przedstawić następująco: komórki prawidłowe (nietransformowane) mają właściwość kontaktowego zahamowania ruchu i wzrostu. Polega ona na tym, że w miejscu zetknięcia się dwóch komórek dochodzi do znacznego ograniczenia ruchomości błony komórkowej. Wskutek tego, w hodowli komórek prawidłowych po osiągnięciu maksymalnej gęstości, układają się one w jednej warstwie wzdłuż siebie, w przybliżeniu równolegle i nie zachodzą na siebie. Hodowla wchodzi w okres zahamowania kontaktowego, nie ma dalszego wzrostu, występują w niej jedynie nieliczne podziały mitotyczne uzupeł-

niające komórki, które zwyrodniały i oderwały się od podłoża. Taki stan hodowli określa się jako konfluencja.

Zupełnie inaczej natomiast zachowują się komórki transformowane. Nie wykazują zahamowania kontaktowego wzrostu: zachodzą na siebie, tworzą kilka warstw, często krzyżują swe długie osie i nie przestają się dzielić. Komórki transformowane mają właściwości nowotworowe i po wszczepieniu do ciała zwierzęcia (np. myszy) powodują rozwój guza nowotworowego.

Mechanizmu transformacji komórki nie poznano dokładnie. Wiadomo jednak, że przebiega w kilku etapach. Pierwszy z nich, określany jako inicjacja, następuje pod wpływem dowolnego czynnika rakotwórczego na komórkę, np. promieniowania jonizującego. Uważa się, że jest to etap często odwracalny i promieniowanie może, ale nie musi powodować uchwytne zmiany w strukturach komórki. Inicjacja nie przebiega według zasady wszystko-albo-nic, lecz osiąga różne stopnie natężenia. W każdej komórce istnieje wiele tzw. tarcz, które poprzez absorpcję promieniowania wchodzi z nim, jako z karcinogenem, w interakcję. Tarcze zlokalizowane są w molekułach (np. w DNA) i w otaczającym je środowisku. Jako środowisko rozumiana jest przede wszystkim woda. Toksyczne produkty działania promieniowania jonizującego na wodę (głównie wolne rodniki $H^{\bullet}$, $OH^{\bullet}$ oraz H_2O_2) pośrednio wpływają na reakcje komórkowe, zmieniając warunki fizykochemiczne i kierunki poszczególnych przemian zachodzących w komórce. Im więcej tarcz jest trafionych, tym wyższy poziom inicjacji. Jednakże maksymalny poziom inicjacji może zostać osiągnięty na długo przed trafieniem wszystkich tarcz, np. po trafieniu 50% z nich. Wtedy trafienia dodatkowych punktów nie podwyższają już poziomu inicjacji, to znaczy nie zwiększają narażenia komórki na transformację nowotworową.

Drugi etap kształtowania się nowotworu, to etap trwający kilka godzin po inicjacji, w którym na drodze szybkiej replikacji genomu następuje utrwalenie tego zmienionego stanu komórki. Etapowi temu nadano nazwę promocja.

Trzeci i ostatni etap transformacji, tzw. progresja, ma miejsce wtedy, gdy zmienione komórki w wyniku wielu podziałów mitotycznych ostatecznie ujawniają swe cechy nowotworowe, np. zdolność do niekontrolowanego niczym namnażania, brak morfologicznego i funkcjonalnego zróżnicowania komórek w ognisku transformacji.

Dotychczasowe badania w większości dotyczyły transformacji nowotworowych w hodowlach komórkowych napromieniowanych ze źródeł zewnętrznych. Transformacja neoplastyczna może być także indukowana przez promieniowanie ze źródeł wewnętrznych, tj. od radionuklidów zdeponowanych w strukturach komórki. Badania realizowane na hodowlach komórkowych, rosnących w pożywkach, zawierających tymidynę z wbudowanym trytem wykazały, że indukował on transformacje, których częstotliwość była związana z pochłonięciem przez komórkę dawki promieni beta trytu. Natomiast wyniki badań transformacji nowotworowych wśród komórek eksponowanych na trytowaną urydynę, wykazały brak uchwytne efektu. Jak wiadomo, tymidyna wchodzi w skład DNA zawartego głównie w jądrze, a urydyna jest składnikiem RNA zawartego przede wszystkim w cytoplazmie komórki. Nasuwa się wniosek, że najsilniejsze działanie karcinogenne wywiera tryt wbudowany w DNA, nieskuteczny zaś jest tryt wbudowany w RNA komórki. Jest to jeszcze jedno potwierdzenie faktu, że jądro komórki jest o wiele bardziej wrażliwe na działanie promieni jonizujących niż cytoplazma.

W jednym z numerów czasopisma „Nature” opisano wyniki, jakie otrzymano po ekspozycji hodowli komórek embrionalnych chomika syryjskiego na różne dawki promieni X. Sens doświadczenia polegał na porównaniu efektów działania pojedynczej dawki 50 cGy (50 radów) z efektem działania dwóch dawek po 25 cGy każda, podanych w odstępie 5 godzin. W drugiej części

doświadczenia analogicznie stosowano dawkę 75 cGy (75 radów) i dwie dawki po 37,5 cGy każda. W trzeciej części użyto odpowiednio dawek 150 cGy (150 radów) oraz dwa razy po 75 cGy.

Okazało się, że podanie niskich dawek (25 cGy, 37,5 cGy) w niedużym odstępie czasu powoduje powstanie większej liczby transformacji nowotworowych, niż zastosowanie dwa razy większych (50 cGy, 75 cGy), ale pojedynczych dawek promieni X. Natomiast wynik odwrotny otrzymano w przypadku zastosowania dawki wyższej (150 cGy). Podzielenie jej na dwie dawki (po 75 cGy) spowodowało, że liczba transformacji nowotworowych wśród komórek była mniejsza, niż po dawce pełnej, niepodzielonej.

Wart odnotowania jest również fakt, że niezależnie od wysokości dawek, dzielenie zarówno niskich dawek, jak i wysokiej dawki dawało efekt oszczędzania komórek w postaci mniejszej liczby komórek zabitych. Przeżywalność komórek była większa we wszystkich przypadkach stosowania dawek frakcjonowanych. Fakt ten sugeruje, że mechanizm naprawczy odpowiedzialny za przeżycie komórki jest inny niż mechanizm odpowiedzialny za transformację nowotworową komórki.

Wyniki te, wskazujące, że transformacje nowotworowe zwią-

zane są z ekspozycją na małe dawki promieniowania jonizującego, mogą w przyszłości mieć pewne znaczenie w ochronie radiologicznej. Wiadomo bowiem, że zarówno pracownicy zatrudnieni przy źródłach promieniotwórczych, jak i pozostała ludność są narażeni najczęściej na działanie wielu małych dawek (ze źródeł naturalnych i sztucznych) niż na dawkę dużą, ale pojedynczą.

Zbadanie karcinogenezy postradiacyjnej na poziomie komórkowym i molekularnym pozwoli zrozumieć procesy biochemiczne prowadzące od komórki prawidłowej do komórki zmienionej nowotworowo. Jeśli bowiem uznamy za słuszną teorię, która mówi że guz nowotworowy wywodzi się od pojedynczej komórki, to poznanie mechanizmu transformacji nowotworowej w komórce *in vitro* dostarczy informacji na temat wczesnych etapów rozwoju guza i pozwoli precyzyjnie oszacować ryzyko jego powstania po napromieniowaniu organizmu.

Wpłynęło 16 X 1992

Krzysztof Siuciński, lekarz weterynarii pracuje w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie.

EUGENIUSZ KOŚMICKI (Poznań)

KOMPOZYCJE ROŚLINNE. PRÓBA ESTETYKI OGRODOWEJ*

W krajach Europy Zachodniej posiadanie własnego domu z pięknym ogrodem stało się marzeniem wielu ludzi. Po drugiej wojnie światowej przeciętne ogródki przydomowe stały się jednak o wiele mniejsze niż poprzednio. Stanowią one obecnie już nie miejsce produkcji owoców czy warzyw, ale przede wszystkim „przedłużenie” posiadanej powierzchni mieszkalnej. Rozwój turystyki i środki masowego przekazu wpłynęły także na rozwój nowych idei o sztuce ogrodowej. Chodzi tu szczególnie o ogrody w krajach śródziemnomorskich lub Dalekiego Wschodu. Innym czynnikiem staje się szybki rozwój świadomości ekologicznej wyrażającej się w przekonaniu, że ogród stanowi także specyficzny ekosystem, gdzie żyją razem różnorodne rośliny i zwierzęta. Wygląd samych ogrodów wskazuje zawsze na stosunek ich właścicieli do przyrody.

Obecnie ukazują się wiele książek ogrodniczo-botanicznych o różnym charakterze i przeznaczeniu. Do bardzo oryginalnej i interesującej należy jednak niewątpliwie książka niemieckiego autora Friedolina Wagnera *Kompozycje roślinne. Próba estetyki ogrodu*. Jego punkt obserwacji i doświadczeń wyznacza własny, prywatny ogród przydomowy. F. Wagner należy do znanych malarzy niemieckich, który jest jednocześnie namiętnym ogrodnikiem. Stąd też próbuje on przenosić zasady tworzenia barwnych obrazów na tworzenie barwnych kompozycji ogrodowych. Jego celem jest wyrażona m. in. w książce idea tworzenia kompozycji ogrodowych, które by zachowywały swoje piękno w ciągu całego roku.**

Pojawia się tutaj podstawowe pytanie: Jaki charakter posiadają współczesne ogrody przydomowe? Aby je zrozumieć, sięgnąć trzeba do początku naszego stulecia. Rozwinął się wtedy tzw. „styl młodzieżowy”, który dążył do syntezy sztuki, życia i natury. Kierunek ten szukał duchowych inspiracji w życiu wsi i w

ogrodach chłopskich. Zwłaszcza w Anglii rozwinął się charakterystyczny ścisły związek między ogrodem a domem. „Odkryto” wtedy małe ogródki robotników rolnych (tzw. *cottagegardens*) z ich „staromodnymi” kwiatami. W. Robinson, G. Jekyll, E. Willmott występowali w Anglii przeciwko „sztuczny” rabatom kwiatowym.*** Na początku naszego stulecia powstały sławne do dzisiaj ogrody w Sissinghurst (założony przez V. Sackville-West) i w Hindcote (L. Johnson). W ciągu XVIII i XX w. wprowadzono z Ameryki i Azji wiele ciekawych roślin ozdobnych, zwłaszcza bylin i krzewów. Najbardziej znanymi podróżnikami-botanikami byli tutaj W. Purdon, R. Farrer, E. H. Wilson czy F. Kingdon-Ward. Jako szczególnie bogate w ciekawe i oryginalne rośliny uchodziły Chiny i Japonia — dostarczały one wiele nowych gatunków czy też nawet od dawna już uprawianych funkcji, lilii, wiśni ozdobnych, piwonii czy różaneczników i azalii. Duży był też wpływ ogrodniczej sztuki Dalekiego Wschodu na kształtowanie ogrodów ozdobnych. Jednocześnie silnie oddziaływały Stany Zjednoczone, gdzie popularne stały się tzw. bungalowy powiązane ściśle z ogrodem — te ostatnie traktowane jako „część” powierzchni mieszkalnej. Obecnie różnorodność stylów ogrodniczych i bogactwo uprawianych roślin umożliwiają bardzo różnorodne kształtowanie ogrodów. Zwłaszcza w Anglii dba się o wzajemne powiązania pomiędzy ogrodem, domem i krajobrazem. Nie zawsze jest ono jednak możliwe, szczególnie w dużych miastach. Obecny dom F. Wagnera pochodzi z lat trzydziestych naszego wieku. Znajduje się on w Hamburgu i pierwotnie przeznaczony był dla dużej rodziny robotniczej. Właściwości gleby, stan roślinności, położenie ogrodu czy lokalny klimat wyznaczają zawsze podstawowe granice i możliwości kształtowania ogrodów. Trzeba je koniecznie dobrze poznać, zanim przystąpi się do tworzenia ogrodu.

