

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. Kopernika

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria A
BIOLOGIA



ROK XVIII

WARSZAWA 1969

ZESZYT 3 (98)

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW im. KOPERNIKA

ROK XVIII

Seria A BIOLOGIA

ZESZYT 3 (98)

K O S M O S

DWUMIESIĘCZNIK



WARSZAWA 1969

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

KOMITET REDAKCYJNY

Tadeusz Gorczyński, Kazimierz Petrusiewicz, Zdzisław Raabe

Redaktor: *Włodzimierz Michajłow*

Sekretarz: *Lucyna Kuchcińska*

Adres redakcji: Warszawa, Pałac Kultury i Nauki
(tel. 200211, wewn. 2074)

Państwowe Wydawnictwo Naukowe — Warszawa, Miodowa 10

Nakład 1096+114 egz. Ark. wyd. 11,5, ark. druk. 8,75

Papier ilustr. kl. V, g. 70 70×100

Oddano do składania 12.III.69. Podpisano do druku 27.V.69.

Druk ukończono w czerwcu 1969

Zam. 249

P-98

Cena zł 15.—

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8

ZGROMADZENIE OGÓLNE POLSKIEJ AKADEMII NAUK POŚWIĘCONE PROBLEMOM BIOLOGII MOLEKULARNEJ

W dniu 17 grudnia 1968 roku odbyło się Zgromadzenie Ogólne Polskiej Akademii Nauk poświęcone — w części naukowej — problemom biologii molekularnej.

Niżej publikujemy pełne materiały sesji — referat prof. dra Wacława Gajewskiego oraz głosy w dyskusji.

PROF. DR WACŁAW GAJEWSKI

ZAGADNIENIA BIOLOGII MOLEKULARNEJ

Przeżywamy obecnie jeden z najbardziej burzliwych okresów w rozwoju biologii, który całkowicie zrewolucjonizował nasze pojęcia o organizacji i funkcjonowaniu substancjiżywionej. Większość naszych dotychczasowych pojęć o życiu uległa całkowitej rewizji i powstały stworzone zupełnie nowe teorie tłumaczące podstawowe atrybuty substancjiżywionej, a zwłaszcza zdolność do rozmnażania i odtwarzania tych samych właściwości, czyli zjawiska dziedziczności.

Zjawisko dziedziczności i jego przeciwieństwo, zjawisko zmienności dziedzicznej były zawsze jednym z najbardziej intrygujących i kluczowych zagadnień w biologii. W wieku XIX Darwin w swej teorii ewolucji, która nie tylko odegrała tak wielką rolę w samej biologii, ale odbiła się szerokim echem w teoriach filozoficznych i społecznych tego okresu, wychodził z założenia, że podstawą ewolucji są losowe zmiany dziedziczne, a czynnikiem formującym nowe twory żywe na Ziemi jest dobór naturalny i walka o byt.

W owych czasach jednak nic nie było wiadomo o naturze zjawisk dziedzicznych stanowiących podstawę procesów ewolucji. To była najsłabsza strona teorii, wymagająca koniecznie wyjaśnienia. Dla wszystkich biologów, z wyjątkiem nielicznych skrajnych witalistów, było oczywiste, że muszą istnieć materialne podstawy dziedziczności w związkach chemicznych występujących w żywych organizmach. Szukano więc ich przede wszystkim w białkach, które, posiadając niesłychanie złożoną budowę i występując w olbrzymiej ilości rodzajów o różnych specyficznych właściwościach, mogły tłumaczyć różnorodność światażywionego. Engels powiedział, że życie jest formą istnienia ciał białkowych.

Związek chemiczny, im bardziej złożony i im wyższy wykazuje stopień uporządkowania molekularnego, tym — zgodnie z prawem entropii termodynamiki — powinien być mniej trwały i dążyć do stanu bardziej losowego rozłożenia atomów. W zjawiskach dziedziczności zaś obserwu-

jemy niesłychaną stałość cech dziedzicznych zdolnych do przekazywania się w postaci niezmiennionej lub prawie niezmiennionej przez tysiące pokoleń i tysiące, a nawet miliony lat. Jest to pozornie sprzeczne z prawami fizyki. Wiemy jednak, że ten wysoki stopień organizacji molekularnej komórek utrzymują dzięki temu, że pośrednio pobierają energię słoneczną i przeciwdziałają procesom entropii prowadzącym do losowego chaosu atomów. Jak powiedział znany fizyk Erwin Schrödinger — organizmy żywią się „ujemną entropią” i utrzymują wysoki stan uporządkowania molekularnego dzięki pobieraniu energii z zewnątrz. Wiemy jednak, że żywot cząsteczek białkowych w komórkach jest bardzo krótki, że ulegają one szybkiemu rozkładowi, i że ciągle są syntetyzowane na nowo. Trudno więc sobie wyobrazić, aby mogły one być nośicielami informacji dziedzicznej. Ta zastanawiająca sprzeczność między zjawiskami dziedziczności a niestałością złożonych związków organicznych, zwłaszcza białek, była do lat 40—50 naszego stulecia jednym z najbardziej intrygujących problemów biologii.

Nowy impet do rozwoju biologii dały w połowie naszego stulecia zdobycze fizyki i chemii, ustalające podstawowe prawa świata atomowego i molekularnego. Jednakże zjawiska życia, a zwłaszcza zjawisko dziedziczności, tak nie pasujące do dotychczas badanych przez fizyków i chemików reguł zachowania się materii nieożywionej, budziły wśród takich fizyków jak Nils Bohr i jego uczeń Max Delbrück, który jest jednym z twórców biologii molekularnej, myśl, że być może w organizacji żywych istot są realizowane inne zasady fizyczne niż w świecie ożywionym.

Jednakże badania ostatnich 30 lat wyjaśniające zasadę dziedziczności rozwiały te pierwotne przypuszczenia fizyków. Na czym polegają podstawowe pojęcia nowej teorii dziedziczności, którą można by nazwać teorią kodu genetycznego, postaram się obecnie w zarysie przedstawić.

Nauka o dziedziczności, czyli genetyka, już na początku tego stulecia wykazała, że dziedziczne właściwości organizmów są uwarunkowane występowaniem jednostek (jakby atomów dziedziczności) zwanych genami. Geny zlokalizowano w jądrach komórkowych w chromosomach, w których ułożone są one liniowo w długie szeregi. Przy każdym podziale komórkowym geny zostają podwojone i w równej ilości przekazane potomnym komórkom. Przez komórki płciowe są one przekazywane następnym pokoleniom. Geny, jak się okazało, są niezwykle trwałe i — dzięki przekazywaniu z pokolenia na pokolenie — jakby nieśmiertelne. Przy powstawaniu komórek płciowych ulegają one przetasowaniu, dzięki czemu w potomstwie występują w nieskończonej ilości kombinacji, powodując niepowtarzalność wyposażenia dziedzicznego każdego nowo powstającego osobnika. Dalej jednak nic nie było wiadomo o ich naturze i budowie. Dopiero lata czterdzieste przyniosły rewelacyjne odkrycia biologiczne.

Wprowadzono wtedy do badań genetycznych najprostsze modele organizmów żywych, jak bakterie czy wirusy, i wykazano, że i tu występują te same geny, również powiązane w liniowe szeregi, i że one decydują o właściwościach bakterii i wirusów, głównie o jakości ich białek.

Punktem przełomowym w tych badaniach było stwierdzenie faktu, że podkładem materialnym dziedziczności jest jeden i ten sam związek chemiczny w całym świecie ożywionym, nie mający nic wspólnego z białkami — a mianowicie kwas dezoksyrybonukleinowy, w skrócie DNA. Rozpoczął się teraz niesłychanie intensywny okres badania kwasów nukleino-

wych DNA i pokrewnego RNA prowadzony jednocześnie przez licznych biologów, chemików i fizyków. Nie będę tu podawał szczegółowej analizy tych związków. Chciałbym jednak wyjaśnić, w jaki sposób jeden związek chemiczny może być podstawą dziedziczenia wszelkich właściwości żywych organizmów od zdolności wirusa do atakowania bakterii aż do niektórych właściwości psychicznych człowieka. Pozornie wydaje się to nieprawdopodobne, ale jednak tak chyba jest.

Zarówno kwasy nukleinowe, jak i białka są to związki łańcuchowe, polimeryczne, złożone z niewielkiej ilości podstawowych elementów powiązanych w długie łańcuchy. W wypadku kwasów nukleinowych są tylko 4 odrębne elementy, nukleotydy oznaczone A, T bądź U, G i C. W wypadku białek w skład ich wchodzi 20 elementów podstawowych zwanych aminokwasami. Ponieważ nie ma prawie żadnych ograniczeń w kolejności układu tych elementów wzdłuż cząsteczki łańcuchowej, to oczywiście może istnieć wprost nieskończona ilość odrębnych kwasów nukleinowych i białek o innym układzie (sekwencji) elementów podstawowych — podobnie, jak z ograniczonej ilości liter alfabetu można ułożyć prawie nieskończoną ilość słów. Powstaje teraz pytanie, jaki jest wzajemny stosunek pomiędzy kwasami nukleinowymi a białkami. Okazało się, że istnieje wyraźna nadrzędność kwasów nukleinowych w stosunku do białek.

Białka albo są budulcem komórek, albo służą jako katalizatory (enzymy) procesów chemicznych zachodzących w komórkach. One decydują o charakterze przemiany materii (metabolizmie), wzroście, rozwoju i w ostateczności o realizacji wszelkich właściwości dziedzicznych organizmu. Ich okres trwania jest zwykle krótki i stale muszą być na nowo syntetyzowane. Różnorodność i jakość białek zależy od kolejności sekwencji elementów (aminokwasów), z których są zbudowane. To, że organizm potomny podobny jest do rodzicielskiego, wynika z faktu, że jest zdolny do wytwarzania tych samych białek, czyli, że jakby z 20 aminokwasów odpowiedników liter osobniki potomne układają te same białka — odpowiedniki słów o tej samej kolejności liter. Skąd jednak organizm posiada zdolności jakby pamięci układania tych samych białek w pochodnych komórkach czy pokoleniach?

Otóż największym i podstawowym osiągnięciem biologii molekularnej było stwierdzenie, że właśnie DNA genów stanowi jakby szyfr, przy pomocy którego jest zapisana „pamięć” o zdolności syntezy białek. Okazało się, że kolejność 4 elementów DNA (A, T, G i C) decyduje o kolejności układania aminokwasów w białkach.

Długa wstęga DNA jest jakby taśmą, na której zapisana jest cała informacja o syntezie białek. Poszczególne odcinki tej taśmy, czyli geny niosą zapis o poszczególnych białkach. Stąd układ liniowy genów w chromosomach.

Dziedziczność może istnieć tylko wtedy, gdy taśma DNA jest bezbłędnie kopiowana i przekazywana do potomnych komórek. Aby cechy dziedziczne organizmu zostały zrealizowane, zapis na taśmie DNA musi być odczytany i przetłumaczony na język aminokwasowy białek.

W roku 1952 laureaci Nobla Crick i Watson stworzyli model budowy DNA, który tłumaczy jego zdolność zarówno do samoodtworzenia, jak i do kierowania syntezą białek. Okazało się, że DNA występuje w postaci dwóch wzajemnie uzupełniających się łańcuchów zwiniętych w podwójną spiralę. Przed każdym podziałem komórkowym spirale rozkręcają się i oddzielają i do każdego pojedynczego łańcucha zostaje dobudowany na jego

wzór i podobieństwo drugi łańcuch o uzupełniającym składzie nukleotydów. Dzięki temu powstają dwa identyczne podwójne łańcuchy, z których zawsze jeden jest stary, a drugi nowy. Następnie dwie identyczne podwójne spirale DNA są rozdzielane do potomnych komórek. Zaczynamy teraz rozumieć zadziwiającą stałość cząsteczek DNA. Po prostu kopiuje się one wzajemnie, czyli samoodtwarzają z wielką precyzją. Możliwe jest to tylko dzięki ich podwójnej naturze, której np. cząsteczki białka nie posiadają i muszą być zawsze na nowo syntetyzowane. Okazało się, że cząsteczki DNA w chromosomach nie są bezpośrednio wciągnięte w przemianę materii i są chronione w jądrach jako jedna centralna księga informacji o wszelkich właściwościach dziedzicznych danego organizmu. Kopiuwane są tylko przed podziałem komórkowym.

Oczywiście zapis w DNA służy nie tylko do samoodtwarzania, ale także, czy przede wszystkim do kierowania syntezą białek. W tym wypadku również zostaje spełniona zasada oszczędzania centralnego zapisu w DNA. Mianowicie, nie służy on bezpośrednio do syntezy białek, ale zostaje jedynie użyty jako matryca do wytwarzania kopii przy pomocy innego krótkotrwałego kwasu nukleinowego, tzw. informacyjnego RNA, który służy jako bezpośrednia matryca do syntezy białek poza jądrem komórkowym. Dzięki procesowi zwanemu transkrypcją zapis kolejności nukleotydów w DNA zostaje dokładnie przepisany na zapis przy pomocy 4 nukleotydów RNA.

Dalszy etap w syntezie białek to przetłumaczenie, czyli translacja zapisu nukleotydowego w RNA na zapis białkowy 20 aminokwasów. W ten sposób dochodzimy do zasady kodu genetycznego DNA. Ze zwykłych rozważań rachunkowych wynika rzecz oczywista, że pojedyncze nukleotydy w DNA nie mogą kodować aminokwasów białka, bo jest ich tylko 4, a aminokwasów 20. Także ilość kombinacji par nukleotydów, których różnych może być tylko 16, jest niewystarczająca do zakodowania 20 aminokwasów. Minimalna ilość to trójki nukleotydów, których różnych kombinacji jest 64, podczas gdy aminokwasów jest tylko 20. Rzeczywiście, okazało się, że kod jest trójkowy. W łańcuchu DNA genu kolejne trójki nukleotydów, zwane inaczej kodami, liczone od punktu startowego oznaczają kolejne aminokwasy.

W ciągu ostatnich lat kod został całkowicie rozszyfrowany, czyli że ustalono, które trójki odpowiadają którym aminokwasom (rys. 1). Przy okazji tych badań wyszły na jaw niezmiernie ważne inne fakty, jak np.:

- 1) z 64 możliwych trójek tylko 3 nie posiadają sensu, tzn. nie odpowiadają żadnemu aminokwasowi. Stanowią one, być może, znaki przestankowe w ciągłym zapisie w cząsteczce DNA;
- 2) dla jednego aminokwasu może być kilka różnych trójek, czyli kodonów synonimowych;
- 3) zasada kodowania jest jedna i uniwersalna w całym świecie ożywionym;
- 4) również procesy transkrypcji, czyli przepisywania zapisu z DNA na kopie informacyjnego RNA jak i translacji, czyli tłumaczenia zapisu RNA informacyjnego przy syntezie białek są w zasadzie te same w całym świecie ożywionym.

Dzięki tym odkryciom można dziś badać te zjawiska w układzie pozakomórkowym i jeśli np. do układu otrzymanego z bakterii wprowadzimy informacyjne RNA z retikulocytów ssaka, to system bakteryjny będzie

Tabela 1

Tablica 48 tripletów (kodonów) i odpowiadających im aminokwasów

I litera	II litera				III litera
	U	C	A	G	
U	Feniloalanina	Seryna	Tyrozyna	Cysteina	U
	Feniloalanina	Seryna	Tyrozyna	Cysteina	C
	Leucyna	Seryna	Nonsens	Nonsens	A
	Leucyna	Seryna	Nonsens	Tryptofan	G
C	Leucyna	Prolina	Histydyna	Arginina	U
	Leucyna	Prolina	Histydyna	Arginina	C
	Leucyna	Prolina	Glutamina	Arginina	A
	Leucyna	Prolina	Glutamina	Arginina	G
A	Izoleucyna	Treonina	Asparagina	Seryna	U
	Izoleucyna	Treonina	Asparagina	Seryna	C
	Izoleucyna	Treonina	Lizyna	Arginina	A
	Metionina	Treonina	Lizyna	Arginina	G
G	Walina	Alanina	Kw. asparagin.	Glicyna	U
	Walina	Alanina	Kw. asparagin.	Glicyna	C
	Walina	Alanina	Kw. glutamin.	Glicyna	A
	Walina	Alanina	Kw. glutamin.	Glicyna	G

syntetyzował hemoglobinę, co wskazuje, że zasada zapisu i jego odczytywanie jest ta sama u bakterii i ssaków.

W ten sposób rola DNA w zapisie genetycznym została całkowicie potwierdzona. Wszelka informacja o właściwościach żywej substancji płynie od DNA do białek, a nie w kierunku odwrotnym. Białka są więc już tylko wynikiem realizacji zapisu genetycznego.

A więc biologia molekularna wyprowadza zjawiska dziedziczności z budowy molekularnej kwasów nukleinowych. Realizacja wszystkich cech osobnika jest już tylko wynikiem współdziałania między sobą różnych białek, jak i warunków środowiska.

Skoro poznaliśmy naturę zjawiska dziedziczności i zasadę programowania produkcji białek, to możemy teraz planować w sposób świadomy zmienianie właściwości dziedzicznych organizmów. W ciągu ostatnich dwóch lat po raz pierwszy dokonano syntezy poza organizmem — *in vitro* cząsteczek wirusów o długości kilku tysięcy nukleotydów, które są identyczne z kwasami nukleinowymi naturalnych wirusów i posiadają tę samą co naturalne cząsteczki zdolność infekcyjną komórek. Khorana, tegoroczny laureat Nobla, jest w trakcie syntetyzowania DNA genu na drodze czysto chemicznej.

Umiemy już dziś wymieniać geny bakterii na geny pochodzące z innych szczepów czy gatunków wprowadzając do komórek obce DNA, które zajmuje miejsce własnego. W ten sposób możemy dowolnie zmieniać właściwości dziedziczne bakterii. Jeśli proces ten, zwany transformacją, będziemy umieli zastosować do wyższych organizmów, to otworzą się drogi do świadomego zmieniania właściwości dziedzicznych wszelkich organizmów.

Wiemy również, że DNA wirusów może się włączyć do chromosomów żywicieli i stać się jakby normalną częścią wyposażenia genetycznego ko-

mórki, zmieniając zupełnie jej właściwości, nie ujawniając przy tym destrukcyjnego wpływu. Istnieją więc różne sposoby zmieniania dziedzicznych właściwości komórek. Być może więc, że w ciągu paru następnych lat zostaną opracowane podstawy bioinżynierii czy inżynierii genetycznej, która będzie formować organizmy o nowych właściwościach, wprowadzając do nich DNA z innych osobników czy gatunków, a może i DNA sztucznie syntetyzowane.

Stworzy to oczywiście zupełnie nowe możliwości ulepszania i hodowli roślin uprawnych i zwierząt czy też mikroorganizmów, które zaprzęgniemy do intensywnej produkcji różnych związków, jak aminokwasy, witaminy czy antybiotyki. Także w zwalczaniu chorób dziedzicznych człowieka otworzą się zupełnie nowe możliwości zastępowania złych, zmutowanych genów nowymi, „dobrymi”.

Odkrycia te jednak niosą w sobie również przerażające perspektywy ich nadużycia. Niestety, obawiam się, że znacznie wcześniej będziemy umieli manipulować DNA i zaczniemy zajmować się inżynierią genetyczną niż potrafimy w pełni zrozumieć i przewidzieć wszelkie konsekwencje tych poczynąń. Możliwości nadużyć i zagrożenie ludzkości są zaś w tej dziedzinie na pewno nie mniejsze niż np. nadużycia energii atomowej. Toteż na biologów, twórców tych odkryć spada moralna odpowiedzialność, aby zdobycze ich służyły dobru ludzkości, a nie dalszemu jej pogniębieniu.

Już obecnie biologia molekularna rewolucjonizuje całą biologię stwarzając nowe podstawy wszelkich jej dziedzin. W najbardziej tradycyjnych naukach taksonomicznych już dziś badania porównawcze na drodze hybrydyzacji DNA pochodzących z różnych jednostek taksonomicznych, tzn. przy otrzymywaniu podwójnych łańcuchów DNA, w których każdy pojedynczy łańcuch pochodzi z innej jednostki taksonomicznej, daje miarę stopnia zróżnicowania w zapisie dziedzicznym. Jeśli porównamy analogiczne białka pochodzące z różnych gatunków, to stwierdzimy, że różnice w ich składzie aminokwasowym są jakby miarą ilości zmian zaszłych w ewolucji ich DNA od momentu rozejścia się ich dróg ewolucyjnych. Dla przykładu hemoglobina (łańcuch α) człowieka i goryla różni się tylko 2 aminokwasami, a różnica między hemoglobiną człowieka a hemoglobiną konia wynosi 22 aminokwasy przy ogólnej ilości aminokwasów w tym białku równej 141.

W naukach morfologicznych, a zwłaszcza w zajmujących się morfogenezą, jak np. embriologii, wpływ biologii molekularnej będzie bardzo istotny. Niesłychanie precyzyjna w czasie i przestrzeni sekwencja procesów wzrostu i różnicowania w okresie życia płodowego prowadzi do powstania złożonego organizmu ludzkiego z jednej zapłodnionej komórki jajowej. Wydaje się to dziś bardziej cudowne niż wytłumaczalne, zwłaszcza jeśli uświadomimy sobie, że w zasadzie wszystkie komórki posiadają tę samą informację genetyczną przekopiowaną z wyjściowej komórki jajowej. Skąd więc tak olbrzymia różnorodność komórek, tkanek i narządów w jednym osobniku, skoro wszystkie jego komórki posiadają ten sam zapis genetyczny?

Ta pozorna sprzeczność tłumaczy się tym, że w DNA jest zaprogramowany maksymalny, potencjalny zapis do wytwarzania wszelkich możliwych tysięcy różnych białek. W poszczególnych komórkach zaś odczytywana jest tylko pewna część tego zapisu. Okazało się, że w DNA oprócz genów niosących zapis o syntezie białek znajdują się specjalne geny re-

gulatorowe, które włączają lub wyłączają całe baterie genów z procesu ich odczytywania. Jednym słowem, komórki w zależności od warunków odczytują tylko te geny, których produkty są w danej sytuacji konieczne do ich funkcjonowania. Dzięki tym procesom regulacyjnym komórka może odbierać różne sygnały chemiczne płynące z zewnątrz i reagować na konkretne warunki, w których się znajduje. Tak więc w trakcie różnicowania w procesie embriogenezy w komórkach różnych tkanek i narządów odczytywane są różne geny i wytwarzane różne białka. Dzięki temu wszystko w swoim czasie i miejscu zostaje przy powstawaniu osobnika wytworzone tak, iż w oku powstaje soczewka, a na głowie rosną włosy, a nie odwrotnie.

Jaki jest mechanizm regulacji funkcji genów w komórce bakteryjnej, wiemy już dość dokładnie dzięki badaniom francuskich laureatów Nobla sprzed 3 lat: Lwoffa, Jacoba i Monoda. Opisali oni jednostki funkcji złożone czasem z licznych genów, tworzące tzw. operony, których odczytywanie jest regulowane przez specjalne geny operatorowe i regulatorowe. Geny te pod wpływem różnych bodźców chemicznych włączają lub wyłączają całe baterie genów wchodzące w skład operonu. A więc komórki nie odczytują bezmyślnie całej informacji zawartej w DNA, ale tylko te stronicie z tej księgi informacji, które są w danej chwili aktualne. Stwarza to warunki dla maksymalnej ekonomii gospodarki i umożliwia celowość reakcji organizmów na bodźce.

Regulacja odczytywania zapisu w DNA dotyczy nie tylko jego zdolności kierowania syntezą białek, ale także i procesów samoodtwarzania się nowych cząsteczek DNA. Jak wiemy, w organizmie wielokomórkowym jedne komórki różnicują się i przestają się dzielić, inne natomiast dzielą się aż do końca życia całego organizmu. Nie ulega wątpliwości, że i w tym wypadku dzięki specjalnym bodźcom chemicznym w pewnych komórkach ustaje replikacja DNA i podziały komórkowe. W tym wypadku również wiemy znacznie więcej jak to się dzieje w stosunkowo prostych komórkach bakteryjnych, ale nie ulega wątpliwości, że w najbliższych latach poznamy istotę tych mechanizmów i u wyższych organizmów. Wtedy nie tylko będziemy mogli zrozumieć mechanizmy procesów wzrostu i rozwoju w ontogenezie, ale będziemy także wpływać na te procesy, na przykład poprawiać błędy wynikające z niewłaściwego zapisu genetycznego.

Problem ten wiąże się bezpośrednio z walką z rakiem. Komórki nowotworowe to komórki, które zaczynają się w sposób nieopanowany dzielić, nie reagując na bodźce chemiczne, mówiące im „stop”. Zapewne geny receptorowe rejestrujące te bodźce chemiczne uległy tu zmianie i z jakichś względów przestały być na nie wrażliwe. Nie ulega wątpliwości, że dopiero dziś, po poznaniu roli DNA w metabolizmie i podziałach komórkowych, powstały możliwości poznania natury tego zjawiska i ewentualnego jego opanowania. Już dziś wiemy, że w przypadku niektórych nowotworów zwierzęcych zawierają one dodatkowe DNA pochodzenia wirusowego dzięki czemu komórki nowotworu nabierają nowych właściwości.

Dotychczas mówiłem przede wszystkim o zjawisku dziedziczenia. Należy jeszcze dodać parę słów o odwrotnej stronie tego zjawiska, czyli o zmienności dziedzicznej. Zmiany dziedziczne, czyli mutacje są zmianami w zapisie genetycznym DNA genów. Podobnie jak błędy zecerskie, polegają one najczęściej na zamianie litery, wypadnięciu lub wstawieniu

jednej lub kilku liter — czasem nawet na odwróceniu całego odcinka zapisu. Zmiany te, dzięki niesłychanie precyzyjnemu procesowi replikacji DNA i procesom korekcji przeprowadzonym w komórkach, powstają niesłychanie rzadko — raz na 100 tys. do 10 mln nowopowstających kopii DNA. Ten poziom mutacji jest wystarczający, aby geny zachowywały swą identyczność przez tysiące pokoleń, a z drugiej strony dostatecznie wysoki, aby w każdym pokoleniu powstawała dostatecznie duża ilość zmian dziedzicznych stanowiących materiał pędny dla motoru ewolucji, jakim jest dobór naturalny. Ten kompromis między absolutną stałością a jej brakiem warunkuje zdolności zmieniania się z czasem organizmów, w miarę jak zmieniają się warunki życia na Ziemi. Organizmy, w przeciwieństwie do obiektów nieożywionych, są tworam i historycznymi i powstałe w ich filogenetycznej historii mutacje w DNA są przenoszone z pokolenia na pokolenie i mogą być wypróbowywane i wykorzystywane w tysiące lat po ich pojawieniu się. W cząsteczce chemicznej DNA jest więc zapisana cała historia organizmów.

Fakt, że kod genetyczny jest ten sam w całym świecie ożywionym, stanowi chyba najbardziej przekonujący dowód, że życie na kuli ziemskiej powstało jednorazowo i że wszystko, co żyło bądź żyje, pochodzi z jednej, pierwotnej, żywej substancji, która kiedyś i gdzieś na naszej planecie powstała. Możliwość różnych zasad kodowania jest tak duża, że gdyby życie powstało niezależnie wielokrotnie lub gdyby naszą planetę skolonizowały wielokrotnie istoty żywe z innych planet, to szanse, aby wszystkie one funkcjonowały na zasadzie jednego kodu, są minimalne.

Ewolucja jest to więc wypróbowywanie nieskończonej ilości powstałych w historii życia na Ziemi zmian w zapisie DNA i przez ich wymieszanie i selekcję wybieranie nowych, coraz lepiej dostosowanych kombinacji.

Poziom błędów w odtwarzaniu DNA możemy dziś powiększać tysiąc i więcej razy, działając na DNA organizmów promieniowaniami jonizującymi, jak np. promieniowanie Roentgena, czy też promieniowaniami powstającymi przy rozkładzie atomów. Również bardzo liczne i różnorodne związki chemiczne działają wyraźnie mutagenicznie. W wielu wypadkach znamy już nawet mechanizmy działania tych związków na DNA. Używając tych źródeł możemy dziś zwiększać częstość mutacji i wykorzystywać nowo powstające mutacje w hodowli roślin, zwierząt czy mikroorganizmów.

Niestety jednak, już dziś wpływamy w sposób bardzo ujemny na skład genetyczny naszych populacji, w których poziom mutacji niekorzystnych wyraźnie wzrasta. Zwiększamy ten poziom przez testowanie bomb atomowych, a zwłaszcza przez wprowadzanie do rolnictwa, przemysłu i medycyny licznych nowych związków chemicznych, z których niektóre są mutageniczne. Wskutek tego częstość pojawiania się mutacji wzrasta. Z drugiej strony, niezależniąc się od środowiska dzięki zdobyciom techniki i nauki, zmniejszamy rolę doboru naturalnego, który dawniej bezlitośnie eliminował ludzi (wraz z ich genami) gorzej genetycznie wyposażonych. Przed medycyną społeczną powstanie palące zagadnienie wspólnego opracowania z biologami programu eugenicznej ochrony ludzkości przed zaśmiecającymi naszą populację genami defektów dziedzicznych.

Niewątpliwie zdobycze biologii molekularnej stworzyły zupełnie nowe perspektywy dla biologii, medycyny czy nauk rolniczych. Dwadzieścia

lat intensywnych badań licznych genetyków, biochemików i biofizyków przyniosły wyniki, o których w momencie ich rozpoczęcia nikomu naprawdę się nie śniło. Nie należy jednak, jak to się teraz często zdarza, uważać, że poznanie kodu genetycznego równa się rozwiązaniu wszelkich podstawowych problemów biologii. Rzeczywistość jest niesłychanie bardziej złożona.

Przy wytwarzaniu nowej komórki nie wystarczy obecność zakodowanej w DNA informacji o wszystkich białkach strukturalnych i enzymatycznych. Komórka to nie worek z białkami, ale twór o niesłychanie złożonej strukturze supermolekularnej zbudowany z licznych, różnych cząsteczek organicznych w bardzo skomplikowane organelle komórkowe. Oprócz „pamięci” molekularnej musi istnieć w komórkach „pamięć” topologiczna struktur supermolekularnych. Jest wątpliwe i trudne do wyobrażenia sobie, aby ta pamięć mogła być zakodowana w DNA. Być może nowe struktury powstają na drodze odtwarzania lub modyfikowania proegzystujących struktur, a nie wynikają jedynie z właściwości cegiełek, z których są zbudowane. Wreszcie, jeśli rozpatrujemy ewolucję człowieka, to naszą fantastyczną karierę na Ziemi zawdzięczamy nie tylko dziedziczności biologicznej zapisanej w naszym DNA, ale i dziedziczności kulturowej opartej na słowie i piśmie i dziedziczeniu tą drogą doświadczeń poprzednich pokoleń. Na czym polega myśl ludzka, wyuczalność, pamięć, jednym słowem, jaki jest stosunek myśli do mózgu czy materii, to chyba dziś w biologii równie tajemniczy problem, jakim wydawała się dziedziczność w połowie naszego stulecia. Problem jest niesłychanie intrygujący i jeszcze bardziej złożony. Sądzę, że w tej dziedzinie w najbliższej przyszłości rozpocznie się okres równie rewolucyjnych odkryć. Być może, zdobycze biologii molekularnej pozwolą w neurochemii na powstanie nowych hipotez, ale wyniki w tej dziedzinie chyba znacznie wykrócą poza nasze dotychczasowe pojęcia o związkach między strukturą a funkcją żywej materii.

Pragnąłbym, aby moje bardzo pobieżne i powierzchowne przedstawienie zdobywszy biologii molekularnej zasygnalizowało, że dzieje się tu dziś coś niezmiernie istotnego, co w niedalekiej przyszłości wpłynie na różne dziedziny życia ludzkiego i nie może być nikomu obojętne.

Oczywiście powstaje pytanie, jak się biologia molekularna rozwija u nas, w Polsce.

Instytut Biochemii i Biofizyki Polskiej Akademii Nauk, który reprezentuje, w połączeniu z Zakładem Genetyki Ogólnej dysponuje liczną, dobrą kadrą biochemików, biofizyków i genetyków. Dzięki dość znacznej dotacji Akademii posiadamy już podstawową aparaturę konieczną do naszych badań. Najbardziej ogranicza nas brak budynku, no i oczywiście braki aparaturowe i odczynnikowe. Niestety, cały postęp w biologii molekularnej jest obecnie limitowany posiadaną aparaturą rozdzielczą i pomiarową, jak różne typy wirówek, spektrofotometrów, liczników radioaktywności itp. Aparatura ta w większości musi być sprowadzana z zagranicy i ze względu na szybkość w tej dziedzinie postęp często odnawiana. Niewątpliwie biologia molekularna jest droższa od biologii tradycyjnej, ale niewspółmiernie tańsza od np. fizyki jądrowej.

Obecnie mamy już gotowe plany budowy nowego gmachu Instytutu na wspólnej działce z Centrum Medycyny Doświadczalnej i w pobliżu Instytutu Biologii Doświadczalnej im. Nenckiego, co stwarza na przyszłość warunki właściwego powiązania tych ośrodków zarówno przez wspólne wykorzystanie kosztownej aparatury, jak i wspólne rozwiązywanie sze-

regu problemów. Inne placówki Akademii, jak np. Instytut Medycyny i Terapii Doświadczalnej we Wrocławiu, zajmuje się od lat immunogenetyką i immunochemią, a także badaniami nad strukturą i funkcją białek.

Sądzę, że w naszych warunkach należałoby pomyśleć o wspólnej organizacji badań z biologii molekularnej między przedstawicielami wydziałów biologii, nauk rolniczych i nauk medycznych a także, podobnie jak to się dzieje gdzie indziej na świecie, przy jak najściślejszej współpracy z chemikami i fizykami. Chyba należy już dziś pomyśleć o właściwym zorganizowaniu i podzieleniu funkcji w rozwijaniu biologii molekularnej w Polsce.

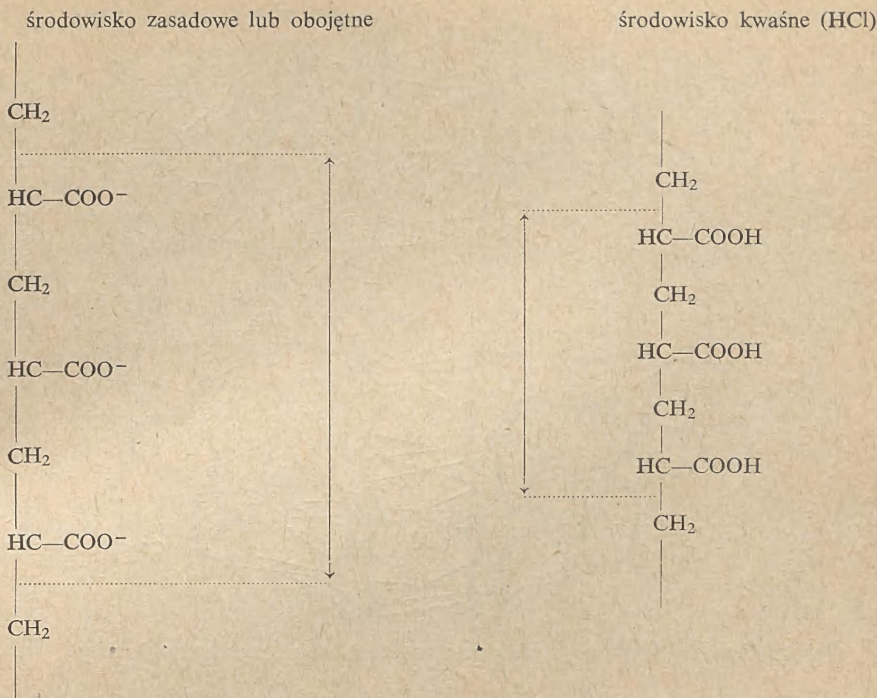
Jako państwo małe i niebogate, nie możemy sobie pozwolić na żadne dublowania, a z drugiej strony nie możemy również dopuścić, aby w tej, tak istotnej dziedzinie pozostać w tyle za resztą świata. Byłoby to nie tylko niekorzystne, ale chyba nawet i niebezpieczne. Oczywiście, nie będziemy zdolni do pracy twórczej na całym froncie biologii molekularnej, ale na pewno na jednych odcinkach będziemy tylko odbiorcami, a na innych, wybranych możemy być w pierwszej linii, co zresztą obecnie ma już miejsce.

Mam nadzieję, że wspaniały rozwój biologii sprawi, że nareszcie wiedza o życiu i człowieku zacznie nadążać za rozwojem techniki. Aby rozsądnie organizować życie indywidualne i społeczne, trzeba nie tylko panować nad naturą martwą nas otaczającą, ale poznać lepiej prawa rządzące procesami życiowymi. Sądzę, że obecnie wkraczać będziemy w erę nauk biologicznych.

PROF. DR ANTONI HORST

Biologia molekularna sprowadza zjawiska życiowe z poziomu komórek do poziomu cząsteczek, czyli molekuł i stąd właśnie bierze swą nazwę — biologia molekuly, czyli biologia molekularna. Innymi słowy, biologia molekularna tłumaczy wszelkie przejawy życia stanem fizycznym i chemicznym żywej materii. Tym samym witalizm umarł właściwie śmiercią naturalną — stał się po prostu niepotrzebny.

Zagadnienie, które zamierzam przedstawić, jest nieco trudne — postaram się jednak tak je zilustrować, aby było zrozumiałe. Najpierw przedstawię anatomię, czyli strukturę cząsteczki, następnie jej fizjologię czyli czynność i w końcu jej patologię czyli choroby cząsteczki. Wreszcie do podstawowych atrybutów żywej materii należy ruch (tak określi życie każde dziecko — żywe to jest to, co się rusza). W jaki sposób dochodzi do ruchów cząsteczki chemicznej, przedstawię na następującym przykładzie. Najprostszy polimer stanowi poliakrylan (rys. 1), należący do tzw. polianionów. Oznacza to, że w środowisku obojętnym lub zasadowym grupy karboksylowe tego polimeru ulegają jonizacji (COO^-), a ponieważ jednocześnie ładunki odpychają się, następuje wydłużenie nici poliakrylanu. Jeżeli jednak zmienimy środowisko (przez zakwaszenie kwasem solnym), grupa COOH nie ulega jonizacji i stąd ładunki znikają, a łańcuch ulega skróceniu. Na tej zasadzie na Wystawie Brukselskiej zbudowano model mięśnia, który ciężar 50 kg podnosił na wysokość kilku metrów tylko pod wpływem zmian środowiska. Łatwo możemy sobie teraz wyobrazić, że na

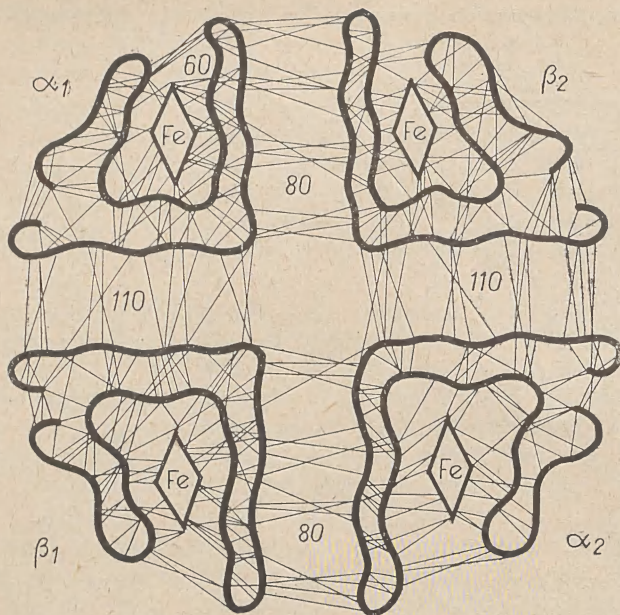


Rys. 1. Schemat skracania i wydłużania się włókna poliakrylanu pod wpływem zmiany środowiska

podobnej zasadzie może dochodzić do ruchów biopolimerów czyli cząsteczek, z których składa się żywy ustrój.

Przechodzę obecnie do omówienia anatomii cząsteczki. Prof. Gajewski w swym pięknym referacie przedstawił zasady biosyntezy białka w oparciu o kod genetyczny komórki, w wyniku czego powstaje pierwszorzędowa struktura białka, czyli łańcuch polipeptydowy. W wypadku hemoglobiny istnieją dwa łańcuchy polipeptydowe — jeden alfa, posiadający 141 reszt aminokwasowych, i drugi beta o 146 resztach aminokwasowych. Cztery łańcuchy polipeptydowe (2 alfa i 2 beta) łączą się w jedną całość, jak to przedstawiono schematycznie na rys. 2. Jak z tego schematu wynika — każdy łańcuch polipeptydowy zawiera specjalną grupę przenoszącą tlen i składającą się z pierścienia porfirynowego z centralnie umieszczonym atomem żelaza — grupa ta nosi nazwę hemu. Połączenia łańcucha polipeptydowego z hemem oraz połączenia łańcuchów pomiędzy sobą przedstawiono w postaci łączących linii — liczby oznaczają liczbę połączeń pomiędzy poszczególnymi elementami składowymi cząsteczki. I tak liczba tych połączeń pomiędzy hemem a pojedynczym łańcuchem polipeptydowym wynosi 60, pomiędzy łańcuchami alfa₁-beta₁ 110 i pomiędzy łańcuchami alfa₁-beta₂ 80.

Najpierw kilka słów muszę poświęcić charakterowi tych wiązań. Są to tzw. słabe wiązania (niekowalencyjne), na które składają się wiązania wodorowe, jonowe i tzw. siły van der Waalsa. Do najważniejszych z nich należą siły van der Waalsa, które powstają dzięki bliskiemu położeniu atomów i polegają na nieswoistych siłach przyciągania bez rozdziału



Rys. 2. Schemat budowy tetrameru cząsteczki hemoglobiny

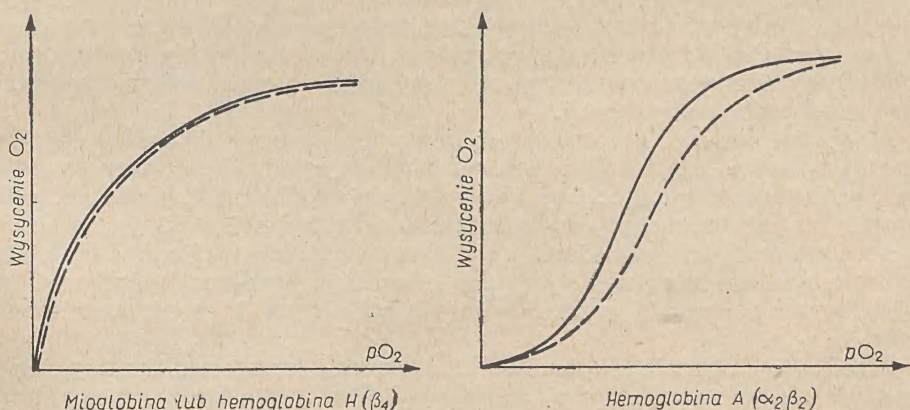
ładunków. Są to siły bardzo krótkiego zasięgu — siła ich maleje wraz z siódmą potęgą odległości. W ogóle słabe wiązania są to pozytywne oddziaływania na siebie atomów, które, jeżeli występują samodzielnie, nie są w stanie związać ze sobą dwóch atomów. To też siła tych wiązań w kształtowaniu struktury cząsteczki polega na występowaniu wielkiej liczby wiązań, przy czym zrównoważenie jest tak chwiejne, że ubytek nawet jednego lub dwóch wiązań tego typu może już zaważyć na zaburzeniach struktury cząsteczki.

Siłę tych wiązań najlepiej określa ilość kalorii potrzebna do ich rozerwania. Energia wiązania jonowego lub wodorowego wynosi od 3 do 7 kcal/mol, natomiast wiązań van der Waalsa tylko od 1 do 2 kcal/mol. Jeżeli tym wiązaniom przeciwstawimy energię, jaka powstaje podczas zderzeń cząsteczek (energia termicznych zderzeń cząsteczek w temperaturze pokojowej wynosi 0,6 kcal/mol) to okaże się, że w temperaturze ciała energia termicznych zderzeń cząsteczek stoi na granicy sił mogących już skutecznie rozerwać wiązania van der Waalsa. Stąd też struktura cząsteczek jest niesłychanie labilna w temperaturze ciała, po oziębieniu zaś, kiedy ilość energii termicznych zderzeń cząsteczek maleje, cząsteczka staje się sztywna (analogia do lodu, gdzie również tego typu wiązania po zniesieniu energii termicznych zderzeń tworzą bardzo silną strukturę lodu). Przeciwnie, podgrzanie — przez zwiększenie energii termicznych zderzeń powoduje uszkodzenie cząsteczki z powodu zrywania słabych wiązań typu van der Waalsa.