Istotne znaczenie w kształtowaniu ogrodu posiada twórcza

* Friedolin Wagner, *Gestalten mit Pflanzen. Versuch einer Ästhetik des Gartens*. Mit 72 Fotos von Marian Nickig, Stuttgart 1990, Verlag Eugen Ulmer, s. 125.

** O kompozycjach kwiatowych pisze ciekawie G. Zinkernagel i Reinhild Hofmann, *Der harmonische Garten. Wie Pflanzen zusammenstellen*, Stuttgart 1990. Jako kompozycje roślinne charakteryzują autorki zestawienie ze sobą kilku ciekawych roślin ozdobnych, które kwitną w tym samym czasie.

*** Por. książkę G. Jekyll, *Pflanzenbilder aus meinem Garten*, Stuttgart 1988. Książka G. Jekyll napisana na początku XX wieku posiada do dzisiaj dużą wartość jako obecnie klasyczna praca z zakresu kompozycji ogrodowych (zwłaszcza barwnych zestawień roślin).

osobowość jego właściciela czy użytkownika. Na początku rozstrzygnąć trzeba podstawowy problem: czy jest się miłośnikiem roślin czy też miłośnikiem ogrodu? Miłośnika roślin zadowala kolekcja wielu interesujących roślin lub też wybrane — najbardziej pożądane — rośliny. Natomiast miłośnicy ogrodów przywiązują dużą wagę do kompozycji roślinnych, a także wzajemnych relacji domu i ogrodu. Sam F. Wagner stara się unikać przedstawionych powyżej skrajnych pozycji. Dla niego równie ważny jest dobry stan rozwoju roślin i uwzględnianie ekologicznego punktu widzenia jak też „estetyczny” punkt widzenia. Może to stanowić sprzeczność wobec „czysto estetycznego” punktu widzenia w kształtowaniu sztuki ogrodniczej. Ciągła obserwacja roślin i rozbudzona wyobraźnia może prowadzić do stworzenia „ogrodu własnych marzeń”. F. Wagner odrzuca tradycyjną rabatę bylinową, gdyż ta ostatnia uwzględnia tylko w małym stopniu potrzeby i sposoby reakcji wielu roślin. Przykładowo wiele stosowanych bylin rozrasta się bardzo szybko — stąd też należy je dzielić.

Dla F. Wagnera podstawową rolę w ogrodzie odgrywa obecnie „mieszana kompozycja roślin” — byliny różnych gatunków i odmian razem z iglakami i drzewiastymi roślinami średniej wielkości. Taki sposób kompozycji roślin stanowi poniekąd twórczy rozwój tak popularnej do niedawna rabaty bylinowej. Wymieniona kompozycja uzupełniona jest przez rośliny jednoroczne, cebulowe czy też rośliny, które nie są odporne na mróz w naszym klimacie. Takie rośliny jak funkcie, bergenie czy bambusy są równie ważne jak kwitnące pięknie byliny. W kompozycji roślin ważna jest zarówno pożądana trwała struktura kompozycji roślinnej, jak też jej optyczna forma. Należy unikać tutaj chaosu, który panuje często w ogrodach ozdobnych. Występuje on wówczas, gdy poszczególne jego części nie są ze sobą wzajemnie powiązane. Trzeba podkreślić wagę indywidualnych doświadczeń ogrodniczych przy tworzeniu kompozycji roślinnych. Stąd też zwiedzanie innych ogrodów powinno stanowić przyjętą praktykę właścicieli ogrodów.

Barwy i formy kompozycji w ogrodach wynikają z twórczych działań mistrzów sztuki ogrodniczej. Umiłowane barwy wynikają głównie z dotychczasowych przeżyć estetycznych, przyjętych stereotypów, czy aktualnych mód. Młodzi ludzie preferują zazwyczaj barwy intensywne, a więc bardziej pobudzające zmysły i wyobraźnię. Natomiast rośliny drzewiaste tworzą poprzez swoją odpowiednią formę konieczny kontrast. Stąd też przycinanie drzew i krzewów należy do najstarszych składników sztuki ogrodniczej. Właściwie istnieją tylko trzy podstawowe barwy: żółta, czerwona i niebieska. Natomiast wszystkie pozostałe są ich mieszaninami. W ujęciu F. Wagnera wystarczą w ogrodzie przynajmniej główne trzy barwy i ich odcienie, aby ukształtować harmonijny, a jednocześnie interesujący ogród ozdobny.

Znane są szeroko sławne „białe ogrody”, które są często nadszadowane. Białe kwiaty na tle ciemnej zieleni są bardzo piękne i „błyszczą” o zmierzchu. Można je stosować wszędzie tam, gdzie próbuje się skierować wzrok gości czy też zwiedzających. Mogą być też one bardzo użyteczne w cienistych ogrodach. Białe kwiaty tworzą razem z jasnożółtymi i niebieskimi bardzo ciekawe kompozycje. Natomiast żółte kwiaty podobnie jak żółte ubarwienie liści tworzy ciekawą iluzję światła słonecznego. Potrzeba niewiele roślin żółtokwiatnych, aby otrzymać odpowiednie działanie optyczne. Znakomicie uzupełniają się też żółte kwiaty z niebieskimi (w małej ilości). Kolor niebieski sugeruje odległość i spokój. Szczególnie ulubiona była niebieska barwa przez znaną angielską założycielkę ogrodów G. Jekyll. Bardzo piękne są niebieskie kwiaty razem z niewielką ilością pomarańczowych. Także drzewa i krzewy z żółtym ulistnieniem stanowią doskonałe tło dla kwiatów o różnych odcieniach barwy niebieskiej. Ciekawe kompozycje barwne tworzą kwiaty o barwie purpurowej czy szkar-

łatnej. W sławnym ogrodzie angielskim z „czerwonymi rabatami” w Hindcote zestawiono razem wiele roślin ze szkarłatnymi i żółtymi kwiatami na tle roślin drzewiastych z purpurowym ubarwieniem liści.

Ogólnie są jednak liście ważniejsze od kwiatów, gdyż są o wiele trwalsze od kwiatów. Angielska mistrzyni sztuki ogrodniczej B. Chatto przyjęła już w latach siedemdziesiątych, że ogromne znaczenie mają rośliny z ozdobnymi liśćmi. Od tego czasu przywiązuje się ogromną wagę do liści i ogólnej sylwetki roślin ogrodowych.* Ten aspekt sztuki ogrodniczej posiada szczególne znaczenie w małych ogrodach miejskich. Obecnie znanych jest wiele ciekawych roślin z ozdobnymi liśćmi. Są to zarówno rośliny drzewiaste do małych ogródków przydomowych, byliny z dużymi liśćmi, ozdobne trawy czy rośliny, które nie są mrozoodporne w naszym klimacie. Dużą rolę odgrywają też rośliny z barwnymi liśćmi. Szczególnie zalecane są rośliny z purpurowymi liśćmi w pobliżu budynków. Bardzo efektowne też są rośliny z szarym czy niebieskosrebrzystym ubarwieniem liści. Większość tych roślin wymaga jednak słonecznych stanowisk, a także nie znosi nadmiaru wody. Do ciekawych roślin — zwłaszcza w małych ogrodach miejskich — należą te rośliny z częściowym żółtym lub białym ubarwieniem liści. Rośliny z takim ubarwieniem liści polecić można zwłaszcza do cienia i półcienia, gdzie mogą wywołać specjalny nastrój.

Niewątpliwie ważne znaczenie posiada sztuka sadzenia roślin. Konieczne są bardzo zróżnicowane metody i podejścia w przypadku stosowania w ogrodach iglaków, róż, roślin pnących, roślin cebulowych i bulwiastych, roślin jednorocznych, roślin okrywowych, traw, czy wreszcie roślin wymagających specjalnej opieki. Iglaki są wprost „cudowne” w ogrodach, gdyż tworzą „element malarsko-poziomy” lub „akcent-pionowy”. Działanie tych roślin widoczne jest szczególnie w zimie. Według F. Wagnera, nie należy stosować zbyt wielu iglaków w przypadku małych powierzchni ogrodowych, gdyż wywołują one wrażenie dysharmonii, a także „zmniejszają” wielkość ogrodu. Krzewy róż nie są szczególnie atrakcyjne w monokulturach, gdzie też łatwo padają ofiarą licznych chorób i szkodników. Obecnie występuje wiele ciekawych „typów” róż („nowoczesne” krzewy różane, róże pnące, róże herbaciane, gatunki botaniczne, róże miniaturowe, róże „okrywowe”). Dużym zainteresowaniem cieszą się współcześnie stare odporne odmiany róż, a także róże botaniczne. Często jednoroczne rośliny kwiatowe są najbardziej wskazanymi „partnerami” tych znanych „roślin kwiatowych”. Rośliny pnące są szczególnie przydatne w małych ogródkach przydomowych. Oprócz bardzo oryginalnych roślin krzewiastych znanych jest tutaj wiele roślin jednorocznych. Trudno sobie wyobrazić jakikolwiek ogród ozdobny bez roślin cebulowych i bulwiastych. Tulipany, narcyzy, cesarskie korony tworzą znane wiosenne „barwne plamy” w ogrodach. Natomiast małe rośliny cebulowe (ranniki, cebulice, śnieżyce, przebiśniegi) są „niezbędne” w każdym ogrodzie, gdyż należą do pierwszych kwiatów wiosennych. Przy tym rozsiewają się same zajmując wciąż nowe obszary, zwłaszcza pod drzewami lub krzewami. W ogrodach ozdobnych nie można też zapominać o takich wspaniałych roślinach jak: lilie, czosnki ozdobne, dalie czy zimowity. Natomiast rośliny jednoroczne stanowią w ogrodzie pewnego rodzaju „luksus”. Jednakże opłaca się ich stosowanie ze względu na piękne ubarwienie lub pokrój roślin. Przykładowo niektóre rośliny jednoroczne odznaczają się pięknym niebieskim ubarwieniem kwiatów (m. in. *Convulvulus tri-color*, kalifornijska *Phacelia campanularia* czy *Nemophila menziesii*).