Przechodzę obecnie do omawiania fizjologii, czyli czynności cząsteczki. Porównując czynność cząsteczki hemoglobiny z czynnością mioglobiny (stanowiącej pojedynczy łańcuch polipeptydowy, budową swą zbliżony do pojedynczego łańcucha hemoglobiny) albo patologicznej cząsteczki hemoglobiny H (składającej się z 4 identycznych łańcuchów beta) widzimy

kilka charakterystycznych różnic w przebiegu ich czynności w porównaniu do hemoglobiny, przedstawionych na rys. 3. Krzywa wysycenia tlenem mioglobiny albo hemoglobiny H przedstawia krzywą wykładniczą (oznacza to, że powinowactwo tych związków do tlenu nie ulega zmianie w trakcie odbywania się reakcji) o dużym powinowactwie do tlenu i brakiem tzw. efektu Bohra, polegającego na zmianie powinowactwa do tlenu w warunkach środowiskowych (obniżenie powinowactwa do tlenu w środowisku kwaśnym). Zupełnie inaczej przedstawia się krzywa wysycenia tlenem hemoglobiny — jest to krzywa sigmoidalna (zmiana powinowactwa do tlenu pod wpływem przyłączenia tlenu do hemoglobiny), o obniżonym powinowactwie do tlenu (dowodem tego jest przesunięcie w prawo) i posiadająca efekt Bohra (obniżenie powinowactwa do tlenu pod wpływem zakwaszenia).

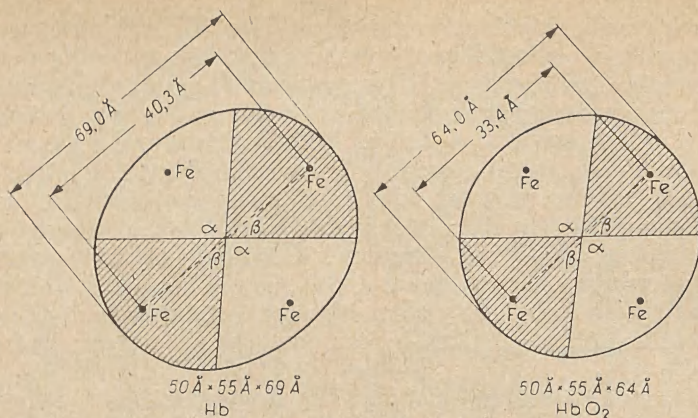
Porównując czynność mioglobiny lub hemoglobiny H z hemoglobina widzimy wielką przydatność hemoglobiny do spełnienia funkcji pobierania, przenoszenia i oddawania tlenu w tkankach. Nadmierne powinowactwo do tlenu ułatwia wprawdzie przyłączenie tlenu w płucach, równocześnie jednak utrudnia oddawanie tlenu w tkankach, stąd dla czynności hemoglobiny korzystniejsze jest zmienne powinowactwo, a zwłaszcza przydatny dla funkcji hemoglobiny jest efekt Bohra, który ułatwia przyjmowanie tlenu w płucach, a oddawanie w tkankach. Krzywa sigmoidalna wysycenia tlenem hemoglobiny jest spowodowana niedawno odkrytym zjawiskiem, określanym jako interakcja hem-hem (inaczej też



Rys. 3. Porównanie czynności hemoglobiny z czynnością mioglobiny i hemoglobiny H (tetramer złożony z 4 łańcuchów beta)

stała Hilla). Istota tego zjawiska widoczna jest na rys. 4. Jak z tego rysunku wynika, odległość pomiędzy atomami żelaza w łańcuchach beta w stanie zredukowanym hemoglobiny wynosi 40,3 Å, natomiast w stanie utlenowanym 33,4 Å, przy czym jednocześnie występuje również odpowiednia zmiana kształtu cząsteczki hemoglobiny. Oznacza to, że pod wpływem przyłączenia tlenu zmienia się struktura (konformacja) cząsteczki, która wpływa na powstanie krzywej sigmoidalnej wysycenia hemoglobiny tlenem. Te ruchy cząsteczki hemoglobiny podczas utlenowania i redukcji noszą nazwę ruchów oddechowych.

Wytlumaczenie efektu Bohra polega na zmianie jonizacji niektórych grup hemoglobiny w różnym pH. W środowisku kwaśnym grupy ulegają-



Rys. 4. Interakcja hem-hem, czyli „ruchy oddechowe” cząsteczki hemoglobiny

ce jonizacji wykazują zwiększone powinowactwo do protonów i stąd dochodzi do zmiany powinowactwa hemoglobiny do tlenu.

Wreszcie obniżone powinowactwo hemoglobiny do tlenu w porównaniu do mioglobiny lub hemoglobiny H polega na występowaniu stałej dysocjacji łańcuchów wchodzących w skład cząsteczki hemoglobiny (na dimery alfa-beta). Dysocjacja i łączenie się już utlenowanych dimerów z nieutlenowanymi, po czym znów dysocjacja i ponowne łączenie się tetramerów prowadzi do powstania wyłącznie utlenowanych cząsteczek hemoglobiny, wykazujących większe powinowactwo do tlenu aniżeli zredukowane cząsteczki hemoglobiny.

Wszystkie typowe dla czynności hemoglobiny zjawiska zależą od złożonej budowy tej cząsteczki w postaci asymetrycznego tetrameru. Wynika to z porównania z mioglobina i hemoglobina H; pierwsza składa się tylko z pojedynczego łańcucha, druga natomiast (hemoglobina H) jest wprawdzie tetramerem, ale zbudowanym z symetrycznych podjednostek i dlatego nie ma ani efektu Bohra, ani interakcji hem-hem, czyli ruchów oddechowych i ponadto jeszcze wykazują stałe wysokie powinowactwo do tlenu.

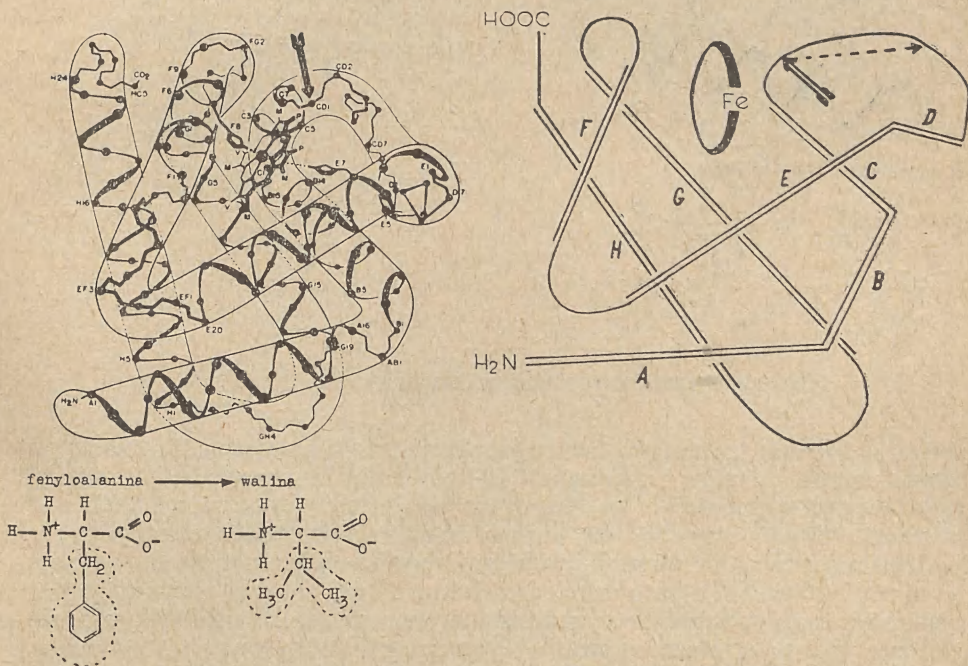
Przechodzę obecnie do omówienia patologii cząsteczki hemoglobiny. Patologiczna cząsteczka powstaje wskutek wadliwego kodu genetycznego i polega na włączeniu w odpowiednie miejsca łańcucha polipeptydowego niewłaściwego aminokwasu, np. waliny zamiast kwasu glutaminowego w pozycji szóstej łańcucha beta — jest to słynna hemoglobina sierpowata, wykryta przez Paulinga i współpr. Wykrycie jej dało właściwy początek patologii molekularnej hemoglobiny. Okazało się, że efekt hemolizy w niedokrwistości sierpowatej nie zależy od wady budowy komórki jako takiej, ale od wypełnienia erytrocyta nieprawidłową hemoglobina, która w warunkach niedotlenienia ulega żelifikacji z następową hemolizą krwinki czerwonej. Była to pierwsza wykryta choroba molekularna, w której wykazano, że przyczyną choroby była wadliwie zbudowana cząsteczka hemoglobiny.

Zaburzenia czynności patologicznych hemoglobin sprowadzają się: a) do zaburzeń transportu tlenu, spowodowanych substytucjami w miejscu wiązań łańcucha globiny z hemem, prowadzących do utraty hemu, albo zmianą fizjologicznych właściwości hemoglobiny (powinowactwa do

b) do zaburzeń stabilności cząsteczki.

Jak przedstawiłem na rys. 2, liczba wiązań hemu z łańcuchem polipeptydowym wynosi około 60 słabych wiązań, poza jednym wiązaniem kowalencyjnym łączącym żelazo z histydyną w pozycji F 8. Do jakiego stopnia występuje tutaj stan zrównoważenia, widać najpierw z porównania wiązań hemu z łańcuchem alfa i beta. Mianowicie w łańcuchu alfa występuje tylko jedno wiązanie polarne, w łańcuchu beta natomiast 2 wiązania polarne. Ponieważ wiązania polarne są słabsze, to ta drobna różnica wystarcza, aby pod wpływem tych samych substytucji łańcuch beta łatwiej tracił hem anizeli łańcuch alfa. Ponieważ jednocześnie wiązania hemu z łańcuchem globiny stabilizują cząsteczkę jako taką, ubytek hemu powoduje tak znaczne osłabienie struktury cząsteczki, że dochodzi do jej rozpadu, czyli hemolizy.

Zagadnienia te zademonstruję na przykładach hemoglobiny Torino i Hammersmith, które mają wadliwą substytucję w tym samym miejscu łańcuchów alfa (hemoglobina Torino) i beta (hemoglobina Hammersmith). Hemoglobinę Torino przedstawia rys 5. Na rysunku (podobnie jak na następnych) po lewej stronie jest przedstawiony łańcuch mioglobiny wieloryba, po prawej stronie wzorowany na nim uproszczony schemat łańcucha

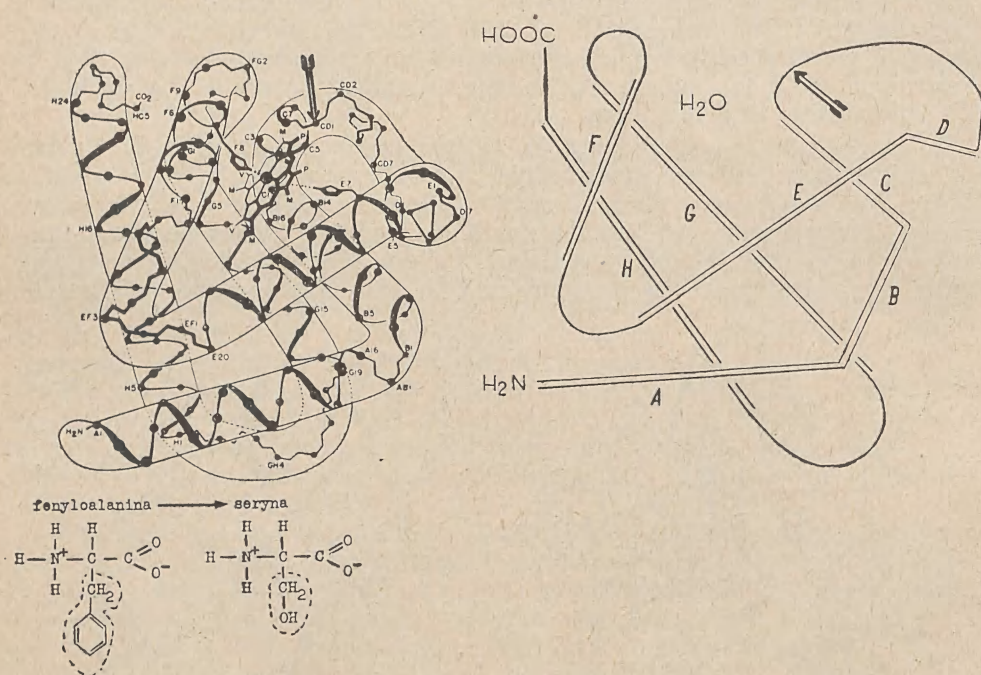


Rys. 5. Schemat substytucji w hemoglobinie Torino

globiny. Jak na tym schemacie widać, łańcuch polipeptydowy globiny posiada odcinki spiralne (podwójna linia) i niespiralne (pojedyncza linia). Odcinki spiralne oznaczono literami A-H, odcinki niespiralne oznacza się przez podanie liter sąsiednich odcinków spiralnych np. odcinek CD, stanowi niespiralny odcinek pomiędzy odcinkami spiralnymi C i D.

W hemoglobinie Torino w pozycji CD_1 zamiast fenyloalaniny występuje walina. Ta substytucja pozbawia cząsteczkę hem dwóch wiązań z grupami CH fenyloalaniny, powodując „dziurę” w powierzchni kieszonki, przez którą wchodzi woda, wypychająca w krańcowych wypadkach hem poza obręb cząsteczki. Z chwilą utraty hemu cząsteczka się rozpada i powstaje hemoliza. Ponadto walina w pozycji CD_4 tworzy krótkie wiązanie z fenyloalaniną w pozycji CD_4 , powodując dodatkowo zniekształcenie odcinka niespiralnego CD.

W hemoglobinie Hammersmith (rys. 6) w pozycji CD_1 zamiast fenylo-

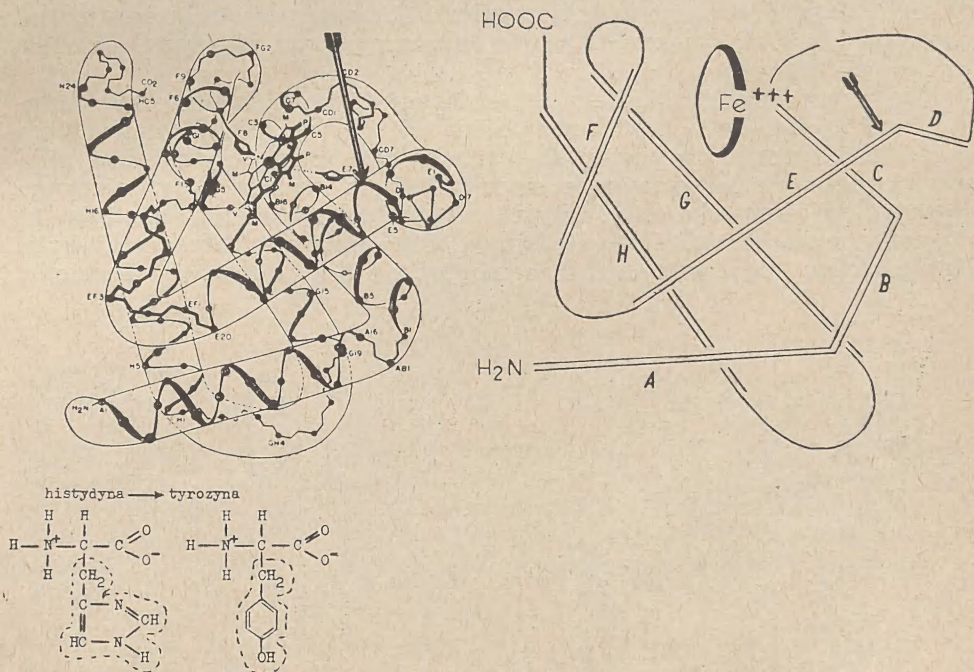


Rys. 6. Schemat substytucji w hemoglobinie Hammersmith

alaniny występuje seryna. Ta substytucja również pozbawia cząsteczkę hemu dwóch wiązań z grupami CH fenyloalaniny, powodując „dziurę” w powierzchni kieszonki, w której znajduje się hem; przez „dziurę” tę wchodzi woda i wypycha hem poza kieszonkę globiny. Dodatkowo jeszcze hydrofilna grupa OH seryny przyciąga wodę w obręb kieszonki. Wszystko to razem powoduje utratę cząsteczki hemu i tym samym rozpadnięcie się cząsteczki hemoglobiny. Jest znamienne, że mimo iż substytucja w hemoglobinie Torino i Hammersmith dotyczy tej samej pozycji, tj. pozycji CD_1 — z tym jednak, że w hemoglobinie Torino dotyczy to łańcucha alfa, a w hemoglobinie Hammersmith łańcucha beta — efekt patologiczny jest różny. W hemoglobinopatii Torino we krwi występuje tylko około 8% wolnej hemoglobiny, w hemoglobinie Hammersmith natomiast aż 30%. Taka duża różnica w stabilności cząsteczki hemoglobiny Torino i Hammersmith wynika z tego, co już poprzednio podkreśliłem, że wiązania hemu w łańcuchach beta są ogólnie słabsze, ponieważ tutaj występują aż dwa wiązania polarne, podczas gdy w wiązaniach hemu w łańcuchu alfa tylko

jedno polarne wiązanie. Oczywiście pozbawienie cząsteczki hemoglobiny hemu czyni ją całkowicie bezużyteczną dla transportu tlenu, ponieważ taka cząsteczka nie może tlenu wiązać.

Innego rodzaju zaburzenie stanowią patologiczne hemoglobiny, w których dwuwartościowe żelazo hemu przechodzi w formę trójwartościową — niezdolną do łączenia się z tlenem. Są to tzw. methemoglobinopatie. Pierwszą wykrytą hemoglobina z tej grupy jest hemoglobina Boston (rys. 7), w której w łańcuchu alfa w pozycji E₇ zamiast histydyny (dalszej) występuje tyrozyna. Łańcuch boczny tyrozyny jest znacznie dłuższy ani-



Rys. 7. Schemat substytucji w hemoglobinie Boston

żeli łańcuch histydyny, a poza tym grupa OH tyrozyny podchodzi do żelaza na odległość 2,0 do 2,5 Å, tworząc wiązanie jonowe z żelazem hemu. Wskutek oddania elektronu żelazo hemu przechodzi w formę trójwartościową, niezdadną do przenoszenia tlenu. Wskutek tego łańcuch jest całkowicie bezużyteczny dla transportu tlenu, powstaje sinica i niedobór tlenu w ustroju.

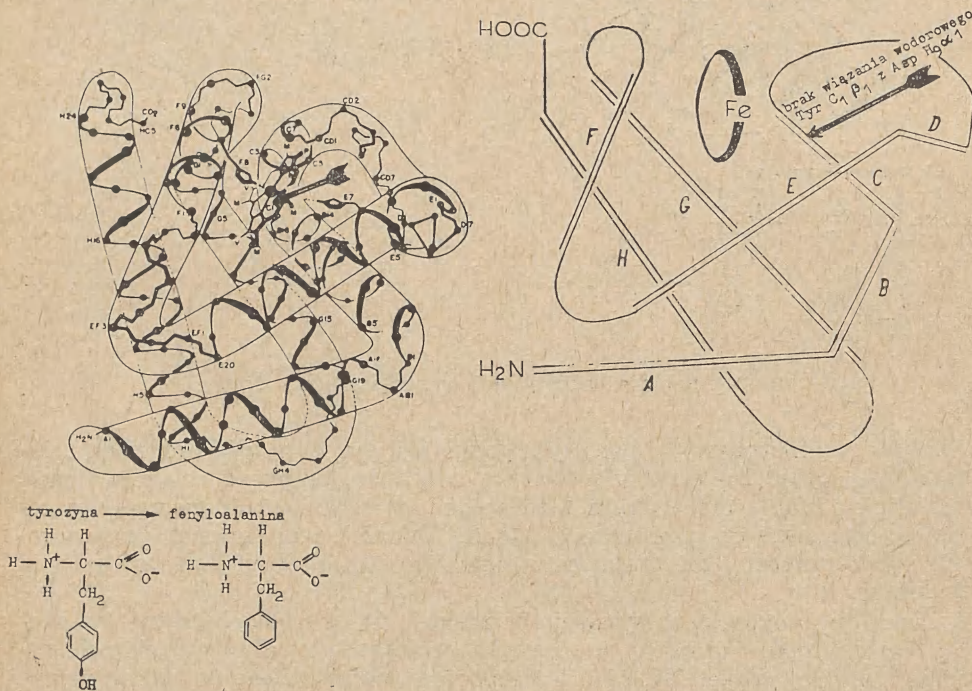
Zupełnie analogiczna sytuacja występuje w łańcuchu beta w hemoglobinie Saskatoon. Tutaj też w pozycji E₇ zamiast histydyny występuje tyrozyna, której grupa OH, również z powodu zbliżenia się do atomu żelaza na odległość 2,0 do 2,5 Å, tworzy wiązanie jonowe, wskutek czego żelazo hemu, tracąc elektron, przechodzi w bezwartościowe dla transportu tlenu żelazo trójwartościowe. Również powstaje sinica i niedotlenienie.

Nieco inaczej przedstawia się sytuacja w hemoglobinopatiach Iwate (łańcuch alfa) i Hyde Park (łańcuch beta). W tym przypadku substytucja histydyny przez tyrozinę dotyczy pozycji F₈. Normalnie histydyna w pozycji F₈ tworzy wiązanie kowalencyjne z atomem żelaza hemu. Substytu-

cja histydyny przez tyrozynę uniemożliwia powstanie tego wiązania, które przechodzi na histydynę w pozycji dalszej (E_7), natomiast grupa OH tyrozyny zarówno w hemoglobinie Iwate, jak i Hyde Park znów znajduje się w odległości 2,0 do 2,5 Å od atomu żelaza, tworząc wiązanie jonowe — żelazo przechodzi w formę trójwartościową i staje się nieprzydatne do transportu tlenu. Następstwem tego jest również sinica i niedotlenienie.

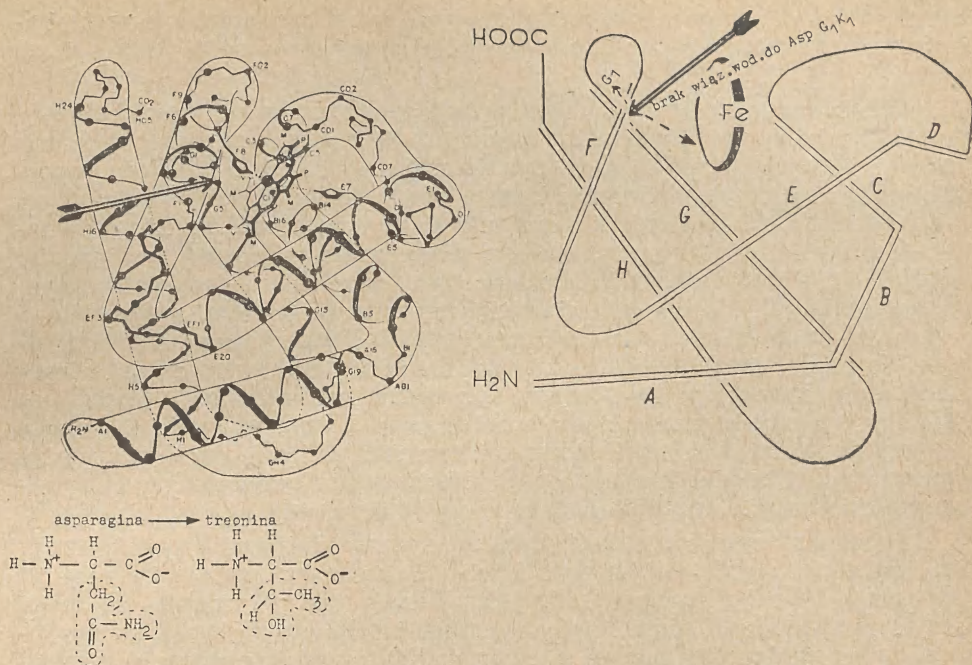
Z kolei przechodzę do omówienia patologii cząsteczki hemoglobiny spowodowanej substytucjami reszt aminokwasowych tworzących wiązania międzycząsteczkowe. Występują tutaj dwie grupy wiązań — pomiędzy łańcuchami α_1 - β_1 i α_1 - β_2 (rys. 2). Wiązania α_1 - β_1 tworzy 34 reszt aminokwasowych, dając ogółem 110 słabych wiązań, natomiast wiązania α_1 - β_2 tworzy 19 reszt aminokwasowych, dając ogółem około 80 słabych wiązań.

Typowym przedstawicielem patologicznej hemoglobiny na skutek braku wiązań α_1 - β_1 jest hemoglobina Philly (rys. 8). W następstwie substytucji tyrozyny w pozycji C_1 łańcucha beta przez fenyloalaninę ubywa wiązanie wodorowe łączące łańcuch β_{11} z kwasem asparaginowym w pozycji H_9 łańcucha α_1 . Ubytek tego jednego wiązania na około 110 wiązań powoduje rozpadanie się hemoglobiny Philly na dimery α - β . Następstwem tego jest anemia hemolityczna i powiększenie śledziony.



Rys. 8. Schemat substytucji w hemoglobinie Philly

Jeszcze bardziej ciekawe zagadnienie przedstawia ubytek wiązań pomiędzy łańcuchami α_1 - β_2 . Typowym przedstawicielem tej grupy jest patologiczna hemoglobina Kansas (rys. 9). W tej hemoglobinie nastąpiła substytucja asparaginy w łańcuchu beta w pozycji G_4 przez treoninę. Ta



Rys. 9. Schemat substytucji w hemoglobinie Kansas

substytucja pozbawia cząsteczkę jednego wiązania wodorowego od asparaginy w pozycji G_4 w łańcuchu β_2 do kwasu asparaginowego w pozycji G_1 w łańcuchu α_1 . Dochodzi do zaburzeń stabilności cząsteczki hemoglobiny, która ulega hemolizie. Ponadto w tej grupie patologicznych hemoglobin występuje jeszcze szereg zaburzeń czynności hemoglobiny, jak zmniejszenie lub brak interakcji hem-hem, zmiana efektu Bohra i zmiana powinowactwa hemoglobiny do tlenu. W tej grupie znamy obecnie 5 patologicznych hemoglobin, z tego 4 tj. hemoglobiny Chesapeake, Captown, Yakima i Kempsey, wykazują zwiększone powinowactwo do tlenu, hemoglobina Kansas natomiast zmniejszone powinowactwo do tlenu. Następnym zwiększonego powinowactwa do tlenu 4 wymienionych wyżej patologicznych hemoglobin jest poliglobulia (zwiększenie liczby krwinek czerwonych w krwi), której powstanie tłumaczymy niedotlenieniem tkanek, powodującym zwiększoną syntezę erytropoetyny, wpływającą na zwiększoną produkcję krwinek czerwonych w szpiku. Z kolei hemoglobina Kansas ma zwiększony efekt Bohra, przy jednocześnie zmniejszonej interakcji hem-hem.

Dalsza grupa zaburzeń dotyczy stabilności cząsteczki — do tej grupy należą przede wszystkim te hemoglobiny patologiczne, które mają substytucje aminokwasów we wnętrzu cząsteczki. Jest to zrozumiałe, gdyż każda zmiana we wnętrzu cząsteczki musi pociągać za sobą zmianę ogólnej struktury, czego następstwem jest zazwyczaj osłabienie wewnętrznej spójności cząsteczki i jej rozpad. Zresztą zwiększoną labilność wykazują również poprzednio już omówione hemoglobiny, które mają substytucje w miejscach wiązania globiny z hemem. Natomiast substytucje na powierzchni cząsteczki przebiegają na ogół bez większych zaburzeń cząsteczki. Dowodem tego jest fakt, że w zasadzie zaburzenia występują dopiero u homo-

zygotów, podczas gdy w poprzednich wypadkach zaburzenia te występowały już u heterozygotów, homozygotów zaś są często w ogóle niezdolni do życia.

Jakie konsekwencje wynikają z przedstawionych właściwości budowy, fizjologii i patologii cząsteczki? Skoro cząsteczka ma swoją specyficzną budowę, fizjologię i patologię, czyli choroby — zaryzykowałbym twierdzenie, że cząsteczka chemiczna spełnia warunki życia, oczywiście z tym ograniczeniem, że samodzielnie nie potrafi się odtwarzać. Jeżeli porównamy właściwości życiowe cząsteczki z właściwościami życiowymi wirusa, to okaże się, że wirus posiada zdolności replikacji, ale nie posiada własnego metabolizmu i dlatego nie wykazuje pełnych właściwości życiowych — odwrotnie cząsteczka posiada zdolności metaboliczne, a nie posiada zdolności do reprodukcji. W konkluzji więc komórka stanowi najniższą uorganizowaną pełnowartościową jednostkę życia, wirus natomiast i biopolimer najniższe uorganizowane niepełnowartościowe jednostki życia — wirus w zasadzie posiada zdolność replikacji bez możliwości samodzielnego wykonywania metabolizmu, biopolimer natomiast posiada zdolność wykonywania metabolizmu, a nie posiada zdolności do replikacji.

Czy stwierdzenie właściwości życiowych cząsteczki jest zupełnie nowe? Już Pasteur i Liebig toczyli spór o to — Pasteur był zdania, że enzymy występują tylko w żywych ustrojach, Liebig zaś był zdania, że mogą istnieć również poza nimi. Kiedy Buchner w 1897 r. wykazał, że bezkomórkowy sok drożdży potrafi wywołać alkoholową fermentację, napisał dosłownie: „Widocznie obok komórkowych form życia istnieją również bezkomórkowe formy życia”. Z chwilą jednak, kiedy w 1926 r. Sumnerowi udało się wykrystalizować po raz pierwszy enzym, zapanowało przekonanie, że to, co żywe, nie może być wykrystalizowane. Potem jednak Stanley wykrystalizował również wirusa choroby mozaikowej tytoniu, a mimo to nikt nie odmawia wirusowi pewnych właściwości życiowych. Są to po prostu różne formy życia, inne w wypadku wirusów, inne w wypadku cząsteczek, a jeszcze inne, już pełnowartościowe, w wypadku komórek.

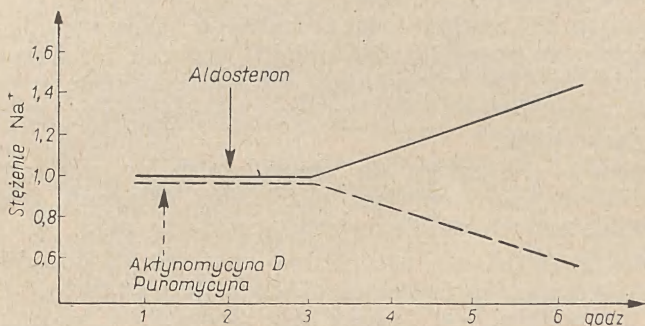
Jaka jest z tego korzyść dla biologii, a w szczególności dla medycyny? Kiedy 110 lat temu Virchow formułował swoją teorię patologii — oparł ją na komórce, jako na najniższym uorganizowanym żywym tworze. Komórka okazała się jednak jeszcze zbyt skomplikowaną jednostką, w której zjawisk życiowych wprost nie daje się badać, i dlatego z czasem nawet autor teorii komórkowej zjawisk chorobowych zwrócił się ku witalizmowi. Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa tłumaczenia zjawisk życiowych (w tym oczywiście również chorobowych, które stanowią tylko odmianę procesów życiowych) na poziomie cząsteczki. W tym wypadku — jak to przedstawiłem w swoim referacie — możemy dokładnie powiedzieć, z jaką strukturą jest związany dany efekt czynnościowy, czyli „życiowy” cząsteczki. Tutaj już nie ma potrzeby uciekania się do tłumaczenia tych zjawisk właściwościami „życiowymi” cząsteczki, ponieważ — jak to widzieliśmy np. w wypadku hemoglobiny Boston — utworzenie wiązania jonowego grupy OH-tyrozyny z żelazem hemu jest następstwem położenia tej grupy w odległości 2,0 do 2,5 Å od atomu żelaza, a już dalsze następstwo w postaci niedotlenienia ustroju, sinicy i innych zaburzeń jest spowodowane brakiem zdolności przenoszenia tlenu przez hemoglobinę Boston.

Sprowadzając zagadnienia życia do czynności życiowych cząsteczek możemy na tej podstawie wyjaśnić całość procesów życiowych, nawet naj-

bardziej złożonych ustrojów. Wszak komórki składają się z cząsteczek, a ustrój z komórek, a ponieważ o procesach życiowych komórek, a w dalszej konsekwencji również ustroju — decydują właściwości życiowe cząsteczek, zależność zjawisk życiowych ustroju od cząsteczek jest całkowicie oczywista i nie może budzić żadnych wątpliwości. Zresztą widzieliśmy to na przykładzie hemoglobiny o zwiększonym powinowactwie do tlenu, które na drodze ogólnoustrojowej (niedotlenienie tkanek i w następstwie nadprodukcja erytropoetyny powodująca poliglobulię) spowodowały ogólnoustrojowe efekty.

Na zakończenie podam krótko, jakie konkretne korzyści wynikają dla medycyny ze stosowania biologii molekularnej. Nie mamy dzisiaj dziedziny, do której by biologia molekularna, i to w sposób istotny, nie wkroczyła.

W zakresie regulacji ustrojowych — jako przykład omówię układ hormonalny, konkretnie wpływ aldosteronu, tj. hormonu przemiany mineralnej kory nadnerczy, którego główne zadanie polega na aktywacji czynnego transportu jonów sodu przez komórki cewek nerkowych. W układzie *in vitro* (rys. 10) w około 60 do 90 minut po dodaniu aldoste-



Rys. 10. Schemat działania aldosteronu poprzez aktywację genu

ronu występuje zwiększenie transportu jonów sodu przez błonę śluzową pęcherza moczowego ropuchy (linia ciągła). Jeżeli jednak uprzednio dodamy aktynomycynę D lub puromycynę, które, jak wiadomo, hamują biosyntezę białka (aktynomycyna D na zasadzie hamowania transkrypcji, czyli przepisania DNA na RNA; puromycyna na zasadzie hamowania translacji, czyli bezpośredniego przyłączania się aminokwasów do tworzącego się łańcucha polipeptydowego na zasadzie istniejącego kodu genetycznego) — po upływie 60—90 minut nie tylko nie dochodzi do zwiększenia transportu jonów sodu, ale następuje jego obniżenie. Na podstawie tego doświadczenia wykazano, że uruchomienie jakiejś funkcji ustrojowej (w tym wypadku zwiększenie transportu jonów sodu) wymaga najpierw uruchomienia maszyneryi komórkowej, syntetyzującej odpowiednią substancję, która tę pracę wykonuje. W omawianym wypadku chodzi prawdopodobnie o syntezę białek, odpowiedzialnych za transport jonów sodu. Zahamowanie tej syntezy hamuje również transport jonów sodu.

Inne najbardziej podstawowe zagadnienie żywej materii stanowi jej metabolizm. W tym zakresie kluczową rolę spełniają enzymy, stanowiące białka, katalizujące odpowiednie reakcje przemiany materii, stanowiące,

innymi słowy, siłę napędową przemian metabolicznych ustroju. O sprawności enzymów świadczy szybkość, z jaką dokonują one swoich czynności. Enzym dla wykonania swego zadania musi się połączyć najpierw ze swoim substratem, właściwym tylko dla tego enzymu. To wyszukanie substratu i połączenie odbywa się dzięki tworzeniu omówionych już wiązań van der Waalsa pomiędzy enzymem a substratem. Wyszukanie odpowiedniego substratu odbywa się na zasadzie dokładnego dopasowania powierzchni substratu i enzymu. Ponieważ siły van der Waalsa są siłami bardzo krótkiego zasięgu, tylko dokładnie do siebie dopasowane cząsteczki mogą się połączyć i to jest ten element, który zapobiega łączeniu się enzymu z niewłaściwym substratem. Z chwilą, kiedy enzym połączył się ze swoim substratem, następuje szereg zmian konformacyjnych cząsteczek enzymu i substratu, które doprowadzają do dokonania się reakcji chemicznej, katalizowanej przez dany enzym. Szybkość, z jaką dokonują się te reakcje, jest wprost zdumiewająca. Mianowicie jedna cząsteczka enzymu jest w stanie w ciągu jednej sekundy milion razy połączyć się ze swoim substratem, czyli w ciągu jednej sekundy rozłożyć albo zsyntetyzować milion cząsteczek substratu. Jedynie ta zdumiewająca szybkość reakcji metabolicznych tłumaczy możliwość procesów metabolicznych odpowiedzialnych za powstawanie odpowiednich reakcji życiowych ustroju.

Uwzględniając tę zdumiewającą szybkość dokonywania się reakcji metabolicznych oraz specyficzność doboru enzymu i substratu — rozumiemy, że każda zmiana, powodująca zmianę konformacji (konfiguracji) enzymu musi spowodować inny, najczęściej zwolniony przebieg reakcji metabolicznych ustroju.

Przykładowo — posługując się odpowiednimi przypadkami klinicznymi — przedstawię najważniejsze przyczyny zaburzeń metabolicznych ustroju, spowodowanych patologią cząsteczek enzymów.

1. Akatalazja polega na niedoborze katalazy. Klinicznie występują zgorzelinowe owrzodzenia jamy ustnej. Badania wykazały, że enzym syntetyzuje się normalnie, jest jednak tak niestabilny, że natychmiast po zsyntetyzowaniu się ulega rozpadowi, czego następstwem jest klinicznie stwierdzony niedobór enzymu.

2. Przedłużone działanie sukcynylocholiny. Sukcynylocholina jest szeroko stosowana w medycynie jako lek zwiadcujący mięśnie drogą ich porażenia. Na ogół działanie leku jest krótkotrwałe (2—3 minut), gdyż jest on prawie natychmiast rozkładany przez cholinesterazę. W niektórych wypadkach działanie leku przedłuża się, co grozi niebezpieczeństwem utraty życia z powodu porażenia mięśni oddechowych. Wykazano, że przyczyną przedłużonego działania leku jest występowanie u tych chorych nietypowych cholinesteraz, które lek rozkładają tylko bardzo powoli.

3. Galaktozemia. Do najbardziej typowych bloków metabolicznych należy galaktozemia. Istota tego zaburzenia polega na tym, że galaktoza (pochodna cukru mlecznego — laktozy) nie jest rozkładana z powodu niedoboru aktywności enzymu urydylilotransferazy galaktozo-1-fosforanowej. Wskutek tego w ustroju gromadzi się w nadmiarze galaktozo-1-fosforan, który jest toksyczny. Ponieważ w tym wypadku znamy istotną przyczynę choroby — w leczeniu tego ciężkiego zaburzenia stosujemy po prostu dietę bezmleczną. Wtenczas z braku laktozy i w następstwie również galaktozy — mimo niedoboru aktywności wspomnianego wyżej enzymu — do zaburzeń ustroju nie dochodzi z powodu braku substancji toksycznej w postaci galaktozo-1-fosforanu.

4. Nietolerancja lizyny z okresową hiperammonemią. Ta choroba jest wprost klasycznym przykładem wskazującym na ściśle powiązanie ujawniania cech dziedzicznych ze środowiskiem (podobnie zresztą jak poprzednio cytowany przykład galaktozemii). Przyczyną zaburzenia jest niedobór aktywności enzymu rozkładającego lizynę, wskutek czego dochodzi do zwiększenia poziomu lizyny w ustroju. Nadmiar lizyny działa jako inhibitor innego z kolei enzymu — arginazy, będącej enzymem ostatniego ogniwa cyklu mocznikowego. Wskutek zahamowania tego enzymu, przemiana toksycznego amoniaku (powstającego w wyniku normalnej przemiany białkowej) w mocznik, wydalany normalnie z moczem, jest zahamowana. W następstwie dochodzi do zwiększenia poziomu amoniaku w ustroju z objawami ogólnego zatrucia, przypominającymi ostrą niewydolność wątroby, gdzie również z powodu zahamowania syntezy mocznika z amoniaku dochodzi do podobnych objawów. Znowu leczenie polega na usunięciu lizyny z pożywienia, co całkowicie uniemożliwia wystąpienie wymienionego wyżej zaburzenia.

Na zakończenie jeszcze jedna uwaga. Czy wobec tak wspaniałego rozkwitu i perspektyw biologii molekularnej w badaniach biologicznych nie należałoby się ograniczyć jedynie do tego kierunku, kosztem tradycyjnych kierunków? Nie byłoby większego błędu — wszak życie toczy się w ustrojach jednokomórkowych, wielokomórkowych, ba, nawet całych ekosystemach. W kształtowaniu procesów życiowych jednakową rolę odgrywa dziedziczenie, jak i środowisko — tych spraw oddzielić się nie da, jak to zresztą wynikało z przedstawionego materiału. Dlatego też — dla ostatecznego rozwiązania zjawisk życia — uprawiane muszą być wszystkie kierunki w biologii, a więc zarówno kierunek biologii molekularnej, jak i tradycyjne kierunki, uwzględniające zagadnienia życia komórek oraz ustrojów wielokomórkowych dodatkowo jeszcze w powiązaniu ze środowiskiem.

PROF. DR TADEUSZ RUEBENBAUER

W swojej wypowiedzi pragnę ustosunkować się do ważnego problemu ciężącego na rolnictwie, poruszanego przez prof. W. Gajewskiego, a polegającego na konieczności zwiększania stale i w wysokim stopniu produkcji masy organicznej na potrzeby zwiększającej się szybko ludności świata. Przykładów konkretnego rozwiązywania zagadnień w tym zakresie mamy bardzo dużo, chociażby zaczerpniętych z hodowli pszenicy w Meksyku, gdzie w ostatnich latach wyhodowano bardzo plenną odmianę Mexipac, która po pewnych zmianach została przyswojona w Indiach i rozwiązała w Pakistanie i w Indiach w wysokim stopniu stale występujący tam problem głodu. W dziejach rozwoju hodowli roślin można wyodrębnić okresy nie mające łączności z nauką, jak również okresy wyraźnego oparcia się na rozwoju nauk biologicznych. Ponieważ przyswajanie roślin uprawnych odbywało się w czasach przedhistorycznych, to już w tym okresie człowiek dokonał poważnego wysiłku uwieńczonego pomyślnym wynikiem udoskonalenia roślin. Trudno tu mówić o jakichś metodach; motorem postępowania było zaspokajanie własnych potrzeb. W długim okresie czasów historycznych aż do czasów nowożytnych hodowla nie ule-

gała doskonaleniu. Praktyka hodowlana torowała jednak drogę rodzącej się z końcem XIX wieku genetyce. Przy nie skryształizowanym jeszcze w tym czasie poglądzie na dziedziczność i zmienność możliwe było tylko drogą empirii hodowlanej wyprowadzenie nowych odmian ziemniaków, pszenicy, żyta, buraków cukrowych i wielu innych roślin. Wyprowadzenie nowych odmian ziemniaków po wojnach napoleońskich w dużym stopniu ograniczyło głód panujący na obszarach Europy. Z początkiem XX wieku hodowla roślin coraz bardziej opiera się na podstawach w ówczesnie stosowanej genetyce. Wobec gwałtownego rozwoju genetyki w tym okresie obserwuje się wyprzedzanie osiągnięć praktycznych przez osiągnięcia teoretyczne. Hodowla w coraz mniejszym stopniu toruje drogę genetyce, genetyka natomiast stwarza nowe możliwości dla hodowli. Rozwój nauk wymaga doskonalenia metod, używania coraz bardziej skomplikowanej aparatury, jednocześnie pozwala na szybsze i trafniejsze uzyskiwanie rozwiązań postulowanych zawrotnym tempem postępu. Stąd też zasadniczym zadaniem hodowli roślin będzie wzmożenie tempa przyswajania osiągnięć tych dyscyplin naukowych, które warunkują jej postęp. W mojej wypowiedzi ograniczę się do uwypuklenia części tych wszystkich korzyści, które rolnictwo poprzez hodowlę roślin zawdzięcza genetyce. Wiadomo, że plony roślin prawie na całym świecie, a również i w Polsce stale wzrastają. Wzrost ten możliwy jest przede wszystkim dzięki uzyskiwaniu nowych odmian roślin uprawnych, znacznie plenniejszych i odporniejszych na choroby i szkodniki, jak również na niepomysłne czynniki środowiska. W wielu przypadkach nowe odmiany są znacznie zasobniejsze w cenne składniki odżywcze, jak białko, tłuszcz, węglowodany, witaminy itp. Ogólna produkcja cennego składnika z jednostki powierzchni wzrasta więc zarówno na skutek zwiększenia plonu, jak i na skutek zwiększenia procentowej zawartości składników w organizmie roślinnym. W uzyskiwaniu tego zamierzenia hodowla współczesna posługuje się rozmaitymi metodami opartymi na prawach genetyki. Obecnie duże uznanie rolników zyskały odmiany mieszańcowe. Mieszańce uzyskuje się drogą krzyżowania dwóch lub więcej komponentów. Mieszańce takie na skutek wystąpienia zjawiska heterozji u roślin pierwszego pokolenia są znacznie plenniejsze od form rodzicielskich, a również bardzo często plenniejsze od powszechnie uprawianych odmian. Przykładów odmian mieszańcowych można by dać bardzo dużo. Klasycznym przykładem są mieszańce kukurydzy, które w Stanach Zjednoczonych pozwoliły na zwiększenie przeciętnie plonu o 30 do 40%, co w skali ogólnej daje miliardowe dochody. W Polsce również w ostatnich latach wyhodowano mieszańce kukurydzy i te mieszańce są znacznie plenniejsze od dotychczas uprawianych odmian.