* Beth Chatto opisuje własne doświadczenia ogrodnicze w bardzo interesującej książce: *Im grünen Reich der Stauden. Der neue englische Staudengarten*, Stuttgart 1991 (oryginalne wydanie angielskie B. Chatto, *The Green Tapestry*, London 1989, William Collins).

Dużym zainteresowaniem właścicieli ogrodów cieszą się rośliny okrywowe, gdyż utrudniają one lub nawet uniemożliwiają rozwój chwastów. Obecnie znanych jest wiele pięknych roślin okrywowych. Są też one bardzo pomocne w przypadku kwitnących wczesną wiosną roślin cebulowych. Do najciekawszych roślin okrywowych należą m. in. poziomkówka indyjska *Duchesnea indica*, kaukazka niezapominajka *Brunnera macrophylla*, różne gatunki płucnic *Pulmonaria*. Trawy stały się bardzo popularne w wielu ogrodach. Stosuje się je razem z wrzosiarni, bylinami lub przed krzewami. Na obszarach o łagodniejszym klimacie dużym powodzeniem cieszą się różne gatunki bambusów, a także takie piękne gatunki jak: *Pennisetum orientale* czy trawa pampasów *Cortaderia selloana*. Poza tym istnieje jeszcze wiele innych pięknych gatunków traw (m. in. w rodzajach: *Hakonechloa*, *Molinia*, *Milium*, *Carex*). Uzupełnieniem roślin ogrodowych są rośliny uprawiane w pojemnikach — przechowywane w okresie zimy w pomieszczeniach zabezpieczonych przed mrozem.

Szczegółowe problemy związane z estetyką ogrodów wiążą się m. in. z rolą drzew w małych ogrodach, oddziaływaniem cienia i korzeni na rosnące w nim byliny, statusem wiosennego ogródka bylinowego, rabatami przed domem czy wreszcie zbiornikiem wodnym w ogrodzie lub też wyglądem ogrodu w zimie. Do małych ogródków przydomowych nadają się znakomicie jabłonie i wiśnie ozdobne, gdyż w okresie wiosny (kwiaty), a także jesieni (ubarwienie liści) odznaczają się swoistym pięknem. Obok nich wymienić można szereg innych gatunków drzew m. in. azjatyckie klony, dekoracyjne głogi i jarzębiny. Inny problem tworzą w ogrodzie stare drzewa, które oddziałują silnie na pozostałą

szatę roślinną. Jednakże w wyniku prostych zabiegów pielęgnacyjnych uprawiać można pod tymi starymi drzewami szereg interesujących roślin ceniolubnych (m. in. funkcie, paprocie, berzenie, *Epimedium*), a także wiosennych roślin cebulowych. Trudno wyobrazić sobie ogród ozdobny bez „kącika wiosennego”. Kwitnienie roślin w takim ogrodzie utrzymuje się od marca do połowy maja. Do najważniejszych roślin należą tutaj ciemierniki, szereg roślin cebulowych i bulwiastych (m. in. krokusy, szafirki, zawilce, cebulice, botaniczne narcyzy i tulipany), a także niskie różaneczniki. W miastach uprawiać można koło murów domów szereg pięknych roślin ciepłolubnych, które nie udają się w bardziej otwartych ogrodach. Bezpośrednio przy domu stworzyć można rabatę z takimi wrażliwymi roślinami. Ich lista staje się obecnie coraz dłuższa. Przy odpowiednim zabezpieczeniu udają się nawet rośliny subtropikalne. Od niedawna wzrosło zainteresowanie urządzeniem sztucznych stawów ogrodowych, gdzie rosną liczne rośliny wodne i bagienne. Popularne są również „wilgotne zakątki” w ogrodach. Są one wymarzone miejscem dla pierwiosnków i wielu innych ciekawych roślin. Nie można zapominać o estetyce ogrodu w zimie. Co więcej, w okresie zimy kwitnie szereg ciekawych roślin, zwłaszcza krzewów. Udują się one dobrze także w warunkach Europy Środkowej pod warunkiem, że nie ma zbyt ostrej zimy.

Wpłynęło 9 III 1993

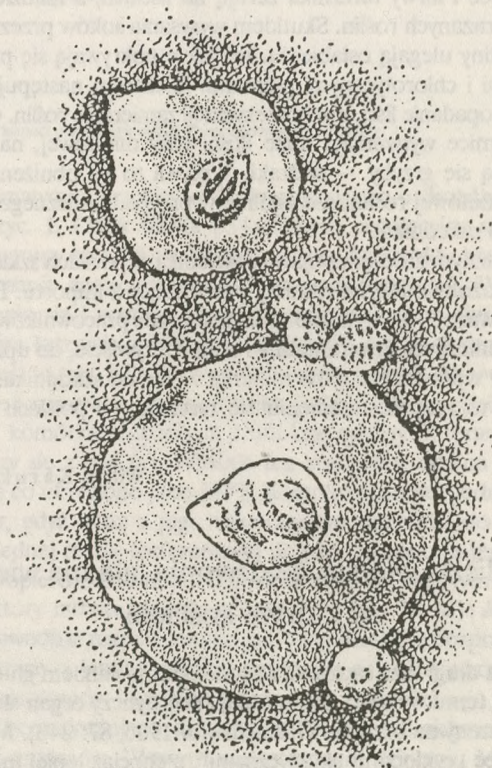
Doc. dr hab. Eugeniusz Kośmicki jest pracownikiem Zakładu Socjologii Wsi w Akademii Rolniczej w Poznaniu.

DROBIAZGI

Wystąpienie tarczніка *Aspidiotus destructor* Signoret na okazach draceny

W lipcu 1992 roku na szklarniowych okazach draceny *Dracaena spp.* zakupionych przez polskiego hodowcę z Wybrzeża Kości Słoniowej, stwierdzono obecność tarczników z gatunku *Aspidiotus destructor* Signoret. W dostępnej literaturze nie znaleziono danych na temat zanotowania wspomnianego gatunku na terenie Polski. Dlatego też celowe jest przybliżenie polskiemu czytelnikowi najistotniejszych informacji na temat tego owada.

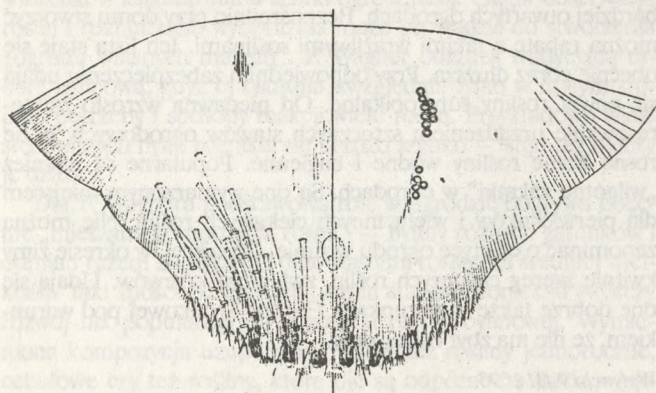
Podobnie jak u innych tarczników, larwy i samice *Aspidiotus destructor* wytwarzają charakterystyczną tarczkę. Tarczka samicy jest okrągła lub owalna, szarobiała, z wylinkami odkładanymi centralnie (ryc. 1). Średnica tarczki — 1,5–2,0 mm. Ciało samicy jest silnie spłaszczone, gruszkowate, żółtawe, długości 1,5–1,8 mm. Podobnie jak u innych tarczników, dzieli się ona na głowotulów i odwłok. Odnóża, czułki i oczy są silnie zredukowane. Cztery ostatnie segmenty odwłoka tworzą tzw. pygidium, bardzo istotne przy oznaczaniu gatunku. Budowę pygidium samicy *Aspidiotus destructor* przedstawiono na ryc. 2. Larwy I stadium (tzw. wędrowiec lub łazik) są ruchome, zaopatrzone w trzy pary odnóży, długości 0,1–0,3 mm. Po znalezieniu właściwego miejsca do żerowania, wbijają one do tkanek roślin klujkę i zaczynają czerpać ich soki. Odtąd larwy, a następnie samice pozostają nieruchome w tym samym miejscu. Larwy samców także tworzą tarczki, lecz kształtu owalnego (ryc. 1). Po przepoczwarczeniu dorosły samiec odchyła tarczkę i wychodzi na zewnątrz. Samce mają długość ok. 1 mm. Są one zaopatrzone w jedną parę skrzydeł, natomiast odwłok wyciągnięty jest w długi, cienki stylus po-



Ryc. 1. *Aspidiotus destructor*: tarczka samicy (na dole) i samca (u góry) (wg Borchseniusa)

mocny przy kopulacji. Samce mają za zadanie tylko zapłodnienie samic, i dlatego nie pobierają pokarmu i żyją stosunkowo krótko.

Aspidiotus destructor jest polifagiem, atakującym szereg gatunków roślin, głównie zdrewniałych. W krajach tropikalnych jest on poważnym szkodnikiem w uprawach takich roślin jak herbata, kawa, palma kokosowa, pieprzowiec, różne drzewa owocowe (cytrusy, figi, oliwki, gatunki z rodzaju *Prunus* itp.) i innych roślin uprawnych — zdrewniałych. W europejskich szklarniach szkodnik ten może rozwijać się na różnych roślinach oz-



Ryc. 2. Pygidium samicy *Aspidiotus destructor* (wg Balachowsky'ego)

dobnych, jak jukka, dracena, palmy, pandan, agawa itp. Dokładna liczba roślin żywicielskich tarczніка nie jest znana. Jest ona jeszcze bardzo duża. Przykładowo, Dekle podaje, iż na Florydzie gatunek ten atakuje 300 różnych roślin żywicielskich.

Jest to gatunek szeroko rozpowszechniony w strefie tropikalnej i subtropikalnej. W Europie wykazywany ze szklarni m. in. Niemiec, Włoch i Malty. W warunkach klimatu umiarkowanego, a więc także w Polsce, może się on rozwijać tylko w szklarniach.

Samice i larwy tarczніка żerują na liściach, a rzadziej owocach porażanych roślin. Skutkiem wysysania soków przez szkodniki rośliny ulegają osłabieniu. Ich liście pokrywają się przebarwieniami i chlorotycznymi plamami. Z czasem następuje zasychanie i opadanie liści, a w konsekwencji zamieranie roślin. Oprócz tego samice wytwarzają duże ilości rosy miodowej, na której rozwijają się grzyby — sadzaki. Wpływa to na obniżenie wartości handlowej roślin, szczególnie w przypadku licznego występowania szkodnika.

Poważnym źródłem pojawu szkodnika w polskich szklarniach jest porażony materiał roślinny pochodzący z importu. Dlatego bardzo ważne jest wykrycie tarczніка przez pracowników Punktów Granicznych Kwarantanny roślin. Oczywiście, do upraw należałoby wprowadzać tylko materiał wolny od szkodnika. Zapobieganie to rozprzestrzenieniu się tarczніка w polskich szklarniach.

Witold Karnkowski

Modliszki wiedzą, że dzwonią, ale nie wiedzą, w którym kościele

Przez długi czas sądzono, że modliszki są całkiem głuche, ale kilka lat temu wykryto, że posiadają pojedynczy organ słuchowy umieszczony na brzuchu (*Wszechświat* 1986, 87: 248). Modliszki są więc „cyklopami akustycznymi”, a chociaż lepiej mieć jedno ucho niż żadne, ewidentnie trudno za jego pomocą ustalić kierunek, skąd napływa sygnał. Modliszki mają doskonale roz-

winięty zmysł wzroku i z całą pewnością nie są słuchowcami. Siedzące na ziemi modliszki nie reagują na dźwięki ani ich same nie wydają. O tym, że w ogóle odbierają dźwięki, przekonano się dopiero wykazując, że niektóre bodźce akustyczne powodują wzmożoną czynność niektórych komórek w układzie nerwowym owada. Okazało się wówczas, że modliszki słyszą tylko ultradźwięki, głównie w zakresie 25–60 kHz, a niektóre gatunki — nawet do 100 kHz (dla człowieka górna granica słyszalności to 15–20 kHz). Teoretycznie słuch mógłby służyć modliszkom w kilku sytuacjach: bądź do rozpoznawania się między sobą (zwłaszcza mały samiec zalecając się do samicy mógłby sygnalizować, że nie jest — jak na razie — kąskiem do pożarcia, ale *bona fide* amantem, który jako deser będzie służyć dopiero po kopulacji), bądź do polowania na inne owady, bądź do wykrywania najgroźniejszego wroga, posługującego się ultradźwiękami: nietoperzy. Nietoperz jest 50 razy cięższy od modliszki, lata 2–3 razy szybciej (modliszka lata z szybkością ok. 6–7 km/h) i ma dużą zdolność manewru: modliszka ma minimalne szanse uciec z życiem z niespodziewanego spotkania.

Badania prowadzone przez odkrywcę ucha modliszki, Davida Yagera, wykazały, że nie wszystkie modliszki mają organ słuchowy: ok. 40% gatunków jest całkowicie głuchych. Okazało się przy tym, że głuche modliszki to te, których skrzydła są zbyt krótkie, aby umożliwić im lot. Dotyczy to nie tylko gatunków, ale i różnic płci. U około 30% gatunków modliszek samice mają długie skrzydła, są zdolne do lotu i posiadają organ słuchowy. Samice tych gatunków mają skrzydła krótkie, są nietolne i równocześnie głuche. Wszystko to sugeruje, że organ słuchowy potrzebny jest do uniknięcia niebezpieczeństwa w czasie lotu, a więc do ucieczki przed nietoperzami.

Badania laboratoryjne poparły to przypuszczenie. Modliszkom pozwolono latać w dużej hali, w której znajdował się aparat fotograficzny i lampa stroboskopowa. Jeżeli modliszka leciała tak, że znalazła się w zasięgu kamery, uruchomiano stroboskop, a po chwili z głośników puszczano ultradźwięki. Kamera z otwartą migawką rejestrowała poszczególne fazy lotu. Okazało się, że za każdym razem w ciągu ułamka sekundy (dokładnie 0,2 s) modliszka nurkowała korkociągiem i padała na podłogę.

Dalsze badania pokazały, że jeżeli dźwięk był słaby, modliszka ignorowała go. Przy silniejszym skręcała, ale czyniła to albo uciekając, albo przybliżając się do „wroga”: ewidentnie, przy nieparzystym uchu, orientowała się tylko, że niebezpieczeństwo istnieje, ale nie wiedziała, gdzie się czai. Jeżeli jednak wybrała kierunek ku źródłu ultradźwięku, głos stawał się silniejszy i wówczas owad nagle unosił się nieco do góry, poczem spadał ku ziemi. Niektóre modliszki siadały na podłodze, inne tuż nad nią wyprostowywały lot. Im bliżej źródła dźwięku, tym reakcja owada była silniejsza.

Aby sprawdzić, czy w rzeczywistości modliszka zachowuje się podobnie jak w laboratorium, przeprowadzono doświadczenie polowe. Na parkingu w pobliżu skraju lasu w Pinery Provincial Park w pld.-zach. Ontario umieszczono czterometrową drabinę i z jej szczytu jeden z uczestników doświadczenia kolejno wyrzucał w powietrze modliszki, które rozwijały szybko skrzydła i odlatywały, śledzone z ziemi w świetle latarni parkingowych. W którymś momencie nadleciał nietoperz, zbliżając się do modliszki z szybkością 24 km/h. Modliszka szybko zaczęła opadać spiralą do ziemi; nietoperz próbował za nią lecieć, ale po kilku skrętach, unikając zderzenia z ziemią, przerwał łowy i odleciał w poszukiwaniu łatwiejszego łupu.

W sumie, po wypuszczeniu 200 modliszek podsumowano wyniki: nietoperze zaatakowały 8 razy. W pięciu przypadkach modliszka rozpoczęła ucieczkę i za każdym razem uniknęła spotkania z nietoperzem. Trzy modliszki nie reagowały i dwie z nich padły

ofiara nietoperza. Aby przekonać się, czy rzeczywiście słuch pomógł modliszce w ucieczce, przeprowadzono jeszcze doświadczenie z gatunkiem modliszek głuchych. Trzy z nich były atakowane, żadna nie uciekała i wszystkie zakończyły życie w szczękach napastnika.

Jak stąd wynika, usłyszenie nietoperza daje modliszce bardzo wielką szansę przeżycia. Sukces ucieczki leży w tym, że napastnik i obserwator nie mogą przewidzieć, w którą stronę skęci atakowana modliszka. Po usłyszeniu sygnału nietoperza owad podnosi odwłok, co powoduje gwałtowne uniesienie ciała i utratę nośności skrzydeł. Kierunek ucieczki zależy od tego, które skrzydło pierwsze straci nośność. Jeżeli jest to lewe — modliszka wali się na lewą stronę, jeżeli prawe — na prawą.

Badacze modliszek zauważają, że taktyka tych owadów przypomina wypracowaną bardzo późno w toku ewolucji człowieka taktykę pilotów myśliwców. Ścigany myśliwiec z wrogiem na ogonie często próbuje gwałtownej ucieczki w górę, w wyniku czego traci szybkość i wrogi samolot przelatuje pod nim. W odróżnieniu jednak od myśliwców, po takim manewrze modliszka nigdy nie ściga nietoperza. Również spadek korkociągiem i wyrównanie tuż nad ziemią jest manewrem używanym i przez modliszki i przez pilotów.

Trzeba dodać, że chociaż taktyka modliszek jest starsza od taktyki pilotów, powstała ona zapewne nie dawniej niż 60 milionów lat temu, kiedy pojawiły się pierwsze nietoperze.

Natural History 1993, 102/1: 29

J. Latini

Napęd cyklu komórkowego

Jeszcze przed nastaniem naszego wieku uczeni znali podstawowe procesy cyklu komórkowego — wzrost i podział pojedynczej komórki na dwie komórki potomne. Jednakże, do niedawna niewiele było wiadomo jak wygląda regulacja cyklu komórkowego. W ostatnich latach dokonał się tutaj zasadniczy postęp uzyskany w wyniku żmudnych badań, prowadzonych niezależnie przez badaczy reprezentujących dwa różne podejścia eksperymentalne: biochemików pracujących na komórkach jajowych i genetyków, którzy jako organizm modelowy wybrali drożdże.

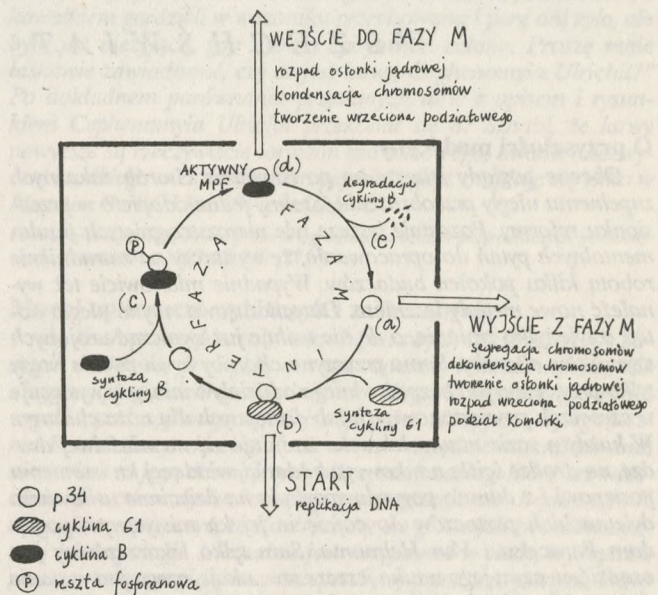
Od dawna wiadomo było, że cykl komórkowy składa się z dwóch faz — interfazy i fazy M (mitozy). W interfazie komórka posiadająca wyraźnie wyodrębnione jądro komórkowe rośnie, a następnie replikuje swoje chromosomy. W fazie M dochodzi do podziału komórki. Oślonka jądrowa zanika, chromosomy ulegają kondensacji i układają się w płaszczyźnie centralnej powstałego wrzeciona podziałowego. Następuje segregacja chromosomów, odbudowa osłonek jądrowych wokół oddzielonych grup chromosomów i podział komórki. Komórki potomne przechodzą do interfazy.

Jedną z zasług biochemików było odkrycie czynnika kontrolującego rozpoczęcie fazy M. Na początku lat siedemdziesiątych Y. Masui i D. Smith stwierdzili, że wprowadzenie cytoplazmy z komórek jajowych w fazie M podziału meiotycznego do komórek jajowych zatrzymanych w interfazie powoduje u tych ostatnich przejście do fazy M. Niezidentyfikowany czynnik powodujący rozpoczęcie fazy M nazwano MPF (*maturation promoting factor*). W dalszych badaniach wykazano, że MPF pojawia się na początku fazy M i zanika na krótko przed działaniem komórki. Co więcej, stwierdzono istnienie MPF również w komórkach przechodzących podziały mitotyczne. Wskazywało to na to, że MPF jest uniwersalnym regulatorem zarówno mitozy, jak i mejozy.