W doskonaleniu metod dotyczących heterozji bardzo dużą rolę odegrała tzw. cytoplazmatyczna męska bezpłodność, polegająca na tym, że właściwość tę dziedziczy się po matce. Otóż w większości przypadków przy produkcji mieszańców stosuje się osobniki o cytoplazmatycznej męskiej bezpłodności, które wskutek tego nie wymagają usuwania pręcików, tzw. kastracji i przez to można produkować mieszańce na skalę produkcyjną. U wielu gatunków roślin uprawnych, takich jak z rodzin baldaszkowych, komosowatych i innych gdzie kwiatostany są bardzo drobne i kastracja praktycznie nie byłaby możliwa — zastosowanie cytoplazmatycznych męsko jałowych roślin pozwala na uzyskanie mieszańców na skalę produkcyjną.

Dalsze liczne korzyści w hodowli roślin wypłynęły z uzyskania okreś-

lonych mutantów znajdujących w przyrodzie lub uzyskiwanych sztucznie przez działanie czynników mutagennych. Triploidalne odmiany buraków okazały się znacznie plenniejsze, a wprowadzone do uprawy pozwoliły na produkcję cukru w znacznie większym stopniu również i w Polsce. Tetraploidalne odmiany żyta okazały się odporniejsze na wyleganie, a w uprawie na pasze dają znacznie większe plony zielonej masy. Tu można by mnożyć liczne przykłady płynące z korzyści form poliploidalnych roślin pastewnych.

Obok wspomnianych autopoliploidów coraz więcej obecnie uzyskuje się amfipoliploidów, to jest mieszańców międzygatunkowych lub międzyrodzajowych, których płodność zapewnia podwojenie liczby chromosomów. Wyhodowane ostatnio w Kanadzie, na Węgrzech a także w Polsce pszen-żyta heksaploidalne z krzyżówek *Triticum turgidum* $\times$ *Secale cereale* lub *Triticum durum* $\times$ *Secale cereale* odznaczają się bardzo wysoką plennością, dużą zawartością białka, dużą sztywnością słomy oraz odpornością na choroby. Jako takie mogą stanowić cenne formy zboża pastewnego w uprawie na glebach lekkich. Dodać należy, że znoszą one lepiej od żyta późny siew, zwłaszcza po ziemniakach, co dla uprawy zboża na glebach lekkich ma duże znaczenie.

Chciałbym również krótko omówić korzyści płynące z zastosowania aneuploidów w hodowli roślin. Ponieważ aneuploidy rozmnażane generatywnie nie są formami ustalonymi, przeto początkowo nie przywiązywano większej wagi do ich wyzyskiwania w praktycznej hodowli. W ostatnich jednak latach zarówno formy trisomiczne, jak i monosomiczne odegrały wybitną rolę przy lokalizacji genów na chromosomach. W hodowli pszenic używa się dziś powszechnie linii nullisomicznych, (a więc takich linii, które są pozbawione określonej pary chromosomów) do podstawiania innych na to miejsce chromosomów. W praktyce taki problem może przedstawiać się jak następuje: mamy jakąś cenną odmianę pszenicy w uprawie, która wskutek tej właściwości, że daje wysokie plony, rozszerza się na bardzo wielkie obszary z roku na rok. Równocześnie jednak ze wzrostem powierzchni uprawy wzrastają szanse porażenia określonym patogenem, który dla swego rozprzestrzenienia się znajduje coraz dogodniejsze warunki. Patogen ten z roku na rok staje się groźniejszy i coraz bardziej niszczy plony. Odmiana byłaby nadal cenna, gdyby istniała możliwość wprowadzenia do niej odporności na atakującego ją patogena. Otóż z genetycznego punktu widzenia należy pozbawić ją chromosomu lub części chromosomu, na którym ta właściwość nieodporności jest zlokalizowana, i wprowadzić na to miejsce chromosom lub część chromosomu z odmiany odpornej. Postępowanie takie niewiele wpływa na pozostałe cenne właściwości odmiany, a pozwala z odmiany nieodpornej uczynić odporną.

Jeżeli chodzi o dotychczasowe przykłady tego typu postępowania bez użycia aneuploidów, to najczęściej hodowcy posługiwali się tak zwanym krzyżowaniem wypierającym, które polegało na tym, że krzyżowało się odmianę odporną z nieodporną i następnie tego mieszańca krzyżowało się z odmianą cenną nieodporną, sprawdzając, jakie osobniki są odporne, i dalej przez skrzyżowanie wypierające osiągało się ten cel, o którym wspominałem. Otóż jeżeli chodzi o ten dział bardzo ważny zastosowania genetyki w hodowli, to znaczy hodowlę odpornościową, to mógłbym tu zacytować interesujący przykład z ostatnich lat, kiedy w Polsce byliśmy świadkami inwazji z Europy zachodniej groźnej i szybko rozprzestrzeniającej się choroby tytoniu, powodowanej przez mączniaka rzekomego, który bardzo

szybko opanował nasze plantacje. W wyniku energicznej akcji krzyżowania naszych odmian uprawnych z formami odpornymi udało się w krótkim czasie wprowadzić do uprawy odmiany odporne. W ten sposób nauka genetyki uratowała uprawy tytoniu w Polsce, przyczyniając gospodarce krajowej miliardowe dochody płynące z uprawy tej ważnej rośliny.

Są to wszystko osiągnięcia oparte na dawniejszych zdobyczach genetyki. Powstaje obecnie pytanie, w jakim stopniu osiągnięcia biologii molekularnej mogą być praktycznie wyzyskane przez hodowlę roślin? Chcąc na to pytanie odpowiedzieć, musimy stwierdzić, że dotychczasowe przykłady rozregulowania działania genów dotyczą w zasadzie roślin niższych (bakterie, grzyby), które nie odgrywają większej bezpośredniej roli w żywieniu. Naturalnie mają one duże znaczenie w technologii rolniczej w niektórych procesach syntezy. Należy się jednak spodziewać, że rolnictwo przyszłości będzie musiało coraz bardziej interesować się procesami biochemicznymi wywoływanymi przez rośliny niższe, u których rozregulowanie funkcji prowadzić będzie do znacznie intensywniejszej syntezy wymaganych związków organicznych. Tego typu mutacje bakterii dotyczące genów regulujących syntezę białek mogą doprowadzić do znacznie wyższej zawartości tego cennego składnika w produkowanej masie organicznej. Na razie spotykamy się z większymi trudnościami w zastosowaniu znanych technik rozwiązywania zagadnienia genetyki molekularnej u roślin wyższych. Zarysowujące się jednak niemal nieograniczone możliwości hodowlane na tej drodze usprawiedliwiają koncentrację wysiłków na tym ważnym problemie. Możliwość wprowadzenia kultur komórkowych i tkankowych stwarza dogodne warunki dla studiów nad genetyką molekularną roślin wyższych. Wiele roślin wyższych można bowiem hodować *in vitro* na agarze w formie tkanek, dających się drogą kolejnych przeszczepień rozmnażać przez dłuższy czas. Mamy nadto sposoby uzyskiwania z jednej komórki całej rośliny. Zachodzi pytanie, czy ewentualne wywołanie zjawisk w takiej komórce przeniesie się na dalsze dzielące się komórki, aż do wytworzenia osobnika o zmienionych, pożądanых właściwościach? Wydaje się, że podobnie jak u roślin niższych duże możliwości tkwią w rozregulowaniu działania genów kontrolujących syntezę białek. W ogólnej produkcji rolniczej najbardziej dotkliwie daje się odczuwać brak dostatecznej ilości białka. Białko jest ważnym związkiem warunkującym dobre i właściwe wyzyskanie innych składników pokarmowych przy tuczu zwierząt, produkcji mleka, jaj, mięsa, wełny itp. Z drugiej strony białka roślinne nie są pełnowartościowe i w tym przypadku zmiana właściwości biologicznych może oddać nieocenione usługi w trudnych u nas zagadnieniach paszowych.

Przypominając o tych zarysowujących się drogach wykorzystania biologii molekularnej dla hodowli roślin, nie mam zamiaru wytyczać dróg. Niewątpliwie przyszłe osiągnięcia w krajach wiodących będą znacznie większe, niż jesteśmy to w stanie przewidzieć. W okresie ponownego odkrycia praw Mendla trzej wybitni uczeni: Correns, De Vries i Tschernich nie mogli przewidzieć postępu hodowli, jaki wyniknie z tego pozornie nie interesującego hodowców doświadczenia, dotyczącego roszczeń w potomstwie mieszańców. Dziś jednak wiemy z doświadczenia, że tego rodzaju epokowe odkrycia naukowe zawsze obfitują w następstwa praktyczne. Dlatego też jestem zdania, że rozwój nauk podstawowych, nauk biologicznych będzie w szybkim tempie torował drogę również hodowli roślin.

PROF. DR WŁADYSŁAW KUNICKI-GOLDFINGER

Po przerwie jesteśmy raczej w nastroju spoczynkowym, nie będę już więc obszernie omawiał biologii molekularnej. Po pierwsze dlatego, że nie jestem pewny — mimo tak pięknego referatu prof. W. Gajewskiego i dwóch bardzo obszernych koreferatów profesorów Horsta i Ruebenbauera — czy istnieje w ogóle biologia molekularna; podejrzewam nawet, że czegoś takiego nie ma. Niewątpliwie natomiast istnieją badania biologiczne na poziomie molekularnym. I jak z tych pięknych referatów i koreferatów wynikało, są to badania o olbrzymiej doniosłości dla rozwoju nauki i dla praktyki. Mam wrażenie jednak, że w biologii przewrót nie polega tylko na tym, iż dzięki naszym kolegom fizykom, chemikom i technologom uzyskaliśmy nowe narzędzia pracy, które umożliwiają dodanie do dotychczas istniejących poziomów badawczych: komórkowego, organizmального czy ekologicznego jeszcze poziomu molekularnego, niesłuchanie ważnego i płodnego. Polega przede wszystkim chyba na tym również, że w biologii zamiast modelu mechanistyczno-deterministycznego, który odziedziczyliśmy po wieku XIX, pojawił się nowy model, który mogliśmy nazwać probabilistyczno-kibernetycznym. Jak zresztą ten mechanistyczny model jest silnie zakorzeniony w umysłach, najlepiej widzieliśmy w pewnych wypowiedziach referenta, a zwłaszcza koreferentów.

Chciałbym zwrócić uwagę zebranych na trzy konsekwencje rozwoju biologii molekularnej. Pierwszą, przeoczoną w referacie, a o której tylko wspomniał prof. Horst, jest konieczność pamiętania, iż biologia, jeśli ma zająć należne jej miejsce i w nauce, i w społeczności ludzkiej, biorąc udział w przebudowie i formowaniu ich przyszłego kształtu, musi być biologią rozwijającą się na wszystkich poziomach. Sam trochę param się tym, co tu umownie nazywamy biologią molekularną, bezinteresownie więc stwierdzam, że poziomy inne, które są może mniej spektakularne i nie mają w tej chwili tak wielkich osiągnięć, zwłaszcza poziom ekologiczny, są niesłuchanie ważne dla losów człowieka.

Druga uwaga dotyczy roli Akademii Nauk. O perspektywach badań na poziomie molekularnym mówiło się, zwłaszcza w referacie prof. Gajewskiego, tak jakby nauka polska kończyła się na Akademii Nauk i instytutach PAN. Zdaje mi się, że jako zgromadzenie ogólne nie jesteśmy czymś w rodzaju zbiorczej rady naukowej instytutów Akademii. Jesteśmy, a przynajmniej powinniśmy być aeropagiem nauki polskiej. Powinniśmy też zaakcentować bardzo silnie, że badania na poziomie molekularnym muszą uzupełnić nie tylko biologię uprawianą w innych instytutach Akademii, ale i biologię jako dyscyplinę badaną i wykładaną w szkołach wyższych i uniwersytetach. Inaczej ten dział biologii nie będzie się mógł rozwijać w kraju.

I wreszcie trzecia konsekwencja, dotycząca roli nauki. Przez referat, a wyraźniej przez koreferaty, przebiegało się przekonanie ujmujące naukę jako dział kultury, który ma dawać społeczeństwu odpowiedzi na konkretne pytania. Jest to niewątpliwie ważne zadanie nauki. Nauka winna znaleźć odpowiedzi na szereg konkretnych pytań, które wysuwa życie gospodarcze. Ale nauka ma chyba jeszcze inną rolę — rolę czynnika kulturotwórczego. Wizja przyszłości nakreślona tak sugestywnie przez prof. Gajewskiego przekonywa, że możliwości biologii przyszłości niosą w sobie i obietnicę i groźbę. Człowiek na pewno i na szczęście nie jest tylko zapisem kodu genetycznego, a ludzkość nie jest tylko sumarycznym zbior-

rem 3 miliardów zapisów genetycznych. Układ jest bardziej skomplikowany i aby układ człowiek — społeczeństwo — przyroda, funkcjonował bez zakłóceń, nauka musi chyba spełnić również swoją rolę kulturotwórczą. Należy pamiętać, że zadaniem jej jest nie tylko udzielanie odpowiedzi, ale również zadawanie odpowiednich pytań, pogłębianie tych pytań i szerokie formułowanie na nie odpowiedzi. Nie chciałbym, abyśmy pomijali główną rolę nauki. Zacytuję więc na zamknięcie słowa Norwida:

„Tu — Mąż (nazwany mężem poświęcenia)
Zrobił uwagę, że *postęp* przede wszystkim,
Że więc nie ma co *szczędzić* pokolenia
Lub, w braku *zasad*, wyprawić je z świstkiem.”

(Vade Mecum, XXVIII. Saturnalia)

PROF. DR WŁODZIMIERZ MICHAJŁOW

Doskonale rozumiem entuzjazm szanownego referenta i koreferentów dla zagadnień biologii molekularnej, ponieważ nie ulega żadnej wątpliwości, że to, co w dużym skrócie zdołali tutaj przedstawić, jest jednym z największych osiągnięć biologii nie tylko współczesnej, ale chyba biologii wszystkich czasów. Wydaje mi się, że nie jest istotne poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, które postawił kol. Kunicki, czy istnieje biologia molekularna jako przedmiot nauki, czy też jest to tylko sprawa rozwiązywania określonymi metodami w różnych dziedzinach wiedzy pewnych ogólnych zagadnień biologicznych. Faktem jest, że nazwa ta w świecie się przyjęła, że jest stosowana i że kryje w sobie pewne treści. Zresztą gdybym zapytał w tej chwili kol. Kunickiego, jak można ściśle rozgraniczyć takie nauki, jak mikrobiologia, genetyka, biochemia, biofizyka, to wątpię, czy usłyszałbym bardzo konkretną odpowiedź. Biologia molekularna jest niewątpliwie pewną metodą, która integruje wiele nauk biologicznych i która w ten sposób odgrywa olbrzymią rolę zarówno w genetyce, jak i w innych dziedzinach biologii, a także znajduje swoje zastosowanie praktyczne.

Można by sobie zadać pytanie, czy to jest to najwyższe piętro, na które może się przebić biolog, albo też — odwróć zagadnienie — czy to jest najgłębsza sonda, którą może zapuścić biolog w głąb procesów życiowych? Odpowiedź na to pytanie różnie można by dzisiaj ujmować. Osobiście jestem przekonany, że nie jest to ostatnie słowo biologii. Proszę zwrócić uwagę na to, że w wystąpieniu prof. Horsta były pewne elementy, które by się kwalifikowały już raczej do biologii submolekularnej niż molekularnej. Słowem, na pewno na tym piętrze rozwoju nauki biologicznej nie zatrzymamy się i pójdziemy jeszcze głębiej. Przecież to wszystko, co nam dzisiaj zostało tak pięknie przedstawione w referatach i w wystąpieniach dyskusyjnych, ma jednak w dużym stopniu charakter opisowy, odpowiada na pytanie „jak”, nie odpowiada na pytanie „dlaczego?”. Rozumiem, że poszukiwania odpowiedzi na pytanie „dlaczego?” w biologii jest bardzo niebezpieczne. Niezależnie od tego, jakimi metodami poszukujemy odpo-

wiedzi na to pytanie, stajemy zawsze wobec opisu nowych procesów, coraz bardziej intymnych, coraz bardziej skomplikowanych, głębokich. Zaw sze jednak staramy się ustalić, na czym polega ten intymny mechanizm, który każe nukleotydom tak pewnie i wytrwale się łączyć, że kol. Gajewski porównał to z jakąś „mądrością wewnętrzną” komórki. Osobiście sędzę, że następnym piętrem biologii będzie piętro biofizyczne, na którym będzie się operowało pojęciami fizyki polowej, i znowu próbowało odpowiedzieć na pytanie, dlaczego właśnie tak, a nie inaczej przebiegają procesy, nad którymi dzisiaj dyskutujemy. Tyle jeżeli chodzi o stronę merytoryczną.

Chciałbym przejść do spraw bardziej prozaicznych, do tego co poruszył kol. Gajewski w ostatnim fragmencie swego referatu, mianowicie — jak to jest z biologią molekularną w Polsce, co należy zrobić, aby to wspa niałe narzędzie nauki współczesnej zostało u nas wykorzystane. Przede wszystkim chciałbym zwrócić uwagę na jeden moment referatu i jeszcze może mocniej podkreślić to, co zostało przez prof. Gajewskiego powiedziane. Musimy uczestniczyć w wielkim pochodzie biologii molekularnej, który wieńczony jest, jak wiemy, ostatnio raz po raz nagrodami Nobla. Musimy się starać sięgać tych szczytów, ale równocześnie nie powinniśmy zapominać, że metody biologii molekularnej przenikają ostatnio dosłownie do kaźdej z nauk biologicznych. Dlatego też powinniśmy zadbać o to, aby metody te znalazły zastosowanie w różnych dziedzinach biologii. I w tym także celu, a nie tylko w celu rozwiązywania najbardziej skomplikowanych zagadnień genetyki bądź biochemii, będziemy nasilać pracę w zakresie biologii molekularnej. Potrzebny jest nam rozwój tych metod stosowa nych bardzo szerokim frontem. Podzielałbym całkowicie zdanie kol. Kunickiego, że obowiązani jesteśmy pamiętać o biologii jako o całości, a nie tylko o instytutach, w których uprawiane są nauki biologiczne w ramach PAN.

Jakie wnioski należałoby wyciągnąć z dzisiejszego Walnego Zgroma dzenia? Jeżeli staniemy na stanowisku, że odpowiadamy w pewien sposób za rozwój biologii molekularnej jako całości, sędzę, że pierwszy wniosek jest, iż musimy przyczyniać się — jako Akademia — do rozwoju metod biologii molekularnej w naukach biologicznych jako całości i we wszyst kich instytucjach, w których jest uprawiana biologia. Zależy to od dwóch podstawowych rzeczy. Chodzi przede wszystkim o kadry i o środki mate rialne oraz odpowiednie wyposażenie. Jak wygląda sprawa, jeśli chodzi o kadry? Osobiście nie mogę tutaj podzielić optymistycznych poglądów na tę sprawę. Wydaje mi się, że jesteśmy w tyle, jeśli chodzi o kształce nie młodzieży biologicznej w tych nowoczesnych dziedzinach, które, ogólnie mówiąc, określa się mianem biologii molekularnej. Jeśli sięgniemy do pewnych, przybliżonych oczywiście w dużym stopniu, wskaźników, to możemy się o tym łatwo przekonać. Jeśli weźmiemy np. liczbę prac doktor skich, które zostały w różnych okresach wykonane w dziedzinach, gdzie posługiwano się mniej czy więcej metodami biologii molekularnej, to w latach 1959—1961 tego typu prac doktorskich można by naliczyć około 36%. W roku 1966 liczba ta się znacznie powiększyła, sięgając już mniej więcej 48% (jeżeli przyjąć ogół prac doktorskich z zakresu biologii za 100%). Wydaje się więc, że jest pewien postęp. Postęp jednakże na pewno niedostateczny. Te niedostatki ujawniają się jeszcze wyraźniej, jeżeli porównamy na podstawie „Informatorów” wydawanych przez Ministerstwo Oświaty i Szkolnictwa Wyższego wyniki prac badawczych zakończonych w 1962 r. i w 1967 r., czyli w odstepie lat pięciu. Otóż klasyfikując te pra-

ce w sposób przybliżony doszlibyśmy do przekonania, że prac, w których posługiwano się metodami biologii molekularnej (z dużym stopniem tolerancji oceniając tę sprawę), było 38%. W roku 1967 było ich również tylko 38%. Więc, mimo że był postęp w liczbach bezwzględnych, jeżeli chodzi o to „skrzydło” biologii, nie ulegało ono proporcjonalnie dużemu nasileniu. Jaki stąd należy wyciągnąć wniosek? Wydaje się, że trzeba jednak nadal traktować biologię molekularną jako „dziedzinę” w naszym kraju deficytową. Chodziłoby o to, aby stymulować jej rozwój poprzez odpowiednią organizację studiów doktorskich, poprzez politykę w zakresie stypendiów przyznawanych młodym biologom, wyjazdów zagranicznych itd. Nie wiem, czy nie należałoby pod tym kątem widzenia spojrzeć raz jeszcze na program studiów uniwersyteckich, czy w dostatecznym stopniu odpowiada on tej sytuacji, jaka obecnie panuje w biologii.

Sprawa druga — środki materialne. Będę mówił oczywiście nie o budżetach instytucji, które tu były wymienione i które z natury rzeczy zajmują się sprawami biologii molekularnej, ale o środkach, którymi PAN poprzez swoje komitety, głównie Komitet Biochemiczny i Komitet Mikrobiologiczny, stara się nasilić badania w zakresie genetyki, biochemii, mikrobiologii, badania oparte o metodykę biologii molekularnej. W bieżącym roku zostały na ten cel przeznaczone znaczne dotacje właśnie poprzez dwa komitety, o których wspominałem. Według bardzo przybliżonych szacunków, należałoby w roku przyszłym jeszcze powiększyć te dotacje i w sumie, zresztą tylko jeśli chodzi o zaspokojenie potrzeb rejestrowanych przez te dwa komitety, ogólnie przeznaczyć na biologię molekularną ponad 6 mln zł. Wydaje się, że jest to sprawa zupełnie realna.

Znacznie gorzej przedstawia się zagadnienie wyposażenia w aparaturę, bo same środki złotówkowe tutaj nie decydują. Sygnalizuje nam Komitet Mikrobiologiczny, że w dewizach z krajów socjalistycznych potrzebowałyby 3 750 000 zł dewizowych, ażeby móc doinwestować placówki, które zajmują się sprawami związanymi z biologią molekularną. Sygnalizuje on jednak zarazem, że nie może poprzestać tylko na dewizach krajów socjalistycznych, że jest wiele takiej aparatury, którą można nabyć wyłącznie za dolary, i ocenia tutaj potrzeby w skali krajowej (nie uwzględniając dalszych potrzeb w zakresie medycyny i w zakresie rolnictwa) na około 650 tys. dolarów. Sądzę, że trzeba będzie poważnie rozważyć sprawę stopniowego zaspokojenia tych, jak widzimy, wcale niemałych potrzeb. Proponowałbym, ażeby, zgodnie z propozycją dzisiejszego referenta, dyskusję zamknąć jakimś zaleceniem, jakąś określoną uchwałą. Wydaje się, że najstosowniejszą uchwałą byłoby zaapelowanie do trzech zainteresowanych wydziałów — do Wydziału II, V i VI, o wyłonienie zespołu bądź komisji, która — przy udziale innych zainteresowanych wydziałów — opracowałaby ogólny plan rozwoju biologii molekularnej w naszym kraju.

*

*

*

Następnym mówcą był prof. dr *Franciszek Górski*, który ustosunkował się do niektórych problemów poruszonych w referacie z punktu widzenia fizjologii roślin.

PROF. DR JAN MICHALSKI

Początki ujęcia biologii molekularnej łączą się niewątpliwie z chemią organiczną. Więż ta nie została z biegiem czasu osłabiona. Współczesna biochemia wyrosła z chemii organicznej, która stanowi dla niej pomost łączący ją z innymi ścisłymi naukami przyrodniczymi. Prof. W. Gajewski omówił szeroko powiązania biologii molekularnej z naukami biologicznymi, medycznymi i rolniczymi. Referent miał bardzo trudne zadanie i ograniczony czas do dyspozycji. Dlatego też w znacznie skromniejszym stopniu potraktował powiązania biologii molekularnej z naukami chemicznymi i fizycznymi. Można nawet mówić o zwicnięciu proporcji. Zwłaszcza gdy ma się na myśli plan rozwoju tej tak ważnej i fascynującej intelektualnie dziedziny w Polsce. Propozycje współdziałania z naukami biologicznymi reprezentowanymi przez odpowiednie wydziały PAN są oczywiste. Mają między innymi na celu wprowadzanie zdobywczy biologii molekularnej i jej metod badawczych do wszystkich działów biologii. W żadnej instytucji powołanej do kierowania sprawami rozwoju biologii molekularnej w Polsce nie powinno zabraknąć chemików. Dlatego też nawiązując do wypowiedzi prof. Michajłowa, proponuję włączenie odpowiednich przedstawicieli Wydziału III do zespołu, który ma się zająć koordynacją badań w omawianej dziedzinie.

Swoją propozycję pragnę uzasadnić przytaczając kilka przykładów ilustrujących wpływ chemii organicznej na rozwój biologii molekularnej. Emil Fischer stworzył podwaliny chemii cukrów i białek oraz współczesnej stereochemii. Rozszyfrowanie struktury kwasów nukleinowych nie było do pomyślenia bez badań A. Todda nad nukleotydami i metodami fosforylacji. Todd zrozumiał w latach czterdziestych, że organiczna chemia fosforu nie jest rozwinięta w dostatecznym stopniu, aby można było w racjonalny sposób prowadzić syntezę estrów i bezwodników kwasu fosforowego. Kilkuletnie badania w tej dziedzinie zespołu Todda doprowadziły do wspaniałego rozwoju organicznej chemii fosforu z pożytkiem dla biologii molekularnej i jednocześnie dla chemii stosowanej przemysłowej. Prace Todda dały podstawę do dalszych badań syntetycznych Khorana. Khorana połączył klasyczne metody chemii organicznej z metodami biologicznymi, dochodząc nieomal do syntezy genu. Dwaj organicy Todd i Khorana otrzymali nagrodę Nobla za badania w dziedzinie biologii molekularnej. Wkład fizyków krystalografów jest też ogólnie znany i uhonorowany nagrodami Nobla. Chemia organiczna była dla biologii molekularnej przekątnikiem fizycznego ujęcia do zagadnień wiązania chemicznego i reaktywności chemicznej. Mam tu przede wszystkim na myśli elektronową interpretację reakcji zachodzących w organizmach żywych. Jeżeli myślimy poważnie o rozwoju biologii molekularnej w Polsce, musimy również ukierunkować w odpowiedni sposób rozwój nauk chemicznych i fizycznych, aby stworzyć warunki współpracy i wzajemnej inspiracji. Biologia molekularna potrzebuje systematycznego dopływu kadr pracowników naukowych, wyszkolonych w metodykach chemicznych i fizykochemicznych. To zagadnienie rozwinać należy drogą planowego kształcenia chemików dla potrzeb biologii molekularnej. Jeszcze jedna, szczególnie ważna w polskich warunkach sprawa to wykorzystanie wspólne przez chemików i biologów molekularnych naukowej unikalnej aparatury fizykochemicznej. W tej ostatniej sprawie powinien być ustalony wspólny plan działania.

PROF. DR HUGON KOWARZYK

Chcę nawiązać do słów Pana Prezesa, który omawiając wykład prof. Gajewskiego, lapidarnie podkreślił, że przełom, który się dokonał w biologii dzięki biologii molekularnej, wpływa na nasz światopogląd i to w sposób fundamentalny. Otóż chcę mówić o tym, na czym ta zmiana poglądu polega.

Biologia od bardzo dawna rozwijała się przez długi czas jako wiedza opisowa i empiryczna. Wielkie uogólnienia, jak np. patologia komórkowa, miały charakter przeważnie opisowy, a nie stanowiły pełnowartościowej sprawdzalnej teorii. Ścisłość badań polegała na powtarzalności krzywych zmienności, a nie na powtarzalności wyników indywidualnych. Wśród biologów, a zwłaszcza wśród lekarzy powstało przeświadczenie, że zmienność statystyczna i ciągła jest jak najbardziej istotną cechą świata ożywionego, i to przeświadczenie znajdowało wyraz w aforyzmach klinicznych, np. że nie ma dwóch wypadków choroby, przebiegającej identycznie u dwóch chorych. Przeświadczenie to było tak potężne, że rewindykacja praw Mendla z 1900 r. była przyjęta ze skrajnym sceptycyzmem przez wielkich badaczy, wśród nich przez Pearsona, właśnie na podstawie przeświadczenia, że biologią rządzi zmienność statystyczna.

W historii nauk ścisłych prawidłowością, która się wielokrotnie powtórzyła, jest reguła, że powstanie teorii poprzedzało odkrycie zjawisk lub wielkości zwanych dyskretnymi, w przeciwstawieniu do zjawisk i wielkości statystycznie zmiennych w sposób ciągły. Taką wielkością dyskretną była stała gazowa lub stosunek mas, stały i wielokrotny, pierwiastków w związkach chemicznych, który prowadził do teorii atomistycznej budowy materii. Podobnie regularna, geometryczna symetria kryształów leżała u podstaw wiedzy o budowie materii. Takie dyskretnie, a przy tym stałe wielkości wprowadza do biologii i do medycyny genetyka na przykładzie stałej liczby chromosomów kariogramu prawidłowego i ściśle powtarzalnych struktur molekularnych. W tym dopatruję się najbardziej podstawowego wpływu, jaki cytogenetyka i genetyka molekularna wywrze na medycynę w przyszłości.

Druga sprawa, którą chciałem podkreślić, to rozmiary działań genetycznych, występujących nie tylko w skali epok geologicznych i rodowodu populacji, lecz nawet w skali życia osobniczego.

Dla uzyskania wyobrażenia przyjmijmy, że miarą organizacji ustroju jest jego metabolizm. W przybliżeniu metabolizm wynosi 1000 kalorii na godzinę i na 1 kg żywej materii u człowieka i u zwierząt ciepłokrwistych. Ta maszyneria metaboliczna bierze początek od zygoty zawierającej dawkę kwasu dezoksyrybonukleinowego rzędu tysięcznych lub setnych części nanograma (10^{-12} — 10^{-11} g). Energia anihilacji 1 g masy obliczona ze známego wzoru Einsteina wynosi około $2 \cdot 10^{13}$ kalorii i odpowiednio energia anihilacji masy kwasu dezoksyrybonukleinowego zawartego w zygocie wynosi $2 \cdot 10$ kalorii, a najwyżej $2 \cdot 10^2$ kalorii. Oznacza to, że maszyneria metaboliczna organizmu zużywa w czasie rzędu jednej minuty tyle energii, ile wynosi energia anihilacji dawki DNA zawartej w zygocie. Rezultaty, jakie mogą powstać z rozpętania działań genetycznych, mogą być dobrodziejstwem. W skali całego świata ogromne zasoby energii eksploatowanej w postaci węgla, torfu lub ropy dla celów przemysłowych pochodzą z działań biologicznych, ostatecznie sprowadzających się do działań genetycznych. Skutki mogą być jednak również zgubne, nawet wówczas,

gdyby w pierwotnym zamierzeniu wcale tego nie przewidywano. Nadzieja przyczynowego leczenia chorób genetycznych jest może rekompensatą za tę trwogę, jaka może ogarnąć, jeżeli sobie zdajemy sprawę z rozmiarów działania organizującego, jakie kryje w sobie genetycznie czynny materiał kwasów nukleinowych.

PROF. DR JAN KIELANOWSKI

Po przeczytaniu rozesłanego tekstu referatu kol. Gajewskiego poczułem się trochę dotknięty, w imieniu nie własnym, lecz kogoś mi bardzo bliskiego, w imieniu Karola Darwina. W tekście tym referent nadał jak gdyby tę samą rangę teorii ewolucji i teorii kodu genetycznego. Wyobrażałem sobie, iż od dawna wiedzieliśmy, że geny przenoszą informację dziedziczną z pokolenia na pokolenie, że reprodukują się w zasadzie niezmiennie w komórkach rozrodczych, a zapewne i somatycznych. To więc co najważniejsze, wiedzieliśmy, a teraz poznaliśmy tylko mechanizm, zrozumieliśmy lepiej, jak to się dzieje. Krótko mówiąc, nie doceniałem poznawczej, syntetycznej wartości teorii kodu.

Z przyjemnością przyznaję, że refleksje na tle tak pięknie podanego referatu w jego wersji mówionej (niemało, jeśli nie w szczegółach, to w akcentach różniącej się od rozesłanego tekstu) w znacznej mierze skłoniły mnie do zmiany poglądów i pomogły do zrozumienia, że teoria informacji genetycznej jest istotnie wielką rewelacją w biologii, jest punktem zwrotnym w jej rozwoju lub co najmniej zapowiedzią jego rychłego nadejścia.

Moje początkowe stanowisko wynikało może stąd, że wiązałem teorię kodu przede wszystkim z zagadnieniami genetyki. I jeśli o te właśnie zagadnienia chodzi, niezupełnie dałem się porwać referatowi i nadal wydaje mi się, że w nauce o dziedziczności w zwykłym rozumieniu teoria kodu znajdzie mniejsze zastosowanie niż w innych dziedzinach biologii. Dlaczego tak przypuszczam? To, co nam powiedział kol. Gajewski, a później kol. Horst, dotyczy jednego lub kilku genów, gdy tymczasem wiemy, że u osobnika wchodzi w grę dziesiątki, jeśli nie setki tysięcy genów i że dopiero ich współdziałanie daje efekt, który oglądamy. Trudno byłoby wyosobnić takie geny, które powodują powstanie jednego tylko zjawiska. Każde obserwowane zjawisko biologiczne jest wypadkową oddziaływania przeważnie dużego ich zbioru. Dlatego niebezpieczne wydaje się zajmowanie w genetyce zbyt deterministycznego stanowiska, przed czym przed chwilą przestrzegał już kol. Kunicki. W praktyce genetycznej, niezależnie od mechanizmu przekazywania poszczególnych genów, sposobem probabilistycznym staramy się wniknąć w istotę zachodzących z pokolenia na pokolenie zmian w równoczesnym oddziaływaniu ogromnej liczby genów. Mówię o genetyce populacji, której rolę powinniśmy doceniać, bo jej rozwój, a nie teoria kodu, zapewniać będzie prawdopodobnie w najbliższym czasie ten postęp, którego oczekujemy od nauk praktycznych, głównie od hodowli roślin i zwierząt, a także od patologii. Rzadko zapewne istnieją możliwości obserwowania zmian w pojedynczych genach. Zagadnienie sierpowej anemii, o którym wspomniał kol. Horst, cytowane jest stale i od dawna, co mogłoby świadczyć, że podobnych przykładów jest w patologii niewiele.

Wprowadzenie nazwy „biologia molekularna” dla oznaczenia teorii kodu genetycznego wydaje mi się niezbyt szczęśliwe. Nie ponosi tu naturalnie winy kol. Gajewski, lecz ktoś inny, nie wiem kto. O biologii molekularnej można by mówić od czasu powstania chemii organicznej, tj. od Wöhlera, a w każdym razie nauka biochemii, dotycząca procesów na poziomie cząsteczki, od początku nie jest niczym innym, jak biologią molekularną. Po cóż więc mówić o biologii molekularnej, mając na myśli teorię informacji genetycznej. A może należałoby nazwać ją teorią informacji biologicznej? Dla mnie osobiście w referacie kol. Gajewskiego najcenniejsze było to, iż dopomógł mi on do zrozumienia, że teoria ta znajduje lub znaleźć może płodne zastosowanie nie tylko w zagadnieniach przekazywania cech z pokolenia na pokolenie, ale także, a jak mnie się wydaje przede wszystkim, w zagadnieniach rozwoju osobniczego, fizjologii i patologii organizmu dojrzałego, wszędzie tam, gdzie dokonuje się synteza białek, a więc w całej prawie biologii.

Jeszcze jedna sprawa. Kol. Gajewski zapewne się trochę przejęzyczył, gdy powiedział, że w przyszłości „biologia molekularna” pozwoli, być może, wpływać na zjawiska psychiczne u człowieka, co otwierałoby nieobliczalne możliwości, głównie dla wszelakich organów masowej propagandy. Staje tu w wyobraźni „Nowy, wspaniały świat” Huxley’a, a niestety, budzą się wspomnienia z hitlerowskich dni. Jak wiadomo, hitleryzm w dążeniach swych próbował posługiwać się nauką na każdym kroku. Nie jestem pewien, czy to prawda, ale podobno Goebbels zwrócił się kiedyś do uczonych z nakazem przeprowadzenia badań, które z cech psychicznych, cech charakteru, występują najczęściej wśród osobników rasy germańskiej. Po pewnym czasie uczeni przyszli do Goebbelsa, komunikując mu, że są 3 takie cechy: pierwsza — poglądy narodowo-socjalistyczne, druga — uczciwość, trzecia — inteligencja. Po zapewnieniu przez uczonych, że to są wyniki rzetelnych badań, Goebbels chciał już pisać na ten temat artykuł do „Reichu”, lecz tu nadeszło rozczarowanie. Uczeni mianowicie uzupełniając wyjaśnili, że wspomniane 3 cechy powodowane są przez wielokrotne allele i w związku z tym tylko para spośród nich występować może w układzie genetycznym pojedynczego osobnika. Gdy więc osobnik ten jest narodowym socjalistą i jest inteligentny, z pewnością nie jest uczciwy. Gdy jest narodowym socjalistą i jest uczciwy, z pewnością nie jest inteligentny, a gdy jest inteligentny i uczciwy, z pewnością nie jest narodowym socjalistą. Wniosek ten był nieoczekiwany. Widzimy więc, że zaprzęganie nauki do z góry predysponowanych celów nie zawsze jest bezpieczne.

PROF. DR MARIAN DANYSZ

Z wielkim zainteresowaniem, a nawet powiem — ze wzruszeniem wysłuchałem pięknego referatu prof. Gajewskiego. Gwałtowny rozwój biologii molekularnej, jakiego jesteśmy świadkami w ostatnich latach, w sposób szczególnie drastyczny stawia przed nami zagadnienie przemian zachodzących w procesie rozwoju życia. Do niedawna rozwój ten warunkowany był prawami ewolucji, które obecnie rozszyfrujemy, i był automatycznie kontrolowany. Obecnie wkracamy w nowy okres, w którym rozwój życia może być świadomie kierowany. Otwiera on przed nami trudne

do odgadnięcia nowe, wspaniałe perspektywy, ale jednocześnie niesie ze sobą niebezpieczeństwa porównywalne, jeżeli nie większe od wojny nuklearnej.

Sądzę, że sprawą szczególnej wagi jest i będzie, aby z tej zmienionej sytuacji jasno zdawali sobie sprawę wszyscy, którzy tworzą naukę lub którzy o rozwoju jej decydują.

PROF. DR ANTONI HORST

W kilku przemówieniach dyskusyjnych przewijała się jakby pewna niepewność, czy istotnie biologia molekularna, czyli inaczej zjawiska molekularne w żywych ustrojach są w stanie wytłumaczyć zaburzenia ogólnoustrojowe, jak również — czy pojedynczy gen, wywołujący pojedynczą zmianę cząsteczki białkowej jest w stanie uwidocznić się w postaci ogólnoustrojowego zaburzenia?

Przedstawione przez mnie zaburzenia cząsteczki hemoglobiny mają oczywiście charakter modelowy. Jest to jednak model — obecnie najdoskonalszy, ponieważ hemoglobina jest łatwo dostępna badaniu, a ponadto dokładne obserwacje chorych ludzi przyczyniają się do wykrycia takich zaburzeń, jakich np. w świecie zwierzęcym nie byłibyśmy w stanie wykryć po prostu dlatego, że te zaburzenia będą niezauważalne. Czy pojedynczy gen się uzewnętrznia? — w odpowiedzi prof. J. Kielanowskemu — oczywiście tak. Właśnie na przykładzie patologicznych hemoglobin, spowodowanych pojedynczą substytucją reszty aminokwasowej widzimy, że zmiana taka może się ujawnić w postaci ogólnoustrojowej choroby. Zależy to oczywiście od rodzaju i miejsca substytucji, jak to podkreśliłem w swoim wystąpieniu. Władzieliśmy, że w wyniku takiej pojedynczej substytucji może wystąpić hemoliza krwi, zaburzenia transportu tlenu przez patologiczne hemoglobiny tracące hem albo posiadające żelazo trójwartościowe, niezdolne do przenoszenia tlenu, może wystąpić poliglobulia itd. Wszystko to są zmiany pojedynczych aminokwasów, a możliwości, nawet w odniesieniu do jednej tylko cząsteczki hemoglobiny, są wprost nieograniczone. Jeżeli bowiem uwzględnimy, że pojedyncza cząsteczka hemoglobiny zawiera aż 574 reszt aminokwasowych, z których każda może być substytuowana przez jeden z 20 znanych aminokwasów, to już w tym względzie sama tylko cząsteczka hemoglobiny daje możliwości milionowych wariantów. Jeżeli uwzględnimy, że w ustroju znajduje się kilkaset tysięcy takich cząsteczek, i to przeważnie jeszcze znacznie bardziej skomplikowanych aniżeli cząsteczka hemoglobiny, która uchodzi za bardzo prostą cząsteczkę, to zrozumiemy, że te możliwości sięgają wprost astronomicznych liczb. Oczywiście nie wszystkie odmiany się uzewnętrzniają — jak to przedstawiłem w swoim referacie. Nie uzewnętrzniają się przede wszystkim zmiany występujące na powierzchni cząsteczek — chociaż i to nie jest zupełnie prawdziwe. Obecnie wiemy bowiem, że w odpowiednich warunkach zmiany te mogą się mimo to uzewnętrzniać. Widać to najlepiej na przykładzie niedokrwistości sierpowatej i zachorowalności na malarię. Mimo że ustrój (heterozygota) nie choruje, to jednak krwinki są na tyle zmienione, że rozwój pasożyta malarii jest zahamowany i osobnicy ci z reguły nie chorują na malarię. W innym jednakże wypadku mogą oni chorować w warunkach niedotlenienia (np. loty wysokościowe samolotem).

Te dane dowodzą, że różnorodność poszczególnych ludzi, ich odporność lub podatność na zachorowanie — ma prawdopodobnie swoje źródło w swoistej budowie ich cząsteczek.

Widać to zresztą w rozwoju ewolucyjnym. Na przykład przemiana substancji występującej w przysadce mózgowej żab pod nazwą wazotocyny na oksytocynę i wazopressynę u wyższych zwierząt pod wpływem jednej jedynej mutacji (zamiana jednego tylko aminokwasu) spowodowała tak dużą preferencję, że te ustroje zaczęły górować nad zwierzętami nie posiadającymi tych hormonów. Stąd w wyniku selekcji wszystkie wyższe osobniki, które nie posiadały tych hormonów, musiały wyginać.

Poruszono też w dyskusji, że zaburzenia te ograniczają się przeważnie tylko dla hemoglobiny. Ten pogląd jest niesłuszny, bo hemoglobina, jak już powiedziałem, jest najłatwiej dostępna — jeżeli jednak chodzi o inne enzymy, wiemy, że cechuje je duża różnorodność w wywoływaniu zaburzeń ustroju. Dotyczy to zwłaszcza dehydrogenazy glukozy-6-fosforanowej. Na niedobór tego enzymu cierpi szacunkowo przeszło 10 000 000 ludzi na świecie, przy czym również w tym wypadku występuje wielka różnorodność wariantów tego enzymu.