Podczas gdy biochemicy zbierali dalsze dowody sugerujące, że reakcje chemiczne zachodzące w cytoplazmie (pojawianie się i zanik MPF) powodują zmiany fazy, w jakiej znajduje się ko-

mórka, genetycy gromadzili dane, w których wyląniał się inny obraz cyklu komórkowego. Widzieli cykl komórkowy jako szereg kolejno po sobie następujących zdarzeń. W takim ujęciu ukończenie jednego zdarzenia, np. replikacja DNA, jest konieczne do zapoczątkowania następnego, np. kondensacji chromosomów. L. H. Hartwell pracując na różnych szczeblach drożdży doprowadził do odkrycia wielu genów, które były odpowiedzialne za zajście specyficznych zdarzeń składających się na cykl komórkowy. Geny te nazwał genami *cdc* (*cell division cycle*). Jeden z nich, gen *cdc2*, wydawał się szczególnie interesujący, gdyż odpowiadał za rozpoczęcie przez komórkę fazy M.

Po latach badań biochemicy i genetycy spotkali się w tym samym punkcie. Doszli mianowicie do białka o symbolu *p34^{cdc2}*, które zidentyfikowano jako produkt opisanego przez Hartwella genu *cdc2*. Białko to wydaje się kluczowym elementem regulacji cyklu komórkowego.



Ryc. 1. Schemat przebiegu cyklu komórkowego u drożdży

Schematyczny przebieg cyklu komórkowego u drożdży przedstawia ryc. 1. Obok białka p34 element regulacyjny stanowią białka z grupy tzw. cyklin. W początkowej fazie cyklu białko p34 nie wykazuje żadnej aktywności enzymatycznej (a). W miarę odżywiania się i wzrostu komórki gromadzi się w niej cyklina G1, która łączy się z p34 (b) i uaktywnia enzymatyczne własności (jest to tzw. START w cyklu komórkowym). Aktywne p34 indukuje rozpoczęcie procesu replikacji DNA. Po przejściu przez START komórka rozpoczyna produkcję cykliny B; teraz z kolei ona łączy się z p34 (c). Właśnie ten kompleks, cykliny B-p34, jest tym co określono jako MPF. Kompleks ten jest jednak nieaktywny, gdyż wraz z jego utworzeniem dochodzi do przyłączenia jednej reszty fosforanowej do p34, co blokuje jego działanie. Dopiero odłączenie reszty fosforanowej uaktywnia kompleks, który indukuje teraz przejście do fazy M (d). Aktywne MPF powoduje rozpade osłonki jądrowej działając bezpośrednio na tworzące ją laminy, nie jest natomiast pewne czy kondensacja chromosomów i tworzenie wrzeciona podziałowego jest wynikiem bezpośredniego działania MPF, czy też aktywowanych przezeń enzymów. W swym wielostronnym działaniu MPF uaktywnia także pewne enzymy, które sterują rozpadem cykliny B, niszcząc w ten sposób sam MPF (e). Powoduje to segregację

chromosomów i podział komórki. Przywrócony zostaje stan sprzed pojawienia się aktywnego MPF; następuje rozpad wrzeciona podziałowego, dekondensacja chromatyny i odbudowanie osłonki jądrowej (a).

Motorem napędzającym cykl komórkowy jest więc białko p34. Zmiany jego aktywności powodują wywołanie kaskady zdarzeń składających się na kolejne etapy cyklu. Taki sposób regulacji występuje generalnie we wszystkich typach komórek. Różnice mogą dotyczyć regulacji zapoczątkowania replikacji DNA. Niektóre rodzaje komórek, np. wczesne komórki embrionalne, nie posiadają punktu START. W tym przypadku zainicjowanie replikacji DNA wydaje się procesem należącym do kaskady zdarzeń wywołanych przez rozpad MPF.

Odkrycie mechanizmu kontrolującego przebieg cyklu komórkowego jest wydarzeniem nie tylko dla biologów, którzy przez długie lata zajmowali się tym zagadnieniem, lecz powinno mieć także olbrzymie znaczenie dla rozwoju medycyny. Z jednej strony może doprowadzić do wypracowania nowych metod stymulujących namnażanie komórek potrzebnych dla rekonstrukcji uszkodzonych organów lub tkanek (być może nawet dojrzałych neuronów, które nie są zdolne do podziału). Z drugiej strony może doprowadzić do lepszego zrozumienia i zapobiegania transformacji nowotworowej komórek, która w wielu przypadkach ma związek z defektami regulacji cyklu komórkowego.

Zbigniew Polański

WSZEC H Ś W I A T P R Z E D 100 L A T Y

O przyszłości medycyny

Obecne poglądy lekarzy na powstawanie chorób zakaźnych zupełnie uległy przeobrażeniu. Stoimy jednak dopiero w przedślonku reformy. Pozostaje jeszcze tyle nierozstrzygniętych fundamentalnych pytań do opracowania, że wystarczy na zatrudnienie robotą kilku pokoleń badaczy. Wypadnie mianowicie też wynaleźć nowe metody lecznicze. Dotychczasowa rutyna uległa dotąd o tyle tylko zmianie, o ile nie usiłuje już zwalczać urojonych czynników choroby. Sama przyczyna choroby bywa zwykle wtedy tylko przystępną dla bezpośredniego oddziaływania, gdy występuje w częściach powierzchniowych lub dostępnych dla noża chirurga. W każdym razie nauka lekarska znajduje się na właściwej drodze, na drodze ściśle naukowego badania, wiodącej ku istotnemu postępowi i z dumną pogardą spogląda na dziecinne usiłowania dyletanckich partaczów do cofnięcia jej ku mistycznym poglądom Paracelsa i Van Helmonta. Sam tylko lekarz zdolny jest osądzić, w czym jego nauka jeszcze szwankuje, czego jest w stanie dokonać i gdzie się kończy strefa jego działalności. Zresztą każdemu wiadomo, że samą naukę należy odróżnić od jej adeptów, z których jedni osiągają kwalifikacji majstrów, inni pozostają na całe życie terminatorami.

H. Hoyer Spostrzeżenia uzasadniające teorię o pasorzytniczym pochodzeniu chorób zakaźnych. Wszechświat 1893, 12: 293 (7 V)

Czterysta lat po Kolumbie dookoła świata

Czterechsetletnia rocznica odkrycia Ameryki nasuwa szereg uwag nad trudnościami żeglugi w owe czasy i nad ułatwieniami, jakie postępy w żegludze i naukach sprowadziły w kolei czasu. Dokładna znajomość dróg morskich, a szczególnie zastosowanie pary sprawiły, że nie tylko podróż do Ameryki, ale nawet podróż naokoło świata przybrała niemal rozmiary wycieczki wakacyjnej.

Kiedy 20 września 1519 r. opuszczał Magellan San-Lucar, flota jego składała się z 5 okrętów (!), których dziś nie chcielibyśmy użyć do żeglugi nadbrzeżnej. Pojemność całej floty wynosiła 485 ton, t. j. 26 razy mniej niż jednego z parowców tranzatlantycznych, służących do przewozu pasażerów i emigrantów. Cała załoga floty Magellana wynosiła 260 ludzi, kiedy na Normanii jest samych palaczy 63. O stanie okrętów Magellana mówi Alvarez, że nie puściłby się nimi do Wysp Kanaryjskich, gdyż ich burty od starości stały się miękkie jak masło, a jednak po trzech latach Sebastian del Cano powraca do San-Lucar z jednym wprawdzie statkiem i 17 ludźmi. Sir Franciszek Drake w 1577 opuszcza Plymouth również z 5 statkami, z których największy Pelikan 100, a Christopher tylko 15 tonowy; cała załoga wynosiła 164 ludzi. W niespełna 3 lata wraca Drake do Plymouth. Prawie o 200 lat później (w 1766 r.) pierwszy z francuzów, który opłynął ziemię, Bougainville był w drodze 2 lata i 4 miesiące. W dodatku ileż starań, ileż zabiegów musieli użyć Kolumb, Magellan, Drake zanim zdo-

lali zyskać poparcie monarchów w urzędzeniu wyprawy! Dziś dośyć jest zwrócić się do towarzystwa kanadyjskiej kolei oceanu Spokojnego (Canadian Pacific Railway Company, czyli przez skrócenie C. P. R.), ażeby za skromną sumę 3100 fr. otrzymać bilet podróży naokoło świata, dowolnie w ciągu 73 lub 64 dni, posługując się przeważnie siecią tegoż towarzystwa.

W Liverpoolu siada się na jeden ze statków towarzystwa Allan i w otoczeniu zbytku i wyszukanych wygod w 7 1/2 dni staje się w Quebec, skąd rzeką Ś-go Wawrzyńca do Montrealu, tu na wybrzeżu stoi gotowy pociąg ze wspianiami wagonami C. P. R., podobnymi do pulmanowskich, w warunkach nieznanymi europejskim podróżnym przybywamy przez Ottawę, port Arthur, nad jeziorem Górnem, Winipeg w Manitobie, dziś miasto o 30 000 miesz. (w 1871 mały fort) do Westminster, gdzie dosiegamy oceanu Wielkiego. Jest 15 godzina (towarzystwo liczy 24 godziny) w porcie dymi białopomalowany jeden z olbrzymich parowców towarzystwa C. P. R., kursujących do Japonii i Chin. Niczego tu nie brakuje, oświetlone elektrycznością, ogrzane parą podczas podróży pod wyższą szerokością, opatrzone w olbrzymie wachlarze (paukas), poruszane za pomocą elektryczności, dla ochłody podczas żeglugi w strefie gorącej, z kajutami 1 klasy w samym środku okrętu pomiędzy dwiema maszynami. Wszystko tu wygląda inaczej niż na Atlantyku, nawię stewarda w czarnym fraku, zamienia białopomalowany chiński boys. W 10 dni jesteśmy w Jokohamie we trzy dni później w Szang-haju, a w następne cztery w Hong-Kong. Tu opuszczamy C. P. R. i przesiadamy na P. and O. (Peninsular and Oriental Comp.) i znaną drogą przez Singapor, Colombo, Aden, Suez, Gibraltarię w 73 dni wracamy do Anglii. I tak 7 1/2 dni traci się na przebycie atlantyku, 5 1/2 kolejną w poprzek ładu Amerykańskiego, 22 na parowcu C. P. R., 39 na P. and O. i podróż skończona.

Jednak jak w mechanice ile zyskujemy na czasie, tyle tracimy na sile, tak i w tej podróży ile zyskujemy na czasie, tyle tracimy na ilości i sile wrażeń. Jakież porównanie dwu amerykańek, ścigających się o zakład naokoło świata, z Cookiem lub Dumont d'Urville. Ma jednak i nasz wiek do zapisania w dziejach podróży naokoło świata, obok fregaty Beagle, takie parowce jak Nawarę i Challenger, którym wcale nie było śpieszno.

W. Wr. (Wróblewski) Naokoło świata dziś i dawniej Wszechświat 1893, 12:299 (7V)

Poprzednik faksu

Telautograf, jak nazwa wskazuje, jest to telegraf autograficzny, czyli przyrząd do odtwarzania pisma w odległości. Dawniejsze telegrafy piszące Casselego, Lenora, Meyera, oraz pióro elektryczne Cowpera z r. 1879, przedstawiały zbyt wiele niedogodności i trudności, by wynalazki te zyskać mogły znaczenie praktyczne. Obecnie jednak pisma amerykańskie donoszą, że prof. Elisha Gray zadanie to zupełnie pomyślnie rozwiązał. Zaletą telautografu Graya jest to, że do pisania nie trzeba pewnego szczególnego

pióra i atramentu, pisać bowiem można w przyrządzie wysyłającym na jakimkolwiek papierze piórem, ołówkiem lub choćby drewnikiem. W przyrządzie odbierającym pióro jest rurka szklana, wypełniona atramentem bardzo ciekłym. W ciągu minuty przesyłać można 30 do 35 wyrazów. Szczegółów budowy telautografu Graya dotąd nie posiadamy; nadmieniamy tylko, że na obecnej wystawie amerykańskiej ma on działać między Chicago a New-Yorkiem.

—tr. Telautograf. Wszechświat 1893, 12: 319 (14 V)

Meteor—uciekinier

Dnia 7 lipca 1892 r. w różnych punktach Europy obserwowano świetny meteor; a na podstawie 21 zebranych dostrzeżeń obliczył drogę jego p. Niessl. Rezultat rachunku tego jest stąd osobliwy, że w całej prawie obserwowanej części swej drogi, meteor od ziemi się oddalał. Najbardziej, a mianowicie na 68 kilometrów, zbliżył się do powierzchni ziemi nad Rumunią zachodnią; po przebieżeniu zaś w kierunku pld.—zach.—pld. 1000 kilometrów zgasił nad morzem Tyreńskim w wysokości 158 kilometrów.

—sk (Kramsztyk) Osobliwa droga meteoru. Wszechświat 1893, 12: 319 (14 V)

Rośliny i mrówki

Współżycie roślin z mrówkami (myrmekosymbioza) jest bardzo rozpowszechnione, szczególnie w wilgotnych krajach gorących, gdzie podczas dżdżystej pory roku ziemia tak obficie zalewana bywa wodą, że mrówki nie mogą ani chodzić po niej, ani budować na ziemi swych mrowisk. Wskutek tego chronią się przed zalewem na rośliny; na nich też uganiają się za pokarmami, na nich budują swe siedziby, już to łącząc razem kilka liści, już to zajmując różne wklęsłości, dolki, jamy, wnętrza niektórych narządów, np. łodyg i pni, i t. p.

Rośliny żyjące w stałych i ścisłych stosunkach z mrówkami, czyli t. z. „myrmekofity” dzielą się na 3 kategorie: Do pierwszej należą te rośliny, które dają mrówkom tylko pożywienie bez względu na korzyść lub szkodę jaką w skutek tego odnoszą („myrmekotrofy”), do drugiej — dające mrówkom przytułek („myrmekodomy”) i wreszcie do ostatniej należące rośliny przyjmują mrówki z zupełną gościnnością, ofiarując im i pożywienie i przytułek i nieraz nawet obronę przeciwko różnym nieprzyjaznym okolicznościom („myrmekokseny”).

Są też rośliny, które aby obronić od mrówek swoje miodniki kwiatowe, używają wszelkich środków, aby walczyć z nimi, odstraszać je, a nie zawierać sojuszu. W szeregu takich środków na pierwszym miejscu postawić należy włoski: znajdują się one już to w gardzieli kwiatowej, już to na łodydze i liściach, tworząc obrączki lub szczelnie i gęsto pokrywając całe przestrzenie. Nieraz stają się one gruczołowatymi, wydzielając lepka ciecz, w której grzęzną i giną mrówki, chcąc się dostać do wnętrza kwiatów.

Jednym z najlepszych środków obrony przeciwko mrówkom jest również woda, stanowi bowiem nieprzebytą dla nich przeszkodę. Sposobu tego używają rośliny wodne; dowodzi tego ta okoliczność, że rosnące w wodzie rośliny nigdy prawie nie mają na swej powierzchni włosków, które jako środki obrony przeciwko nieproszonym gościom okazałyby się w wodzie zbytecznymi.

Aby uzupełnić obraz stosunków antagonistycznych między roślinami i mrówkami, warto przytoczyć jeszcze oryginalny sposób obrony niektórych Wilczomleczoowatych (*Euphorbiaceae*), naszej

salaty (*Lactuca sativa*) i w inn. Wiadomo, że rośliny wspomniane zawierają mleczny, gęsty, nieraz kleisty lub trujący sok; otóż mrówka, wspinając się po łodydze lub liściu, przekłuwa nóżką cienki naskórek; wskutek tego występuje kropla gęstego soku; przestraszony owad zaczyna poruszać się z coraz większą gwałtownością, sok coraz gwałtowniej się na powierzchnię wydostaje i w końcu zalewa ofiarę.

E. Strumf Stosunki wzajemne roślin i zwierząt. Wszechświat 1893, 12: 346 (28 V)

Kobieta i giez

Dr J. Sznabl mówił „o Gzach (*Oestridae*)”. Rozpoczął od odczytania listu od pani Maryi Twardowskiej z d. 6 maja r. b. następującej treści:

„Posyłam Panu dwie larwy, pochodzące z gardzieli łosia. Łoś ten, znaleziony skałczonym w lasach W-go Aleksandra Skirmunta w Porzeczu, został dobity 23 kwietnia. Larwy te dopiero tydzień temu dostały się do rąk moich. Jedna z nich (jaśniejsza) była przechowywaną w słoiku szklanym i jeszcze żyła, gdy ją 30 kwietnia spirytusem zalewałam. Druga była na ziemi, pod mchem, z kawałkiem gardzieli w wazoniku przechowaną i parę dni żyła, ale była już nieżyjącą, gdy została spirytusem zalana. Proszę mnie łaskawie zawiadomić, czy to jest larwa *Cephenomyia Ulrichii*?” Po dokładnem porównaniu przysłanych larw z opisem i rysunkiem *Cephenomyia Ulrichii* przekonał się dr Sznabl, że larwy powyższe są rzeczywiście larwami gza łosiowego, owada nadzwyczaj rzadkiego w zbiorach Europejskich, gdyż znajduje się tylko w Muzeum Berlińskim i Wiedeńskim.

Posiedzenie dziewiąte Komisji teorii ogrodnictwa i nauk przyrodniczych pomocniczych. Wszechświat 1893, 12: 349 (28 V)

Marni opluwacze wybitnych i zasłużonych

Że Koch przy ogłoszeniu odnośnych swych spostrzeżeń nie postąpił właściwie, że zwykłą mu ostrożnością i sumiennością, nie ulega wątpliwości. Odpowiednia ostra krytyka tego postępowania wyszła z pod najkompetentniejszego pióra Hueppego, byłego ucznia Kocha. Lecz chociaż Koch w tym względzie mocno zawinił, nie zaciera to jego dawniejszych olbrzymich zasług, które też właściwie spowodowały ów śmieszny zamęt gazetarski. Bądź co bądź niemożna zaprzeczyć, że Koch należy do głównych twórców obecnej bakteriologii. Nietrudno jest wstępować w ślady, wydeptane przez pierwszego pioniera w nieprzebytej przed tem pustyni, łatwo było odkryć Amerykę po Kolumbie, ale dla wyszukania nowych dróg, nowych metod badania, potrzeba genialnej koncepcji i kombinacji.

Złośliwe paszkwile, skierowane przeciwko zasłużonym krzewicielom nauki, najbardziej kompromitują samych autorów tych nędznych bazgranin. Ci umysłowi lilipuci, liczący także przedstawicieli w stanie lekarskim, ludzą się dziecinną nadzieją, że, ponizając zasługi geniuszów, sami urosną na olbrzymów. Lecz uznając ich za „wielkich” tylko umysły również niewyrosłe poza poziom swych drobnych współbraci. Prawdziwa nauka jest bezstronną i sprawiedliwą; spokojnie spogląda w przyszłość, czerpie swe pożywienie jedynie z krynicznych źródeł prawdy, mętne zaś kałuże pozostawia zwolennikom mistycyzmu i błagi dla łowienia w nich podstępnych przysmaków.

H. Hoyer Spostrzeżenia uzasadniające teorię o pasorzytniczym pochodzeniu chorób zakaźnych. Wszechświat 1893, 12: 293 (7 V)

ROZMAITOŚCI

Równoczesne uderzenie. Wszyscy już zgadzają się, że katastrofa kosmiczna, która dotknęła Ziemię powodując wybiecie dinozaurów (ale zapewne doprowadziła do powstania człowieka), była spowodowana spadkiem czegoś, co utworzyło krater Chicxulub na Yukatanie (Wszechświat 1991, 92:202). Wciąż nie jest jednak pewne czy krater powstał w wyniku zderzenia Ziemi z pojedynczym asteroidem, czy też z kometą, która mogła zasypać

Ziemię większą ilością odłamków. Tę drugą możliwość zaczęto rozważać w 1989 r., kiedy podjęto badania nad wielkim kraterem Mansona w stanie Iowa. Już pierwsze dane sugerowały, że ten krater o średnicy 35 kilometrów powstał mniej więcej w tym samym czasie, co krater Chicxulub.

Wiek skał można mierzyć metodą argonową. Z grubsza opiera się ona na tym, że radioaktywny potas ^{40}K ulega rozkładowi

tworząc argon ^{40}Ar . Szok spowodowany zderzeniem z meteorytem powinien usunąć ze skał cały znajdujący się w nich gazowy argon i w ten sposób „nastawić zegar od nowa”.

Z ilości ^{40}Ar można więc wnioskować, kiedy skała została uderzona. Pozostaje jednak niepewność, czy uderzenie usunęło cały argon. Zeszłego lata w kraterze Mansona znaleziono jednak minerały, które po uderzeniu uległy stopieniu. W takich skałach nie zostało na pewno nic argonu. Ich badania wykazały, że krater Mansona liczy sobie $64,5 \pm 0,4$ milionów lat (My). Równocześnie prowadzone badania minerałów pochodzących z upadku, który spowodował powstanie krateru Chicxulub, wskazywały na wiek $65,0 \pm 0,2$ My. Jak stąd wynika, Ziemia została trafiona przez dwa wielkie ciała w tym samym lub w prawie tym samym czasie. Równoczesne uderzenie naszej planety przez dwa asteroidy jest bardzo nieprawdopodobne. Komety natomiast mają skłonność do rozpadania się, i możliwe, że Ziemię trafiły dwa lub więcej odłamków. Jest też możliwe, że Ziemię trafiły dwie komety, które często wędrują rojami.