Nawiązując do tego, co mówił prof. J. Michalski, całkowicie podzielam zdanie, że bez fizyki i bez chemii nie ma biologii molekularnej. Właśnie fizycy i chemicy, a nie biologowie lub lekarze zapoczątkowali prace nad biologią molekularną i głównie przyczynili się do sformułowania tej nauki, toteż pominięcie tych nauk w planowanym rozwoju biologii molekularnej w kraju byłoby zasadniczym błędem.

W ogóle biologia molekularna ma to do siebie, że integruje wszystkie nauki. Tutaj praktycznie schodzą się morfologia z naukami czynnościowymi. Właśnie na przykładzie cząsteczki hemoglobiny widzieliśmy, że wytłumaczenie poszczególnych zjawisk opiera się na określonej strukturze cząsteczki, czyli, jak to nazwałem, anatomii cząsteczki. Również patologia wniosła wiele, ponieważ pokazała nam, dlaczego występuje taki, a nie inny efekt czynnościowy. W rozwiązywaniu zagadnień biologii molekularnej niezbędna jest więc współpraca wszystkich kierunków naukowych, zwłaszcza fizyki i chemii w powiązaniu z biologią ogólną, medycyną, rolnictwem itp.

PROF. DR WACŁAW GAJEWSKI

Oczywiście nie jestem odpowiedzialny za termin „biologia molekularna” i zgadzam się, że nie jest to najszcześniejszy termin. Różnie go zresztą pojmują różni biologowie. W obecnych jednak czasach podział nauk sprawia coraz większe trudności. Niedawno jako nauka odrębna powstała biofizyka. Na jednym z kongresów biofizycznych zastanawiano się nad definicją biofizyki i po długiej dyskusji jeden z biofizyków powiedział, że z biofizyką jest jak z żoną: można ją poznać, ale bardzo trudno zdefiniować.

Współczesna biologia molekularna to w znacznym stopniu chemia i fizyka głównie wysokomolekularnych związków występujących w komórce, a przede wszystkim tych, które związane są z przekazywaniem i odczytywaniem informacji genetycznej. W zakres współczesnej biologii molekularnej wchodzi więc zarówno część biochemii i biofizyki, genetyki jak i nie-

które działy mikrobiologii, wirusologii itp. Współczesna biologia molekularna jest na pograniczu szeregu nauk według tradycyjnych podziałów. Biologia molekularna powstała w wyniku współpracy chemików, fizyków i biologów o różnych specjalnościach. Większość publikacji z tej dziedziny jest zwykle opracowywana przez specjalistów z różnych dziedzin. Sądzę, że spór o nazwę biologii molekularnej jest raczej semantyczny gdyż wszyscy wiemy, czym się ta nauka zajmuje, choć zdefiniować ją nie jest łatwo.

Całkowicie zgadzam się ze zdaniem prof. Michalskiego, że planowanie przyszłego rozwoju biologii molekularnej w Polsce musi być dokonane przy jak najściślejszej współpracy biologów z chemikami i fizykami. Swój rozwój na świecie biologia molekularna zawdzięcza w równym stopniu biologom jak fizykom i chemikom. Istnieje szereg placówek fizycznych i chemicznych, w których powstały najważniejsze odkrycia biologii molekularnej. Klasycznym przykładem jest Cavendish Laboratory-Cambridge, gdzie w pracowni prof. Bragga, słynnego krystalografa, powstał model Watsona i Cricka budowy DNA i gdzie Kendrew i Perutz stworzyli podstawy do badania struktury przestrzennej białek. W tych przypadkach granica między chemią, fizyką i biologią jest już całkowicie zatarta. O ile biologia molekularna ma się u nas prawidłowo rozwijać, należałoby spodziewać się, że w przyszłości zakłady chemii i fizyki wprowadzą u siebie badania nad strukturą białek czy kwasów nukleinowych wprowadzając do tych badań nowoczesne metody tych nauk. Biologowie na pewno sami nie będą w stanie tego wykonać. Badania procesów fotochemicznych czy zjawisk magnetycznych w wielkich cząsteczkach organicznych i przejście w badaniach tych związków na poziom atomowy da się wykonać jedynie przy współpracy biologów z fizykami i chemikami.

Przykład takiej współpracy widać najlepiej na historii badań nad kwasami nukleinowymi. Kwasy te były wyizolowane i z grubsza opisane już dawno od czasów Mieschera w zeszłym stuleciu. W owych czasach był to jednak związek jeden z tysięcy różnych związków wykrytych w komórkach i nie zwracał specjalnie uwagi. Dopiero kiedy genetycy wykazali, że DNA jest związany ze zjawiskami dziedziczności i przenoszenia informacji, stał on się obiektem intensywnych badań głównie chemików i fizyków, którzy ustalili jego budowę. Poznanie roli biologicznej związku jest zadaniem biologów, a ustalenie jego struktury zadaniem chemików i fizyków. Na tym polega głównie współpraca tych różnych nauk.

Zgadzam się całkowicie z zarzutami, że w swoim referacie, nie podkreśliłem dostatecznie roli innych placówek w Polsce w rozwijaniu biologii molekularnej. Wychodziłem może z niesłusznego założenia, że na zebraniu Akademii należy przede wszystkim omówić rolę placówek Akademii w rozwijaniu tej dziedziny badań. Ponieważ jednak biologia molekularna jest nauką drogą i stosunkowo niedawno powstałą, nie znalazła ona jeszcze w pełni możliwości rozwoju w wyższych uczelniach i ze względów budżetowych, i z powodu pewnego tradycjonalizmu w szkołach akademickich. Oczywiście to się zmieni, nie tylko jednak u nas, ale i na zachodzie obserwujemy to samo zjawisko. Na przykład we Francji biologia molekularna rozwijała się głównie w Instytucie Pasteura i w placówkach Centre National de Recherches Scientifiques, w uniwersytetach natomiast o tradycjonalnym podziale nauk nie mogła sobie przez dłuższy czas wywalczyć prawa obywatelstwa. Dopiero uzyskanie nagrody Nobla przez Jacoba, Monoda i Lwoffa spowodowało zmianę. W Polsce sytuacja

pod tym względem jest bardzo zła i nie napawa optymizmem. W większości uniwersytetów nie ma do dziś odrębnych katedr ani zakładów genetyki. Prof. A. Horst przedstawił liczne możliwe zastosowania biologii molekularnej we współczesnej medycynie, ale jednocześnie w programach studiów medycznych nie ma w ogóle genetyki i nasze liczne kadry lekarskie nie mają żadnego przygotowania nie tylko z genetyki człowieka, ale w ogóle z podstaw genetyki ogólnej. W szkołach rolniczych też nie jest dużo lepiej, jeśli chodzi o wykorzystanie zdobyczy genetyki i biologii molekularnej w zabiegach hodowlanych. Niewątpliwie genetyka i biologia molekularna powinny jak najszybciej wkroczyć do programów nauczania w szkołach wyższych: uniwersytetach, akademiach medycznych i wyższych szkołach rolniczych.

Obecnie sędzę, że właśnie rolę placówek Akademii, takich jak na przykład Instytut Biochemii i Biofizyki, powinno być także dostarczanie dla szkół wyższych wykładowców z tych dziedzin. W tym celu należałoby zwiększyć rotację pracowników instytutów PAN, która obecnie jest raczej niezadowolająca. Trzeba jednak stworzyć w uczelniach warunki do pracy naukowej przez zakup odpowiedniej aparatury; bez tego nigdy sprawa nie ruszy naprzód i odetniemy się w Polsce od dopływu młodych kadr.

Nawiązując do przemówienia prof. J. Kielanowskiego zdaję sobie oczywiście sprawę z wielkiej złożoności problemów biologicznych i z konieczności rozpatrywania ich na różnych poziomach, począwszy od submolekularnego, molekularnego, komórkowego, osobniczego, a skończywszy na populacyjnym. Moim zadaniem było przedstawienie jedynie roli odkrycia kodu genetycznego w poznaniu mechanizmu dziedziczności. Jest oczywiście, że nie rozwiązuje to wszelkich problemów biologicznych i że wraz ze wzrostem złożoności organizmów na drabinie ewolucyjnej świata ożywionego powstają nowe jakościowo problemy wykraczające poza zakres współczesnej biologii molekularnej. Niewątpliwie jednak zdobycze biologii molekularnej będą mogły stanowić punkt wyjścia dla dalszych problemów przyszłej biologii, które dziś nawet trudno sobie w pełni sformułować. Przyszły rozwój biologii na pewno wykroczy znacznie poza ramy współczesnej biologii molekularnej.



OD REDAKCJI

Sekretariat Naukowy PAN uchwałą z dnia 31 stycznia 1969 r. powołał Komisję Międzywydziałową do Spraw Rozwoju Biologii Molekularnej w następującym składzie:

przewodniczący prof. dr Wacław Gajewski,

członkowie: profesorowie Tadeusz Barański, Stefan Barbański, Irena Chmielewska, Antoni Horst, Tadeusz Michał Lachowicz, Kazimierz Ostrowski, Tadeusz Ruebenbauer, Dawid Shugar, Przemysław Szafranski, Maciej Wiewiórowski.

Zadaniem Komisji będzie opracowanie wstępnego programu rozwoju biologii molekularnej w oparciu o wnioski wynikające z dyskusji nad referatem pt. „Biologia molekularna”, wygłoszonym na sesji Zgromadzenia Ogólnego PAN w dniu 17 grudnia 1968 r.

Przypominamy, że w latach 1961—1962 toczyła się na łamach „Kosmosu” A dyskusja na temat biologii molekularnej. Jak wynika z wyżej przytoczonych danych, powstała obecnie potrzeba opracowania krajowego planu rozwoju tej gałęzi nauk biologicznych. Prosimy o wypowiedzenie się w sprawie rozwoju biologii molekularnej na świecie i w kraju, potrzeb w tym zakresie, znaczenia stosowanych metod molekularnych dla postępu całokształtu nauk biologicznych. Nadesłane materiały zostaną wykorzystane w czasopiśmie, a także przekazane Komisji PAN do wykorzystania.

NOWE ASPEKTY WPŁYWU PEWNYCH SUBSTANCJI ORGANICZNYCH NA KSZTAŁTOWANIE GLEBOWEGO SIEDLISKA ROŚLIN

„Asocjacja roślinna”, pisze J. Paczoski [44] „jest skupieniem roślin, które składają się genetycznie, biologicznie i ekologicznie z niejednakowych pierwiastków zajmujących, zgodnie ze swym przyrodzeniem, odpowiednie miejsca (piętra) w skupieniu i rozwijających się w rozmaitym czasie, tworząc pewną całość określonego składu, struktury, fizjonomii — pokrywające glebę niby szata i wyzyskująca w możliwie najlepszy i nieprzerwany sposób twórcze siły terenu zajmowane przez dane skupienie. Elementy tego skupienia okazują wpływ wzajemny, tworzą pewne środowisko socjalne, a samo skupienie jest w stanie równowagi dynamicznej”. ... Następnie... „las, jako najwyższa i najpotężniejsza asocjacja roślinna, posiada najwyższą siłę odporną względem czynników usiłujących go zniekształcić”. W tych słowach zawarte są wszystkie współczesne idee traktujące fitocenozę jako układ wzajemnych sprzężeń zwrotnych, zachowujący względnie stały stan równowagi — homeostazję. Jak wynika z długoletnich obserwacji, fitocenozy, zwłaszcza leśne, są układami stabilnymi i dopiero wyraźna ingerencja człowieka lub zmiana warunków zewnętrznych może ten układ zakłócić i doprowadzić go nawet do całkowitego zniszczenia.

Ten stan równowagi ustala się w ciągu dziesiątków lat i w tej stabilizacji odgrywają rolę liczne czynniki. Niewątpliwie ważnymi czynnikami są: typ podłoża, stosunki wodne i świetlne, wzajemne oddziaływanie na siebie roślin — allelopatia [38] itp. W tym artykule podjęto próbę przeanalizowania jednego z ważniejszych niewątpliwie czynników, jakim może być substancja organiczna pochodząca z sezonowych opadów liści czy igieł, i kompleksowe rozpatrzenie jej dalszych losów i wpływu na szatę roślinną. Poznanie tych zagadnień może być niezwykle istotne z teoretycznego, a w konsekwencji i praktycznego punktu widzenia.

Rok rocznie asocjacja leśna dostarcza dużych ilości substancji organicznej pochodzącej z okresowych opadów liści czy igieł, obumierających gałązek, złuszczonej się korowiny itp. Szczegółowe zestawienia rocznej produkcji ściółki różnych typów lasów z różnych regionów świata zebrane są w pracy J. R. Bray'a i E. Gorhama [9]. Na tej podstawie zestawiono w tabeli 1 pewne dane rocznej produkcji liści i innych tworzących ściółkę materiałów roślinnych w różnych strefach klimatycznych.

Konkretnym przykładem mogą być dane z badań prowadzonych w północnym Lancashire (Anglia) w latach 1962—1964. Badany las dębowy produkował rocznie około 3,8 ton/ha ściółki [11].

Naturalnie w lasach liściastych większość opadu liści przypada na okres jesienny, nieco inaczej przedstawia się ta sprawa w lasach iglastych, w których igły opadają, przynajmniej u pewnych gatunków, w ciągu

Tabela 1

Roczna produkcja ściółki w głównych klimatycznych obszarach
(w tonach/ha rocznie)

Strefa klimatyczna	Liście	Inne części roślinne	Globalnie
Okoliorównikowa	2,9—8,3	—	5,5—15,3
Zwrotnikowa	1,2—7,3	1,0—3,9	2,4— 8,1
Umiarkowana	1,2—3,4	0,1—1,6	1,6— 6,9
Arktyczna i alpejska	0,5—0,9	0,2—0,6	0,6— 1,5

całego roku. Gleba otrzymuje również substancję organiczną z obumierających korzeni, których masę określa się szacunkowo na połowę tej ilości, jaka tworzy ściółkę. W tej masie roślinnej zawarte są składniki popielne, których ilość zależy od gatunku rośliny i przebiegu pogody w okresie wegetacyjnym. W igłach *Picea excelsa* z rezerwatu Łubsza (woj. opolskie) zawartość popiołu wahała się w granicach 2,96—4,18%, w liściach *Carpinus betulus* z tego samego stanowiska znaleziono 5,20—6,70% popiołu a u *Fagus silvatica* 4,01—7,58% oraz *Quercus robur* 3,25—5,90% [52].

Brak dokładniejszych danych nie pozwala na jakiegokolwiek porównywanie zawartości poszczególnych związków organicznych zawartych w liściach i igłach różnych gatunków roślin. M. Alexander [1] podaje występowanie celulozy w szerokich granicach od 15 do 60%, hemicelulozy 10—30%, lignin 5—30% oraz 5—30 frakcji rozpuszczalnych w wodzie. Z badań H. Krzemieniewskiej i L. Badury [28] wynika, że w ściółce lasu bukowego w Muszkowicach (woj. wrocławskie) udział błonnika wynosił 6,1%, węglowodanów hydrolizujących w 8% H_2SO_4 — 11,10%, azotu białkowego 1,82%, przy czym ilości te gwałtownie spadały wraz ze wzrostem głębokości położonej warstwy, z której pobierano próbki do tych analiz. Odczuwa się jednak brak takich porównawczych analiz chemicznych, a poznanie tych wielkości mogłoby rzucić pewne światło na drogi i szybkość procesów mineralizacyjnych, które są wynikiem współdziałania zarówno czynników biotycznych, jak i abiotycznych.

Z licznych badań nad rozkładem ściółki leśnej wynika, że zależnie od warunków zewnętrznych rozkład jej następuje szybciej lub wolniej, jednakże przyjmuje się, iż dla ściółki lasów iglastych czas potrzebny do rozłożenia igieł wynosi 8—9 lat [25], znacznie jest natomiast krótszy dla lasów liściastych i wg A. Burgesa [10] wynosić ma 1—2 lata, jakkolwiek w pewnych wypadkach trwać może znacznie dłużej. Natomiast czas potrzebny do ustalenia równowagi pomiędzy przychodowością ściółki (na skutek rocznych opadów części roślinnych) i rocznych ubytków (na skutek dekompozycji ściółki) dla lasów iglastych wynosi 15—20 lat [10]. Niestety, brak dokładnych danych z innych zbiorowisk leśnych nie pozwala na szczegółową analizę tych zagadnień i odniesienia ich do warunków zewnętrznych.

Ten stan równowagi pomiędzy corocznie dostarczaną ilością substancji organicznej i jej rozkładem może być miernikiem prawidłowego przebiegu wszystkich biologicznych procesów zachodzących w glebie, warunkujących dopływ nie tylko uwalnianych związków mineralnych, lecz także związków organicznych nie całkowicie zmineralizowanych, a pełniących

niewątpliwie bardzo ważną ekologiczną rolę. Osiągnięcie określonego stanu równowagi przebiega równolegle z ustalaniem się właściwego składu mikroflory i mikrofauny. Na rolę grzybów, szczególnie grzybów mikoryzowych, w ustalaniu się równowagi pomiędzy rośliną a środowiskiem glebowym zwracał już dawno uwagę T. Dominik [12, 13]. Badania innych [21, 32, 42] wskazywały wielokrotnie na istnienie ścisłej zależności pomiędzy występowaniem grzybów kapeluszowych a określonym fitosocjologicznie zespołem roślinnym. Na tego typu związki między roślinami i grzybami mikroskopowymi zwracali uwagę również H. Krzemieniewska i L. Badura [28], L. Badura [2], K. H. Domsch [14], O. Fassatiowa [16]. Zagadnienia te są w swej istocie bardziej złożone, gdyż stanowią niewątpliwie wynik współdziałania wielu czynników, a nie wszystkie zostały dostatecznie dobrze poznane. Na podkreślenie zasługują jednak dwa aspekty tego zagadnienia. Z jednej strony chemiczny i fizyczny charakter ściółki może decydować o występowaniu takich czy innych grup mikroflory [3, 6, 7, 54], z drugiej strony na uwagę zasługuje fakt występowania ścisłych mikotroficznych współzależności między grzybami a roślinami wyższymi [12, 8]. Dodatkowo jeszcze tę sprawę może komplikować pojawianie się wokół strefy korzeniowej charakterystycznych rizosferowych mikrozespołów [33].

Nie tylko grzyby, lecz, jak wykazały inne badania, również pozostałe grupy mikroorganizmów tworzą w określonych zespołach swoje charakterystyczne asocjacje [56, 57]. Także fauna glebowa podlega tym samym prawidłowościom i L. Varga [50, 51] stwierdza, że opadłe liście różnych gatunków drzew leśnych posiadają różną wartość odżywczą, która determinuje ilościowy i jakościowy skład mikrofauny.

Jakkolwiek liczba mikroorganizmów biorących udział w procesie rozkładu ściółki jest bardzo liczna, to jednak obecnie przyjmuje się, iż główny ciężar rozkładowej działalności w ściółkach leśnych spoczywa na grzybach, zwłaszcza z klasy *Basidiomycetes* oraz na faunie glebowej. Pozostałe grupy pełnią stosunkowo mniejszą rolę i przypuszczalnie jest to związane z przeważnie kwaśnym charakterem ściółek leśnych oraz względnie wysoką zawartością pochodnych fenolowych, garbnikowych i terpenowych. Rzecz oczywista, iż proporcje w udziałach poszczególnych grup mikroorganizmów będą silnie uzależnione od warunków zewnętrznych, takich jak łatwość dyfuzji gazów czy koncentracja jonów wodorowych, które są w pewnym stopniu także zależne od fizycznego i chemicznego charakteru ściółki oraz od czynników bezpośrednio nie związanych ze ściółką, jak skład podłoża mineralnego czy poziomu wody.

Jakkolwiek mało jest w literaturze danych o kompleksowych badaniach dotyczących rozkładu ściółki, można jednak już z grubsza nakreślić pewne etapy tego procesu. Pierwsze etapy infekcji następują jeszcze, gdy organy asymilacyjne znajdują się na drzewach. Jednakże właściwa inwazja rozpoczyna się z chwilą, gdy liście czy igły zetkną się z glebą. Z badań W. B. Kendricka i A. Burgesa [26] przeprowadzanych w lasach iglastych (*Pinus silvestris*) wynika, że pierwszymi organizmami atakującymi są grzyby z rodzaju *Helicoma*, *Sympodiella*, *Desmazierella*, *Lophoderium* i *Fusicoccum*. W następnym etapie pojawiają się inne grzyby, szczególnie z klasy *Basidiomycetes*, które przerastają dotychczas jeszcze luźno ułożone igły, tworząc filcowatą masę. Dalszy rozwój grzybów ograniczają bujne powstania fauny glebowej, która rozdrabnia całkowicie tę zbitą masę, wskutek czego powstaje prawie amorficzna ciemno zabarwiona warstwa humu-

sowa. Jedynie przy pomocy mikroskopu można wyróżnić na tym etapie pewne fragmenty igieł oraz resztki niezżartej grzybni, formy spoczynkowe grzybów oraz bardzo liczne grudki nawozowe. W warstwie tej bytują jeszcze przedstawiciele rodzajów *Mortierella*, *Trichoderma*, *Penicillium* itp. Z badań H. Krzemieniewskiej i L. Badury [28] przeprowadzanych w zbiorowisku bukowym wynika, że liście bukowe po opadnięciu przede wszystkim atakowane są przez grzyby z rodziny *Mucoraceae*, zdolne do wykorzystywania prostych związków węgla, a następnie ściółka (w warunkach laboratoryjnych) przetykana jest grzybniami innych przedstawicieli tego typu, zdolnych do rozkładu bardziej złożonych związków węgla, jak ligniny, garbniki itp. Nieodłącznymi towarzyszami tej flory są przedstawiciele grzybów koprofilnych korzystających z nawozów fauny glebowej, lecz posiadających również zdolność do hydrolizowania błonnika. Z fauny glebowej na uwagę zasługują liczne nicienie pojawiające się z końcem okresu bujnego rozrostu grzybów. Nie trzeba podkreślać, że największą aktywność mikroorganizmów obserwuje się jesienią, gdy dostarczany jest z opadłymi liśćmi łatwo dostępny pokarm. W tym okresie wzrasta nie tylko ogólna ilość mikroorganizmów, lecz także ich efektywność objawiająca się wzrostem pobieranego tlenu lub wydzielanego CO_2 [34, 35, 55].

Oczywiste jest, że najwcześniej ulegają utlenieniu związki proste, jak glukoza, skrobia, białko i tłuszcze. Rozkład celulozy, a zwłaszcza lignin następuje znacznie wolniej i mniejsza ilość organizmów jest zdolna do ich rozkładu. Jak wyżej powiedziano, w rozkładzie substancji organicznej główną rolę odgrywają grzyby, zwłaszcza podstawczaki, toteż i rozkładanie celulozy i lignin im w największym udziale przypada. Z podstawczaków korzystających z tych źródeł węgla wydzielono dwie grupy — grzyby atakujące głównie celulozę, powodujące tzw. brunatne próchnienie i grzyby atakujące głównie ligniny, powodujące białe próchnienie. Z nowszych badań [48] wynika, iż różnice między obu grupami są nie tyle jakościowe co ilościowe i wszystkie te grzyby są zdolne do rozkładania celulozy i ligniny. Przykładowo wymienić można niektóre rodzaje lepiej pod tym względem poznane: *Clavaria*, *Clitocybe*, *Lepiota*, *Marasmius* [30], *Polyporus betulinus*, *Merulius lacrimans*, *Armillaria mellea*, *Lenzites betulinus* [29].

Wraz z postępującą destrukcją materiału roślinnego budującego ściółkę następuje nagromadzanie się różnych produktów przemiany materii, w szczególności związków próchnicznych. Różne są drogi powstawania tych ostatnich. Można jednak ogólnie przyjąć, iż:

1. Wraz z opadającymi liśćmi, czy igłami dostaje się do gleby duża ilość związków garbnikowych i fenolowych, które po utlenieniu polimeryzują w związki huminowe. Z pracy H. Krzemieniewskiej i L. Badury [28] wynika, że liście bukowe zawierają spore ilości związków, które można wyekstrahować analogicznie, jak ekstrahuje się związki huminowe z gleby. Jak wynika z tabeli 2, ilości te są dość duże, co jest niewątpliwie wynikiem zawartości dużych ilości pirokatechiny, taniny, protokatechiny itp. [26].

2. Ściółka zawiera dużą ilość celulozy i lignin jako głównego substratu, z którego pochodzą związki próchniczne, na co wskazywali już dawno S. A. Waksman [53] i inni, zwłaszcza że ligniny są polimerem pochodnych fenolowych [18, 19]. Biogenezę związków huminowych szczegółowo omawia J. Trojanowski [47].

3. Niektóre produkty metabolizmu, pewne barwniki wydzielane przez mikroorganizmy mają charakter fenolowy i również tworzyć mogą polimery analogiczne do związków huminowych [4].

Tabela 2
Kwasy huminopodobne ekstrahowane z liści bukowych

	Liście zerwane z drzewa		Liście świeżo opadłe		Liście tworzące ściółkę	
	%	%	%	%	%	%
	w s. m.	w sub. org.	w s. m.	w sub. org.	w s. m.	w sub. org.
Kwasy humino- we	10,05	10,69	15,49	16,85	13,72	15,09

4. Z badań licznych autorów wynika również, iż związki huminopodobne produkowane są przez faunę glebową [20].

Brak porównawczych ilościowych danych z analiz chemicznych zawartości w liściach i igłach różnych gatunków roślin związków organicznych, takich jak celuloza, ligniny, garbniki i pochodnych fenolowych nie pozwala na jednoznaczne ich porównywanie pod względem materiału wyjściowego do produkcji związków próchnicznych. Jednakże na podstawie dotychczasowych obserwacji można przyjąć, iż różnice będą dość zasadnicze, zwłaszcza w składzie jakościowym i ilościowym, pochodnych fenolowych, garbnikowych, z których, jak było wyżej powiedziane, powstają związki próchniczne. Można również przypuścić, że i polimery tych związków będą różne i różny będą posiadały charakter fizyko-chemiczny, zwłaszcza we właściwościach chemisorpcyjnych i kompleksotwórczych. Następnie w rozkładzie ściółki złożonej z takich czy innych liści lub igieł biorą udział określone dla danego typu ściółki mikrozespoły [3, 6, 41, 54]. One również są odpowiedzialne za drogi, jakimi przebiega dekompozycja substratu organicznego, których pośrednim etapem jest powstawanie próchnicy, oraz one same wydzielają związki, które mogą dawać polimery huminopodobne. Można więc z dużym prawdopodobieństwem powiedzieć, że związki próchniczne pochodzące z różnych układów w swej istocie będą się różniły między sobą, czy to zdolnościami do tworzenia połączeń kompleksowych, czy jonowymiennych. Przypuszczenie to potwierdzają badania L. Michajluka [36] nad sorpcyjnymi właściwościami związków huminowych. Niektóre dane z tych badań zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Pojemność sorpcyjna w mlr/100 g kwasów huminowych i procentowa zawartość zaadsorbowanych kationów po 24 godzinach

Kationy	Na		K		NH ₄		Ba		Ca	
	pojemność	%	pojemność	%	pojemność	%	pojemność	%	pojemność	%
Kwasy huminowe										
HB	212	4,88	48	1,70	160	2,85	243	13,45	113	4,54
Br	174	4,10	36	1,43	142	2,56	244	13,51	113	4,54
T ₁	159	3,75	45	1,80	153	2,76	230	12,75	95	3,79
T ₂	150	3,50	29	1,16	170	3,06	232	12,96	82	3,29
T ₃	152	3,63	55	2,15	143	2,80	232	12,90	62	2,54

Objaśnienie symboli: HB — kwasy huminowe otrzymane z węgla brunatnego, Br — kwasy huminowe otrzymane z gleby bielcowej, T₁—T₃ — kwasy huminowe otrzymane z torfów.

Właściwości jonowymienne związków huminowych są uzależnione od jakości i ilości funkcjonalnych grup. Mogą to być grupy karboksylowe ($-\text{COOH}$), hydroksylowe ($-\text{OH}$), metaksylowe ($-\text{O}-\text{CH}_3$), karbonylowe ($\text{H}-\text{C}=\text{O}$, $=\text{C}=\text{O}$), aminowe ($-\text{NH}_2$), iminowe ($=\text{NH}$) i inne [40]. Pewne informacje o różnicach w procentowej zawartości niektórych funkcjonalnych grup dla humianów poprzednio omawianych zestawiono w tabeli 4 [36].

Tabela 4

Elementarny skład kwasów huminowych oraz zawartość funkcjonalnych grup w procentach

Kwasy huminowe	C	H	N	O	—OH	—COOH	—OCH ₃	Ciężar	
								rów.	cząst.
HB	61,35	3,32	—	35,33	4,85	12,32	2,21	1400	350
Br	58,81	4,32	3,15	34,72	7,32	11,64	3,21	1280	320
T ₁	56,07	4,53	4,15	35,25	3,46	11,25	2,65	1080	360
T ₂	58,10	4,83	3,90	33,17	4,05	11,46	2,62	1160	387
T ₃	59,03	4,67	3,92	32,38	5,45	16,02	5,08	1160	290

E. Unger [49] rozfrakcjonowała przez adsorpcję na tlenku glinu kwasy huminowe z kompostu na pięć grup i następnie określała ich siłę wiązania żelaza. Okazało się, że każdą z pięciu otrzymanych frakcji charakteryzowała swoista siła kompleksowania jonów Fe^{+++} . S. Gumiński i J. Sulej [23] przeprowadzili dokładne badania nad fizjologiczną efektywnością tych frakcji i wykazali, iż wpływ tych związków na rośliny jest różny. Z innych badań [45] wynika, że otrzymane z kwasów huminowych frakcje w teście owsianym wykazały różną aktywność. Jeżeli się jeszcze uwzględni fakt, że metody stosowane do ekstrakcji kwasów huminowych są bardzo brutalne, i mogą powodować daleko idące zmiany w grupach funkcjonalnych, to można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, iż związki próchniczne są bardziej swoiste dla danego siedliska, niżby to wynikało z dotychczasowych badań. Jeżeli się jeszcze uwzględni fakt, iż te związki tworzą kompleksy mineralno-organiczne z podłożem mineralnym, które też dają koloidy o charakterze układów sorpcyjnych, to oczywiście jest, iż te układy są jak najbardziej swoiste, a nawet muszą być swoiste, bo materiał, z którego powstały, i biologiczny proces ich powstawania jest charakterystyczny dla danego siedliska.

Mechanizm oddziaływania tych związków na rośliny badano wielokrotnie i obecnie przyjmuje się pogląd, iż ich wpływ na rośliny polega na ułatwianiu pobierania soli mineralnych [43] w szczególności w niekorzystnych warunkach [5, 22]. Z pracy L. Badury [5] nad wpływem humianu sodu na rozwój i fermentację drożdży wynika jednoznacznie, że związki huminowe swój fizjologiczny efekt wywierały tym wyraźniej, im w bardziej niekorzystnych warunkach znajdowały się badane kultury, i to zarówno gdy chodziło o pierwiastki działające toksycznie we wzrastających steżeniach, jak i gdy steżenie jonów wodorowych było nie optymalne. O ile bowiem krzywa fermentacji w kontroli wzrastała wraz ze wzrostem pH do swego maksymalnego punktu, a następnie spadała, o tyle krzywa z doświadczenia z humianem utrzymywała się na jednakowym poziomie. Zjawiska te można wytłumaczyć, jeżeli przyjmie się koncepcję, że związki próchniczne działają jako układy jonowymienne.

H. Jenny i R. Overstreet [24] wykazali, iż związki koloidalne mogą brać pośredni lub bezpośredni udział w wymianie jonowej między środowiskiem a powierzchnią korzeni. T. M. McCalla [37] stwierdził jednoznacznie, że powierzchnia komórek bakteryjnych działa również jako układ jonowymienny. Obecnie uważa się, że pierwsza faza pobierania jonów jest związana z chemisorpcją na powierzchni błony protoplazmatycznej [31]. Mechanizmy te są tym istotniejsze w mineralnym odżywianiu roślin, im warunki środowiska są mniej korzystne. Ta funkcja związków próchnicznych tłumaczyć by mogła występowanie pewnych gatunków, które jednakże w tym środowisku nie mają pełnego optimum, lecz warunki te znoszą. Następnym zagadnieniem jest to, że związki próchniczne mogą wiązać pewne składniki mineralne na różnych poziomach energetycznych z różną siłą, przy czym stała tego wiązania jest zależna od charakteru układu i pH. Przykładowo dane dla stałej wiązania cynku wynoszą: przy wartości 3,6 pH stała ta równa się 4,42, przy pH 5,6 wynosi 6,18 i przy pH 7,0 jest równa 6,80 [46].

Pierwiastki mineralne obecne w glebie mogą więc być wiązane z różną siłą i ich pobieranie, przynajmniej przez niektóre rośliny, w tych warunkach jest wykluczone, te gatunki więc zostają automatycznie eliminowane ze środowiska, bujnie natomiast będą się rozwijały gatunki, które dane jony będą mogły pobierać bez żadnej trudności, jeżeli tylko inne pozostałe czynniki siedliska będą dostatecznie sprzyjające. Znany jest przecież fakt wiązania się pewnych roślin ze środowiskiem o odczynie kwaśnym oraz innych roślin ze środowiskiem o odczynie zasadowym, a przecież w doświadczeniach fizjologicznych te rośliny rozwijają się normalnie w szerokim zakresie pH [15, 39]. Zagadnienie to nie jest jednoznacznie wyjaśnione. Niewątpliwie w tego typu zależnościach mogą odgrywać zasadniczą rolę z jednej strony zjawiska konkurencji, z drugiej strony substancja organiczna, a w szczególności jej właściwości jonowymienne.

Wreszcie trzecim aspektem znaczenia substancji organicznej w glebie jest stymulujący, często hamujący wpływ na rośliny niektórych jej składników, jak pochodnych fenolowych, iminowych czy aminowych. Z literatury wiadomo, że pewne fenolopochodne nawet w małych dawkach działają wyraźnie trująco [17]. Ten czynnik również może eliminować niepożądanych przybyszów lub uprzywilejowywać gatunki genetycznie przystosowane do tego rodzaju substancji. Powszechnie jest także znany fakt szkodliwego działania na pewne rośliny związków terpenowych.

W określonych więc warunkach będą mogły występować te gatunki roślin, które genetycznie są przystosowane do danego siedliska. Będą one oddziaływały na inne towarzyszące nie tylko sąsiedztwem fizycznym (zacielenie), ale jeszcze dodatkowo przez wytwarzanie specyficznych związków allelopatycznych, które będą działały stymulująco lub hamująco na inne rośliny.

Krag się więc zamknął. W stanie równowagi szata roślinna danej asocjacji oddaje substancję organiczną glebie i w niej, przy udziale specyficznej dla danej asocjacji mikroflory i fauny następują procesy rozkładowe, które z jednej strony uwalniają pierwiastki mineralne, z drugiej — w wypadku niecałkowitego utlenienia — tworzą specyficzne związki organiczne o właściwościach jonowymiennych koloidów. Te związki z kolei regulują występowanie takich czy innych gatunków danej asocjacji.

Byłaby to więc jedna z elementów, poprzez podłoże glebowe, układu

regulującego, a odpowiedzialnego za to, że, jak pisze J. Paczoski [44] „... pewne gatunki występują obok siebie tworząc charakterystyczne asocjacje”.

LITERATURA

- [1] Alexander M. — *Introduction to soil microbiology*, J. Wiley and Son, New York, London, 472 pp., 1961.
- [2] Badura L. — *Badania nad mikoflorą ściółki i gleby lasu szpilkowego ze zbocza Raduni (Sępia Góra)*, Acta Microbiol. Polon., 9, 33—58, 1960.
- [3] Badura L. — *Próby uchwycenia zależności mikoflory od szaty roślinnej*, Wiadomości Botan., 7, 195—204, 1964.
- [4] Badura L. — *Porównanie wpływu humianu sodowego naturalnego, syntetycznego oraz otrzymanego z barwników wydzielanych przez grzyby pleśniowe na wzrost pomidorów i oddychanie drożdży*, Acta Agrobotan., 16, 67—75, 1964.
- [5] Badura L. — *O mechanizmie „stymulującego” wpływu humianu sodu na proces fermentacji alkoholowej i rozmnażanie drożdży*, Acta Soc. Botan. Polon., 34, 287—328, 1965.
- [6] Badurowa M., Badura L. — *A comparative study on the occurrence of microscopic fungi on leaves and needles from different species of trees*, Ekologia Polska, 16, 1—8, 1968.
- [7] Borkowska A. — *Grzyby ściółki rezerwatu Dębina*, Acta Mycologica, 2, 79—105, 1966.
- [8] Boullard B., Moreau R. — *Sol, Macroflora et Végétation*, Masson et Cie — Paris, 172 pp., 1962.
- [9] Bray J. R., Gorham E. — *Litter production in forest of the world*, Adv. Ecol. Res., 2, 101—157, 1964.
- [10] Burges A. — *The soil microflora — its nature and biology*, Ecology of soil borne plant pathogens, Univ. of California Press, 21—32, 1965.
- [11] Carlise A., Brown A. H. F., White E. J. — *Litter fall, leaf production and the affects of defloation by Tatrix viridana in sessile oak (Quercus petraee) woodland*, J. of Ecology 54, 65—85, 1966.
- [12] Dominik T. — *Badania mikotrofizmu roślinności wydym nadmorskich i śródlądowych*, Acta Soc. Botan. Polon., 21, 125—164, 1951.
- [13] Dominik T. — *Wybrane zagadnienia z ochrony wybrzeża Bałtyku (sprawy glebowe i leśne)*, Zeszyty Nauk. WSR w Szczecinie, 17, 63—77, 1965.
- [14] Domsch K. H. — *Das Pilzspektrum einer Bodenprobe (I, II, III)*, Archiv f. Mikrobiol., 35, 181—195, 229—247, 310—339, 1960.
- [15] Ellenberg H. — *Bodenreaktion (einschliesslich Kalkfrage)*, Hb. d. Pflanzenphysiol., W. Ruhland, Spriger Ver., Berlin, IV, 638—708, 1958.
- [16] Fassatiova O. — *Bodenmikromyceten am Hügel Doutnač im Böhmischem Karst*, Preslia (Praha), 38, 1—14, 1966.
- [17] Flaig W., de Yong W. — *Untersuchungen über die Wirkung von p-Benzochinon-derivaten auf den aeroben und anaeroben Stoffwechsel der Hefe (Saccharomyces cerevisiae)*, Archiv f. Mikrobiol., 37, 355—368, 1960.
- [18] Freudenberg K., Janson A., Knopf E., Haag A. — *Zur kenntnis des Lignins*, Ber. deutsch. Chem. Gez., 69, 1415—25, 1936.
- [19] Freudenberg K., Walch H. — *Die Phenolgruppen im Lignin*, Ber. deutsch. Chem. Gez., 76, 305—308, 1943.
- [20] Gawroński E. — *Soluble fraction of the humus of the excrete of Allobophora caliginosa Sav.*, Ann. UMCS, Lublin, S. C., 15, 225—252.

- [21] Gumińska B. — Mikoflora lasów jodłowych okolicy Muszyny, *Acta Mycologica*, 2, 107—149, 1966.
- [22] Gumiński S., Gumińska Z., Sulej J. — Effect of humate, agar-agar and EDTA on the development of tomato seedlings in aerated and non aerated water culture, *J. Exp. Botan.*, 16, 151—162, 1965.
- [23] Gumiński S., Sulej J. — La relation entre les certaines qualités physico-chimiques des comosés humique et leur activité biologique, *Acta Soc. Botan. Polon.*, 36, 109—122, 1967.
- [24] Jenny H., Overstreet R. — Cation interchange between plant roots and soil colloids, *Soil Sci.*, 47, 257—272, 1939.
- [25] Kendrick W. B. — The time factor in the decomposition of coniferous leaf litter, *Can. J. Botan.*, 37, 907—912, 1959.
- [26] Kendrick W. B., Burges A. — Biological aspects of the decay of *Pinus silvestris* leaf litter, *Nova Hedwigia*, 4, 313—343, 1962.
- [27] Kononowa M. — Zagadnienia próchnicy glebowej, PWRiL, Warszawa, 353 pp., 1955.
- [28] Krzemieniewska H., Badura L. — Z badań nad mikroflorą lasu bukowego, *Acta Soc. Botan. Polon.*, 23, 545—587, 1954.
- [29] Lilly V. G., Barnett H. L. — Fizjologia Grzybów, PWRiL, Warszawa, 504 pp., 1959.
- [30] Lindeberg G. — Ligninabbau und Phenoloxxydasenbildung der Bodenhyphenomycetes, *Z. Pflanzenährh. Düng. Bodenk.*, 69, 142—150, 1955.
- [31] Ling G. N. — A physical theory of the living state, Blaisdell Pub. Com., New York, 1962.
- [32] Listowska M. — Udział grzybów wyższych w grądach Wielkopolski, *Acta Mycologica*, 1, 169—268, 1965.
- [33] Mańka K., Truszkowska W. — Próba mykologicznej analizy korzeni świerka (*Picea excelsa* Lk.), *Acta Soc. Botan. Polon.*, 21, 45—73, 1958.
- [34] Meyer E. H. — Untersuchung über die Aktivität der Mikroorganismen in Mull, Moder und Rohhumus, *Archiv. f. Mikrobiol.*, 33, 149—169, 1959.
- [35] Meyer E. H. — Vergleich des mikrobiellen Abbau von Fichten und Buchenstreu auf verschiedenen Bodentypen, *Archiv f. Mikrobiol.*, 35, 340—360, 1960.
- [36] Michajluk L. — Własności adsorpcyjne kwasów huminowych naturalnych i syntetycznych, *Zeszyty Post. Nauk Rol.*, 34, 139—146, 1962.
- [37] McCalla T. M. — The adsorptions of colloidal clay as a factor in nitrogen fixation by *Azotobacter*, *Soil Sci.*, 48, 281—286, 1939.
- [38] Molisch H. — Der Einfluss einer Pflanze auf die andere — Allelopathie, Gustav Fischer Verlag, Jena, 1937.
- [39] Motyka J. — Ekologia roślin, PWRiL, Warszawa, 455 pp., 1962.
- [40] Musierowicz A. — Próchnica gleb, *Post. Nauk Rol.*, 2, 3—36, 1957.
- [41] Myśkow W. — Wpływ mikroflory na powstawanie próchnicy w glebie, *Wiadomości Botan.*, XII, 3, 229—245, 1968.
- [42] Nespiak A. — Studia nad udziałem grzybów kapeluszowych w zespołach leśnych na terenie Białowieskiego Parku Narodowego, *Monograph. Botan.*, 8, 3—141, 1959.
- [43] Niklewski B., Wojciechowski J. — Wpływ związków próchnicznych na pobieranie fosforanu amonu i siarczanu amonu, *Acta Soc. Botan. Polon.*, 15, 111—151, 1938.
- [44] Paczowski J. — Pisma wybrane, PWRiL, Warszawa, 392 pp., 1951.
- [45] Paszewski A., Trojanowski J., Łobaczewska A. — Wpływ frakcji humusowych na wzrost koleoptile owsa, *Ann. UMCS Lublin, S. C.*, 12, 1—3, 1957.

- [46] Randhawa N. S., Broadbent F. E. — Soil organic matter-metal complex, *Soil Sci.*, 99, 295—300, 362—366, 1965.
- [47] Trojanowski J. — Biogeneza związków huminowych, *Post. Biochem.*, 7, 543—560, 1961.
- [48] Trojanowski J. — Mikrobiologiczny rozkład lignin, *Post. Biochem.* 6, 151—171, 1967.
- [49] Unger E. — Badania nad zdolnością wiązania żelaza przez niektóre związki próchniczne, *Zeszyty Nauk. WSR we Wrocławiu*, 19, 60—96, 1965.
- [50] Varga L. — Untersuchungen über die Mikrofauna der Waldstreu Einiger Waldtypen im Bukkgebirge (Ungarn), *Acta Zoologica Acad. Sc. Hungaricae*, IV, 3—4, 443—478, 1959.
- [51] Varga L. — Über die Mikrofauna der Waldstreu einiger auf Szikböden Angelegter Waldtypen, *Acta Zoologica Acad. Sc. Hungaricae*, VI, 1—2, 211—225, 1960.
- [52] Wachowska-Serwatka K. — Sezonowe zmiany azotu i składników mineralnych w ściółce, w glebie i roślinach lasu mieszanego rezerwatu Lubsza, *Acta Univer. Wratisl. (Prace Botan. VII)*, 48, 71—130, 1966.
- [53] Waksman S. A. — The origin and nature of the soil organic matter or soil „Humus”, *Soil Sci.*, 22, 123—162, 1926.
- [54] Witkamp M. — Microbial populations of leaf litter in relation to environmental conditions and decomposition, *Ecology*, 47, 194—201, 1966.
- [55] Wolniewicz-Czerwińska K. — Promieniowce rodzaju *Streptomyces* ściółki i lasu bukowego, *Acta Soc. Botan. Polon.*, 25, 111—158, 1956.
- [56] Zimny H. — Charakterystyka mikrobiologiczna gleb trzech zespołów leśnych Pogórza Karpackiego, *Folia Forestalia Polon.*, Ser. A, 4, 89—116, 1960.

WŁAŚCIWOŚCI KLIMATU DALEKIEJ PÓŁNOCY I ICH WPŁYW NA UPRAWĘ ROŚLIN

WSTĘP

W latach 1951—1957 miałam możliwość zapoznania się z uprawą roślin na Dalekiej Północy, pracując w doświadczalnictwie rolniczym w okręgu Igarka nad Jenisejem, na północ od koła podbiegunowego. Położenie geograficzne Igarki — na granicy północnego zasięgu lasów, na przejściu między strefami lasotundry i tundry, w kierunku zaś równoleżnikowym między niżem zachodniosyberyjskim a górzystą Syberią wschodnią — przyczyniło się do powstania tam ważnego ośrodka badań naukowych z dziedziny introdukcji roślin uprawnych na Dalekiej Północy ZSRR.

Terminu „Daleka Północ” (Krajinij Sjewier, Far North) używam dla określenia terenów położonych w warunkach klimatu arktycznego. W przybliżeniu można by jako południową granicę tak pojętego terytorium przyjąć koło podbiegunowe (stąd rosyjska nazwa „Zapolarie”), w północnych jednak okręgach Azji wschodniej arktyczne cechy klimatyczne sięgają znacznie dalej na południe, co wywołane jest śródlądowym kontynentalizmem, na wybrzeżach zaś wschodnich — wpływem zimnych prądów morskich. W Azji wschodniej o charakterze polarnym środowiska geograficznego decyduje również zasięg wiecznej zmarzłoty terenów, na których ziemia nigdy nie odmarza poniżej pewnej głębokości.

Odrębności klimatyczne i glebowe Subarktyki i Arktyki są czynnikami decydującymi o możliwości wprowadzenia roślin uprawnych do tych wysokich szerokości geograficznych. Jak zachowują się rośliny w środowisku północnym, w jaki sposób można im dopomóc w przewyciężeniu ciężkich warunków miejscowych, jak wykorzystać momenty sprzyjające rozwojowi roślin, jak walczyć z niebezpieczeństwami zagrażającymi zbiorom — oto kilka z wielu ważnych zagadnień agronomicznych, wymagających codziennego rozwiązywania w praktyce dla stworzenia na północy trwałych podstaw wiedzy rolniczej.

W pracy niniejszej omawiam dwa najważniejsze zagadnienia klimatyczne, z jakimi spotyka się hodowca przy introdukcji roślin uprawnych na północy: krótkość okresu wegetacyjnego roślin oraz ich reakcję na całodobowe oświetlenie dnia polarnego. Moje obserwacje z siedmiu okresów wegetacyjnych starałam się zestawić z wynikami badań agronomicznych wypracowanymi przez sieć arktycznego doświadczalnictwa rolniczego na północnej granicy zasięgu rolnictwa w ZSRR.

1. HODOWLA I UPRAWA ROŚLIN W WARUNKACH KRÓTKIEGO OKRESU WEGETACYJNEGO

Ciepło, światło i woda — najistotniejsze czynniki rozwoju roślin — dostępne są dla nich na północy w warunkach naturalnych jedynie w ciągu krótkiego lata arktycznego i właściwe wykorzystanie tych czynników decyduje o możliwościach rolnictwa.

Problem krótkiego okresu wegetacyjnego na północy jako proste stwierdzenie faktu występował od dawna w literaturze botanicznej. Już Schübler w swej pracy o roślinach uprawnych Norwegii (1862) wyraził opinię, że za okres wegetacyjny roślin uprawnych na Północy można uważać jedynie okres bez przymrozków; podkreślał przy tym, że kontynentalne części Arktyki znajdują się w lepszym położeniu, gdyż występujący tam brak silnego wypromieniowywania ciepła w nocy chroni je przed letnimi przymrozkami. Middendorf (1847) pisał, że okres bez przymrozków w kontynentalnych częściach Syberii trwa 2 miesiące, podczas gdy w innych jej częściach występują one nawet w środku lata. W okręgu Igarskim lękaliśmy się zawsze przymrozków około 20 lipca. Schimper (1898) stwierdzał również fakt oczywisty, że krótkość okresu letniego zagraża dojrzewaniu nasion oraz ogranicza wzrost pędów na grubość. Wager (1938), wymieniając główne czynniki ograniczające wzrost roślin arktycznych, cytował wśród nich niską temperaturę miesięcy letnich oraz krótkość okresu wegetacyjnego. Dokładne omówienie tych zagadnień znajdujemy także w niezwykle interesujących obserwacjach fenologicznych Sörensena (1941) oraz u wielu innych autorów.

Od obserwacji faktów występujących w przyrodzie doświadczalnictwo rolne przeszło do etapu zastosowania metod pozwalających na przecięcie tej głównej przeszkody hodowli roślin na północy, jaką jest niewątpliwie krótkość okresu wegetacyjnego. Próby te prowadzone są różnymi drogami. Za najważniejsze uważać należy:

- 1) sztuczne przedłużenie okresu wegetacyjnego
- 2) selekcję i wytworzenie odmian roślin uprawnych o możliwie najkrótszym cyklu rozwojowym i największej odporności na zimno oraz
- 3) wykorzystanie sprzyjających rozwojowi roślin lokalnych czynników klimatycznych.

Okres wegetacyjny — „od śniegu do śniegu” — w okręgu Igarskim trwał średnio około 110—120 dni. Najwcześniejsze wyjście w pole z pługami w okresie mojego pobytu notowano 7 czerwca. Bezpośrednio po rozmrażeniu gleby następuje natychmiast lato, okres bujnej wegetacji roślin, ich rozwoju i dojrzewania. Wiosna taka, jaką znamy na południu (sezon łagodnej temperatury, przejściowy między zimą i latem) — prawie nie istnieje. Sörsen pisze o wiosnie w Grenlandii: „wiosny właściwie nie ma” („a first spring is practically lacking”). To samo obserwujemy nad Jenisejem: wiosnę symbolizuje nabrzmiewanie pąków na brzożach i w zaroślach łoży, stojących na metr lub półtora metra głęboko w śniegu, oraz podśnieżne przedwiosenne życie roślin. Gdy śnieg ustąpi — przybysza z południa zdumiewa szybkość wzrostu roślin w czasie długiego dnia polarnego (21 czerwca, w czasie przesilenia dnia z nocą jasny dzień trwa okrągłe 24 godziny). Najbardziej uderza to zjawisko u traw, na łąkach, gdzie w 2 tygodnie po „wybuchu” lata można zacząć sianokosy. Natura przez wiosenny podśnieżny okres życia roślin przygotowuje je jakoby do okresu pełnego rozwoju, przyspiesza początek wegetacji. W jesieni zaś trawy, mchy i inne dziko rosnące rośliny pod okryciem śniegu kontynuują jeszcze przez pewien czas zapoczątko-

wane w lecie procesy życiowe, przedłużając w ten sposób swój okres wegetacyjny.

Stosunkowo najlepiej zbadane są procesy podśnieżnego życia u traw i mchów, a to w związku z najbardziej żywotnym dla Arktyki właściwym problemem zimowych pastwisk dla renów. Na podstawie szeregu doświadczeń stwierdzono, że pod okryciem śniegu procesy asymilacji i dysymilacji w pewnym zakresie odbywają się nieprzerwanie: jesienią następuje — pod śniegiem — obumieranie starych pędów, wiosną, również pod śniegiem, rozpoczyna się wzrost nowych. Niektóre gatunki traw, jak kostrzewa owcza (*Festuca ovina*), śmiałek pogięty (*Deschampsia flexuosa*) i inne, przezimowują jako pasza dla renów w ten sposób, że stare liście w ciągu listopada, pod śniegiem, stopniowo tracą chlorofil, zachowując go tylko w dolnej części blaszki liściowej aż do lutego, po czym obumierają — lecz już od końca grudnia zaczyna się życie pączków, wzrost młodych pędów, przez co utrzymuje się pewna ciągłość w stanie zielonej masy. Jako pastwiska dla renów te „zimozielone” podśnieżne pasze są najcenniejsze jesienią do grudnia, a potem znów zaczynając od lutego, gdy bogate są w witaminy zawarte w młodych pędach (Kowakina 1952).

Metodykę badania podśnieżnego życia traw opracował dla terenów arktycznych I. D. Kildiuszewski (1956). Studiując zimotrwałość roślin na północy badał on występującą u wielu roślin zdolność przetrwania pod śniegiem w stanie zielonym (podśnieżna „zielona masa” ma, jak wspominałam wyżej, ogromne znaczenie dla chowu i żywienia renów, uzupełniając w ich paszy zimowej brak białek i soli). Dla przeprowadzenia badań z działek doświadczalnych w oznaczonych terminach usuwa się śnieg z 1/4 powierzchni, podcina się nożem (pokos) trawę, po czym zasypuje się działkę śniegiem. Pokos dzieli się na 3 frakcje: 1) części zielone, 2) części obumarłe w danym roku oraz 3) zeschnięte szczątki roślin z poprzednich lat. Frakcje te waży się w powietrzno-suchym stanie. Na podstawie tych badań Kildiuszewski podzielił badane rośliny na 4 grupy: I — rośliny obumierające w połowie zimy, lecz wcześniej budzące się do życia, II — rośliny zachowujące w zimie 5—90% zielonej masy, III — rośliny zachowujące 25% zielonej masy oraz IV — rośliny zachowujące w zimie do 75% zielonej masy. We wszystkich grupach stwierdził, że początek wzrostu zaczyna się jeszcze w podśnieżnym okresie (tabela 1).

W doświadczeniach przeprowadzanych nad rolą śniegu wiosną i nad przenikaniem przez śnieg promieniowania słonecznego stwierdzono, że warstwa śniegu grubości 2—3 cm przepuszcza do 50% energii promieni słonecznych; przez 10 cm śniegu przenika jej już tylko 2%, przy głębszym okryciu już tylko 1% (Kalitin 1931). W liściach roślin arktycznych pokrytych 5-centymetrową warstwą śniegu stwierdzono zwiększenie się ilości węglowodanów, co wskazuje na zachodzący w tych warunkach proces fotosyntezy. Jest rzeczą bardzo prawdopodobną, że na obszarach Arktyki od pierwszych dni po zakończeniu się nocy polarnej może występować w pewnej mierze podśnieżna działalność asymilacyjna roślin. W wyniku ciepłego oddziaływania światła przenikającego pod śnieg, oddychania mchów i roślin pod śniegiem, a także ciepła wydzielanego przy gniciu szczątków roślinnych pod śniegiem mogą powstawać sprzyjające życiu roślin warunki termiczne, tzw. efekt cieplarniany, polegający na tym, że wskutek przekryształizowania się śniegu tworzą się wąskie podśnieżne przestwory powietrzne, w których temperatura jest wyższa od temperatury zewnętrznej. Ma to duże znaczenie dla egzystencji roślin w końcu

okresu zimowego i dla ich rozwoju w okresie wczesnej wiosny, przy jednolitej jeszcze pokrywie śnieżnej (Tichomirow 1952). Kihlman (1890) zwrócił uwagę w swych obserwacjach z Laponii, że śnieg taje od dołu, temperatura może pod nim podnosić się do pewnej wysokości. O „efekcie cieplarnianym” tak pisze z Grenlandii Sörensen (1941): „śnieg może topić się pod tworzącą się na jego powierzchni skorupą lodową, która pozostaje jak okna inspektowe — działanie insolacji daje się odczuć przez warstwę 20—30 cm śniegu”.

W ten sposób rośliny pod śniegiem wytwarzają sobie jakby własny fitoklimat dzięki częstce promieniowania słonecznego przenikającej przez śnieg oraz pewnej ilości ciepła wytworzonego przy oddychaniu. W kwietniu — maju ogrzewanie słońca jest już intensywne, pewna ilość ciepła wydziela się z gnicia zeszlorocznych części roślin. W tych warunkach niejednokrotnie można obserwować nawet odtajanie gleby na parę milimetrów — pod okryciem śniegu. Gdyby nawet niewykluczona, prawdopodobna w tych warunkach fotosynteza nie miała zbyt wielkiego znaczenia w tworzeniu pod śniegiem substancji organicznych, to rośliny posiadają jeszcze zapasowe substancje pokarmowe (cukry, skrobia itp.), zgromadzone w organach przyziemnych w jesieni. Prawdopodobnie, mobilizując te zapasy, rośliny mogą rozpocząć wegetację na długo przed zejściem śniegu, dzięki czemu z chwilą stajania śniegów są już posunięte w rozwoju, mają rozbudzone pączki. Stąd pochodzi bujny wzrost traw w pierwszych dniach czerwca. W swoich uwagach na temat podśnieżnego życia wczesnych wiosennych roślin Trofimow (1939) zauważa, że przy niskiej temperaturze gleby pod śniegiem można mówić raczej nie o wzroście roślin, lecz o ich rozwoju, przechodzeniu przez nie pewnego rodzaju stadium jaryzacji, które powoduje wczesne odnowienie się wegetacji równocześnie z zejściem śniegu.

W ten sposób przyroda przygotowuje rośliny dziko rosnące do okresu właściwego rozwoju i wzrostu po zniknięciu śniegów i roztajaniu gleby (przynajmniej w jej warstwie uprawnej, tzw. warstwie czynnej, gdyż wieczna marzłota cofa się tylko jak gdyby w głąb ziemi, nie tając nigdy). Przystępując do hodowli roślin na północy człowiek stara się także zwiększyć ich możliwości rozwojowe w trudnych warunkach klimatycznych i tak je przygotować, ażeby w krótkim okresie wegetacyjnym osiągnęły pełny rozwój — sztucznie przedłużyć okres wegetacyjny krótkiego lata polarnego. Przeprowadza się to w różny sposób.

Ważnym zagadnieniem jest jak najwcześniejsze rozmarznięcie gleby, każdy dzień bowiem odgrywa tu dużą rolę. Słońce, odmrażając powierzchnię ziemi, budzi ją do życia i przygotowuje warunki dla rozwoju roślin, które mają być posadzone czy posiane. Rozkład nawozów (organicznych i nieorganicznych) uzależniony jest od temperatury gleby i jej wilgotności. Ubogie życie mikroorganizmów w glebie północnej zależy też od ogrzania jej i poddania jak najwcześniej życiodajnemu oddziaływaniu słońca. Dla osiągnięcia tego na odcinkach przygotowywanych pod najwcześniejsze kultury stosuje się sztuczne usunięcie śniegu: przeznaczone do tego przestrzenie posypuje się popiołem (oczywiście drzewnym, zbieranym przez wszystkich przez całą zimę), który z jednej strony oddziałuje chemicznie na szklistą powierzchnię śniegu, z drugiej strony, brudząc ją i czerniąc, sprawia, że ciepło promieni słonecznych padających na ciemną powierzchnię nagrzewa te partie w znacznie wyższym stopniu niż na oślepiającej od odbijanych promieni tafli podmarzniętego śniegu. Różnice w wyko-

rzystaniu ciepła słonecznego przez rozmaite powierzchnie przedstawia wyraźnie tabela 2.

Tabela 2

Wykorzystanie ciepła słonecznego (według Breitfussa 1943)

Powierzchnia naświetlana	Pochłanianie otrzymanego ciepła w %	Oddawanie ciepła powietrzu w %
woda	90	10
czarna ziemia	86	14
szary piasek	82	18
łąka	68—78	32—22
tundra	76	24
kreda	65—75	35—25
stary śnieg	50—70	50—30
świeża, gładka powierzchnia śniegu	15—30	85—70

Powierzchnia śniegu, posypana lekko popiołem, przegniłym nawozem lub nawet suchą ziemią, nie tylko przestaje odbijać promienie słoneczne lecz, przeciwnie, pochłania ich ciepło w takiej proporcji, jak każda ciemna powierzchnia. Na polach doświadczalnych udawało się w ten sposób odsłonić ziemię o kilka dni wcześniej niż na innych polach, poddając ją nasłonecznieniu, umożliwiając rozrzczenie obornika i przyspieszając „dojrzałość” gruntu do dalszej uprawy. Wzmiankę o przyspieszaniu tajania śniegów przez rozrzucanie przegniłego obornika spotkałam także u Middendorfa (1847), który w notatkach ze swej dwuletniej podróży syberyjskiej dał dowody wielkiej spostrzegawczości, podając wiele szczegółów z dziedziny rolnictwa tych terenów.

W ten sposób jednak uzyskuje się tylko kilka dni przedłużenia okresu wegetacyjnego roślin uprawnych. Znacznie większy zysk w czasie osiąga się przygotowując rośliny do uprawy przez jaryzację (ziemniaki i zbożowe) oraz przez szklarniano-inspektową produkcję rozsady.

Jaryzacja ziemniaków jest w warunkach Arktyki jedną z najważniejszych prac wiosennych. Przypomnieć należy, że rola ziemniaków jest tam niezwykle doniosła, gdyż stanowią one podstawowy produkt żywnościowy, a przywóz ich na północ jest bardzo trudny, nie znoszą bowiem jesiennej transportu: zbierane są na południu za późno, by mogły dopłynąć przed mrozami, transport zaś lotniczy jest zbyt kosztowny dla tego rodzaju objętościowych ładunków. Dlatego główny wysiłek w hodowli roślin na północy zwrócony jest na udoskonalenie metod uprawy ziemniaków, ażeby w krótkim okresie polarnej zimy uzyskać jak najlepsze ich plony.

Jaryzację ziemniaków przeprowadza się głównie metodą świetlną, w specjalnie na ten cel budowanych lub przystosowanych pomieszczeniach możliwie najjaśniejszych. W pierwszych dniach maja ustawia się tam skrzynki jaryzacyjne po kilka jedną na drugiej, tak wysoko, jak sięga światło przez okna. W skrzynkach układa się przebrane uprzednio i zdezynfekowane ziemniaki-sadzeniaki warstwą nie grubszą niż na 2—3 bulwy. Temperaturę w budynkach jaryzacyjnych utrzymuje się początkowo

około 5°C, stopniowo doprowadzając do 11°C (trzeba pamiętać, że temperatura w górnych skrzynkach jest zawsze wyższa niż w dolnych). Przez cały czas kontroluje się stan ziemniaków, wyrzucając zgniłe kłęby, oraz przestawia się skrzynki w stosunku do światła tak, żeby zacienione nasłonecznić, a te, które uprzednio były na słońcu, przesunąć do cienia. Ważne jest, żeby rozbudzone oczka sadzeniaków zachowały zieloną barwę, żeby kielki nie bieleły wyciągając się ku światłu, lecz pozostawały krótkie i jędrne. Osiąga się to przez właściwe regulowanie ciepła i światła, stopniowo też można stosować silniejsze wietrzenie, zwłaszcza w południowej porze, gdy temperatura zewnętrzna się podnosi. Ziemniaki pozostają w jaryzatorze do dnia sadzenia (około 15.VI): ważne jest, by w ostatnich dniach temperaturę w pomieszczeniu obniżyć i dać przewiew, ażeby rośliny przyzwyczyły się do temperatury zewnętrznej. Ziemniaki dzięki jaryzacji osiągają „zysk w czasie” około 1 miesiąca. Sadzone bez uprzedniego kielkowania źle wschodzą, leżą w zimnej glebie 2—3 tygodnie i jeśli nawet wejdą, to nie zdążą już wykorzystać wiosennej wilgoci gruntu i rozpoczyną wzrost w warunkach często w lipcu panującej suszy. Stąd pochodziły dawne poglądy o tym, że na północy Syberii ziemniaki rodzą się bardzo drobne (Cinzerling 1925) — zanim nauczono się właściwie przygotowywać je do sadzenia.

Wyniki lepsze jeszcze niż przy stosowaniu metody świetlnej uzyskuje się przy pomocy jaryzacji nawozowej, gdy ziemniaki układa się na warstwie przegniłego obornika, z lekką przysypując je z wierzchu także warstwą takiego kompostu na 1—2 cm; podlewane i utrzymywane w temperaturze 11 do 13°C nie tylko kielkują, lecz tworzą małą, zwartą rozetkę liści, a równocześnie rozwijają zaczątki systemu korzeniowego. Gdy powstanie możliwość wysadzenia ziemniaków do gruntu, muszą być wysadzone jak rozsada i podlane, przy czym dla ochrony przed pierwszym zetknięciem się z chłodnym powietrzem przysypuje się listki lekko ziemią lub przegniłym nawozem. Rośliny przyjmują się doskonale i na drugiego-trzeciego dzień znaczą pole zielonymi kępami liści. System ten jest na pewno najkorzystniejszy, przyspiesza kwitnienie o około 2 tygodnie, co usuwa ryzyko zmarznięcia kwiatów w czasie tzw. lipcowych przymrozków, które około 20 lipca zagrażają plonom tych okolic (jeśli ten termin szczęśliwie minie, można liczyć na ciepłą pogodę do końca sierpnia). Niestety, jaryzacja nawozowa wymaga bardzo dużo miejsca (pojedyncza warstwa kartofli).

W badaniach swych stosowałam jaryzację kombinowaną; ziemniaki po 2—3 tygodniach jaryzacji świetlnej rozkładałam w przegniłym oborniku, pozwalając im wytworzyć w ciągu paru dni małe rozetki i korzonki. W miarę wysadzania kartofli drugą ich serię z kolei przysypywałam nawozem — i tak dalej. Jaryzacja nawozowa przebiega szybciej niż świetlna i dlatego można się nią ratować w razie jakichś strat w sadzeniakach czy innego opóźnienia w produkcji.

Nie trzeba dodawać, że przygotowanie ziemniaków do sadzenia — jaryzacja sadzeniaków na dziesiątki hektarów uprawy — pochłania ogromną ilość pracy. Rolnictwo na Dalekiej Północy jest dziełem wielkiego wysiłku ludzkiego; w warunkach krótkiego lata polarne osiąga się wyniki tylko proporcjonalnie do włożonego trudu.

Nasiona roślin uprawnych na północy można jaryzować według zwykłych metod (moczenie, kielkowanie, chłodzenie, wysiew). Właściwie przeprowadzona jaryzacja owsa czy jęczmienia przyspiesza teoretycznie doj-

rzewanie zbóż o 14—15 dni. W praktyce mojej pracy stwierdziłam jednak, że w warunkach północnych pełne kiełkowanie nasion przed wysiewem jest połączone z dużym ryzykiem zamarcnięcia kiełków wobec niebezpieczeństwa przymrozków w pierwszych dniach okresu wegetacyjnego. Przy posiewie rzepy polnej (turnepsu), jak i roślin zbożowych (owies, jęczmień) uważam za najskusniejsze namoczenie nasion tak, by lekko nabrzmiały, po czym w chłodnej temperaturze ($+1^{\circ}\text{C}$) przesuszenie ich do tego stopnia, by mogły być wysiane siewnikiem. Tak przygotowane nasiona upadłszy w głębę wykorzystują doskonale jej wiosenną wilgoć i szybko wschodzą.

Na podstawie doświadczeń przeprowadzanych w ciągu dziesięciu lat (1923—1933) przez stację doświadczalną w Chibinach ($67^{\circ}44'$) Flaksberger opublikował interesujące wyniki z obserwacji posiewów pszenicy w okręgu murmańskim: w Chibinach, Archangielsku i miejscowości Ust' Cylma nad rzeką Peczorą, na $65^{\circ}27'$ szer. geogr. półn. (Flaksberger i Smirnowa 1936). Stwierdził on, że pszenice jare wysiewane na tych terenach można podzielić na 3 grupy według sposobu reagowania na jaryzację nasion. Pierwsza grupa — są to odmiany pszenic dojrzewających tam normalnie; odmiany te albo prawie zupełnie nie reagują na jaryzację, albo daje się zauważyć jedynie pewna nieznaczna poprawa jakości ziarna przy porównaniu z wysiewem kontrolnym przeprowadzonym bez jaryzacji. Druga grupa obejmuje odmiany pszenic, które dzięki jaryzacji dochodzą do dojrzałości woskowej, a nawet i pełnej. Wreszcie trzecia grupa pszenic nie dojrzewa na polach murmańskich nawet przy zastosowaniu jaryzacji. Nie wchodząc w szczegóły, pragnę tu jedynie zaznaczyć, że przy dużym ryzyku wysiewu skiełkowanego ziarna w warunkach północnych omówione wyniki osiągnięte dzięki jaryzacji w Chibinach wydają się nie dość przekonująco przemawiać na jej korzyść.

Okres wegetacyjny kapusty na północy przedłużony jest o kilka tygodni przez szklarniową i inspektową produkcję rozsady, przy czym należy podkreślić ogromne znaczenie zastosowania doniczek torfowo-nawozowych, które pozwalają każdej roślinie samodzielnie się rozwijać pod ochroną okien inspektowych, a potem przetrwać transport łodziami i wozami na odległe pola. Oczywiście, tak kosztowna produkcja znajduje wytłumaczenie tylko w warunkach, które wymagają wkładu n a j w y ż s z e g o wysiłku dla osiągnięcia jakiegokolwiek rezultatu. Z praktyki siedmiu sezonów wegetacyjnych muszę jednak stwierdzić, że w uprawie kapusty osiągaliliśmy wyniki dobre i bardzo dobre (do 60 ton z ha), oprócz jednego roku, gdy szkodniki zniszczyły większą część plonu, co może się zdarzyć i na południu. O rezultatach decyduje umiejętne wykorzystanie wiosny, przygotowanie roślin do produkcji tak, ażeby zmniejszyć wpływ złych warunków klimatycznych. „Na północy — pisze Sörensen (1941) — niesprzyjająca wiosna oznacza nie opóźnienie, a redukcję, skrócenie okresu wegetacyjnego”. W tym właśnie krytycznym czasie rozsada w doniczkach nawozowych rozwija się w ciepłych inspektach bez względu na niską temperaturę zewnętrzną. Przy pierwszym ociepleniu i możliwości uprawy roli rozsada jest gotowa do wysadzenia w grunt.

Wczesna jesień północna zastaje nieraz rośliny w stadium niezakończonego cyklu rozwojowego. Kjellman (1883) podał tragiczny w swym wyrazie opis krajobrazu arktycznego, roślin zaskoczonych przez nocny przymrozek, „zanim nadeszła jesień”. Różycki (1935) stwierdza, że na Spitsbergenie u ponad 30% roślin nie dojrzewają nasiona. U roślin dziko ros-

nących wytwarza się w następstwie takich warunków w jesieni — u niektórych — przystosowanie do rozmnażania wegetatywnego, jak np. u niektórych gatunków *Saxifraga* (Warming 1909), u innych — zdolność wykończenia procesów życiowych pod śniegiem. Tak jest np. u brusznicy (*Vaccinium vitis-idaea*), która we wrześniu okrywa ogromne przestrzenie rzadkich lasów masą rubinowych jagód dojrzewających nieraz dopiero pod śniegiem. Pierwsze śniegi proszą już w końcu września, w pierwszych zaś dniach października okrywają ziemię na stałe — nieprzerwanie do czerwca. Już Middendorf (1847) zwracał uwagę na dojrzewanie owoców wielu roślin pod śniegiem jako na jedno z najciekawszych zjawisk w biologii roślin północnych. Ciekawe obserwacje na temat dojrzewania nasion u roślin dziko rosnących na Czukotce podaje Gawryluk (1961).

Rośliny uprawne nie mają tych możliwości przystosowawczych, jakie przyroda daje miejscowym roślinom dziko rosnącym, gdyż wszystkie rośliny uprawne dostały się na północ drogą introdukcji z terenów południowych — musimy więc starać się sztucznie stworzyć im możliwość wykończenia procesów życiowych zapoczątkowanych w gruncie. Dlatego nasienniki warzyw dwuletnich, a nieraz także plony roślin zbożowych zbieramy z pól doświadczalnych w fazie woskowej dojrzałości ziarna, umieszczając je w pomieszczeniach zakrytych od śniegu. Z upraw gruntowych najważniejszy jest jesienny zbiór ziemniaków, które schodzą z pola z naszkórkami bulw niedostatecznie skorkowaciałym. Są to w trzech czwartych bulwy młode, które dopiero po sprzęcie, w magazynach, odparowując nadmiar wilgoci stają się odporniejsze na uszkodzenia itp. Jeśli uda się zapewnić im na ten czas sprzyjające warunki przechowania w pomieszczeniach suchych, przewiewnych — wtedy ziemniaki rozsypane w niegrubej warstwie wykańczają tam swój cykl rozwojowy i trzymają się doskonale do późnej wiosny. W przeciwnym razie silnie poddają się chorobom.

Ze względu na krótki okres wegetacyjny na północy selekcję roślin uprawnych przeprowadza się wybierając dla działek nasiennych egzemplarze wykazujące najwyższą energię wzrostu, najwcześniej zakwitające i najszybciej dojrzewające. Musi się przy tym wziąć pod uwagę dużą plastyczność roślin, które aklimatyzując się w nowych warunkach, już w drugim, trzecim pokoleniu wykazują wyraźne cechy przystosowania się do otaczającego je środowiska. Daje się to zauważyć zarówno u kapusty produkowanej z nasion zebranych na północy, jak u ziemniaków, szczególnie u odmian wyprodukowanych z nasienia zebranego w doświadczalnych stacjach północnych z ziemniaków tam owocujących (Sjewierianin, Sjejaniec 101-Chrennikowski itp.).

Nasiennictwo (jak wszystko na północy) nie jest łatwe w warunkach arktycznych. Na przykład kapusta przeznaczona na wysadki musi być przechowywana przez całą zimę (8 miesięcy), co bynajmniej nie jest proste. Zdarza się, że w piwnicach, gdzie są przechowywane wysadki, główki gniją po 7 miesiącach konserwacji, pozostają tylko łodygi z korzeniami, które wysadzone w cieplarni przyjmują się zaledwie w kilkudziesięciu procentach, wypuszczając pędy boczne. W czerwcu dopiero nasienne mogą być wysadzone w grunt. W końcu września, gdy łuszczyнки zaczynają żółknąć, wyrywa się nasienne i przenosi je znowu do cieplarni lub innego jasnego pomieszczenia, rozwieszając w suchym i przewiewnym miejscu, gdzie nasiona mogą dojrzewać (dochodzą) i przesuszyć się dostatecznie, ażeby wymłócone ziarno nie spleśniało w ciągu nowej 8-miesięcznej zimy, dzielącej je od zasiału. Trud ten jednak opłaca się, gdyż kapusta,

k którą sadziliśmy z nasion własnej produkcji, nie tylko szybciej wiosną przyjmowała się w gruncie, ale — co najważniejsze — szybciej zawiązywała główki. Także nasiona ogórków i pomidorów wyprodukowane na miejscu wykazywały w hodowli lepsze plony i większą odporność na niepgodę, w porównaniu z nasionami sprowadzanymi z Krasnojarska. Przy wysiewie ogórków i pomidorów stosowaliśmy również ich „hartowanie”: moczenie nasion i przetrzymywanie ich przy temperaturze $+1^{\circ}\text{C}$ na 3 dni przed siewem.

Równoległe z ogólnymi warunkami klimatycznymi ważne znaczenie dla możliwości uprawy roślin na polarnych jej granicach posiadają czynniki lokalne klimatu i gleby. Im bardziej niesprzyjające są warunki ogólne, tym większa rola czynników miejscowych. Potwierdzenie tego zjawiska znajdujemy w literaturze zarówno dawniejszej, jak i współczesnej. Middendorf (1847) pisał: „Im bliżej do bieguna, tym większa jest przewaga znaczenia warunków miejscowych i otoczenia nad ogólnymi warunkami klimatycznymi danego kraju”. U Cinzerlinga zaś (1925) czytamy: „W miarę zbliżania się do granic swego rozprzestrzenienia rośliny robią się coraz wrażliwsze na warunki lokalne. Bywa to — poza czynnikami kulturalno-ekonomicznymi — przyczyną powstawania tzw. wysp rolniczych za granicami ogólnego zasięgu rolnictwa”.

Czynniki miejscowe takie, jak stopień okrycia od wiatrów, ekspozycja, lokalne warunki nawodnienia i przepuszczalności gleby, jej skład fizyczny i chemiczny na danym odcinku terenu itp. — łagodzą lub zaostrzają oddziaływanie niskich temperatur. W warunkach naturalnych obserwuje się bujniejszy rozwój roślinności na terenach nawiedzanych przez ptaki i zwierzęta (Różycki 1937, Tichomirow 1959), dobroczynny wpływ sąsiedztwa lasu na nadrzeczną roślinność łąkową (Sawkina 1951) itp. Sörensen (1941) podkreślił dużą rolę ekspozycji terenu w wykorzystaniu energii cieplnej słońca. Na podstawie swych obserwacji w Grenlandii (na szer. geogr. pn. 74°) stwierdził on, że stoki północne o nachyleniu ponad 40% otrzymują mniej niż 50% energii słonecznej otrzymywanej przez powierzchnię poziomą. Stoki południowe o nachyleniu do 7° otrzymują w ciągu całej doby (dzień i noc) największą ilość ciepła. Graficzne przedstawienie przez Sörensena nasłonecznienia w czasie letniego zrównania dnia z nocą na powierzchni poziomej oraz na ścianach pionowych zwróconych w kierunkach N, S, E i W, wyraźnie obrazuje rolę czynnika ekspozycji w rozwoju roślin.

W praktyce rolnictwa polarnego wybiera się południowe stoki pól pod najwrażliwszą na nasłonecznienie uprawę ziemniaków, na polach północnych sieje się mieszanki owsa i wyki na zieloną paszę, dla kapusty wybiera się pole o najlepszych warunkach nawodnienia itd. Przy ograniczonych możliwościach przestrzennych i gatunkowych zmianowania pól i upraw (ziemniaki, kapusta, rzepa, mieszanki pastewne) powstaje niebezpieczeństwo jednostronnego wyczerpania gleby, które staramy się wyrównywać przy pomocy nawozów mineralnych, pod kapustą zaś przy kilkuletniej uprawie na tym samym polu dużą rolę odgrywa zastosowanie popiołu drzewnego.

W ciągu krótkiego lata północnego umiejętne wykorzystanie czynników naturalnych sprzyjających rozwojowi roślin oraz sztuczne stworzenie roślinom odpowiednich warunków mikroklimatycznych na terenach wziętych pod uprawę mają wielkie znaczenie dla hodowli roślin. Przykładem tego może być uprawa kapusty w Tiksi ($71^{\circ}30'$) w Jakuckiej ASRR. Suro-

wość klimatu zatoki Tiksi potęgują północno-wschodnie wiatry, niosące ze sobą zimno z Oceanu Lodowatego. Zastosowanie płotów z desek, chroniących przed wiatrem, w stacji doświadczalnej w Tiksi pozwoliło na uprawę kapusty na grzędach, przy czym osiągnięto 279 q kapusty z ha (Trulewicz 1955), mimo że średnia temperatura najcieplejszych miesięcy (lipiec i sierpień) wynosiła tam w latach 1955—1958 tylko $+7^{\circ}$ i $+7,5^{\circ}\text{C}$ (Szamurin 1958).

2. ZNACZENIE DNIA POLARNEGO W HODOWLI ROŚLIN

Wulff (1902), pisząc o Spitsbergenie, cytuje za Hannem (Handbuch der Meteorologie) następujące określenie Arktyki: „ma ona swoje półroczne lato, w czasie którego nasłonecznienie po i przed przesileniem letnim jest przez 56 dni silniejsze niż gdziekolwiek na świecie, a podczas 84 dni większe niż na równiku. Równocześnie jednak czyste niebo jest rzadkością w kraju, gdzie deszcz, mgła i śnieg panują”.

W rejonie koła podbiegunowego „lato” da się określić na około 3 miesiące. W czasie przesilenia letniego (21.VI.) promienie słoneczne sięgają poza biegun na $23,5^{\circ}$ aż do koła podbiegunowego, dając na tej szerokości 24 godziny światła. Największe wzniesienie słońca w południe występuje na kole biegunowym 21.VI., gdy wznosi się ono na 47° ponad horyzont. Dzień, a potem dzień i półcień trwają na kole podbiegunowym około 5 miesięcy. Ważna jest długotrwałość oddziaływania światła na rośliny, nawet jeśli to jest światło rozproszone.

Teoria, że rośliny arktyczne rekompensują sobie krótkotrwałość lata i niedostatek ciepła korzyściami płynącymi z długiego dnia polarnego, przyjęła się w nauce od dawna.

Schübeler (1862), wymieniając jako czynniki określające dopuszczalne granice rolnictwa na północy krótkość okresu wegetacyjnego i niską średnią temperaturę powietrza, zaznaczył, że ujemne oddziaływanie tych czynników osłabione jest przez długotrwałość dnia w czasie polarnego lata, która powoduje lepsze wykorzystanie światła i zmniejsza nocne wypromieniowanie ciepła przez rośliny.

Schimper (1898) stwierdził wzmożenie asymilacji u roślin północnych pod wpływem długiego dnia.

Wulff (1902) w swych obserwacjach ze Spitsbergenu podawał, że asymilacja u roślin tamtejszych odbywa się bez różnicy dnia i nocy.

Neger (1913) pisał także o wzmożonej asymilacji roślin arktycznych pod wpływem długotrwałego działania słońca. Zaznaczał, że na północy występuje głównie światło rozproszone. Opierając się na doświadczeniach przeprowadzonych przez Kjellmana z *Cochlearia fenestrata* i *Lepidium sativum*, stwierdził on, że rośliny północne przy zastosowaniu ograniczenia światła dają przyrost mniejszy niż przy oświetleniu całodobowym.

Cinzerling (1925) cytuje za Wiesnerem, że zapotrzebowanie na światło wzrasta u roślin w miarę przesuwania się na północ: tak np. zapotrzebowanie światła u liści klonu pod Wiedniem jest 11 razy mniejsze niż w Trontjem, w Norwegii. W jakim stopniu długotrwałość oświetlenia kompensuje jego słabe natężenie, tego dziś jeszcze nie potrafimy ustalić. Cinzerling zwraca uwagę również na inny niż na południu skład światła na północy, na intensywność promieniowania słonecznego i wielką ilość promieni ultrafioletowych.

Sörensen (1941) wskazuje na ciągłość procesów asymilacyjnych w czasie doby polarnej: „Rośliny polarne asymilują bez przerwy tak długo jak długo intensywność światła jest wystarczająca”. Zauważa przy tym, że rośliny mogą użytkować dodatnią temperaturę dnia pomimo ujemnych temperatur nocy — rzecz tak ważna przy wiosennych amplitudach temperatur dnia i nocy.

Garner i Allard (1920, 1923, 1924) w swych pracach na temat wpływu długości dnia i nocy na wzrost i rozwój roślin podnosili duże znaczenie długotrwałości oświetlenia dziennego dla rolnictwa północnego. Ze względu na różnorodność przystosowania się u roślin wyróżniają oni rośliny długiego i krótkiego dnia. W ten sposób powstało pojęcie fotoperiodyzmu jako określenie stosunku poszczególnych roślin do oświetlenia.

Jak przedstawiają się te ogólne teorie o wpływie polarnego dnia na wzrost i rozwój roślin — nie z punktu widzenia laboratorium i eksperymentów wazonowych, lecz w świetle doświadczalnictwa rolnego na Dalekiej Północy?

Uderza przede wszystkim duża różnorodność prac w tej dziedzinie. Doświadczenia prowadzone są w wielu kierunkach, najwięcej z nich przeprowadzono w najstarszym — Murmańskim Ośrodku Rolnictwa Polarne-go, w promieniu działalności Chibińskiej Stacji Doświadczałnej oraz Polarne-go Ogrodu Botanicznego w Kirowsku, w miejscowościach Imandra, Apatyty itp. Szereg teorii tam opracowanych sprawdzaliśmy w terenie na rozsypanych wzdłuż Radzieckiej Arktyki i Subarktyki stacjach i punktach doświadczalnych, zanim wyniki badań zostały ostatecznie sprecyzowane i opublikowane. Postaram się przedstawić najciekawsze osiągnięcia w tym zakresie.

Ze względu na ogromne znaczenie introdukcji roślin z południa na tereny północne, szczególnej wagi nabiera problem aklimatyzacji ich w warunkach długiego dnia polarne-go. Charakterystyczną cechą roślin aklimatyzowanych w tych warunkach jest zwiększona intensywność fotosyntezy, przy czym najwyższa zdolność asymilacji występuje w godzinach rannych (Szachow 1956). Nagromadzenie dużej ilości zapasowych substancji jest ważnym czynnikiem odporności na zimno, który pozwala roślinom przeciwstawić się złym warunkom klimatycznym. Problem aklimatyzacji przy przesunięciu upraw południowych na północ wiąże się ściśle z zimotrwałością danej rośliny, jej odpornością na mrozy. Odporność ta nie jest czymś niezmiennym, jako właściwość fizjologiczna formuje się ona w jesieni i na początku zimy, gdy w roślinie przebiegają procesy hartowania się, przystosowania. Egzemplarze, które wyżyją w próbach aklimatyzacyjnych, zyskują nowe właściwości przystosowawcze, które, utrwalając się w dalszych generacjach, decydują o przydatności rośliny w terenach północnych. Dla aklimatyzacji rośliny ważne jest, czy wymaga ona ciemności w fazie rozwoju pędów. Na przykład biała akacja rozwija się normalnie pod Charkowem, pomimo bardzo niskiego minimum temperatury zimowej, wymarza natomiast prawie w stu procentach pod Leningradem (gdzie skrajne temperatury zimowe są łagodniejsze niż w Charkowie), ponieważ nie przystosowuje się do długiego dnia (różnica najdłuższego dnia między Charkowem a Leningradem wynosi 4 godziny) i młode jej pędy nie drewnieją przed nadejściem przymrozków. Jeżeli na siewki akacji pod Leningradem oddziaływamy skracając długość dnia przez odpowiednie zaciemnienie, rośliny zimą bez uszkodzeń (Moszkow 1935). Inne rośliny potrzebują ciemności dla dojrzewania nasion, np. herbata

kurylska dojrzewa na półwyspie Kola jedynie przy zastosowaniu zaciemniania na noc (Szachow 1957).

Zimotrwałość rośliny na północy zależy od tego, czy potrafi ona we właściwym czasie przejść z fazy rozwoju letniego do fazy jesiennej i zimowego spoczynku, odpornej na mróz (zdrewnienie pędów, dojrzałość nasion itp.), czy wymaga do tego przejścia nocnej ciemności.

U drzew Subarktyki nie występuje zapotrzebowanie na ciemność, co decyduje w dużym stopniu o ich zimotrwałości. Południowe gatunki miodrzewia, wierzy, topoli, brzozy, klonu — w warunkach 24-godzinnej doby w fazie wzrostu pędów cierpią na rozstrój rozwojowy, nie potrafią we właściwym czasie przejść w mrozoodporną fazę spoczynku i z nadejściem przymrozków jesiennych giną lub ulegają silnym uszkodzeniom. Gatunki subarktyczne przy rozprzestrzenianiu ich na Dalekiej Północy nabywają nowych właściwości, hartują się w warunkach nieprzerwanego dnia, tylko dla wypełnienia późnojesiennych faz rozwojowych (żółknięcie i opadanie liści) potrzebują ciemności — cechę tę odziedziczyły po swych bardziej południowych przodkach. Aklimatyzacja roślin drzewiastych i krzewiastych na północy związana jest z przemianą ich właściwości ekologiczno-fizjologicznych, z przystosowaniem ich do reżimu świetlnego, ażeby przed początkiem przymrozków zdążyły osiągnąć dojrzałość pędów. Gatunki, których okres rozwoju wegetatywnego (do dojrzałości pędów) ciągnie się dłużej niż 3 miesiące (jesion, dzika jabłoń itp.), nie poddają się aklimatyzacji. U innych natomiast (porzeczki, głóg) polarny dzień przyspiesza owocowanie. Północne krzewinki jagodowe, takie jak *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus* czy *V. vitis-idaea* w warunkach polarnego dnia dają plony znacznie większe niż w okolicach bardziej południowych. U jednych roślin proces reprodukcyjny jest stymulowany przez całodobowe oświetlenie, u innych jest przez nie hamowany.