Uderzenie, które spowodowało powstanie krateru Mansona, było zbyt słabe, aby spowodować globalną katastrofę, ale wskazuje, że Ziemia została uderzona nie raz, a zagładę dinozaurów, a szansę ssakom i człowiekowi, przyniosła kometa. Po dziś dzień uważa się komety za złowróżbne.

Science 1993, 259: 1543

J. Latini

Nowa metoda wykrywania chemicznych uszkodzeń mózgu. Naszym najcenniejszym organem jest niewątpliwie mózg, i z pewnością wiele substancji chemicznych znajdujących się w naszym otoczeniu stanowi dlań zagrożenie. Istnieje hipoteza (zresztą dość kontrowersyjna), że choroby takie jak parkinsonizm pochodzą z zatrucia się nieznana neurotoksyną obecną w środowisku. W związku z tym, stosunkowo wiele z nowych związków chemicznych, wprowadzanych do użytku, jest starannie badanych pod kątem ich szkodliwości lub nieszkodliwości dla tkanki mózgowej. W zasadzie na takie badania powinno w tej chwili oczekiwać około 70 000 związków.

Badania histologiczne są żmudne i nie zawsze dają pewne wyniki. Ostatnio jednak pojawiła się skuteczna możliwość wykrycia niewielkich, wczesnych uszkodzeń tkanki mózgowej. Podstawą do wprowadzenia tej techniki był znany fakt, że astrocyty, jeden z typów komórek glejowych w mózgu, ulegają szybszemu rozrostowi, kiedy uszkodzone są komórki nerwowe (o komórkach glejowych i ich niedocenianiu pisała we *Wszechświecie* doc. Śmiałowska: 1986, 87: 211). W komórkach astrogleju występuje charakterystyczne dla nich kwaśne białko GFAP (*glial fibrillary acidic protein*), które można stosunkowo łatwo oznaczać. Pierwsze badania wykazały, że metamfetamina, nielegalnie używany związek stymulujący, oraz metylortęć, jeden z czynników skażających środowisko, powodują wzrost zawartości GFAP, i to właśnie w tych obszarach mózgu, w których wiadomo, że powodują uszkodzenia. GFAP wzrasta także w miejscach, w których dokonano uszkodzeń mechanicznych. Co najważniejsze: ostatnie badania, w których stosowano neurotoksynę uszkadzającą centra ruchowe, IDPN, pokazały, że wzrost GFAP wskazuje na powodowane przez nią uszkodzenia również w takich miejscach w mózgu, gdzie standardowe techniki histologiczne nie wykazują żadnych uszkodzeń. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (*Environmental Protection Agency*, EPA) zaleca obecnie, aby przedsiębiorstwa produkujące chemikalia dodały badanie GFAP do zestawu swoich testów toksykologicznych.

Science 1993, 259: 1541

J. Latini

Groźne szczury laboratoryjne. Choroby odzwierzęce grożą nie tylko rolnikom — zarazić można się też od zwierząt doświadczalnych. Już w latach siedemdziesiątych kilku japońskich badaczy, mających kontakt ze szczurami, zapadło na chorobę objawiającą się gorączką, krwotokiem i objawami ze strony nerek. Choroba jest spowodowana przez hantawirusa, normalnie atakującego szczury. Może się ona przenieść na ludzi, oddy-

chających powietrzem skażonym odchodami zarażonych szczurów. Z początkiem bieżącego roku hantawirus zaatakował szczury w zwierzętarni uniwersytetu w Kyoto (Japonia) i spowodował przynajmniej jedno zakażenie u pracownika. Ponieważ wywołany przez hantawirusa zespół nerkowy, połączony z gorączką i krwotokiem, może u człowieka okazać się śmiertelny, na Uniwersytecie w Kyoto wstrzymano badania około 40 zespołów, zamknięto czasowo Instytut Zwierząt Laboratoryjnych i przebadano wszystkie szczury. Zakażone zwierzęta — a było ich ok. 2000 — zabito. Obecnie pracownie są nadal zamknięte, a na pozostałych szczurach przeprowadza się badania, aby sprawdzić, czy nie uległy zakażeniu.

Science 1993, 259: 1405

J. Latini

Biotechnologiczne owce. Jak donosiliśmy kilka lat temu (*Wszechświat* 1989, 90: 261), A. John Clark z Edynburga już pięć lat temu poinformował o nowej próbie uzyskania trudno dostępnych białek ludzkich, mogących niekiedy być ostatnią deską ratunku dla chorych. Takim białkiem jest np. α_1 -antytrypsyna, enzym niszczący elastazę i skuteczny (jako jedyny środek) w walce z wrodzoną rozmadą płuc. Nowe podejście polegało na wprowadzeniu do genotypu owcy genów poszukiwanych ludzkich białek połączonych z genem kodującym β -laktoglobulinę, białko występujące wyłącznie w mleku, tak że sekwencje regulujące sztucznych genów kierowały je tak, aby ich ekspresja była możliwa tylko w gruczole mlekowym. W ten sposób owca miała być chodzącym reaktorem biotechnologicznym, tym skuteczniejszym, że mogący replikować nawet białka zawierające drobiny cukrów, czego bakterie nie potrafią. Dla eksploatacji tego pomysłu powstała firma Pharmaceutical Proteins of Edinburgh, która w 1991 r. hodowała już sporo owiec produkujących α_1 -antytrypsynę. Początkowo produkowano wyłącznie transgeniczne owce, ale znacznie korzystniejszy okazał się pomysł uzyskania transgenicznego barana. Nie może on wprawdzie produkować mleka, ale może płodzić wiele owiec, zdolnych do wytwarzania poszukiwanych białek. Córki pierwszego takiego barana, przedstawionego na konferencji prasowej w styczniu br., produkowały do 15 g α_1 -antytrypsyny w litrze mleka. Ponieważ nasienie jednego barana może służyć do zapładniania setek owiec, możliwe staje się uzyskanie stada owiec produkującego duże ilości poszukiwanego białka. Przy obecnych cenach rynkowych α_1 -antytrypsyny wartość roczna produkcji jednej owcy wynosi około 100 tys. dolarów.

Science 1993, 259: 1698

J. Latini

Światło a zmysł magnetyczny. W poprzednim numerze *Wszechświata* pisaliśmy w dziale Rozmaitości o nawigacji magnetycznej (*Wszechświat* 1993, 94: 103). Wiele zwierząt z różnych grup filogenetycznych wykazuje zmysł magnetyczny i orientuje się w zależności od linii pola magnetycznego, wykazując tzw. orientację kompasową. Ostatnio wykazano, że zmysł magnetyczny amerykańskich traszek, omawianych poprzednio, jest zależny od światła. Orientacja magnetyczna występuje u nich tylko wówczas, gdy są oświetlone pełnym widmem, i zanika, gdy wyłączona zostaje tylko jedna część widzialna. Ponadto, jeżeli traszka porusza się orientując się według pola magnetycznego, kierunek jej ruchu zmienia się, gdy zwierzę zostanie oświetlone światłem o pewnej określonej długości fali. Zaproponowano więc, że odbieranie sygnałów magnetycznych (magnetorecepcja) jest związane z modulowaniem reakcji receptorów światła (fotoreceptorów) na oświetlenie i wobec tego nie może zachodzić w ciemności.

Okazuje się jednak, że nie wszystkie kręgowce wymagają światła do odczuwania pola magnetycznego. Badania nad świeżo wylęgniętymi żółwiami morskimi z dwóch gatunków wykazują, że orientują się one według pola magnetycznego pływając w kompletnej ciemności. Również niektóre ryby i ssaki, a także liczne bezkręgowce, mogą orientować się według linii pola magnetycznego, niezależnie od oświetlenia.

Nie jest rzeczą wykluczoną, że magnetorecepcja (o której wiadomo, że jest zlokalizowana w głowie) może odbywać się w fotoreceptorach nawet w ciemności, jeżeli w receptorach tych zachodzi jakaś reakcja biochemiczna zależna od pola magnetycznego. Teoretycznie reakcja taka mogłaby zachodzić w każdym organie, ale siatkówka wydaje się szczególnie dogodna do tego celu, ze względu na wyposażenie w wiele receptorów ułożonych w uporządkowany sposób. Jak na razie nie ma jednak żadnych

dowodów na istnienie niezależnego od światła mechanizmu biochemicznej transdukcji sygnału magnetycznego. Dalsze badania nad traszkami powinny wyjaśnić, czy ich zmysł magnetyczny różni się w sposób zasadniczy od zmysłu magnetycznego innych zwierząt, czy też mechanizm magnetorecepcji jest taki sam u wszystkich zwierząt obdarzonych tą zdolnością.

Nature 1993, 359: 142 i 362: 703

J. Latini

R E C E N Z J E

Encyklopedia Mémo Larousse: *Wszechświat i Ziemia. Fauna i Flora*. Polska Oficyna Wydawnicza BGW, Warszawa 1992

W rok po ukazaniu się francuskiego wydania *Encyklopedii Mémo Larousse*, otrzymuje ją do rąk i polski czytelnik. Jest to pierwszy z dziewięciu tomów encyklopedii, z których każdy poświęcony jest określonej dziedzinie. Zamierzeniem wydawców encyklopedii jest, aby wszyscy, zarówno dzieci, jak i dorośli, mogli szybko uzyskać możliwie wyczerpujące informacje z różnych dyscyplin naukowych.

Encyklopedia jest tak pomyślana, aby łatwo można było w niej znaleźć określoną informację. Każdy rozdział poprzedzony jest dokładnym spisem treści, a każdy dział, podzielony na krótkie fragmenty, składa się z tekstu oraz licznych ilustracji; są nimi zarówno niebanalne zdjęcia, jak i liczne blokdiagramy, schematy, mapy i rysunki, które pomagają w zrozumieniu treści.

Tom pierwszy encyklopedii składa się z dwóch rozdziałów. Pierwszy z nich: „Wszechświat i Ziemia” zawiera działy, w których scharakteryzowana jest Ziemia jako planeta, jej miejsce we Wszechświecie, budowa i procesy zachodzące zarówno w jej wnętrzu, jak i na powierzchni, a także historia życia na Ziemi od powstania najprostszych organizmów do pojawienia się Człowieka i jego ewolucji. Zapoznanie się z treścią rozdziału można traktować jako krótki kurs astronomii, geologii, klimatologii i geografii. Informacje z tych dziedzin przekazywane są w sposób interesujący i nowoczesny. Rozdział ten może być szczególnie przydatny dla uczniów szkół średnich, jako literatura uzupełniająca w nauczaniu geografii. Może być nawet traktowany wprost jako podręcznik w szkołach z autorskimi programami nauczania.