Ekologiczno-fizjologiczne zmiany zachodzące u aklimatyzowanego gatunku w dziedzinie rozwoju odporności na niskie temperatury oraz w interesującej nas tutaj kwestii fotoperiodyzmu, zależą w dużym stopniu od warunków historycznych, w których kształtował się dany gatunek. Charakterystyczne są zdolności aklimatyzacyjne roślin kserotermicznych. Klasycznym tego przykładem jest uprawa jęczmienia, który, pochodzący z Abisynii i Erytrei, może doskonale rozwijać się i na Pamirze i w surowych warunkach Igarki.

Awrorin, którego badania nad aklimatyzacją roślin na północy opierają się na wieloletnich doświadczeniach z tysiącami roślin w Polarno-Alpejskim Ogrodzie Botanicznym w Kirowsku, wyróżnia 2 etapy aklimatyzacji: 1) likwidacja starego rytmu rozwojowego rośliny i 2) uformowanie się nowych właściwości — dostosowanie się do nowych warunków: przesunięcie terminów kwitnienia, dojrzewania itp. (Awrorin 1953). Tak na przykład kapusta z nasion, które wyprodukowaliśmy w sowchozie kurejskim (pow. Igarka), zawiązywała główki w pierwszej połowie sierpnia, nie czekając na ciemne noce, podczas gdy kapusta nr 1 przysłana z Krasnojarska (1500 km bardziej na południe), przechodziła tę samą fazę dopiero w końcu sierpnia, gdy zaczynały się noce ciemniejsze; oczywiście, mając dłuższy okres ciepła do swego rozwoju, odmiany aklimatyzowane dawały plony znacznie wyższe niż odmiany południowe, nie przystosowane do białych nocy. Tiurdińew (1955) podaje, że odmiany „ulepszone” na północy dają tam plony o 25—30% wyższe niż południowe. To „ulepszenie” jest po prostu tylko aklimatyzacją, przystosowaniem się roślin do

warunków miejscowych. Stąd pochodzi dobra sława nasion produkowanych przez Stację Doświadczalne Instytutu Rolnictwa Polarne. Według metody stopniowej aklimatyzacji przez przesuwanie roślin zrazu na mniejsze odległości coraz bardziej na północ, stosując 2—3 pokolenia wysiewu na każdym następnym etapie aklimatyzacyjnym oraz selekcję egzemplarzy najodporniejszych, stacje te wyhodowały szereg nowych odmian przystosowanych do uprawy na terenach Zapolaria.

Szachow i Sjemienienko (1958) na podstawie badań z dziedziny fizjologii pochłaniania światła przez rośliny północne postawili tezę, że proces przystosowania się roślin do warunków polarnych skierowany jest ku temu, żeby dopełniać braki energii cieplnej energią świetlną przez pełniejsze wykorzystanie energii słonecznej. Stwierdzili oni, że wskutek ekologiczno-fizjologicznych przemian, jakie zachodzą w roślinach w czasie ich aklimatyzacji, rośliny drugiego i trzeciego pokolenia uprawy na północy wykorzystują promieniowanie słoneczne w większym stopniu niż w pokoleniu pierwszym. Doświadczenia były przeprowadzone na jęczmieniu i ziemniakach metodą spektrofotometrii, gdzie ilość i jakość odbitych i wchłanianych przez roślinę promieni określa się stopniem zaciemnienia zdjęcia przez porównanie ze specjalną skalą fotometryczną.

W dziedzinie fototermicznej teorii aklimatyzacji Szachowa konieczne są dalsze szczegółowe i gruntowne badania fizjologiczne. Osobiście nie miałam możliwości prowadzenia tego rodzaju badań w warunkach, w których pracowałam.

Obserwacje dotyczące długości oświetlenia są na północy ułatwione przez to, że w ciągu pierwszych miesięcy wegetacji można je przeprowadzać bez używania sztucznego światła. W tym celu rozciąga się ponad poletkami doświadczalnymi siatki i przeprowadza się zaciemnienie w ciągu dowolnej ilości godzin. Przy doświadczeniach ze skracaniem dnia należy zwracać uwagę na to, którą część dnia polarne zaciemniamy, czas „dzienny” naświetlenia należy odmierzać od południa, tj. od godziny 12 w dwie strony.

Reakcja roślin na zastosowanie odpowiednio regulowanych ilości światła na północy uwydatnia nadzwyczaj wyraźnie odrębność fizjologicznego charakteru wzrostu, pojmowanego jako nagromadzenie żywej masy oraz rozwoju jako sumy procesów konstruktywnych, które w roślinie zachodzą. Długotrwałość naświetlenia w warunkach dnia polarnego w pierwszych dekadach wegetacji (w chłodnych początkach czerwca) sprzyja wzrostowi, dużym plonom zielonej masy. O rozwoju natomiast, o przejściu od wegetatywnej fazy do fazy generatywnej, decyduje nie światło, lecz ciepło. Stąd pierwszy okres lata północnego cechuje szybkość wzrostu (łaki) i powolność tempa rozwojowego, które przyspiesza się dopiero w późniejszych dekadach okresu wegetacyjnego, gdy temperatura dzienna się podnosi. W tym czasie światło słoneczne w godzinach nocnych ma natężenie mniejsze niż w godzinach dziennych, co jednak rozwojowi nie wstrzymuje.

Ciekawe dane z tego rodzaju doświadczeń dotyczących wpływu dnia polarnego na rozwój roślin zostały opublikowane ze Stacji Doświadczalnej w Chibinach (Razumow i Smirnowa 1936). Przeprowadzono tam dwa zasiewy porównawcze kilku gatunków zbóż: pierwszy — w gruncie, w warunkach naturalnych, przy użyciu okrycia z siatki rozciągniętej nad polem, drugi zaś zasiew tych samych zbóż w cieplarniach, przy stałej temperaturze 12 do 15°C. W obu wypadkach zastosowano trzy warianty „dnia” przy pomocy odpowiedniego zaciemnienia: 1) 24 godzin światła,

2) 14 godzin światła w godzinach „dziennych” (8—22) oraz 3) 14 godzin światła w godzinach „nocnych” (18—8 rano). W obu wypadkach użyto jednokowych nasion, jaryzowanych przed wysiewem.

Obserwując szybkość wykłoszenia zasianych zbóż, czyli tzw. stadium świetlne rozwoju zbóż (od wschodów do kłoszenia) osiągnięto następujące wyniki:

Tabela 3
Wpływ długotrwałości oświetlenia na kłoszenie się zbóż
(według Razumowa i Smirnowy 1936)

Zastosowane oświetlenie	Ilość dni od wschodów do wykłoszenia					
	cieplarnia			siatka		
	I	II	III	I	II	III
	24 godz. (doba)	14 godz. dnia 8—22	14 godz. nocy 18—8	24 godz. (doba)	14 godz. dnia 8—22	14 godz. nocy 18—8
Jęczmień kaukaski	31	62	73	41	71	—
Jęczmień N°8406 (włoski)	26	39	47	34	43	—
Owies „Złoty deszcz”	29	49	49	46	—	—
Żyto „D.S.”	26	46	57	35	49	—

W warunkach szklarniowych 14 godzinne „nocne” oświetlenie dało wykłoszenie zbóż nieco tylko opóźnione, u owsa nawet nie opóźnione, całkiem normalne. W warunkach naturalnych natomiast (siatka) rośliny nie wykłosiły się przy nocnym oświetleniu, chociaż wzrost ich w tych warunkach nie był przygłuszony, nawet lepszy niż w III grupie cieplarnianej. Wynika z tego, że nocne oświetlenie nie przeszkadza w przebiegu świetlnego stadium rozwojowego, ale brak mu prawdopodobnie ciepła dla przejścia rośliny do następnej fazy rozwojowej.

Widać tu wyraźnie znaczenie ciepła. Rośliny mają różne wymagania w stadium świetlnym: u niektórych stadium świetlne w nocy wobec obniżki temperatury nie przebiega zupełnie, u innych jedynie zwalnia tempo. W czasie powolnego przebiegu rozwojowej fazy świetlnej przy niskich temperaturach uzyskuje się w warunkach rolnictwa polarnego dużą zieloną masę, co jest przyczyną dobrych wyników przy produkcji paszy z mieszanek zbożowych, wysiewanych na polach chłodnych, na stokach o północnej ekspozycji itp.

Badając fotoperiodyzm roślin Lubimienko (1933) opracował teorię regulowania długości okresu wegetacyjnego u roślin przy pomocy zastosowania długiego i krótkiego dnia. Działanie takie nazwał indukcją fotoperiodyczną, analogicznie do indukcji termicznej przy jaryzacji, gdy rośliny przez obniżenie temperatury otrzymują pewien impuls przyspieszający przejście do fazy kwitnienia. Podobny impuls można wzbudzić u roślin przy pomocy odpowiedniej długości naświetlenia, powodując zmiany w przechodzeniu kolejnych faz rozwojowych. Tak na przykład działanie „krótkim dniem” przez zaciemnianie w okolicach Leningradu przyspiesza dojrzewanie u grochodrzewu (*Robinia pseudoacacia*) pędów wegetatywnych, które wchodzą w stan spoczynku przed nastaniem mrozów, umożli-

wiając krzewom zimowanie. Różne rośliny w różny sposób reagują na indukcję fotoperiodyczną. Garner opisuje doświadczenia z dwoma gatunkami *Sedum* i *Cassia*, które, będąc roślinami długiego dnia, nie kwitły w ciągu 9 lat wskutek działania na nie warunkami krótkiego dnia, zaciemnieniem nocnym. U wszystkich roślin (tak długiego, jak i krótkiego dnia) wpływ długotrwałego oświetlenia wywołuje bujny rozwój pędów i korzeni. U ziemniaków gdy następuje kwitnienie, produkty fotosyntezy są zużywane na formowanie kwiatów i owoców, bulwy zaś formują się po kwitnieniu. Dlatego kładzie się nacisk na przyspieszenie kwitnienia drogą jaryzacji nawozowej, podkarmiania itp. Kłęby ziemniaczane są organami krótkiego dnia, ich intensywniejszy przyrost zaczyna się na północy w okresie rozgraniczzonego oświetlenia dziennego i ciemnej nocy (koniec sierpnia).

Krótki dzień przyspiesza tempo rozwoju rośliny (nie wzrostu). Przy doświadczeniach z kukurydzą i dynią rośliny pod wpływem indukcyjnego zastosowania krótkiego dnia zaczęły znacznie wcześniej dawać kwiaty żeńskie i przystąpiły do owocowania. Przy pędzeniu ogórków stosowaliśmy zaciemnienie szklarni na noc dla przyspieszenia występowania kwiatów żeńskich: można wtedy szybciej przystąpić do zapylania i wcześniej uzyskuje się zawiązanie owoców.

Przemiany, jakie zachodzą w roślinie pod wpływem indukcji fotoperiodycznej, nie są jeszcze dokładnie zbadane pod względem fizjologicznym. Przyspieszeniu kwitnienia towarzyszy zwykle zmniejszenie przyrostu masy roślinnej. Być może, iż następuje w tych warunkach zwolnienie tempa podziału komórek, a przyspieszenie procesu ich różnicowania. Kompleks procesów biochemicznych związanych z przejściem rośliny z jednego stadium rozwojowego do następnego przedstawia dla fizjologów rozległe pole badań. Eksperymentalne stwierdzenie możliwości opóźniania lub — przeciwnie — forsowania, przyspieszania tych procesów przy pomocy kombinowania czynników zewnętrznych (indukcja termiczna i fotoperiodyczna) otwiera nowe drogi dla badań w tym kierunku.

„Można spodziewać się — pisze w jednej ze swych prac Szachow (1957), że nauka potrafi swymi siłami przeprowadzić to doświadczenie, które w olbrzymiej skali dokonuje przyroda w warunkach krytycznych dla istnienia roślin”.

Nasze obserwacje dotyczyły głównie kwestii, jak zachowują się rośliny sprowadzone na północ w nowych dla nich warunkach całodobowego oświetlenia.

Uważam, że wyniki obserwacji w różnych stacjach doświadczalnych różnią się nieraz nie tyle z powodów zasadniczych: terenowych czy klimatycznych, ile po prostu dlatego, że nie wszystkie stacje rozporządzały tymi samymi możliwościami w przeprowadzeniu badań: doświadczalnictwo w tych terenach młode jeszcze nie posiadało wszędzie ujednoliconej aparatury badawczej itp. Stąd na przykład Szmatok (1962) w swych badaniach ekologiczno-fizjologicznych na temat fotosyntezy u roślin polarnych w rejonie Gór Chibińskich twierdzi, że asymilacja roślin w okresie niezachodzącego słońca w nocnych godzinach była jedynie nieznaczna, Gorbunow (w Jakutii) wyraża pogląd, że rośliny uprawne (ziemniaki, kukurydza uprawiana na zieloną masę) przerywają proces fotosyntezy nawet w jasne noce przy niezachodzącym słońcu, podczas gdy Kostyczew, Bazyrina i Czesnokow (1930), Szachow (1957) i wielu innych mówią o nagromadzeniu organicznych substancji w warunkach Dalekiej Północy dzięki

całodobowej fotosyntezie (co potwierdza teorie botaników cytowane na str.). Wszyscy stwierdzają korelację między oświetleniem a intensywnością fotosyntezy, najsilniejszą asymilację w godzinach maksymalnego naświetlenia (10—14), zmniejszanie się fotosyntezy przy zachmurzeniu, jej wzrost przy ukazaniu się słońca. W najdokładniejszych (najlepsza aparatura) doświadczeniach murmańskich (Chibiny) przebieg procesu fotosyntezy powtarza linię przebiegu krzywej wykazującej przemiany radiacji słonecznej, wyraźnie reagując na warunki zewnętrzne, stosując się do ich rytmu.

Konowałow (1957) wykazuje korelację między fotosyntezą a odpornością roślin indukowanych. U gatunków nie aklimatyzowanych fotosynteza przebiega intensywnie nie w połowie lata, jak u roślin przystosowanych do warunków północnych, ale dopiero pod koniec lata, nie pozwalając im ukończyć cyklu rozwojowego przed nadejściem mrozów. Niektóre rośliny przesiedlone dostosowują się natychmiast i one to stanowią materiał odpowiedni do dalszej reprodukcji. To samo potwierdza Szachow (1957) dowodząc, że w krańcowych warunkach istnienia fotosynteza jest wskaźnikiem ekologiczno-biologicznym przystosowania się roślin.

Interesujące dane o wpływie całodobowego oświetlenia północnego na zawartość witaminu C i witaminu B w liściach roślin aklimatyzowanych w polarno-alpejskim botanicznym ogrodzie Kolskiego Filiału AN ZSRR w Górach Chibińskich opracował wspomniany już Szmatok (1962). Ponieważ jednak dotyczy ona głównie roślin dziko rosnących, nie omawiam ich szczegółowo.

Nad przytłaczającym obrazem zimy polarnej triumfuje jedna siła zwycięska: suma promieniowania słonecznego w ciągu roku, która tak w Igarcie, jak i w Archangielsku, Salechardzie, Tiksi i Wierchojańsku wynosi 70 kilokalorii na 1 cm². Nasłonecznienie Arktyki Wulff nazywa „silniejszym niż gdziekolwiek na świecie”. Nowakowski (1937) zaznacza, że pod względem radiacji słonecznej Irkuck przewyższa Wiedeń i Montpellier. Szachow i Sjemienienko podają, że badane przez nich koło jeziora Imandra (półwysep Koła, 68° szer. geogr. pn.) natężenie promieniowania słonecznego w lipcu w godzinach porannych przy czystym niebie było o 30% większe niż w Eupatorii na Krymie. Trzeba tylko umiejętnie wyzyskać tę życiodajną siłę północnego słońca, aby stworzyć roślinie takie warunki, by w ciągu kilkudziesięciu dni bezmroźnych przebyła cały cykl rozwojowy i przyniosła plony. Stąd duże znaczenie cieplarni i inspektów, umożliwiających roślinie wykorzystanie promieniowania słonecznego nawet w warunkach Arktyki (Chatanga — 71°32', Tiksi 71°39' szer. geogr. pn.). Sörensen (1941) w Grenlandii doszedł do wniosku, że „gdzie tylko jest ziemia, tam będzie roślinność” („as long as there is soil, there will be vegetation, too”), Eichfeld zaś (1931), kreśląc plan rozwoju rolnictwa polarnego stwierdził, że „uprawa roślin jest możliwa wszędzie, gdzie świeci słońce”.

LITERATURA

- [1] Awrorin N. A. — *Teoreticzeskije itogi pierienosa i akklimatizacji rastienij Polarno-Alpijskim Botaniczeskim Sadom*, Moskwa 1953.
- [2] Breitfuss Leonid — *Das Nordpolargebiet, seine Natur, Bedeutung und Erforschung*, Verständliche Wissenschaft, 48, Berlin 1943.

- [3] Cinzerling J. D. — *Sjewiernyje przediely zjemledielja*, Tr. po Prikl. Bot. Gen. i Sel., XV, 3, 1925.
- [4] Eichfeld I. G. — *Problema Zjemledielja Na Krajnem Sjewierie*, Sowiet-skij Sjewier, 5, 1931.
- [5] Flaksberger K. A., Smirnowa M. I. — *Pszenicy za polarnym krugom*, Tr. po Prikl. Bot., Gen. i Sel. XV, 5, 1936.
- [6] Garner W. W., Allard H. A. — *Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants*, Journal of Agricultural Research. XVIII, 11. Washington 1920.
- [7] Garner W. W., Allard H. A. — *Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night*, Ibidem, XXIII, 1923.
- [8] Garner W. W., Bacon C., Allard H. A. — *Photoperiodism in relation to hydrogenium concentration of the cell sap and the carbohydrate content of the plant*, Ibidem, XXVII, 1924.
- [9] Gawryluk W. A. — *Prodolżitielnost' perioda płodnoszenija i sjiemiennaja produktiwnost' rastienij jugowostocznoj Czukotki*, Bot. Żurn. 46, 1, 1961.
- [10] Kalitin N. N. — *Opyt izuczenija radiacjonnych swojstw snieznego pokrowa*, Izw. Glawn. Geofiz. Obserw. 1931.
- [11] Kihlman A. O. — *Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Ein Beitrag zur Kenntnis der regionalen Gliederung an der polaren Waldgrenze*, Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica, VI, 3, 1890.
- [12] Kildiuszewskij I. D. — *Podśnieżnoje razwitiye niekotorych widow flory Malogo Jamata*, Bot. Żurn., 41, 11, 1956.
- [13] Kjellman F. R. — *Über den Pflanzenwuchs an der Nordküste Sibiriens. Die wissenschaftliche Ergebnisse der Vega-Expedition*, I. Leipzig, 1883.
- [14] Konowałow I. N., Michalewa E. N., Szczepotiew F. Ł., Pobiegajło A. I. — *Ob osobiennostiach gazoobmienna rastienij w swiazi s geograficzskim proischożdienijem i processy prisposoblenija k nowym ustowijam suszczestwowanija*, II Wsesojuz. Konf. po Fotosynt. Moskwa 1957.
- [15] Kowakina W. A. — *O pieriezimowanii niekotorych źłakow na Krajnem Sjewierie*, Bot. Żurn. 37, 5, 1952.
- [16] Kostyczew S. T., Bazyrina E. N., Czesnokow B. A. — *Sutocznyj chod fotosinteza pri niezachodiaszczym sołnce w Polarnej Zonie*, Izw. AN SSSR, Ser. 7, 7, 1930.
- [17] Lubimienko W. N. — *K teorii iskusstwiennoego regulirowanija dliny wegetacjonnoego perioda u wysszych rastienij*, Sow. Bot., 6, 1933.
- [18] Middendorf A., von. — *Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens während der Jahre 1843 und 1844*, St. Petersburg 1847.
- [19] Moszkow W. S. — *Fotoperiodizm i morozoustojczywost' mnogoletnich rastienij*, Tr. po prikl. Bot. Gen. i Sel., III, 6, 1935.
- [20] Neger F. W. — *Biologie der Pflanzen*, Stuttgart 1913.
- [21] Nowakowski S. — *Europa Wschodnia i Azja Północna (ZSRR)*, Wielka Geografia Powszechna, 1937.
- [22] Rozumow W. I., Smirnowa M. I. — *Chibiny kak jestiestwiennaja laboratorija dla izuczenija fizjologii razwitija*, Tr. po Prikl. Bot., Gen. i Sel., XV, 5, 1936.
- [23] Różycki S. Z. — *Arktyka*, Wielka Geografia Powszechna, 1935.
- [24] Sawkina Z. P. — *Ułuczszenie sjewiernych pojmiennych ługow putiem ispolzowanija zaszcitnych kustarnikowych połos*, Kormowaja Baza, 10.
- [25] Schimper A. F. W. — *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*, Jena 1898.
- [26] Schübeler F. C. — *Die Kulturpflanzen Norvegens*, 1862.

- [27] Sörensen T. — *Temperature relations and phenology of Greenland plants*, Medd. om Grønland, 125, 9. København 1941.
- [28] Szachow A. A. — *Miczurinskie principy akklimatizacji rastienij kak ekołogo-fizjologiczeskaja problema*, Agrobiologija 3, 1956.
- [29] Szachow A. A. — *Ekologiczeskaja fizjologija rastienij w SSSR*, Żurn. Obszcz. Biol. 18, 6, 1957a.
- [30] Szachow A. A. — *O razwitii rastienij na Krajnem Sjewierie*, Żurn. Obszcz. Biol. 18, 5, 1957b.
- [31] Szachow A. A., Sjemienienko A. D. — *O pogłoszczenii swieta rastieniami w Zapolarie*, Żurn. Obszcz. Biol., 19, 1, 1958.
- [32] Szamurin W. F. — *O sutocznom ritmie i ekologii cwietienija niekotorych arkticzeskich rastienij*, Bot. Żurn., 43, 8, 1958.
- [33] Szmatok I. D. — *Ekologo-fizjologiczeskoje izuczenije processa fotosynteza u rastienij w polarnych usłowijach*, Wopr. Bot. i Poczwowied. Murm. Obł. Moskwa 1962.
- *K biologiczeskoj charakteristike kormowych rastienij introducirowannyh Polarno-Alpijskim Sadom*, Ibidem.
- *Sodierżanije askorbinowej kisloty w listiach rastienij proizrastajuszczich w polarnych usłowijach*, Ibidem.
- [34] Tichorimow B. A. — *Znaczenije mochowogo pokrywa w żyzni rastienij Krajniego Sjewiera*, Bot. Żurn., 37, 5, 1952.
- [35] Tichomirow B. A. — *Wzaimoswiazii żywotnogo mira i rastitielnogo pokrowa tundry*, Tr. Bot. Inst. Komarowa, Moskwa 1959.
- [36] Trulewicz W. K. — *Prodwiżenije zjemledielja na Krajnij Sjewier.*, Priroda, 10, 1955.
- [37] Wager H. G. — *Growth and survival of plants in the Arctis*, J. Ecol. XXVI, 1938.
- [38] Warming — *The structure and biology of Arctic flowering plants*, Medd. om Grønland, XXXVI. København 1909.
- [39] Wulff — *Botanische Beobachtungen aus Spitzbergen.*, Lund 1902.

EGEIDA — A ROZMIESZCZENIE ŚLIMAKÓW Z RODZINY ZONITIDAE WE WSCHODNICH KRAJACH ŚRÓDZIEMNOMORSKICH *

Obszar egejski podlegał w trzeciorzędzie, a także w najnowszej przeszłości geologicznej licznym i bardzo głębokim zmianom fizjograficznym. Zmiany te znajdują często wyraźne odbicie w dzisiejszym rozmieszczeniu zwierząt, to też dane paleogeograficzne muszą być jak najpełniej wykorzystywane w badaniach biogeograficznych, zwłaszcza w odniesieniu do zwierząt mało ruchliwych i związanych z podłożem. Jednocześnie, jak to było niejednokrotnie podkreślane (np. przez Furona, 1953), badania biogeograficzne mogą i powinny dostarczyć zarówno faktów podbudowujących hipotezy lub uzupełniających dane geologiczne, jak też obserwacji, których wyjaśnieniem zajmie się znowu geologia i paleogeografia.

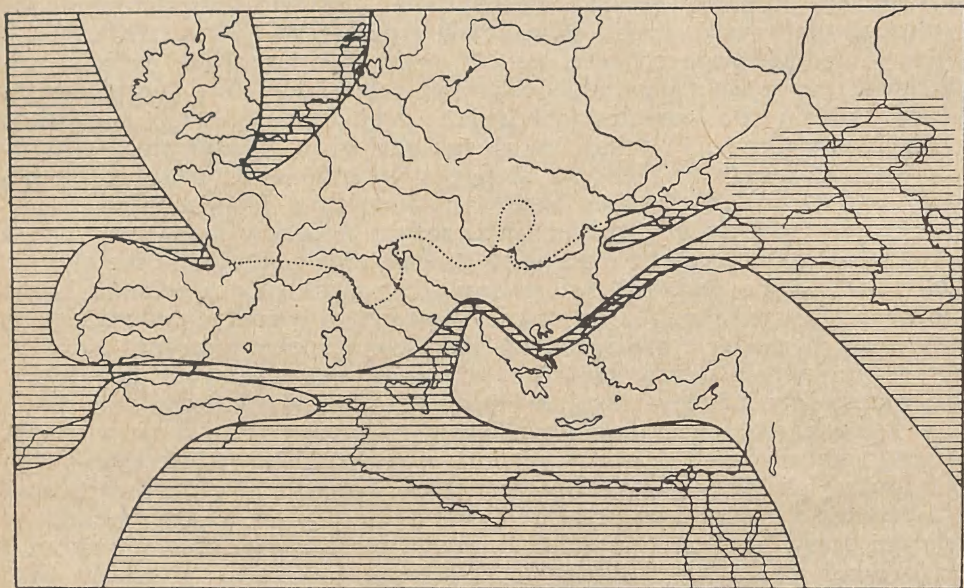
Ślimaki z rodziny *Zonitidae* stanowią wyjątkowo dogodny obiekt badań zoogeograficznych. W zachodniej Palearktyce jest to jedna z największych (najbogatszych w gatunki) rodzin ślimaków lądowych. Areeły większości należących tu form są stosunkowo niewielkie, a liczne gatunki są nawet bardzo wąskimi endemitami. Zachowała się też pokaźna liczba form reliktowych, zwłaszcza w środowiskach podziemnych. *Zonitidae* są wybitnie związane z podłożem, ich aktywne rozprzestrzenianie może się odbywać jedynie bardzo powoli i jedynie wówczas, gdy nie napotykają na przeszkody stawiane im przez rozmaite czynniki fizjograficzne. Mają one także bardzo ograniczone możliwości rozprzestrzeniania się w sposób bierny, zwłaszcza gdy jest to związane z koniecznością przekraczania barier morskich. Wiele gatunków *Clausiliidae*, *Helicidae*, *Enidae* (sensu lato), które często spotyka się przyklejone ściśle nie tylko do skał, lecz także do pni drzew i gałązek zarośli typu makii, może być przenoszonych wraz z drewnem przez fale morskie. *Succineidae* i inne grupy hydrofilne mogą być transportowane czy to jako jaja czy nawet w postaci dorosłej na dziobach i nogach ptaków. *Zonitidae*, prowadzące w większości ukryty, na wpół podziemny tryb życia i związane — przynajmniej w krajach śródziemnomorskich — prawie wyłącznie z terenami wapiennymi, nie mają takich możliwości. Wprawdzie na plażach nadmorskich spotyka się niekiedy skorupki zonitidów naniesione przez fale, a pochodzące czasem z odległych stron, lecz ślimaki te, bardzo wrażliwe na wodę morską, trafiają tam zawsze już martwe. Niektóre gatunki *Zonitidae* stanowią pokarm ptaków, są przez nie zbierane i przenoszone do gniazd lub w inne miejsca w celu pożarcia. Trudno jednak wyobrazić sobie, by ptaki przenosiły w dziobie żywe, nienaruszone, mające służyć za pokarm ślimaki na jakies znaczniejsze odległości, gdzieś poprzez morze, z wyspy na wyspę. Jedy-

* Niniejszy artykuł, w nieco innej wersji i z pełniejszą dokumentacją, publikowany jest równocześnie w języku niemieckim w *Annales Zoologici* (Riedel, 1969 a).

nie człowiek w sposób istotny przyczynia się do rozprzestrzeniania niektórych zonitidów; bywają one zawlekane wraz z ziemią, gruzem wapiennym czy z blokami skalnymi przeznaczonymi do obróbki i na budowę. Jednak działalność człowieka w tym względzie rozciąga się w zasadzie co najwyżej na ostatnie 2 — 3 tysiące lat, a zawleczenie danego gatunku można najczęściej poznać po jego występowaniu w nowym kraju wyłącznie lub przede wszystkim w środowiskach synantropijnych.

Tak więc dla wytłumaczenia naturalnego występowania tych samych bądź pokrewnych gatunków i grup *Zonitidae* na wyspach czy lądach oddzielonych morzem często konieczne jest szukanie dawnych połączeń lądowych. I przeciwnie, nieraz jedynie obecnością dawnej bariery morskiej można wytłumaczyć brak pewnych grup i form po jednej czy drugiej stronie tej nieistniejącej już dziś przegrody.

W ostatnich czasach dużą wagę przywiązuje się do wpływu, jaki na rozmieszczenie zwierząt mógł mieć trzeciorzędowy rów transegejski (rys. 1). Ten rów morski istniał według Furona (1950, 1953) przez znacz-



Rys. 1. Obszar śródziemnomorski w Montien (wg Jeannela, 1943)

ne okresy czasu między paleoceniem (Montien) a górnym mioceniem. Miał on kształt szeroko rozwartej rzymskiej piątki i biegł od Morza Czarnego na południo-zachód przez Morze Marmara, zatokę Saros, między wyspami Samotraka i Limnos do zatoki Wolos. Stąd skręcał na północo-zachód poprzez obecną nizinę Tesalii i depresję jezior Prespa i Ochryda do Adriatyku. Otóż linia rowu transegejskiego, oddzielająca trzeciorzędową Egeidę Północną od Egeidy Południowej, rozgranicza dziś wyraźnie areal zachodniobałkańskiego rodzaju *Aegopis* od arealu egejskiego rodzaju *Zonites* (rys. 2). Jeśli nawet jeden gatunek — *Aegopis acies* — przekracza tę linię w kierunku południowym, to nie narusza to ogólnego obrazu rozmieszczenia obu grup, a samo przekroczenie mogło bez trudu nastąpić już po zniknięciu rowu transegejskiego.

Rozdział arealów *Aegopis* i *Zonites* zdaje się wskazywać, że te tak bliskie konchiologicznie (lecz nie blisko spokrewnione!), o podobnej biologii i podobnych wymaganiach w stosunku do środowiska grupy rozwinęły się niezależnie od siebie w czasie istnienia rowu transegejskiego, po jego przeciwnych stronach. Wprawdzie z Europy środkowej i zachodniej opi-

Rys. 2. Arealy rodzajów *Aegopis* (obszar zakreskowany pionowo) i *Zonites* (obszar zakreskowany poziomo). Zakropkowano przybliżony przebieg rowu transegejskiego i rowu wardarskiego (wg danych Furona)



sano cały szereg gatunków kopalnych, należących jakoby do południowo-egejskiego rodzaju *Zonites* (Wenz, 1923), co przeczyłoby naszej hipotezie. Nowsze badania wykazały jednak, że większość z tych form trzeba zaliczyć do osobnych, wymarłych rodzajów (Pfeffer, 1929; Zilch, 1959). Reszta — to prawdopodobnie przedstawiciele nie rodzaju *Zonites* lecz *Aegopis*, związanego właśnie z Egeidą Północną, a sięgającego i dziś także do Europy środkowej. Już zresztą Kobelt (1897: 255) pisał, że „kopalne Zonitesy należą, moim zdaniem, wszystkie do grupy *Zonites verticillus*”, ten zaś gatunek jest gatunkiem typowym rodzaju *Aegopis*.

Trudniejsze do interpretacji chorologicznej jest rozmieszczenie trzeciego zbliżonego konchiologicznie rodzaju — *Paraegopis*, który znany jest z niewielkiego obszaru, lecz po obu stronach rowu transegejskiego. Areal tej grupy zachodzi częściowo zarówno na areal *Aegopis*, jak i *Zonites*. Badania anatomiczno-systematyczne wykazały jednak, że *Paraegopis* jest znacznie bliżej spokrewniony z *Zonites* niż z *Aegopis*. Muszlą *Paraegopis* s. str. w gruncie rzeczy nie różni się od *Zonites*, a ponieważ anatomia większości „zonitesokształtnych” ślimaków (która decyduje o ich przynależności systematycznej) jest dotąd nie znana, więc być może, iż część gatunków zaliczanych do *Zonites* należy w rzeczywistości do *Paraegopis* i że zasięg tej grupy obejmuje większą część dawnej Egeidy Południowej niż to dotychczas stwierdzono. W rezultacie przypuszczam, że *Paraegopis* jest pochodzenia południowo-egejskiego, lecz zamieszkiwał, w przeciwieństwie do *Zonites*, głównie lub wyłącznie północno-zachodni skraj tego ładu. Podczas jakiegoś przejściowego połączenia obu Egeid w tym rejonie *Paraegopis* wkroczył na sąsiednie obszary Egeidy Północnej, gdzie sięga dziś

do Dalmacji i okolic Sarajewa. Penetracja ta musiała jednak nastąpić stosunkowo wcześniej, skoro dwie grupy blisko spokrewnione z *Paraegopis* i prawdopodobnie wywodzące się od niego występują obecnie tylko w dwóch odległych od siebie punktach dawnej Egeidy Północnej: jednogatunkowy rodzaj *Meledella* zamieszkuje wyłącznie jaskinie dalmatyńskiej wyspy Mljet, zaś również jednogatunkowa grupa *Balcanodiscus*, którą uważam za silnie wyodrębniony podrodzaj rodzaju *Paraegopis*, żyje podziemnie we wschodnich Rodopach.

Innym przykładem grupy *Zonitidae*, na której rozmieszczeniu zawążył dawny rów transegejski, jest rodzaj *Lindbergia*. Obejmuje on kilka izolowanych geograficznie form, przy tym wyłącznie troglobionty, zamieszkujące pojedyncze lub bardzo nieliczne jaskinie. *Lindbergia uminskii* znana jest z jednej jaskini w górach Stara Planina w Bułgarii, *L. spiliaenymphis* z jednej jaskini w Attyce, *L. pseudoillyrica pseudoillyrica* i *L. pseudoillyrica? pageti* — z kilku stanowisk na Krecie. *Lindbergia* występuje więc po obu stronach rowu transegejskiego, który jednak rozdziela dwa daleko od siebie stojące podrodzaje tego rodzaju (rys. 3): Egeidę Południową zamieszkuje *Lindbergia* s. str., natomiast gatunek bałkański należy do odrębnego podrodzaju *Spinophallus* (Riedel, 1960). Wydaje się wątpliwe, by ten gatunek bałkański osiągnął swe całkowicie izolowane stanowisko, stał się troglobiontem i tak dalece wyodrębnił dopiero po zniknięciu rowu transegejskiego. Równie mało prawdopodobne jest powstanie rodzaju *Lindbergia* przed powstaniem rowu transegejskiego, tzn. co najmniej gdzieś w dolnym paleocenie; byłaby to wówczas jedna z najstarszych grup *Zonitidae*, przy tym grupa autochtoniczna, która jednak nie ma żadnych bliskich krewniaków w faunie zachodniopalearktycznej. Osobiście sądzę, że rodzaj *Lindbergia*, czy jakaś grupa wyjściowa dla niego, wkroczył mniej więcej równocześnie na Egeidę Północną i Południową od wschodu w czasie istnienia rowu transegejskiego, po którego obu stronach wytworzył osobne podrodzaje i przeszedł do życia podziemnego. Podobną drogę od wschodu i wytworzenie grup odrębnych, choć wywodzących się z tego samego pnia, po przeciwnych stronach rowu przyjmuje się np. dla pewnych linii filogenetycznych chrząszczy jaskiniowych (Jeannel, 1943; Furon, 1950). W odniesieniu do *Lindbergia* hipoteza ta jest tym bardziej prawdopodobna, że rodzaj ten ma bliższych krewniaków w malakofaunie wschodniopalearktycznej (*Coreovitrea*) i zachodniopalearktycznej (*Pristiloma*) niż w zachodniopalearktycznej.

Fakt, że rodzaj *Lindbergia* ani żadne zbliżone doń grupy nie są dotąd znane z Azji Mniejszej, Krymu, Kaukazu czy Azji Środkowej nie może świadczyć przeciwko tej hipotezie, jeśli się weźmie pod uwagę, że mamy tu do czynienia z jednej strony z drobnymi, w dodatku wyłącznie podziemnymi formami, z drugiej zaś z obszarami, których malakofauna, nawet naziemna, jest poznana jeszcze bardzo niedostatecznie. Warto tu podkreślić, że w ostatnich czasach stwierdzamy coraz więcej faktów mówiących nam, że w neogenie liczne ślimaki pochodzenia orientального i nearktycznego były szeroko rozmieszczone w całej wschodniej Palearktyce i sięgały daleko na zachód. Niektóre z nich przetrwały na izolowanych stanowiskach aż do dziś. Wspomnę tylko o jednym takim przykładzie z omawianej tu rodziny *Zonitidae*. Rodzaj *Hawaiiia* do ostatnich lat był uważany za grupę wyłącznie północnoamerykańską, a występowanie nearktycznej *H. minuscula* na wschodnim krańcu Palearktyki tłumaczono zawleczeniem jej tam przez człowieka. Tymczasem zupełnie niedawno

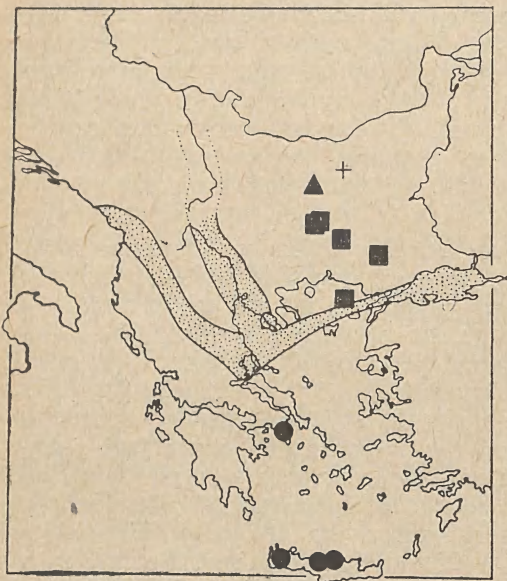
stwierdzono niezbiecie, że gatunek ten w Korei, Kraju Przymorskim itd. występuje powszechnie w środowiskach naturalnych i w swym naturalnym zasięgu, że w Japonii występował już w plejstocenie, dalej — że rodzaj *Hawaiia* w miocenie sięgał aż do Kaukazu i wreszcie — że do dziś ma żyjącego przedstawiciela w faunie Afganistanu (Riedel, 1966: 239). Wracając zaś do rodzaju *Lindbergia* dodam, że wszystkie cztery znane dotąd formy tego rodzaju zostały opisane dopiero przeze mnie w latach 1959 — 1968, a pierwszy okaz ślimaka z tej grupy był znaleziony w 1952 r. A przecież chodzi tu o znaleziska z obszaru tak dobrze, zdawałoby się, zbadanej już Europy. Gdy weźmiemy to wszystko pod uwagę — wykrzycie dalszych przedstawicieli tej grupy dalej na wschodzie staje się zupełnie prawdopodobne.

Zdaniem niektórych geologów na interesującym nas obszarze istniał (na przełomie paleogenu i neogenu?) jeszcze jeden rów morski, który biegł mniej więcej od zagięcia rowu transegejskiego, tzn. od zatoki Wolos, na NNW, doliną dzisiejszej rzeki Wardar. Nie wiadomo, niestety, jak daleko sięgał on ku północy, być może ciągnął się dalej doliną Morawy w stronę Dunaju. W każdym razie miał on oddzielać Masyw Pelagoński od masywu Rodopów (Furon, 1953), wobec czego musiał stanowić granicę zachodniobałkańskiego centrum rozwojowego ówczesnych zonitidów, a jego wpływ powinien się zaznaczać i dziś także na rozmieszczeniu starych grup *Zonitidae*. I rzeczywiście, fauna zachodniobałkańska różni się zdecydowanie od wschodniobałkańskiej. Charakterystyczne dla zachodniobałkańskiego centrum stare grupy podziemne — *Meledella*, *Gyalina*, *Spelaeopatula* i szereg bardzo specyficznych form z rodzaju *Oxychilus* — nie przekraczają rowu wardarskiego w kierunku wschodnim. Podobnie dla *Aegopis* (rys. 2) i *Paraegopis* s. str. przypuszczalny bieg rowu wardarskiego stanowi wschodnią granicę zasięgu. I odwrotnie: równie stare, podziemne grupy *Balkanodiscus* i *Spinophallus* nie występują na zachód od tej linii.

Jeśli zresztą chodzi o wschodniobałkańskiego *Balkanodiscus*, to jego południowy zasięg pokrywa się znowu dokładnie z przebiegiem głównego rowu transegejskiego, w jego części wschodniej. Jedyny znany przedstawiciel tej grupy — *Paraegopis* (*Balkanodiscus*) *frivaldskyanus* zamieszkuje mianowicie obszary krasowe wschodnich Rodopów, w stanie subfosylnym znany jest także z gór Stara Płanina (Riedel i Urbański, 1964). Ostatnio został wykryty w jaskini niedaleko Didymoteichon w Tracji, a więc już na samym południowym krańcu Egeidy Północnej. Wreszcie ta sama, bądź bardzo bliska forma występuje na wyspie Samotraka, która według Furona leżała dokładnie na północnym wybrzeżu rowu transegejskiego. Z obszaru Egeidy Południowej nie znamy natomiast ani jednego stanowiska tego charakterystycznego gatunku i grupy (rys. 3).

Na przełomie miocenu i pliocenu miały miejsce wzmożone wędrówki zwierząt, silne przemieszczanie się i mieszanie faun, co zaważyło w sposób bardzo istotny na obecnym składzie jakościowym malakofauny a także na zasięgach niektórych gatunków. W górnym miocenie (Pontien) pojawiły się połączenia lądowe między obu częściami Egeidy, które umożliwiły tę wymianę faun (rys. 4). Jedno z nich biegło na północy, poprzez Bosfor do obecnego masywu Rodopów, drugi pomost łączył południową część lądu małoazjatyckiego poprzez Sporady i Kyklady z Grecją kontynentalną, która z kolei uzyskiwała połączenie z Łańcuchem Dynarskim. Między tymi ramionami część dawnego rowu transegejskiego została odcięta w zamknięty, dość rozległy basen egejski, na zachodzie zachowały

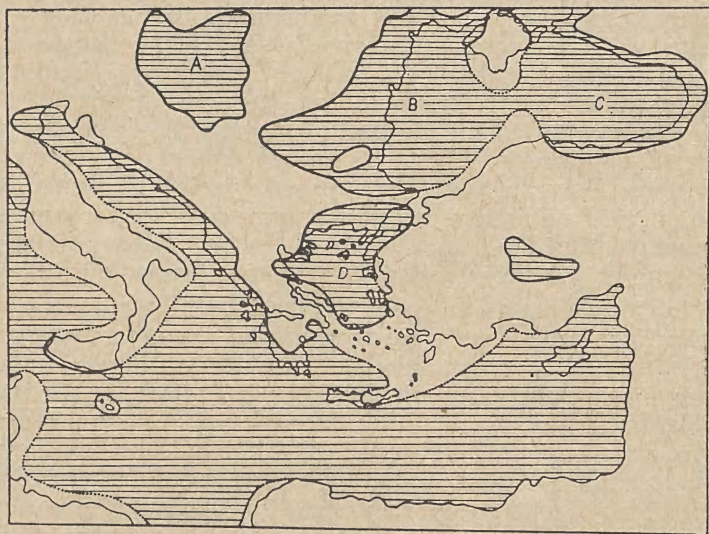
się mniejsze jeziora w Epirze. Od wschodniej części pomostu kykladosporskiego biegł wysunięty na południo-zachód półwysep, który poprzez Rodos, Karpatos i Kasos sięgał aż do wschodniej Krety. Kreta zachodnia



Rys. 3. Rozmieszczenie *Paraeogopis* (*Balcanodiscus*) *frivaldskyanus*: ■ — stanowiska recentne, + — stanowisko fosylne, oraz rozmieszczenie gatunków z rodzaju *Lindbergia*: ▲ — *L. (Spinophallus) uminskii*, ● — gatunki z podrodzaju *Lindbergia* s. str. Zakropkowano przybliżony przebieg rowu wardarskiego (wg danych Furona)

była jeszcze pogrążona w morzu (Furon, 1950: 144—145; Furon, 1953; Riedel, 1968).

Przypuszczam, że w tym właśnie czasie nastąpił bujny rozwój, różnicowanie się i ekspansja na zachód dwóch bogatych w formy grup pocho-



Rys. 4. Obszar egejski w Pontien (wg Furona, 1950, rys. 4 — powiększony wycinek). A — basen pannoński, B — basen dacki, C — basen euksyński, D — basen egejski

dzenia zachodniokaukasko-małoazjatyckiego: *Schistophallus* i *Longiphallus*. Obie one były pierwotnie mezofilne i rozprzestrzeniły się wraz z mezofilną roślinnością leśną Azji Przedniej. Później, w związku ze zmianami klimatu i osuszaniem się opanowanych biotopów, przystosowały się morfologicznie do nowych warunków (uzyskanie grubej, chropowatej muszli u *Longiphallus*) bądź przeszły do półpodziemnego trybu życia (*Schistophallus*). Obie grupy sięgają na wschód do północnego Iranu, na północ — do zachodniego Przedkaukazia i Krymu, na południu nie docierają do Armenii, na zachód ciągną wybrzeżem czarnomorskim Azji Mniejszej aż do jej wybrzeża śródziemnomorskiego. Stąd *Schistophallus* wkroczył, korzystając z istniejących połączeń lądowych, na Kretę, a poprzez Sporady i Kyklady do Attyki i na Peloponez. Na północo-zachód dotarł ten podrodzaj do wschodniej Bułgarii (Strandża, wschodnia Stara Płanina), a nawet do rumuńskich Karpat, gdzie utrzymuje się na izolowanym, bardzo niewielkim obszarze gór Persani (Riedel, 1966, mapka 3).

Podobnie *Longiphallus* opanował na południu Kretę, na północy zaś wschodnią Bułgarię, dotarł też do rumuńskiej Dobrudży (Riedel, 1966, mapka 2). *Longiphallus* (sensu stricto) nie osiągnął wprawdzie Grecji kontynentalnej, lecz w rejonie egejskim zróżnicował się dając początek innym, blisko spokrewnionym grupom (*Hirania* i inne), które zamieszkują zachodnią Turcję, zachodnią Syrię, Liban, Izrael, Cypr, niektóre Wyspy Egejskie, Kretę, północną Grecję, południowo-wschodnią Bułgarię, Albanię i południową Dalmację.

Przykładów na południowo-wschodni kierunek ekspansji elementów europejskich mamy pozornie mniej, niż na kierunek zachodni elementów kaukaskich, kilka możemy tu jednak przytoczyć. Podrodzaj *Morlina* przeniknął z Bułgarii do zachodniej Turcji azjatyckiej, osiągając tam wschodnią granicę swego rozmieszczenia: gatunek *Oxychilus* (*Morlina*) *urbanskii* występuje na niewielkim obszarze, lecz po obu stronach Bosforu — w południowo-wschodniej Bułgarii (a niewątpliwie także na sąsiednim obszarze Turcji europejskiej) oraz w zachodniej Azji Mniejszej. Ślimak ten pochodzi od bardzo szeroko rozmieszczonego w Europie środkowej i południowej *O. (M.) glaber* (Riedel, 1969b, mapka 1). Tą samą drogą, przez Bosfor, lecz zapewne dopiero w plejstocenie wkroczył do Azji Mniejszej holarktyczny i związany głównie z obszarami północnymi *Zonitoides nitidus*, który posuwając się dalej na południe jako jedyny znany zonitid osiągnął Egipt. Przypuszczam, że również europejskie gatunki *Aegopinella minor*, a może także *Ae. pura* dotarły do Azji Mniejszej, choć dotychczas nie mamy na to dowodów.

Bardzo przekonującym przykładem przeniknięcia niektórych grup europejskich do Azji Przedniej jest rozmieszczenie *Daudebardiinae*. Rodzaj *Carpathica* jest niewątpliwie pochodzenia karpackiego, w Karpatach jest on pospolity i najsilniej zróżnicowany. Na zachód sięga *Carpathica stussineri* do Karyntii i Chorwacji, na południe — tenże gatunek — do gór Rila. Stąd rodzaj *Carpathica* ruszył ku wschodowi poprzez Rodopy (skąd jednak dotychczas nie znamy jego przedstawicieli), Strandżę — gdzie żyje *C. bielawskii*, przekroczył Bosfor i posunął się wzdłuż wybrzeża czarnomorskiego aż w okolice Samsunu, gdzie występuje *C. amisena* (rys. 5). *C. stussineri*, *C. bielawskii* i *C. amisena* tworzą wyraźnie jeden szereg ewolucyjny. Przejście od *C. stussineri* do *C. bielawskii*, przy prawie nie zmienionych genitaliach, zaznaczyło się w uzyskaniu odmiennej, „libanio-

kształtnej” muszli, zaś przejście od *C. bielawskii* do *C. amisena*, przy prawie identycznej muszli — w niewielkich zmianach anatomicznych.

W okolicach Bosforu droga ekspansji rodzaju *Carpathica* rozdzieliła się na dwie gałęzie. Jedna z nich, jak już wspomniałem, doprowadziła tę grupę do okolic Samsunu. Druga biegła wzdłuż wybrzeża ówczesnego basenu egejskiego (rys. 4) i dalej wzdłuż wybrzeża Morza Śródziemnego na



Rys. 5. Centrum rozwojowe (w Karpatach) rodzaju *Carpathica* (obszar zakreskowany) i kierunki jego południowo-wschodniej ekspansji: ▲ — południowe stanowiska *C. stussineri*, ■ — *C. bielawskii*, ◆ — *C. amisena*, ● — *Libania* aff. *saulcyi*, ○ — *L. saulcyi*, ○ — *L. cretica*

południe. Tu grupa ta uległa większym modyfikacjom anatomicznym (przy zachowaniu tego samego typu „libaniokształtnej” muszli) i wytworzyła odrębny choć blisko spokrewniony, endemiczny egejski rodzaj (podrodzaj?) *Libania*. Dziś znamy *Libania* aff. *saulcyi* z wyspy Ikaria, *L. saulcyi* z Libanu oraz *L. cretica* z Krety, dokąd grupa ta wkroczyła przez ów wysunięty mioceno-pliocen półwysep południowo-zachodniej Azji Mniejszej (rys. 4 i 5). Z pewnością znajdziemy w przyszłości w rejonie egejskim jeszcze inne stanowiska ślimaków z rodzaju *Libania*.

Również rodzaj *Daudebardia* jest pochodzenia europejskiego i także on przejawiał w końcu miocenu ekspansję na wschód, sięgając nawet dalej niż *Carpathica*. Poprzez całą Azję Mniejszą wkroczył on mianowicie aż do irackiego Kurdystanu oraz do zachodnich krajów kaukaskich, które zasiedlił aż po Kutaisi. Z Przedkaukazia dwa kopalne gatunki *Daudebardia* zostały niedawno opisane przez Stekłowa (1966) z osadów górnomiocenских. W zachodnich krajach kaukaskich, napotkawszy na sprzyjające dla siebie warunki, rodzaj *Daudebardia* bujnie się rozwinął i zróżnicował dając cały szereg blisko spokrewnionych gatunków i form. Ponadto, prawdopodobnie bezpośrednio z Azji Mniejszej dotarł przez domniemany pomost lądowy na Krym.

Na zachodzie rejonu egejskiego rodzaj *Daudebardia* rozprzestrzenił się na południe stosunkowo późno, dopiero w końcu pliocenu lub nawet w plejstocenie. Świadczy o tym brak osobnych, endemicznych gatunków w Grecji i na Wyspach Egejskich a obecność tylko nieznacznie wyróżniających się form szeroko rozmieszczonej w Europie *Daudebardia rufa*. Gatunek ten dotarł przy tym z Peloponezu na Kretę, co mogło nastąpić nie wcześniej niż w początku plejstocenu, bowiem przedtem nie było połączenia lądowego między Kretą a Peloponezem.

Ekspansję w kierunku wschodnim przejawiała także inna grupa *Zonitidae*, mianowicie południowoegejski rodzaj *Eopolita* (Riedel, 1962, 1966, 1968). Centrum jego rozmieszczenia rozciąga się od wysp Morza Egejskiego do wschodniego wybrzeża Morza Śródziemnego (Izrael, Liban, Syria, Turcja); żyją tu 3 rasy geograficzne najprymitywniejszego — jak się wydaje — gatunku, *E. protensa*. Na północo-zachód sięga *Eopolita* zaledwie do Attyki, na południo-zachodzie zasiedliła wybrzeże Kyrenajki. Natomiast na wschodzie gatunek *E. derbentina* opanował bardzo rozległe obszary Azji Przedniej: południowo-wschodnią Turcję, północny Irak, zachodni Iran aż do gór Baktrii i prawie do okolic Teheranu, Armenię radziecką, Azerbejdżan i Dagestan. Przypuszczam, że rozprzestrzenianie się rodzaju *Eopolita* przypada na okres późniejszy niż wschodnia ekspansja *Daudebardinae* oraz zachodnia ekspansja *Schistophallus* i *Longiphallus*. W przeciwieństwie do tych wyżej omówionych grup mezofilnych, których rozprzestrzenianie się miało miejsce w okresach stosunkowo wilgotnych, wschodnia ekspansja *Eopolita* była prawdopodobnie związana ze zwiększeniem się suchości klimatu wyżyn Azji Przedniej w górnym pliocenie i na początku plejstocenu. Swoje szerokie rozmieszczenie w Azji Przedniej zawdzięcza *Eopolita* właśnie wybitnym adaptacjom morfologicznym (Riedel, 1962, 1966), a niewątpliwie także fizjologicznym do przeżywania wielomiesięcznych okresów suszy. Ślimaki z rodzaju *Eopolita* są też dzięki temu nie tylko najpospolitszymi i najliczniej występującymi zonitidami w rejonie egejskim, lecz zarazem jedynymi, jakie zamieszkują tak suche tereny jak kamieniste półpustynie Azji Przedniej, niedostępne wszelkim innym ślimakom z tej rodziny.

Godne uwagi jest zasiedlenie przez *Eopolita* Kyrenajki. Droga, jaką grupa ta dotarła tam, nie została jeszcze prześledzona. Być może prowadziła przez północny Egipt, gdzie w takim razie należałoby oczekiwać znalezienia współczesnych lub kopalnych form tego rodzaju (dotychczas nie są znane z Egiptu żadne *Zonitidae* z wyjątkiem holarktycznego *Zonitoides nitidus*). W każdym razie na podkreślenie zasługuje fakt, że o ile wszystkie inne formy *Eopolita* są ze sobą bardzo blisko spokrewnione, o tyle zamieszkująca Kyrenajkę *E. forcanti* zajmuje w swym rodzaju wyraźnie izolowane stanowisko systematyczne, co jest zapewne wynikiem dłuższej izolacji geograficznej.

Rozmieszczenie i historia *Eopolita* mogą się stać jeszcze bardziej godne szczegółowych badań, jeśli okaże się, że do tego rodzaju należy opisana z Jemenu „*Hyalinia*” *sabaea*, co, sądząc z cech konchiologicznych, wydaje mi się zupełnie możliwe (anatomia tego gatunku poznana jest niedostatecznie by ustalić jego pozycję systematyczną). „*Hyalinia*” *sabaea* osiągnęła bowiem jako jedyny zonitid południowy kraniec Półwyspu Arabskiego. Musiała tam niegdyś dotrzeć z północy poprzez ciągnące się wzdłuż Morza Czerwonego góry Hedżasu i Asiru, a dziś wydaje się być zupełnie

odizolowana, szeroką luką, od południowej granicy zasadniczego areału całej rodziny.

Światło na historię Egeidy i historię kształtowania się jej malakofauny (czy konkretnie w tym przypadku: „zonitidofauny”) powinna rzucić analiza obecnego rozmieszczenia jeszcze dwóch grup: *Vitrea* i *Zonites*. Niestety zarówno ich rozmieszczenie, jak i stosunki pokrewieństwa między poszczególnymi gatunkami tych rodzajów są jeszcze bardzo niedostatecznie poznane.

Drobne ślimaki z rodzaju *Vitrea* często uchodzą uwagi zbieraczy, toteż stosunkowo mało jest ich znalezisk w rejonie dawnej Egeidy Południowej. Jednak te nieliczne znane nam znaleziska warte są bliższego zainteresowania. Wspomnę tu o kilku z nich.

Vitrea zakynthia, notowana z Wysp Jońskich, znana mi jest ponadto nie tylko z kilku stanowisk w Grecji kontynentalnej, lecz także z gór Taurus w Azji Mniejszej i z Kyrenajki. Jest to więc ślimak szeroko rozmieszczony we wschodnich krajach śródziemnomorskich, którego należy oczekiwać także przynajmniej na wyspach Morza Egejskiego i na wybrzeżu Azji Mniejszej. Być może, iż formę tę należałoby uznać za podgatunek europejskiej *V. contracta*, jak to przyjmuje Klemm. Ciekawe jednak, że na Krecie występuje typowa forma *V. contracta*, jako prawie jedyny tam szeroko w Europie rozmieszczony zonitid.

Najbliższy krewniak charakterystycznej, stożkowatej *Vitrea argolica* z Peloponezu został niedawno odkryty przez dra Pageta na wyspie Rodos (gatunek ten pozostaje jeszcze nie opisany). Mamy tu więc znowu do czynienia ze swoistą grupą południowoegejską, której powiązania z fauną sąsiednich obszarów nie są jasne, a której dalszych przedstawicieli można się spodziewać zarówno na Wyspach Egejskich jak i w Azji Mniejszej.

Retowski opisał z okolic Samsun na czarnomorskim wybrzeżu Azji Mniejszej *Vitrea samsunensis*, niezwykle podobną do *V. transsylvanica*. Ta ostatnia jest uważana za gatunek endemiczny dla Karpat. Jednakże niedawno prof. dr J. Urbański znalazł nieco odmienną formę *V. transsylvanica* w górach Stara Planina w Bułgarii. Kto wie, czy dalsze znaleziska nie wykażą, że mamy tu do czynienia, podobnie jak w przypadku rodzaju *Carpathica*, z grupą karpacką, która w pewnym momencie rozprzestrzeniła się daleko na południo-wschód, sięgając aż do Gór Pontyjskich.

Rodzaj *Zonites* — jedna z najcharakterystyczniejszych grup pochodzenia południowoegejskiego — jest silnie zróżnicowany geograficznie, wytworzył cały szereg gatunków i ras, występujących lokalnie na poszczególnych wyspach czy w określonych okolicach lądu stałego. Te duże, rzucające się w oczy ślimaki zbiera się z łatwością, a ich muszle dobrze zachowują się w stanie kopalnym. Grupa ta może więc stanowić doskonały obiekt badań zoogeograficznych. Przeszkodą jest tutaj brak nowoczesnego opracowania systematycznego rodzaju *Zonites*. W roku 1930 G. Pfeffer poświęcił mu obszerną i szczegółową, lecz nieprzejrystą i bardzo jednostronnie ujętą monografię, która bynajmniej nie ułatwia orientacji w pokrewieństwie i rozmieszczeniu gatunków i form. Późniejsze prace przyniosły wprowadzić wiele nowych danych, lecz opierając się także tylko na cechach konchiologicznych również nie wyjaśniły stosunków pokrewieństwa.

Mimo to, już w tej chwili, nawet przy tej niedostatecznej znajomości grupy, dają się zauważyć pewne szeregi ewolucyjne form, prowadzące z Azji Mniejszej poprzez Sporady i Kyklady do Grecji kontynentalnej.

Drugi, mniej liczny zespół takich szeregów wiedzie dawnym południowym łukiem egejskim poprzez Rodos w kierunku Krety. Jako przykład tych ostatnich powiązań może służyć przypuszczalne bliskie pokrewieństwo *Zonites rhodius* z wysp Rodos i Symi z *Z. martensi* zamieszkującym Karpathos, oraz pokrewieństwo *Z. symius* (endemit wyspy Symi) z *Z. jonicus*, żyjącym na Kasos (Pfeiffer, 1940). Jednocześnie brak jest wyraźnych, bezpośrednich powiązań między formami łuku południowoegejskiego (tzn. z wysp Kasos i Karpathos) a formami zamieszkującymi Kyklady, Eubeję czy Grecję kontynentalną. Fakty te są zupełnie zgodne z rekonstruowaną konfiguracją i historią połączeń lądowych w nowszych (neogenowych) etapach istnienia Egeidy Południowej.

Bardzo interesujący jest brak przedstawicieli rodzaju *Zonites* na Krecie, która w pewnych momentach stanowiła przecież część składową łuku południowoegejskiego. Brak ten może znaleźć wytłumaczenie jedynie w historii geologicznej łuku. Nie istniał on mianowicie nigdy w neogenie jako nieprzerwany pomost lądowy, lecz tylko okresowo pewne jego części uzyskiwały połączenie z innymi. O ile zachodnia Kreta wynurzyła się bardzo późno, o tyle wschodnia istniała jako ląd prawdopodobnie już w poncie (Pontien) i łączyła się poprzez Kasos, Karpathos i Rodos z Azją Mniejszą. Stosunkowo wcześniej nastąpiło jednak rozerwanie tego półwyspu Azji Mniejszej w rejonie wysp Kasos i Karpathos. Otóż można sądzić, że skoro *Zonites* zasiedlił Karpathos i Kasos, natomiast nie dotarł na Kretę, to jego ekspansja w tym kierunku musiała mieć miejsce już po pierwszym pęknięciu łuku południowoegejskiego, który oddzielił Kretę od Kasos i Karpathos, natomiast przed ostatecznym oderwaniem się tych wysp od lądu małowazjatyckiego (Wettstein, 1953, mapka 2; Riedel, 1968: 524). Skoro zaś *Zonites* nie wkroczył na Kretę także z zachodu, z Peloponezu, z którym wyspa ta łączyła się w plejstocenie aż do czasu transgresji intertyrenskiej — znaczy to, że omawiana grupa zasiedliła Peloponez bardzo późno, chyba gdzieś dopiero w środkowym plejstocenie. Przyczyną tak późnego wkroczenia rodzaju *Zonites* na Peloponez było zapewne istnienie w pliocenie bariery morskiej w postaci rowu korynckiego (Furon, 1953).

Tych parę wybranych przykładów wskazuje, moim zdaniem, wyraźnie, że szczegółowe zbadanie pokrewieństw w obrębie rodzaju *Zonites* i analiza jego rozmieszczenia geograficznego pozwoli odtworzyć nie tylko etapy historii tej grupy, lecz może wyjaśnić także wiele punktów historii neogenowych i plejstoceńskich połączeń lądowych i rozpadu dawnych lądów w rejonie egejskim. Trzeba jednak zawsze pamiętać, że w przypadku gatunków z rodzaju *Zonites* możemy mieć nieraz do czynienia z zawleczeniem ich przez człowieka, ponieważ te duże ślimaki mogły być przewożone z wyspy na wyspę w charakterze pokarmu.

Tu chciałbym właśnie podkreślić to, o czym wspominałem już we wstępie. Mianowicie, że na obecnym rozmieszczeniu *Zonitidae*, podobnie jak innych ślimaków czy w ogóle zwierząt, zaważyła nie tylko ich własna dążność do rozprzestrzeniania się, i nie tylko historia geologiczna zamieszkanych przez nie obszarów, zmiany klimatu, szaty roślinnej itp., lecz także działalność człowieka. Działalność ta najczęściej ogranicza arealty poszczególnych gatunków na skutek zagospodarowywania coraz to nowych polaci ziemi i zmieniania naturalnych środowisk, niekiedy jednak przyczynia się także do rozprzestrzeniania pewnych gatunków. W odniesieniu do *Zonitidae* dotyczy to przede wszystkim form o skłonnościach synantropijnych, a także nielicznych gatunków jadalnych. Powszechnie znane są fakty

przypadkowego zawleczenia takich gatunków jak *Oxychilus cellarius*, *O. draparnaudi* czy *O. alliarius*, a spośród pozaeuropejskich — np. *Zonitoides arboreus*, w wiele punktów leżących poza naturalnym arealem tych ślimaków, nawet na inne, odległe kontynenty, wyspy oceaniczne, do krajów o innym klimacie i odrębnej faunie. Dzięki swym zdolnościom przystosowawczym ślimaki te często aklimatyzują się na swych nowych stanowiskach, zwłaszcza w środowiskach synantropijnych, i mogą nawet wypierać przedstawicieli rodzimej fauny. Wspomnę tu, że opisany z Krety, jakoby endemiczny ślimak *Hyalinia heracleensis* niedawno okazał się właśnie zawleczonym do Iraklionu zachodnio- i środkowoeuropejskim *O. cellarius*. Podam też jeszcze parę przykładów zawleczenia *Zonitidae*, dotyczących fauny omawianego obszaru.

Oxychilus camelinus camelinus zamieszkuje zachodnią Azję Mniejszą, gdzie występuje zarówno w środowiskach naturalnych, jak i synantropijnie (np. w parkach Izmiru i Istanbulu) lecz również w obrębie naturalnego arealu. Natomiast izolowane synantropijne stanowiska tego ślimaka w Damaszku i Baalbek (głównie w starożytnych ruinach!) leżą daleko na południe od granic jego naturalnego, zwartego zasięgu i chyba niewątpliwie jest, że powstały w wyniku zawleczenia go przez człowieka, przyuszczalnie jeszcze w czasach starożytnych lub w średniowieczu (Riedel, 1962).

Rodzaj *Zonites* jest grupą charakterystyczną dla zachodniej Azji Mniejszej, wysp Morza Egejskiego i dla Grecji kontynentalnej. Jedyne wyjątek stanowi *Zonites algirus*, który zamieszkuje południową Francję i jest oddzielony bardzo szeroką luką od właściwego arealu całego rodzaju. Okazało się jednak, że *Z. algirus* jest identyczny z małopazjatyckim *Z. anthesi* (Pfeffer, 1930). W tej sytuacji wydaje się prawie pewne, że *Z. algirus* został na śródziemnomorskie wybrzeże Francji zawleczony, czy może raczej nawet celowo przeniesiony w celach hodowlanych i konsumpcyjnych, być może już przez starożytnych Greków lub Rzymian, zaaklimatyzował się tam i rozprzestrzenił.

Niekiedy trudno w ogóle ustalić pierwotną ojczyznę danego gatunku. Tak jest np. w przypadku *Oxychilus komarowi*. Ślimak ten był do niedawna uważany za endemit zachodniokaukaski. Istotnie, najliczniejsze jego stanowiska znane są z wybrzeża czarnomorskiego Kaukazji, między Soczi i Poti, mają one jednak bez wyjątku charakter synantropijny. Poza tym gatunek ten znaleziono w Gruzji w ogrodach Batumi i Kutaisi. Co więcej, stwierdziłem że występuje on także w Bułgarii w parkach Płowdiw i Sofii, a przed co najmniej 40 laty został zawleczony do Polski, gdzie żyje w szklarniach niektórych ogrodów Warszawy (Riedel, 1966). Ostatnio dr Değirmenci znalazł *O. komarowi* w Turcji, w jednym z parków Izmiru. Wszystkie powyższe stanowiska mają charakter synantropijny i nie określają pochodzenia geograficznego omawianego gatunku. Jedyne znane mi naturalne stanowisko leży w północnym Iranie, w górach Elburs na wysokości prawie 2000 m; ponieważ jednak dysponuję stamtąd tylko pustymi muszlami — nie mam całkowitej pewności, czy jest to rzeczywiście *O. komarowi*.

Tego typu przypadki zawleczenia poszczególnych gatunków, o ile nie są rozpoznane, mogą oczywiście prowadzić analizę zoogeograficzną malakofauny danego obszaru do błędnych wyników. Na ogół jednak, jeśli rozmieszczenie i charakter występowania gatunku są wystarczająco dobrze poznane, można stosunkowo łatwo stwierdzić, które formy zostały ewen-

tualnie zawleczone przez człowieka i wykluczyć je z rozważań. Trzeba wreszcie podkreślić, że wartość i miarodajność danych zoogeograficznych dla badań nad historią Zonitidae i historią (paleogeografią) rejonu egejskiego wzrosnie jeszcze zdecydowanie z chwilą, gdy będziemy dysponowali z tego obszaru także materiałami subfosylnymi i fosylnymi.

LITERATURA

- [1] Furon R. — *Les grandes lignes de la paléogéographie de la Méditerranée (Tertiaire et Quaternaire)*, Vie et Milieu, Paris, 1, 131—162, 5 mapek, 1950.
- [2] Furon R. — *Histoire de l'Egée*, Rev. gén. Sci., Paris, 60, 79—95, 1 mapka, 1953.
- [3] Jeannel R. — *Les fossiles vivants des cavernes*, Paris, 321 pp., 120 ff., 1943.
- [4] Kobelt W. — *Studien zur Zoogeographie. Die Mollusken der Palaearktischen Region*, Wiesbaden, VIII + 344 pp., 1897.
- [5] Pfeffer G. — *Zur Kenntnis tertiärer Landschnecken*, Geol. paläont. Abh., Jena, N. F., 17, 3, 153—230, tt., 15—17, 1929.
- [6] Pfeffer G. — *Die Unterfamilie Zonitinae (Moll., Pulm.)*, Mitt. zool. Mus. Berlin, 16, 411—508, 3 ff., tt., 4—6, 1930.
- [7] Pfeiffer K. L. — *Über Zonitinen des Dodekanes*, Arch. Moll., Frankfurt a. M., 72, 65—79, t. 3, 1940.
- [8] Riedel A. — *Die Gattung Lindbergia Riedel (Gastropoda, Zonitidae) nebst Angaben über Vitrea illyrica (A. J. Wagner)*, Ann. Zool., Warszawa, 18, 333—346, 19 ff., 1960.
- [9] Riedel A. — *Materialien zur Kenntnis der Zonitidae (Gastropoda) des Nahen Ostens, nebst Besprechung der Gattung Eopolita Poll. im breiteren geographischen Rahmen*, Ann. Zool., Warszawa, 20, 261—298, 31 ff., 1962.
- [10] Riedel A. — *Zonitidae (excl. Daudebardinae) der Kaukasusländer (Gastropoda)*, Ann. Zool., Warszawa, 24, 1—303, 6 tt., 254 ff., 18 mapek, 1966.
- [11] Riedel A. — *Zonitidae (Gastropoda) Kretas*, Ann. Zool., Warszawa, 25, 473—537, 4 tt., 55 ff., 4 mapki, 1968.
- [12] Riedel A. — *Die Ägäis — und die Verbreitung der Zonitidae (Gastropoda) in den östlichen Mittelmeerländern*, Ann. Zool., Warszawa, 27, 29—51, 5 mapek, 1969a.
- [13] Riedel A. — *Die Untergattungen Morlina A. J. Wagner und Riedelius Hudec der Gattung Oxychilus Fitzinger (Gastropoda, Zonitidae)*, Ann. Zool., Warszawa, 27, 91—131, 1 t., 46 ff., 2 mapki, 1969b.
- [14] Riedel A., Urbański J. — *Systematische Stellung und Angaben über das Vorkommen von Paraegopis (Balcanodiscus subgen. n.) frivaldskyanus (Rossmaessler, 1842) (Gastropoda, Zonitidae)*, Ann. Zool., Warszawa, 22, 69—79, 7 ff., 1 mapka, 1964.
- [15] Stekłow A. A. — *Nazemnye molljuskii neogena Predkawkazja i ich stratiograficzeskoe znaczenie*, Moskwa, 262 pp., 14 tt., 91 ff., 1966.
- [16] Wenz W. — *Gastropoda extramarina tertiaria*, W: Fossilium Catalogus, I: Animalia, Pars 17, Berlin, 352 pp., 1923.
- [17] Wettstein O. — *Herpetologia aegaea*, SB. österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I, Wien, 162, 651—833, 8 tt., 2 mapki, 1953.
- [18] Zilch A. — *Gastropoda*, Teil 2 — *Euthyneura*, Lief. 2, W: O. H. Schindewolf — Handbuch der Paläozoologie, Bd. 2, Berlin, pp. 201—400, ff. 702—1434, 1959.

ZNACZENIE BADAŃ NAD BIOLOGIĄ PASOŻYTÓW W TAKSONOMII I SYSTEMATYCE

Zagadnienia taksonomii, a szczególnie kryteriów służących do rozróżniania gatunków, zawsze znajdowały się w centrum uwagi zoologów. Nie straciło nic na aktualności zdanie Linneusza, że „tylko na znajomości gatunków opiera się cała zdrowa nauka w historii naturalnej, czystej, czy stosowanej medycynie, a można nawet powiedzieć, że w każdej prawdziwej ludzkiej wiedzy” [wg 10]. Rozwijające się ostatnio na szeroką skalę różne kierunki parazytologii, często określane wspólną nazwą „biologii pasożytów”, a obejmujące zagadnienia cyklów rozwojowych, ekologii, zoogeografii, embriologii, fizjologii, ewolucji i wiele innych, muszą opierać się na znajomości gatunków pasożytów. Wydawałoby się, że przy olbrzymiej liczbie prac oryginalnych, opracowań podręcznikowych i kluczy do oznaczania gatunków poszczególnych grup pasożytów odpowiednie zaklasyfikowanie materiału nie powinno przedstawiać większych trudności. Wbrew pozorom jednak, oznaczenie pasożytów często nie jest proste i łatwe. Istnieje oczywiście wiele pospolitych, dobrze poznanych gatunków, zwłaszcza wśród pasożytów człowieka i zwierząt użytkowych, ale w praktyce, przy opracowywaniu niemal każdej grupy zwierząt pasożytniczych można spotkać się z trudnościami natury klasyfikacyjnej. Trudności te wpływają z wielu źródeł.

Oznaczanie pasożytów, podobnie jak oznaczanie wszelkich żywych organizmów, opiera się głównie na ich morfologii. W przypadku robaków płaskich rozpatruje się wielkość pasożytów, ich kształt, uzbrojenie, wielkość, położenie i kształt różnych narządów wewnętrznych. Do badań tych używa się zwykle materiału utrwalonego i barwionego. Płazińce, nie posiadające twardego szkieletu, przy traktowaniu różnymi odczynnikami, a szczególnie przy dość często jeszcze stosowanym płaszczeniu, mogą ulegać daleko idącym zniekształceniom. Stąd obraz tego samego gatunku uzyskany przez różnych badaczy może być zupełnie odmienny. Opracowywanie żywego materiału również nie daje pozytywnych rezultatów, ponieważ nie pozwala zaobserwować budowy wewnętrznej pasożyta. W przypadku przywr, mogących się silnie kurczyć i rozkurczać, nie pozwala na dokonanie jakichkolwiek porównywalnych pomiarów. Rozbieżności wpływające z obróbki materiału można w dużym stopniu wyeliminować, wprowadzając jednolitą metodykę badań. Ale pozostają trudności wynikające z samej natury organizmów.

Każdy obiektywnie istniejący gatunek charakteryzuje się pewnym zakresem zmienności osobników. W przypadku pasożytów granice zmienności mogą być szersze niż u organizmów wolnożyjących ze względu na zmieniające się kilkakrotnie w trakcie ontogenezy środowisko (środowisko zewnętrzne dla niektórych stadiów pasożyta, żywicieli pośredni, żywiciel

ostateczny). Granice zmienności różnych grup pasożytów mogą być różne. Wydaje się, że względnie małą zmiennością charakteryzują się nicienie, u wielu tasiemców przynajmniej niektóre cechy wykazują dużą stałość (np. liczba haków na ryjku *Hymenolepididae*), natomiast u przywr spotykamy się z dużymi odchyleniami od „typowego obrazu”. Tymczasem większość gatunków została opisana na podstawie jednego — dwóch egzemplarzy i wiadomości o zmienności osobniczej poszczególnych gatunków są bardzo skąpe. Na zagadnienie to dopiero ostatnio zwraca się większą uwagę. W szeregu prac można znaleźć próby określenia zakresu zmienności oraz wykrycia czynników wywołujących tę zmienność. Zwraca się uwagę na zmienność wzrostową pasożyta, na zanikanie z wiekiem niektórych organów (np. gruczołu Mehlisa, atrofie gonad), na zależność wielkości pasożyta od gęstości populacji, na wpływ gatunku żywiciela lub nawet organu, w którym osiedlił się pasożyt, na jego morfologię itp. Dane te są dotychczas fragmentaryczne i ciągle jeszcze ustalenie, co leży w granicach zmienności osobniczej, a co należy traktować jako różnice przekraczające te granice, zależy od subiektywnego poglądu autora opracowującego daną grupę.

Typowym przykładem różnej interpretacji tego samego materiału mogą być badania nad przedstawicielami rodziny *Leucochloridiidae* (*Trematoda*). Wskazują one również na konieczność wprowadzenia badań nad biologią pasożytów do rozważań taksonomicznych i systematycznych.

Miedzy rokiem 1803 a 1819 Rudolphi [20, 21] opisał trzy różne gatunki dorosłych przywr *Leucochloridium*, a kilka lat później Carus [3] — pierwszą kolorową sporocystę tego rodzaju. W osiemdziesiątych latach XIX stulecia Heckert [6], a potem Zeller [25] przeprowadzili pierwsze doświadczalne zarażenie ptaków sporocystą *Leucochloridium paradoxum*. W międzyczasie Braum [1] przejrzał ponownie preparaty Rudolphiiego i doszedł do wniosku, że różnice jakie Rudolphi widział pomiędzy gatunkami są nie istotne, wobec czego uznał za realnie istniejący tylko gatunek *L. macrostomum*, przenosząc dwie pozostałe nazwy do synonimów tego gatunku. Heckert i Zeller stanęli na tym samym stanowisku i mimo że znajdowali sporocysty u dwóch typach ubarwienia, uznali, że reprezentują one tylko jeden gatunek. Przyjęli więc, jak się później okazało błędnie, że sporocysta *L. paradoxum* jest formą larwalną dorosłej przywry *L. macrostomum*. Ponieważ opis klasycznego cyklu życiowego przeprowadzonego przez tych autorów dostał się do podręczników, błąd ten utrzymał się niemal do dziś i można go jeszcze znaleźć w opracowaniach Skrjabina [23] i Dawesa [4]. Jednak w międzyczasie znajdowano coraz nowe sporocysty i formy dorosłe *Leucochloridium* i należało poszerzyć listę gatunków tego rodzaju. Dorosłe przywry *Leucochloridium* są do siebie bardzo podobne. Trudno znaleźć jakieś wyraźne cechy różniące gatunki między sobą. Wielu autorów zaczęło traktować najdrobniejsze różnice w budowie poszczególnych okazów jako różnice gatunkowe (zwłaszcza, jeżeli okazy pochodziły z różnych żywicieli) i liczba opisywanych gatunków *Leucochloridium* zaczęła gwałtownie rosnąć. Jednak już w latach trzydziestych zaczęły odzywać się głosy krytyczne. Po raz pierwszy Szidat [24] i Hsü [7] w 1936 roku zwrócili uwagę, że zagadnień systematycznych w tej grupie nie rozwiąże się bez badań nad biologią poszczególnych gatunków. W roku 1951 ukazały się dwie rewizje rodziny *Leucochloridiidae*. Kagan [8], który, jak się wydaje bardzo dobrze rozwiązał sprawę kryteriów rodzajowych w tej rodzinie, sprawę gatunków pozostawił na uboczu, wychodząc z założenia, że

dopóki nic, lub prawie nic nie wiemy o zakresie zmienności poszczególnych gatunków, należy większość opisanych gatunków pozostawić bez zmian. Bychowska [2], która przejrzała kilkadziesiąt egzemplarzy dorosłych przywr z różnych żywicieli, wytypowała zespół trzech cech, mających jej zdaniem wartość cech gatunkowych. Wytypowane przez Bychowską kryteria rozróżniania gatunków niemal idealnie pokrywały się z cechami przyjętymi przez Kagana jako kryteria rodzajowe.

Dodatkowym źródłem niepotrzebnego mnożenia nazw gatunkowych wśród płazińców jest skomplikowany cykl rozwojowy tych pasożytów, z licznymi postaciami rozwojowymi, opisywanymi często jako samodzielne gatunki. Gatunków takich szczególnie dużo jest wśród przywr. Wiele tasiemców można zaklasyfikować do odpowiedniego gatunku na podstawie uzbrojenia główki. Cerkarie rzadko udaje się dopasować do odpowiedniego gatunku tylko na podstawie morfologii porównawczej. Ponadto same cerkarie są tak trudne do oznaczania, że niejednokrotnie różni autorzy opisywali tę samą cerkarię pod różnymi nazwami.

Wszystkie te trudności stwarzają konieczność ciągłych poprawek i uzupełniania istniejącego stanu wiedzy. Stąd tyle w zakresie parazytologii prac rewizyjnych, synonimizujących lub rozdzielających gatunki, redeskrpcji gatunków, pociągających za sobą konieczność zmiany definicji większych taksonów, przerzucania gatunków z jednego rodzaju do drugiego, tworzenia nowych rodzajów itp. Jednym z podstawowych zadań taksonomii jest ciągle jeszcze znalezienie możliwie obiektywnych kryteriów, pozwalających różnym badaczom na jednoznaczną klasyfikację opracowywanego materiału. I jakkolwiek systematyka ma w pewnym zakresie charakter usługowy w stosunku do innych kierunków parazytologii, to również kierunki biologiczne mogą się wydatnie przyczynić do rozwiązania zagadnień systematycznych.

W literaturze można spotkać szereg prac, w których badania biologiczne wywierały wpływ na taksonomię i systematykę pasożytów. Badania nad cyklami rozwojowymi różnych gatunków dość często prowadziły do likwidacji jakiegś nazwy gatunkowej z tego względu, że łączyły opisane niezależnie od siebie formy larwalne i dorosłe. Z tych samych badań można było wyciągnąć szereg wniosków co wartości taksonomicznej poszczególnych cech morfologicznych stadiów larwalnych pasożytów oraz co do zmienności pasożytów w trakcie morfogenezy, wzrostu i starzenia się organizmu. Opracowywanie populacji z różnych żywicieli pozwoliło zaobserwować kierunki zmian morfologii pasożyta pod wpływem organizmu żywicielskiego. Stwierdzono np. wyraźne różnice morfologiczne tasiemca *Diphyllbothrium latum* z psa, niedźwiedzia i człowieka; różnice w wielkości, kształcie ciała i ułożeniu gonad przywry *Dicrocoelium dendriticum* z siedmiu różnych żywicieli; różnice w wielkości i kształcie ciała pierwotniaka *Sphaenophrya dosinia* z różnych gatunków małżów [wg 11]. Michajłow[11], opracowując pasożytnicze *Euglenoidina* z oczlików wyróżnił szereg gatunków nie tylko na podstawie różnic morfologicznych, ale przede wszystkim na podstawie cech biologicznych, takich jak typ rozwoju, długość stadium pasożytniczego i wolnożyjącego, typ podziału, stereotyp ruchu wici itp.

Ostatnio pojawia się coraz więcej prac eksperymentalnych, w których badania biologiczne zostały podjęte w celu rozwiązania konkretnych zagadnień związanych z taksonomią i systematyką. Badania eksperymentalne mają tę wielką zaletę, że zapewniają jednolitość materiału pod wzglę-

dem gatunkowym, jeżeli użyjemy do eksperymentu jednego organizmu wyjściowego (jaja z jednego tasiemca lub przywry, cerkarie z jednej redii lub sporocysty), dostarczają na ogół dużego materiału porównawczego (w eksperymencie uzyskuje się zwykle wyższą intensywność inwazji, niż spotykana w warunkach naturalnych) oraz pozwalają odpowiednio ukierunkować badania. Chciałabym tu omówić nieco szerzej prace czterech autorów prowadzone nad czterema grupami przywr, a których wspólną cechą jest przeprowadzenie na bazie badań nad biologią przywr weryfikacji przyjętych w tych grupach cech taksonomicznych gatunku, a co za tym idzie, rewizji systematycznej tych grup. Są to prace Krasnołobowej [9] nad rodzajem *Prosthogonimus*, Niewiadomskiej [12] nad rodzajem *Tylodelphys*, Grabda-Kazubskiej [5] nad rodzajem *Opisthioglyphe* i moje [14, 15, 16, 17, 18, 19] nad rodzajem *Leucochloridium*.

Krasnołobowa zarażała metacerkariami *Prosthogonimus pellucidus* kury, kurczęta, kaczkę i gąsięta i stwierdziła wyraźny wpływ organizmu żywicielskiego na morfologię dorosłych przywr. Okazy z kur i kurcząt odpowiadały gatunkowi *Prosthogonimus pellucidus*, opisanemu zresztą właśnie z tego żywiciela. Natomiast okazy wyhodowane w kaczkach i gąsiętach były mniejsze, o słabiej rozwiniętych gonadach, nieco innym położeniu macicy i morfologicznie odpowiadały gatunkowi *P. anatinus* opisanemu z kaczek. W tej sytuacji *P. anatinus* został przeniesiony do synonimów *P. pellucidus*. Zdaniem Krasnołobowej, właściwym żywicielem dla *P. pellucidus* jest kura. Gatunek ten może jednak rozwijać się i w innych ptakach, ale wtedy rozwój przebiega wolniej, a dojrzałe przywry są mniejsze i mają słabiej wykształcone narządy rozrodcze.

Podobne wyniki uzyskała Niewiadomska w badaniach nad cyklami rozwojowymi kilku gatunków przywr z rodzaju *Tylodelphys*. Między innymi zarażała metacerkariami *T. excavata* trzy gatunki ptaków: czaple, błotniaka i myszółowa. Morfologia dorosłych przywr wyhodowanych w błotniaku i myszółowie odpowiadała opisowi gatunku *T. excavata*. Natomiast okazy, które rozwinęły się w czapli wykazywały uderzające podobieństwo do gatunku *T. clavata*, opisanemu właśnie z tego żywiciela. Doświadczalne przeprowadzenie cyklu rozwojowego, poczynając od jaj przywr z zarażenia naturalnego, oznaczonych jako *T. excavata* i *T. clavata* potwierdziło wnioski wyciągnięte z poprzednich doświadczeń, że przywry te reprezentują jeden gatunek, który w żywicielu nietypowym — czapli — osiąga mniejsze rozmiary i inne proporcje gruczołów rozrodczych.

Grabda-Kazubska przeprowadzała badania nad zmiennością kilku gatunków z rodzaju *Opisthioglyphe*. Zarażała metacerkariami *O. ranae* cztery gatunki żywicieli: żaby — *Rana esculenta*, *R. temporaria* i *R. terrestris* oraz zaskronca — *Natrix natrix*. W rezultacie przeprowadzonych doświadczeń otrzymano przywry odpowiadające trzem formom, traktowanym dotąd jako odrębne gatunki: w żabach — *Opisthioglyphe ranae* i *O. endoloba*, w zaskroncu — *O. natrix*. Tak więc rezultatem badań typowo biologicznych było zlikwidowanie dwóch gatunków oraz rewizja dotychczasowych poglądów na wartość niektórych cech taksonomicznych w tej grupie przywr. Według autorki właściwym żywicielem *Opisthioglyphe ranae* są żaby. Zaskroniec jest żywicielem nietypowym, w którym może się ona czasem rozwijać, dając jednak, podobnie jak w przypadku *Prosthogonimus*, formę w pewnym sensie niedorozwiniętą, wskazującą, że w tym żywicielu nie napotyka ona na odpowiednie warunki rozwojowe.

Drugim niezwykle interesującym aspektem pracy Grabda-Kazubskiej jest analiza poszczególnych populacji przywr. Wynika z niej, że na morfologię pasożyta wpływa nie tylko gatunek, ale i osobnik żywiciela, w którym dana populacja się rozwija. Dokładne pomiary i analiza zmienności cech morfologicznych przywr z oddzielnych populacji wykazały, że o ile granice zmienności gatunku są dość duże, to granice zmienności w ramach jednej populacji są właściwie dość wąskie. Zwykle w jelicie jednego żywiciela spotyka się przywry o podobnych wymiarach, podobnym kształcie ciała, podobnej budowie i stopniu rozwoju narządów rozrodczych. Wskazuje to na duży udział organizmu żywicielskiego w kształtowaniu się poszczególnych cech morfologicznych pasożytów, wpływający na ujednolicenie ich postaci. Prawdopodobnie właśnie badanie dwóch różnych populacji zdecydowało o opisanii dwóch odrębnych gatunków u żab — *Opisthioglyphe ranae* i *O. endoloba*.