Z przykrością trzeba stwierdzić, że w rozdziale trafiło się kilka błędów zawinionych przez Wydawnictwo. Tabela stratygraficzna na stronie 27 zawiera istotne błędy w podziale karbonu i kredy. Blokdiagram na str. 35, który ilustruje zasady teorii tektoniki płyt, błędnie przedstawia powierzchnię Moho: na rysunku znajduje się ona głębiej pod grzbietami śródoceanicznymi, podczas gdy powinna być płycej. Wreszcie, błędnie nałożone barwy na mapę wielkich form powierzchniowych Ziemi (str. 40) sprawiają, że mapa jest całkowicie bałamutna (np. alpejskie łańcuchy górskie według legendy są płytami). Błędy takie absolutnie nie powinny się zdarzać, gdyż podważają zaufanie do Wydawcy.

Rozdział drugi, o objętości dwukrotnie większej od pierwszego poświęcony jest faunie i florze. Składa się on z dwóch części. W części pierwszej omówiony jest świat zwierzęcy. Najpierw przedstawiono ogólnie królestwo zwierząt, po czym szczegółowo scharakteryzowano psy, koty, konie, zwierzęta gospodarcze, hodowane w domu gryzonie, ryby i ptaki; w dalszej części zaprezentowano licznych przedstawicieli różnych gromad zwierzęcych występujących dzisiaj na Ziemi, w tym zwierzęta niezwykle, o specyficznych cechach oraz rekordzistów wśród zwierząt; w końcu działu przedstawiono różnorodne problemy związane z ochroną zwierząt. Druga część rozdziału poświęcona jest światowi roślin. Najpierw przedstawiono systematykę roślin, ich morfologię, a następnie różnorodne siedliska roślinne i rośliny użytkowe. Cały

rozdział jest pięknie ilustrowany różnorodnymi zdjęciami i rycinami. Szkoda jednak, że nie zadbano o to, aby w encyklopedii znalazło się trochę miejsca dla omówienia świata zwierząt i roślin charakterystycznego dla Polski; byłoby to na pewno interesujące dla polskiego czytelnika.

Pierwszy tom *Encyklopedii Mémo Larousse* zachęca do tego, by nabyć i następne tomy, z których można czerpać setki i tysiące różnorodnych informacji z wielu dziedzin nauki. Prosty i jasny sposób przedstawiania informacji, piękna szata graficzna, pomysłowość w doborze ilustracji sprawiają, że informacje są zrozumiałe dla wszystkich czytelników i każdy może tu znaleźć coś dla siebie.

Mimo błędów w części geologicznej encyklopedii warto ją jednak polecić czytelnikowi. Żałować jednak należy, że żadne polskie wydawnictwo nie pokusi się o oryginalne, polskie wydanie książek przyrodniczych, które poziomem graficznym dorównywałyby wydawnictwom obcojęzycznym.

Włodzimierz Mizerski

Ute E. Zimmer, Alfred Handel: *Guide de la faune et de la flore de nos régions*. Les Éditions Arthaud, Paris 1989, s. 400, fotografii 587, ISBN 2-7003-0820-4.

W tym ciekawym przewodniku jego autorzy prezentują nam 549 gatunków roślin i zwierząt najczęściej spotykanych na terytorium Francji. W krótkim, bardzo zwięźle napisanym wstępie, przedstawiają podstawowe wiadomości z zakresu botaniki i zoologii ułatwiające przede wszystkim prawidłowe rozpoznanie gatunków.

Świat roślin czytelnik zaczyna poznawać od grzybów; dla ułatwienia mu tego przedstawiona jest budowa morfologiczna grzybów blaszkowatych i rurkowatych. Następnie krótko omawiają pozostałe typy roślin zarodnikowych: mchy, paprocie, widłaki i skrzypy. Z kolei omówione są rośliny kwiatowe: drzewa, krzewy i rośliny zielne. Najważniejsze cechy morfologiczne, ważne dla prawidłowej ich identyfikacji, przedstawiono graficznie.

Ze świata zwierząt czytelnik może poznać mięczaki, pajęczaki, wije, owady, płazy, gady, ptaki, a także ssaki. Podobnie, jak miało to miejsce w przypadku roślin, również informacje o zwierzętach są bogato ilustrowane.

Piękny świat flory poznajemy od grzybów. Są to najczęściej spotykane gatunki, także i u nas. Spośród tych 27 gatunków, aż 17 jest jadalnych. Opracowanie każdego gatunku zawiera oprócz charakterystyki, opisu pokroju, także wiele interesujących informacji. Przy każdym z nich podane są w ramce następujące dane: wysokość, okres występowania oraz jego właściwości kulinarne (trujący bądź nie). Z pozostałych typów roślin zarodnikowych poznajemy tylko nielicznych przedstawicieli, a mianowicie 6 gatunków mchów, 1 gatunek widłaka, 2 gatunki skrzypów i 6 gatunków paproci. W części opisowej jest również zamieszczona ramka z informacjami dotyczącymi okresu występowania i wysokości roślin. Następnie poznajemy 36 pospolitych gatunków

drzew i krzewów. Za szczególnie cenne uważam przedstawienie kolorowych fotografii owoców omawianych gatunków. Poznanie flory kończymy na roślinach zielnych. Sklasyfikowano je według barw kwiatów. Nie jest to najlepszy pomysł; znacznie lepiej byłoby uszeregować je według siedlisk. Grupa roślin kwiatowych jest najliczniejsza — reprezentują ją 204 gatunki roślin. Każdemu opisywanemu gatunkowi towarzyszy ramka zawierająca następujące dane: wysokość rośliny, okres kwitnienia, oraz wielkość kwiatów.

Świat zwierząt zaczynamy poznawać od 12 gatunków mięczaków, najczęściej spotykanych w wodzie i na lądzie. W opisie każdego z gatunków mamy podane informacje dotyczące sposobu życia, rozwoju, a także ujęte w ramce dane o wielkości (długości) zwierzęcia, oraz miejscu jego występowania. Stosunkowo bogato są reprezentowane pajęczaki, wiję i owady — bo przez 93 gatunki. W ramce wyszczególniono następujące dane: długość ciała, kres pojawiania się i środowisko występowania. W przypadku motyli podano rozpiętość skrzydeł, okres pojawiania się oraz liczbę pokoleń w roku. Z kolei poznajemy 12 gatunków ryb oraz 15 gatunków płazów i gadów. W ich opracowaniu podano również okres migracji, a w ramce długość ciała, środowisko występowania i okres rozmnażania się. Bogato reprezentowane są też ptaki, których poznajemy aż 81 gatunków. Oprócz podstawowych danych w opracowaniu każdego gatunku zamie-

szczono w ramce dane dotyczące ich wielkości, migracji, środowiska życia i okresu lęgu. W końcu poznajemy 24 gatunki ssaków, najczęściej spotykanych w pobliżu naszych domów, na polach oraz w lasach. Poza informacjami dotyczącymi ich występowania, podane są: okres dojrzałości płciowej, długość ciąży, liczba i liczebność miotu. W ramach podano ich wielkość (często porównywana jest ona do wielkości dobrze nam znanego zwierzęcia domowego), miejsce występowania oraz okres rozmnażania się.

Takie przewodniki po świecie flory i fauny powinny znajdować się w każdej bibliotece szkolnej. W programach nauczania często podawane są uczniom zbędne, szczegółowe informacje dotyczące, np. anatomii, lecz brak jest niejednokrotnie danych o ekologii roślin czy zwierząt. Uczniowie z reguły nie znają pospolitych gatunków roślin i zwierząt, nie orientują się czym się one żywią, jakie czynniki siedliskowe mają na nie największy wpływ. Sądzę, że ten podręcznik będzie nie tylko dobrym przewodnikiem po świecie fauny i flory, lecz spowoduje zainteresowanie uczniów tym, co się wokół nas dzieje. Gdy lepiej poznamy przyrodę, zwrócimy uwagę nie tylko na jej piękno, ale także na panujące w niej zależności, co uchroni ją przed szybko postępującą degradacją.

Bogumiła Prędoła

K O M U N I K A T Y

Zaprzyjaźnione czasopisma:

KOSMOS

Kosmos, kwartalnik Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, poświęcony problemom nauk biologicznych, poczynając od 1993 r. (tom 42) jest wydawany i kolportowany przez Medyczną Agencję Wydawniczo-Informacyjną (MAWI). Zwracamy na to uwagę dotychczasowym prenumeratorom i zachęcamy do prenumeraty nowych czytelników zainteresowanych problematyką pisma. Jest ono bowiem dostępne głównie w prenumeracie, a tom 42 zapowiada się bardzo ciekawie. W jego skład wejdą aż z 3 zeszyty problemowe, poświęcone tak aktualnym zagadnieniom jak globalne zmiany środowiska przyrodniczego (1/42), ochrona środowiska a zrównoważony rozwój gospodarczy (m. in. materiały konferencji ONZ w Rio de Janeiro w 1992

r.), oraz badania nad mózgiem. Pierwszy zeszyt z przyczyn niezależnych od Redakcji ukaże się dopiero w końcu maja. Jest więc jeszcze czas na zaprenumerowanie całego rocznika w terminie do 31 lipca br. Czytelnicy, którzy opłacili prenumeratę *Kosmosu* na I i II kwartał w RUCHu, na pocztę lub poprzez oddziały Towarzystwa, otrzymają zeszyty 1/42 i 2/42 od dotychczasowych kolporterów. Pozostałe należy zaprenumerować w MAWI. Ze względu na wzrost kosztów wydawniczych Redakcja została niestety zmuszona do podniesienia ceny 1 zeszytu do 40 tys. zł, tak więc roczna prenumerata wynosi w br. 160 tys. zł. Czytelnicy, którzy uiszcili prenumeratę wg cen ubiegłorocznych u dotychczasowych kolporterów, proszeni są o dokonanie uzupełniającej wpłaty na konto nowego wydawcy.

Adres i konto wydawcy:

Medyczna Agencja Wydawniczo Informacyjna, ul. Złota 60-28, 00-821 Warszawa PKO BP IX O/W-wa, Nr 1599-321004-136.



WEZUWUŚZ (Monte Vesuvio 1277 m n.p.m.) widziany z Pompei. Na pierwszym planie sosna pinia *Pinus pinaster* L. Fot. W. Strojny

PL ISSN 0043-9592

Cena 15 000 zł



PAWSKI ŁUG. Fot. J. Mendaluk

Indeks 38152