Kiedy zaczynałam badania nad rodzajem *Leucochloridium*, głównym moim celem było sprawdzenie, jakim gatunkom odpowiadają występujące w Polsce kolorowe sporocysty, a więc zamknięcie cykli rozwojowych na drodze badań eksperymentalnych. Znalezionymi sporocystami zarażałam wróble, na ogół z wynikiem pozytywnym. Trudności zaczęły się natomiast przy próbach oznaczenia wyhodowanych dorosłych przywr. Posługując się oryginalnymi opisami mogłam na ogół porównać otrzymane okazy z kilkoma gatunkami. Stosując kryteria Bychowskiej, należałoby wszystkie, wyhodowane z różnie ubarwionych sporocyst egzemplarze zaliczyć do jednego gatunku. Okazało się, że dotychczas stosowane kryteria nie zdają egzaminu i należy jeszcze raz opracować cechy taksonomiczne dla gatunków tego rodzaju. Badania moje poszły od tej chwili w dwóch kierunkach. Część eksperymentów miała na celu ustalenie, czy barwa sporocysty jest związana z gatunkiem pasożyta, a jeżeli tak, jakie są granice zmienności ubarwienia w ramach gatunku. Druga część miała na celu ustalenie cech taksonomicznych, za pomocą których można by klasyfikować dorosłe przywry. Wyjaśnienie tych zagadnień oparłam niemal wyłącznie na materiale z zarażenia eksperymentalnego. Materiał z zarażenia naturalnego posłużył tylko do sprawdzenia wniosków wyciągniętych na podstawie materiału z zarażenia eksperymentalnego.

W celu wyjaśnienia znaczenia barwy jako cechy gatunkowej przeprowadziłam pełne cykle rozwojowe, wychodząc od sporocysty z zarażenia naturalnego lub tylko część cyklu, zarażając jajami jednej przywry z zarażenia naturalnego kilka serii ślimaków — żywicieli pośrednich. Wynikiem tych doświadczeń było stwierdzenie, że sporocysta końcowa ma ten sam typ ubarwienia co sporocysta wyjściowa oraz, że we wszystkich ślimakach uzyskuje się z jaj jednej przywry sporocysty o tym samym typie ubarwienia. Typ ubarwienia okazał się więc ściśle związany z gatunkiem pasożyta, jaki dana sporocysta reprezentuje.

Dla wytypowania cech taksonomicznych w rodzaju *Leucochloridium* należało przede wszystkim poznać zakres zmienności osobniczej poszczególnych gatunków. Zmienność tę mogłam dobrze opracować, mając do dyspozycji po kilkadziesiąt okazów z jednego żywiciela. Stosując metodę codziennego usuwania z kloaki zarażonego ptaka kilka egzemplarzy przywr mogłam również prześledzić zmienność cech morfologicznych w trakcie wzrostu przywry. Rezultatem tych badań było wytypowanie zes-

połu względnie stałych cech morfologicznych jako kryterium do rozróżniania gatunków w rodzaju *Leucochloridium* oraz stwierdzenie, że cechy charakterystyczne dla gatunku ustalają się dopiero między siódmym a dziesiątym dniem życia przywry w organizmie żywiciela ostatecznego, kiedy to kończy się właściwie proces wzrostu przywry i rozwoju jej organów wewnętrznych, zwłaszcza narządów rozrodczych. Metacerkarie i bardzo młode przywry w zasadzie nie dają się bezbłędnie oznaczyć do gatunku.

Omówione wyżej prace zwracają uwagę na znaczenie badań nad zmiennością gatunku i na rolę żywiciela w kształtowaniu się morfologii pasożyta. Wskazują, że najdokładniejsze nawet opracowanie morfologii i stwierdzenie różnic w stosunku do znanych gatunków nie zawsze jest dostateczną podstawą do opisywania nowych gatunków. Wydaje się, że tego typu badania są jedną z najpewniejszych dróg rewizji dotychczas stosowanych kryteriów gatunkowych i uporządkowania systematyki poszczególnych grup pasożytów.

Badania nad biologią pasożytów mogą również być pomocne przy ustalaniu powiązań filogenetycznych w wyższych jednostkach systematycznych. Podobieństwo morfologiczne może być często wynikiem adaptacji do podobnych warunków środowiska (np. wszystkie przywry żyjące w kloace ptaków mają bardzo silnie rozwinięte przyssawki) a nie pokrewieństwa gatunków. Natomiast przebieg rozwoju, występowanie podobnych postaci rozwojowych, liczba ogniw w cyklu rozwojowym, mogą być wskazówką co do pokrewieństwa między gatunkami, rodzajami, czy rodzinami. Na drodze rozwiązywania cyklów życiowych wykazano np., że niektóre grupy cercarii łączą formy niespokrewnione, posiadające tylko jakąś cechę, którą uznano za charakterystyczną dla tej grupy (np. grupa *Cercariae* łączy wszystkie cercarie bezogonowe; grupa *Xiphidiocercariae* — wszystkie cercarie z prostym ogonkiem i sztyletem w przyssawce gębowej). Na podstawie badań nad budową układu nerwowego larw przedstawicieli *Aspidogastrea* i *Digenea* wyciągnięto wnioski co do filogenetycznych powiązań między grupami płacińców [19]. Przywra *Pseudoleucochloridium soricis* została wydzielona w nowy rodzaj nie tylko ze względu na pewne różnice w morfologii, niezgodne z definicją rodzaju *Leucochloridium*, ale przede wszystkim ze względu na poważne różnice w przebiegu cyklu rozwojowego tej przywry [13]. Również koncepcja Kagana [8] co do rodzajów w podrodzinie *Leucochloridiinae* została ostatnio podbudowana danymi z przebiegu cyklu rozwojowego przedstawiciela rodzaju *Urogonimus*, odmiennego od cyklu rozwojowego przedstawicieli rodzaju *Leucochloridium* [22]. Znajomość form larwalnych może być w pewnych przypadkach jedynym sposobem zaklasyfikowania dorosłej postaci, która pod wpływem pasożytniczego trybu życia może zatracić nawet cechy gromady (np. przynależność samicy skorupiaka *Ancyroniscus bonnieri* do grupy *Izopoda* ustalono tylko na podstawie budowy jej młodszych, wolnożyjących stadiów rozwojowych [wg 11]).

Dane w tej dziedzinie są jeszcze fragmentaryczne, dotyczą nielicznych grup pasożytów. Wydaje się jednak, że w miarę porządkowania systematyki mniejszych taksonów, rodzajów i rodzin — głównie w oparciu o poznanie granic zmienności poszczególnych gatunków, znajomość biologii pasożytów będzie mogła dostarczyć decydujących przesłanek do ustalania naturalnych pokrewieństw między większymi taksonami.

LITERATURA

- [1] Braun M. — *Fascioliden der Vögel*, Zool. Jahr., I Abt., Syst., 16, 1, 1902.
- [2] Bychovskaja-Pavlovskaja I. E. — *Izmenčivost' morfoložičeskich pri-
znakov i značenie eë v sistematike sosalsčikov roda Leucochloridium Carus,*
1835. Parasit. Sbornik Zool. In-ta AN SSSR, 13, 1951.
- [3] Carus C. G. — *Beobachtung über einen merkwürdigen schöngefärbten Ein-
geweidewurm, Leucochloridium paradoxum*, Nova Acta Phys.-Med. Acad. Nat.
Curios., 17, 1835.
- [4] Dawes Ben — *The Trematoda*, Cambridge, 1946.
- [5] Grabda-Kazubská B. — *Morphological variability of adult Opistho-
glyphæ ranae (Frölich, 1791) (Trematoda, Plagiorchidae)*, Acta Parasitol. Pol.,
14, 3, 1967.
- [6] Heckert G. A. — *Leucochloridium paradoxum*. Monographische Darstellung
der Entwicklungs- und Lebensgeschichte des Distomum macrostomum, Bibl.
Zool., 1, 4, 1889.
- [7] Hsü H. F. — *Studien zur Systematik und Entwicklungsgeschichte der Gattung
Leucochloridium Carus. II. Über zwei Leucochloridiumarten der Kurischen
Nehrung sowie über Fütterungsversuche mit grünen Sporocysten dieser Gat-
tung*, Zschr. Parasitenk., 8, 1936.
- [8] Kagan I. G. — *Revision of the subfamily Leucochloridiinae Poche, 1907 (Tre-
matoda: Brachylaemidae)*, The American Midl. Naturalist, 48, 2, 1952.
- [9] Krasnolobova T. — *Ob identičnosti Prosthogonimus pellucidus Linstov,*
1873 i *Prosthogonimus anatinus* Markov, 1902. Helminthologia, 1, 1959.
- [10] Kuźnicki L., Urbanek A. — *Zasady nauki o ewolucji*, I, Warszawa, 1967.
- [11] Michajłow W. — *Zarys parazytologii ewolucyjnej*, Warszawa, 1968.
- [12] Niewiadomska K. — *Further studies on the biology and taxonomy of tre-
matodes of the genus Tylodelphys Diesing, 1850 (Diplostomatidae)*, Acta Para-
sitol. Pol., 11, 20, 1963.
- [13] Pojmańska T. — *Metacercariae of some Brachylaemidae (Trematoda) in
land snails of the Białowieża National Park*, Acta Parasitol. Pol., 7, 16, 1959.
- [14] Pojmańska T. — *Variability of Leucochloridium paradoxum Carus (= L.
heckerti Kagan, 1952) (Trematoda: Brachylaimidae) in natural and experimen-
tal conditions*, Acta Parasitol. Pol., 14, 38, 1967.
- [15] Pojmańska T. — *Leucochloridium perturbatum sp. n. (Trematoda: Brachy-
laimidae), morphology, individual variability and life cycle*, Acta Parasitol.
Pol., 16, 1968.
- [16] Pojmańska T. — *Life cycle and morphology of the adult Leucochloridium
subtilis sp. n. (Trematoda: Brachylaimidae)*, Acta Parasitol. Pol., 16, 1968.
- [17] Pojmańska T. — *Kryteria wyróżniania gatunków w rodzaju Leucochlori-
dium. Carus 1835, emend. Kagan 1952*, Acta Parasitol., Pol., 16, 1968.
- [18] Pojmańska T. — *European species of Leucochloridium*, Acta Parasitol. Pol.,
16, 1968.
- [19] Rohde K. — *Das Nervensystem der Cercarie von Catatropis indica Srivastava
und der freien Larve von Multicotyle purvisi Dawes. Bedeutung für philogene-
tische Stellung der Digenea und Aspidogastrea*. In press.
- [20] Rudolphi C. A. — *Neue Beobachtungen über die Eingeweidewürmer*, Arch.
Zool. u. Zoot., Brnnschw., 3, 1, 1803.
- [21] Rudolphi C. A. — *Entozoorum synopsis cui accedunt mantissa duplex et
indices Locupletissimi*, Berolini, 1819.
- [22] Schmidt R. — *Zur Kenntnis der Trematodenlarven aus Landmollusken. I.*

Der Entwicklungszyklus von Urogonimus macrostomus (Rudolphi, 1803) (Trematoda, Digenea: Leucochloridiidae). Ztschr. Parasitenk., 26, 1965.

- [23] Skriabin K. I. — *Trematody životnych i čeloveka*, II. Moskva, 1948.
- [24] Szidat L. — *Studien zur Systematik und Entwicklungsgeschichte der Gattung Leucochloridium* Carus. I. Bemerkungen zur Arbeit von G. Witenberg (1925): Versuch einer Monographie der Trematoden Unterfamilie Harmostominae Braun, Ztschr. Parasitenk., 8, 6, 1936.
- [25] Zeller E. — *Über Leucochloridium paradoxum* Carus und die weitere Entwicklung seiner Distomenbrut, Ztschr. Wissensch. Zool., 24, 1874.

John D. Dodge: *An Atlas of Biological Ultrastructure*. Edward Arnold (Publishers) LTD. 41 Maddox Street, London W. I, 1968, str. 80.

Jak na to wskazuje tytuł, książka ta jest zbiorem fotografii spod mikroskopu elektronowego różnych komórek i tkanek, zarówno zwierzęcych, jak i roślinnych. Autor zaznacza w przedmowie, że celem tego atlasu lub albumu jest dostarczenie studentom serii fotografii spod mikroskopu elektronowego, które mogłyby być przez nich rozpatrywane i analizowane w dowolnym czasie poza normalnymi wykładami. Mają one uzupełniać stosunkowo nieliczne mikrofotografie, znajdujące się w podręcznikach, lub które są demonstrowane w charakterze przezroczy na wykładach. Tekst jest skrócony do minimum i służy w charakterze objaśnień reprodukowanych zdjęć. Poza tym Autor dołącza na końcu książki spis wybranej literatury przedmiotu dla osób chcących pogłębić swoje wiadomości.

Atlas podzielony jest na cztery rozdziały tematyczne. Jako dodatkowy piąty rozdział wyróżnić można „dodatek” (Appendix), w którym autor bardzo krótko przedstawia zasady działania mikroskopu elektronowego, przygotowanie materiału do badań za pomocą tego mikroskopu oraz dane co do zdolności rozdzielczej i osiągniętych powiększeń przy użyciu mikroskopu elektronowego. Cztery wyżej wspomniane rozdziały są następujące:

1. Komórka i jej organelle. Zawiera on mikrofotografie całych komórek (podany jest jej schemat), jąder komórkowych, również w podziale, endoplazmatycznego reticulum i rybosomów, mitochondriów, aparatu Golgi'ego, membran, wici (ze schematem struktury). W tym rozdziale obiekty, które służyły do robienia zdjęć spod mikroskopu elektronowego, pochodziły zarówno ze świata zwierzęcego, jak i roślinnego.

2. Komórki i tkanki zwierzęce. W tym rozdziale zebrane są fotografie spod mikroskopu elektronowego pierwotniaków, owadów (komórki z jelita), skóry płazów i ssaków, włókien mięśniowych ssaków, owadów i skorupiaków, tkanki nerkowej myszy, wątroby ludzkiej, żołądka myszy, jelita szczura i myszy, czopków i pręcików siatkówki małp, nabłonka węchowego oraz włókien nerwowych, komórek trzustki i tarczycy (ta ostatnia po zastosowaniu pierwiastków znakowanych).

3. Komórki i tkanki roślin. W tym rozdziale zgromadzone są mikrofotografie komórek i ich organelli najrozmaitszych roślin, począwszy od sinic (*Cyanophyta*), skończywszy na roślinach okrytozalążkowych (*Angiosperma*). Mamy tu zdjęcia chloroplastów, chromosomów, aparatu Golgi'ego. Są fotografie komórek stożków wzrostu łodygi i korzeni oraz komórek innych tkanek, a także zdjęcia rosnącej łagiewki pyłkowej. Kilka fotografii przedstawia powierzchnię liści oraz tworzenie się celulozowych ścian komórkowych.

Na końcu zbioru fotografii umieszczono kilkanaście zdjęć bakterii i wirusów. Część tę można uważać za rozdział czwarty.

Książkę zamykają krótkie uwagi o mikroskopie elektronowym i technice, związanej z przygotowywaniem materiału do badań za pomocą tego mikroskopu oraz krótka wzmianka porównawcza o zdolności rozpoznawczej zwykłych świetlnych mikroskopów i mikroskopów elektronowych.

Uważam za szczęśliwy rozkład materiału w poszczególnych rozdziałach. Przegląd rozpoczyna przedstawienie struktur i organelli komórkowych, nie czyniąc rozgraniczenia między zwierzętami i roślinami. Uwypukla się w ten sposób jedność

struktury podstawowej jednostki organizacyjnej substancji żywej jaką jest komórka. Różnice są widoczne dopiero w drugim i trzecim rozdziale.

Cały szereg zdjęć uważam za bardzo dobre. Do takich zaliczam: błony jądrowej (str. 6), endoplazmatycznego reticulum (str. 9), mitochondriów (str. 10 i 11), aparatu Golgi'ego u roślin (str. 12), otoczki myelinowej (str. 13 i 39), rzęsek (str. 15), trichocyst u *Paramecium* (str. 17), włókien mięśniowych u *Crustacea* (str. 26), komórek kubkowych (str. 35), komórek fotoreceptorowych siatkówki (str. 36), chloroplastów (str. 62, 63 i 64), łagiewki pyłkowej (str. 67), wirusów (str. 73). Bardzo ładne są fotografie po użyciu specjalnej metody utrwalania (freeze-etching) — str. 46 i 55.

Jak wspomniałem autor tego zbioru fotografii, robionych zresztą w różnych pracowniach, przeznacza go dla studentów. Jestem zdania, że zbiór ten przyda się każdemu zakładowi wyższych uczelni, w problematyce którego, zarówno dydaktycznej jak naukowej, znajdują się zagadnienia, dotyczące się ultrastruktury komórki i jej organelli. Skorzystają z niego niewątpliwie zarówno zoologowie, jak i botanicy, a także protistologowie.

Zygmunt Kraczkiewicz

Władysław Kunicki-Goldfinger; *Życie bakterii*, Warszawa, PWN, 1968. Str. VIII + 560.

Klasyfikacji potrzebuje nie tylko każdy aparat biurokratyczny, ale nawet każdy umysł ludzki, konsekwencje schematów klasyfikacyjnych nie zawsze są jednak pomyslnie. Tak na przykład istnieje podział publikacji naukowych na trzy odrębne grupy wydawnictw, wedle której istnieją prace badawcze, podręczniki i wreszcie książki i artykuły popularnonaukowe. Planowanie przewiduje coroczne limity arkuszowe dla każdej z trzech grup, a realizację planów powierza się czasem nawet odrębnym wydawnictwom. W myśl planów ilość stron w podręczniku uniwersyteckim musi być związana z liczbą godzin przeznaczonych na przedmiot w siatce zajęć. Autor planujący napisanie książki, a orientujący się w tych zależnościach, zwykle od pierwszego szkicu włącza swe przyszłe dzieło do jednej z grup klasyfikacyjnych i odpowiednio przykrawa materiał i rozmiary całości. Rezultaty czasem są niedobre, powstają książki, którym biurokracja wydawnicza niczego nie zarzuci, ale które po prostu nie nadają się ani do swobodnego czytania, ani do nauki.

Trzeba znacznej determinacji i świadomości własnych możliwości, aby porwać się na przełamanie schematów administracyjnych. Zrobił to profesor W. Kunicki-Goldfinger i dał książkę znakomitą, która może spełniać równocześnie zadania podręcznika i publikacji popularnonaukowej, a dzięki indywidualnemu ujęciu stanowi także oryginalną pracę naukową. Państwowe Wydawnictwo Naukowe ma wielką zasługę w publikacji książki, która z biurokratycznego punktu widzenia nie jest łatwa do zakwalifikowania.

Życie bakterii jest książką obszerną jak na zarys bakteriologii ogólnej, pomimo tego będzie na pewno ulubionym podręcznikiem, gdyż rozmiary dzieła nie wynikają z przeładowania szczegółami, lecz ze staranności z jaką autor wyjaśnia każdy punkt, który mógłby sprawiać czytelnikowi trudność, oraz ze śmiałego przekraczania granic przedmiotu tam, gdzie to jest wskazane. W książce znajdujemy więc dość szczegółowe wiadomości z zakresu biofizyki, biochemii, genetyki i nawet ekologii. Autor wyjaśnia także terminy, które w zasadzie student biologii powinien znać, jak np. genotyp, fenotyp, mutacja itd. Przypomnienie znaczenia pojęć, którymi książka operuje jest na pewno jej wielką zaletą. Któż z nas pamięta wszystko to, czego się kiedyś uczył.

Ozdobą książki są zabawne rysunki Szymona Kobylińskiego, które dzięki strategicznemu rozmieszczeniu ułatwiają przyswojenie materiału. Tak na przykład na

stronach 132—133 ślicznie jest ilustrowana klasyfikacja enzymów. Na pewno student łatwiej zapamięta czynność izomeraż po oglądnięciu dziwnej operacji, jaką enzym przeprowadza na laleczce.

Życie bakterii może być uznane za książkę popularnonaukową między innymi dlatego, że nie wymaga od czytelnika bohaterskiej walki z nudą, do czego zmusza niejeden podręcznik. Autor w żadnym miejscu nie poniża się jednak do drażniącej kokieterii. Czytelnik odnosi wrażenie, że książka jest interesująca po prostu dlatego, że interesujący jest przedmiot, któremu została poświęcona.

Istnieje zwyczaj, że pod koniec recenzji wymienia się większe lub mniejsze błędy, od których przecież nie może być wolne żadne dzieło rąk ludzkich. Na to aby poprawiać profesora Kunickiego w zakresie mikrobiologii trzeba jednak być bardzo dobrym specjalistą, a tymczasem recenzent nie jest nawet mikrobiologiem. Mogę się co najwyżej przyznać, że jednak w paru miejscach miałem pewne trudności ze zrozumieniem, niestety wynika to zapewne po prostu z moich niedostatecznych wiadomości z zakresu biochemii. Mogę też napisać, że rys. 3—31, na str. 89 jest opisany niewyraźnie. Jest to wyjątek, redakcja książki jest bowiem ogromnie staranna.

Trudno namawiać biologów do naśladowania profesora Kunickiego. *Życie bakterii* dlatego jest tak udane, gdyż jest tak oryginalne. Próby naśladownictwa rzadko kończą się sukcesami. Można jednak na przykładzie tej książki pokazać, że dzieła dobre powstają wówczas, gdy autor nie boi się konsekwentnie realizować własnej wizji.

Henryk Szarski

MIGRACJA I KONKURENCJA U *DROSOPHILA* I. KONKURENCJA MIĘDZY RASAMI
 DZIKĄ I "VESTIGIAL" *DROSOPHILA MELANOGASTER* (HODOWANYMI) W KLATCE
 I POPULACYJNEJ TUBIE MIGRACYJNEJ *

Prace wielu biologów, podejmujących badania nad konkurencją międzygenotypową i międzygatunkową w populacjach mieszanych *Drosophila*, zdaniem autora tej pracy, pokazują głównie różnice w zdolnościach konkurencyjnych poszczególnych ras. Podstawę tych badań stanowiły jednak populacje zamknięte, hodowane w sztucznych warunkach, przeważnie w klatkach. Dlatego doszedł on do wniosku, że tak prowadzone badania nie odzwierciedlają prawidłowo rzeczywistego przebiegu i wyników konkurencji, występującej w przyrodzie. W związku z tym opracował nowy typ badań. Przeprowadził badania porównawcze nad dwiema populacjami *Drosophila melanogaster*: jedną hodowaną w klatce o ograniczonej przestrzeni, a drugą umieszczoną w urządzeniu określonym, jako „populacyjna tuba migracyjna”. Składała się ona z dziewięciu komór, gwiazdźście połączonych ze sobą kanałami; tworzyła ona warunki przestrzeni otwartej, umożliwiała swobodne rozprzestrzenianie się much. Autor zajął się rozwiązaniem problemu wpływu migracji na przebieg i wyniki konkurencji.

W pierwszej fazie doświadczenia porównywane populacje były jednakowe i składały się z much rasy dzikiej KN, zebranej w Katsunuma w Japonii i rasy laboratoryjnej — mutantu szczątkowego — vestigial VG z dodatkiem 120 osobników F_1 otrzymanych ze skrzyżowania ras KN i VG. Natomiast w drugiej fazie doświadczenia uzupełniono badane populacje o dalsze 100 hybryd $KN \times VG$. Doświadczenie wykonano w jedenastu wariantach o różnej, względnej frekwencji typów rasy dzikiej: 0,00, 0,10, 0,12, 0,20, 0,25, 0,50, 0,75, 0,80, 0,88, 0,90, 1,00. W trakcie badań oznaczono aktywność migracyjną obliczając jej wartość, jako stosunek procentowy ilości much znalezionych w komorach peryferyjnych do ogólnej ilości much całej populacji znajdującej się w pomieszczeniu, określonym jako populacyjna tuba migracyjna.

Już w pierwszej fazie doświadczenia wystąpiła konkurencja między rasami w obydwu populacjach. Jej przebieg ilustruje frekwencja much obydwu ras w dwudziestu kolejnych generacjach. Dane te zostały podane w tablicy nr 1 i na wykresie nr 2. Frekwencja much VG spada bardzo szybko w pierwszych czterech generacjach zarówno w populacji hodowanej w klatce, jak i w populacyjnej tubie migracyjnej.

Występuje jednak wyraźna różnica w sposobie spadku frekwencji much VG obydwu populacji. Muchy te zostały prawie całkowicie wyeliminowane w populacji hodowanej w klatce. Już w dziesiątej generacji ich frekwencja wynosiła 0,67, a w dwudziestej zaledwie 0,25. W miarę bowiem zagęszczania much w przestrzeni zamkniętej następowało zaost్రzanie konkurencji, a muchy VG nie mogły uciec od silniejszych konkurentów. Natomiast w populacji hodowanej w populacyjnej tubie migracyjnej spadek frekwencji much VG był bardziej gwałtowny w pierwszych czterech generacjach. W następnych jednak generacjach frekwencja tych much utrzymuje się na ustabilizowanym poziomie: w dziesiątej generacji wynosi

* Takashi N. — *Migration and Competition in Drosophila* I. *Competition between Wild and Vestigial Strains of Drosophila Melanogaster in a Cage and Migration — Tube Population*, Evolution, June, 1963, vol. 22, No. 2, s. 301—306.

ona 1,29, a w dwudziestej 1,25. Jak z tego wynika, nie uległy one całkowitej eliminacji. W miarę zaostrzania konkurencji mogły emigrować do słabiej zagęszczonych komór peryferyjnych populacyjnej tuby migracyjnej i tam rozmnażać się. Wyniki analizy wariancji frekwencji zostały podane w tablicy nr 2. Zachodzą znaczne różnice w frekwencji much VG w obydwu populacjach. Występują poważne odchylenia w oddziaływaniach składu generacji na skład generacji następnej oraz populacji na następne generacje.

Wyjaśnianie różnic w przebiegu konkurencji w obydwu populacjach skłoniło do badania aktywności migracyjnej much rasy VG i dzikiej, hodowanych w populacyjnej tubie migracyjnej. W doświadczeniu początkowym, kiedy muchy obydwu ras umieszczono osobno w komorach centralnej części tuby, aktywność migracyjna much rasy KN wynosiła 46,29% a much rasy VG 6,17%. Natomiast po zmieszaniu obydwu ras i podłączeniu reszty elementów populacyjnej tuby migracyjnej nastąpiła zasadnicza zmiana. Aktywność migracyjna much rasy VG wzrosła do 52,88%, a rasy KN odpowiednio spadła. Obecność much dzikich w populacji mieszanej, zdaniem autora pracy, stała się bodźcem do wywołania aktywności migracyjnej much rasy VG.

W rozważaniach nad działaniem aktywności migracyjnej w migracji genotypów zwrócono szczególną uwagę na rolę heterozygot ze skrzyżowania much dzikich i VG. Nie przeprowadzono jednak specjalnych badań w tym zakresie w omawianym tu doświadczeniu. W związku z tym autor przedyskutował wyniki poprzednich prac własnych oraz prac innych badaczy. Wyniki jego własnych badań pokazały, że heterozygoty wyróżniają się wyższym przystosowaniem i większymi zdolnościami konkurencyjnymi. Pomimo to ich aktywność migracyjna raczej zanika, jeżeli żyją w populacji mieszanej z homozygotami. Taką samą tendencję wykryto w populacjach mieszanych, badanych przez innych biologów. Na tej podstawie, zdaniem autora pracy, można wyprowadzić wniosek, że analogiczna sytuacja wykształci się także w populacji mieszanej much rasy KN i VG.

Ponadto ogólnie już uznano zgodnie z wynikami wielu badań, że muchy rasy VG są słabsze w konkurencji z muchami rasy dzikiej. Wobec tego wyniki omawianego w tej pracy doświadczenia mogą stać się podstawą do wyprowadzenia ogólnego wniosku na temat kierunku ruchów migracyjnych w mieszanej populacji. Mianowicie muchy rasy wyróżniające się większymi zdolnościami konkurencyjnymi zajmują tereny centralne, a muchy rasy słabszej nie ulegają eliminacji, lecz przesiedlają się na obszary peryferyjne zasięgu. W ten sposób autor pracy przedstawił znaczenie migracji, jako czynnika, który może osłabić działanie konkurencji, a jednocześnie zachować różnorodność genetyczną populacji.

Teodozja Długokęcka

KONKURENCJA I SPOSÓB PRZEMIESZCZANIA DWÓCH GATUNKÓW PTAKÓW ŚPIEWAJĄCYCH RODZAJU GAJÓWEK (*DENDROICA*, *PARULIDAE*) SYMPATRYCZNYCH MIESZKAŃCÓW LASÓW SOSNOWYCH *

Autorzy pracy przeprowadzili badania nad konkurencją między gatunkami ptaków *Dendroica dominica* i *Dendroica pinus*. Ptaki *Dendroica dominica* wtargnęły na tereny już zasiedlone przez *Dendroica pinus*. Badania te przeprowadzono w sezonach wiosennych w latach 1963—1966 w Maryland na półwyspie Delaware Ameryki

* Ficken R. W., Ficken M. S., and Morse D. H. — *Competition and Character Displacement in Two Sympatric Pine-Dwelling Warblers (Dendroica, Parulidae)*, Evolution, June, 1968, vol. 22, No. 2, s. 307—314.

Północnej. Ograniczono się do badania obszaru zalesionego w 70% sosnami kilku gatunków sosny amerykańskiej (loblolly), a w 30% sosną żółtą (*P. echinata*), z niewielkim odsetkiem drzew liściastych (tulipanowce i czerwone klony). Podjęto głównie wykrycie i wyjaśnienie przystosowań morfologicznych, pokarmowych i sposobu postępowania, co pozwoliło na koegzystencję tych dwóch gatunków w środowisku względnie jednorodnym.

Badania całego zasięgu obydwóch gatunków pokazały, że na południu Ameryki Północnej *Dendroica pinus* zajmuje wyłącznie środowiska lasów sosnowych, natomiast *Dendroica dominica* może przystosować się do środowisk różnorodnych. Tylko w rzadkich przypadkach obydwa gatunki zajmują wspólnie to samo siedlisko. Lasy sosnowe na półwyspie Delaware należą do nielicznych siedlisk, w których *Dendroica dominica* zdołała się utrzymać pomimo ostrej konkurencji o pokarm, miejsce pobytu i miejsce gniazdowania.

Stwierdzono rozdział nisz pokarmowych. Okazało się, że gatunki te żerują na różnych poziomach, na różnych częściach drzew i w różnych częściach lasu. *Dendroica pinus* żeruje częściej na pniach drzew ($P < .05$) i prawie dwa razy częściej łowi owady w powietrzu na niższych poziomach, przeważnie pomiędzy niskimi sosnami (*P. echinata*) lub w zagajnikach. Natomiast *Dendroica dominica* żeruje znacznie wyżej niż *D. pinus* ($P < .001$), przeważnie w środowiskach sosen amerykańskich, które są znacznie wyższe od *Pinus echinata*. Ponadto *Dendroica dominica* przeszukuje zawartość samych szyszek sosen amerykańskich. Takie zapasy żywności w szyszkach, jak jajeczka, kokony i bezkręgowce (np. pająki) stanowią bardzo ważne źródło pożywienia.

Przystosowanie do wydobywania pożywienia z szyszek jest dla niej bardzo korzystne, szczególnie w okresach krytycznych, tj. podczas wczesnej zimnej wiosny, a także w każdym sezonie w czasie zimnych pór dnia. Brak jest wtedy owadów i występuje ostra konkurencja z *Dendroica pinus* o ten rodzaj pokarmu. W okresie upałów ukrywające się w szyszkach bezkręgowce mogą stanowić dodatkowy zapas żywności. Natomiast *Dendroica pinus* nie może korzystać z tego rodzaju pożywienia.

U reprezentantów tych dwóch gatunków występuje ostra dywergencja długości dzioba. Współczynnik rozbieżności wymiarów tej cechy wynosi 1,24 i jest większy od wartości tego współczynnika dla gajówek różnych gatunków, żyjących sympatrycznie na południu Ameryki Północnej. Załączoną w pracy ilustracją (rys. 3) pokazuje, że *Dendroica pinus* ma krótszy i grubszy dziób oraz bardziej bryłową czaszkę niż *Dendroica dominica*. Podjęto również próby porównania obwodu czaszek obydwóch gatunków ptaków do wielkości kątów rozwarcia między łuskami szyszki sosnowej. Tylko wymiary czaszki *Dendroica dominica* pasują do otworów między łuskami, a ich dziób sięga do trzonu szyszki.

W poszukiwaniu dróg ewolucji kształtu dzioba i czaszki u obydwu gatunków porównano wymiary tych części ciała z warunkami życia w całym zasięgu. Analiza sposobu eksploatacji nisz pokarmowych doprowadziła do następującego wniosku. Jeżeli u gatunku pierwotnego w danym siedlisku zaszła selekcja krótkiego dzioba przystosowanego do zbierania pokarmu z kory drzew, to u gatunku, który wtargnął do tego siedliska, jako przeciwwaga, występuje selekcja długiego dzioba skorelowanego ze zdolnością do wydobywania pokarmu nawet z najgrubszych szyszek sosnowych. Porównanie współczynnika zmienności wymiarów tych cech na terenie zasięgu tych gatunków pokazało stopniowy wzrost tego współczynnika w miarę oddalania się od centrum kontynentu do wybrzeża morskiego. Wzrost ten jest skorelowany ze stopniowymi zmianami w składzie gatunkowym zadrzewienia środowiska. Na ogół ptaki z krótkimi dziobami przeważają wewnątrz kraju i występują w lasach liściastych. Natomiast ptaki z długimi dziobami występują na obszarach przybrzeżnych, przeważnie zalesionych sosnami o grubych szyszkach.

Zapoczątkowanie ewolucji kształtu dzioba i czaszki ptaków *Dendroica dominica* mogło nastąpić, zdaniem autorów pracy, na skutek nagłej zmiany w środowisku. Argumentem przemawiającym na korzyść tej hipotezy jest zbadane przez nich zjawisko, jakie występuje współcześnie na wybrzeżu północnej Karoliny. Mianowicie dokonane tutaj w 1965 r. pomiary pokazały znaczny wzrost długości dziobów ($\bar{x} = 18,0$, $SD = .53$, $SE = .12$) w porównaniu do danych z analogicznych pomiarów, jakie przeprowadzono przed 1945 r. ($\bar{x} = 17,0$, $SD = .45$, $SE = .22$). Nagły wzrost długości dziobów jest prawdopodobnie skorelowany z nagłą zmianą w stanie i sposobie zalesienia zajmowanego środowiska. W roku 1930 bowiem nastąpiło obniżenie terenów przybrzeżnych, wskutek czego zlikwidowano wiele gospodarstw rolnych, a pustki zarosła sosna amerykańska o grubych szyszkach. Nagła zmiana w długości dzioba wystąpiła najprawdopodobniej w tych populacjach, które przylatywały na okres letni do zmieniającego się środowiska leśnego, w którym gatunki sosny amerykańskiej zaczęły dominować. Autorzy pracy uważają, że prawidłowość ta odnosi się prawdopodobnie do gatunków, które są preadaptowane do wykorzystania nowej niszy pokarmowej i w ten sposób do uniknięcia (w pewnej mierze) kontaktu z silniejszym od siebie konkurentem.

Ewolucja wymiarów dzioba i kształtu czaszki umożliwiła gajówkom gatunku *Dendroica dominica* eksploatowanie niszy pokarmowej, która jest całkowicie niedostępna dla *Dendroica pinus*. U *Dendroica dominica* rozwinął się wybiórczy sposób żywienia, co ułatwiło jej utrzymanie się w siedlisku *Dendroica pinus*. Ponadto różnice w czasie przybycia i budowy gniazd, właściwe dla omawianych tu gatunków ptaków mogły także wpłynąć na osłabienie konkurencji o miejsce pobytu i gniazdowania. W tej sytuacji stała się możliwa koegzystencja obydwu gatunków na jednym terenie.

Konkurencja nie została jednak całkowicie zlikwidowana. *Dendroica pinus* wykształcił taki sposób zachowania, który może częściowo wyjaśnić jego przewagę. Przy każdym kontakcie z reprezentantem gatunku *Dendroica dominica* zaczyna go atakować, przegania ze spotkanego miejsca lub rozpoczyna walkę. Zdaniem autorów pracy, odzew na śpiew *Dendroica dominica* należy do jednych z najbardziej interesujących form manifestowania swojej przewagi ze strony *Dendroica pinus*. Taki typ zachowania jest rzadko spotykany u ptaków dzikich. Odpowiadanie na śpiew działa prawdopodobnie jako pewien mechanizm przestrzennej konkurencji międzygatunkowej. *Dendroica pinus* nie uzyskał żadnych zmian morfologicznych, nie dał się też wyprzeć z żadnej niszy pokarmowej. Poważne korzyści, jakie osiąga z dominacji w omawianej tu konkurencji staną się przedmiotem przyszłych badań.

Teodozja Długokęcka

METODA REZONANSU ELEKTRONO-MAGNETYCZNEGO W BADANIU STRUKTURY BIAŁEK PRZY SKURCZU I ROZKURCZU MIĘŚNIA *

Mechanizm skurczu mięśnia na poziomie ponadcząsteczkowym można dobrze wyjaśnić za pomocą modelu poślizgu. Wzajemne przesuwanie się grubych i cienkich protofibrilli nie może prawdopodobnie przebiegać bez konformacyjnych zmian białka. Doświadczalnie jednak nie stwierdzono zmian konformacyjnych związanych z występowaniem lub zanikiem β -struktur.

* K. S. Alejnikowa, N. A. Gabelowa, K. M. Lwow: *Metod elektronogo paramagnitnogo rezonansa w issledowanii strukturnogo sostojanija bielkow pri modelirowanii mysiecznogo sokraszczienija i rasslabljenija*, Biofizyka 1968, t. 13, nr 5, s. 906.

Należy więc przyjąć, że prawdopodobnie białka mięśni wraz z aktyną w pewnych odcinkach łańcuchów polipeptydowych, występują w postaci α -spirali a inne w postaci nieregularnego kłęбка. W tym przypadku zmiany konformacyjne przy skurczu mięśnia będą polegały na zmianie w odcinku α -spirali lub w nieregularnym kłębku albo zmian w obu odcinkach.

Postanowiono zbadać zmiany w stopniu spiralizacji białek w izolowanych miofibrylach podczas skurczu i rozkurczu. W tym celu skorzystano z elektrono-magnetycznego rezonansu (EPR).

Pęczki glicerynowanych włókien mięśniowych przemywano w celu usunięcia glicerolu i rozdrabniano. Jedna część prób zamrożonych służyła jako model włókien mięśniowych w stanie stężenia pośmiertnego, inna jako model włókien w skurczu (zamrożonych w ciągu 1,5–2 min. po dodaniu ATP). Z pewnej ilości przemytych w moczniku miofibryli, będących w stanie zamrożonym kontrolą, otrzymywano model mięśni w rozkurczu zamrożonych w ciągu 2–3 sek. po dodaniu ATP.

W innym szeregu prób model mięśni w rozkurczu otrzymywano pod wpływem wysokiego stężenia ATP. Wszystkie próbki wysuszano przez liofilizację przy -7° . Aktywność ATP-azy badano po liofilizacji, mierząc wydzielenie nieorganicznego P w obecności ATP oraz wyjściowe i rozmiękzone po wysuszeniu preparaty. Przeprowadzono również badania nad wpływem mocznika na miofibryle. Wszystkie próbki zamrażano w izooktanie w temperaturze płynnego azotu. Intensywność sygnału EPR była miarą ilości niesparowanych elektronów.

Po naświetleniu promieniami pozafiołkowymi suchych miofibryli powstaje typowe dla białek widmo EPR. Kinetykę rekombinacji niesparowanych elektronów w próbce miofibryli w skurczu podano na rysunku. Badanie kinetyki wskazuje na występowanie dwóch rodzajów procesów: powolnego i szybkiego. Przeprowadzenie rozdziału tych procesów za pomocą metody liniowych anamorfoz pozwala na określenie udziału procesu szybkiego w rekombinacji elektronów niesparowanych (NE).

Stwierdzono, że we włóknach w stanie stężenia pośmiertnego i skurczu, udział procesu szybkiego w rekombinacji NE jest jednakowy, natomiast w stanie rozkurczu i w kontroli z mocznikiem jest on większy i wynosi 85,5%. W wypadku stosowania dużych stężeń ATP w stanie rozkurczu, udział procesu szybkiego w rekombinacji elektronów niesparowanych silnie się zmniejsza z 56,5 do 39% przy wzroście stężenia ATP. Udział procesu szybkiego w rekombinacji NE w miozynie pod wpływem mocznika znacznie wzrasta.

Mechanizm szybkiej i powolnej rekombinacji niesparowanych elektronów, wywołany naświetleniem promieniami pozafiołkowymi suchych preparatów, nie został jeszcze wyjaśniony. Wiadomo również, że podobnie jak w białkach globularnych (nie zawierających wykrywalnej ilości łańcuchów o β -konfiguracji) ilość szybko rekombinujących niesparowanych elektronów jest ilościowo równa względnej zawartości α -spirali. Dostarcza to danych do przypuszczenia, że w α -spiralach zachodzi szybka rekombinacja niesparowanych elektronów, podczas gdy w nieuporządkowanych łańcuchach białkowych rekombinacja jest opóźniona. Badanie innych uporządkowanych, niespiralnych łańcuchów polipeptydowych np. β -konfiguracji, nie jest jeszcze dostatecznie zaawansowane.

W tak złożonym układzie białkowym jak miofibryle, rekombinacja niesparowanych elektronów może zależeć nie tylko od spiralizacji łańcucha, lecz również np. od obecności substancji przechodzących w rodniki pod wpływem promieniowania pozafiołkowego. Dlatego różnice w kinetyce rekombinacji niesparowanych elektronów należy interpretować z dużą ostrożnością. Równocześnie ujemny wynik tj. brak różnic w kinetyce rekombinacji między kontrolą a włóknem w skurczu nie można uważać za dowód występowania takiej samej ilości α -spirali. Nie wyklucza to jed-

nak występowania lokalnych, odwracalnych, nie obejmujących całego włókna, zmian w spiralizacji łańcucha podczas skurczu.

We wcześniejszych badaniach stwierdzono obniżenie zdolności deuterowania grup peptydowych podczas skurczu wywołanego przez ATP, co niewątpliwie świadczy o występowaniu pewnych zmian konformacyjnych. Wyniki pracy autora i dane z literatury zdają się potwierdzać przypuszczenie, że następuje utrwalenie odcinków α -spirali.

Reasumując można powiedzieć, że miofibryle w stanie skurczu praktycznie nie różnią się od kontroli wielkością odcinków α -spirali, prawdopodobnie jednak obie te formy różnią się między sobą trwałością niektórych odcinków α -spirali pod działaniem ATP. Można przypuszczać, że w tym przypadku chodzi o najbardziej labilne odcinki końcowe, graniczące z odcinkami nieuporządkowanymi. W tym przypadku zmiany konformacyjne będą się również odnosić do tych odcinków.

Przypuszczalnie ta zmienność strukturalna, dostrzegalna w miofibrylach i w aktomiozynie pod nieobecność ATP, jest właściwością miozyny i należy ją przypisać „ciężkiej” części cząsteczki miozyny, tworzącej mostki z aktyną. Taka interpretacja wykazuje dostateczną zgodność z danymi Huxleya i Browna uzyskanymi w badaniach rentgenograficznych, świadczącymi o podłużnym przemieszczaniu się mostków w mięśniu znajdującym się w stanie stężenia pośmiertnego.

Przechodząc do omówienia wyników otrzymanych przy naśladowaniu stanu rozkurczu należy podkreślić, że podczas rozkurczu pod wpływem 30 mM ATP udział szybko rekombinujących niesparowanych elektronów nie różni się praktycznie od kontroli oraz skurczu. Można to tłumaczyć jednakową zawartością (z dokładnością do $\pm 3\%$) α -spirali w miofibrylach we wszystkich tych stanach. Przy rozkurczu pod wpływem nadmiernych stężeń ATP (600 mM ATP) występowanie względnie stabilnego sygnału EPR pochodzącego od naświetlonego ATP utrudnia określenie rzeczywistej ilości szybko rekombinujących niesparowanych elektronów w rozkurczonych miofibrylach.

Przy modelowaniu rozkurczu pod wpływem ATP i mocznika stwierdzono zjawisko wywołane tylko przez mocznik (niezależnie od stanu miofibryli). Mocznik, łącząc się z białkiem, zwiększa poważnie udział szybko rekombinujących się niesparowanych elektronów. Zgodność między tym ostatnim faktem a zawartością α -spirali w białkach globularnych (wcześniejsza praca K. M. Lwow) w tym przypadku nie występuje. Z innych prac wiadomo, że 1 M roztwór mocznika nie tylko nie denaturuje białka, lecz nawet nie hamuje aktywności ATP-azy w miozynie mięśnia królika; aż do 2 M stężenia mocznika stopień spiralizacji przy tym się nie zmienia, podobnie jak skręcalność optyczna. Uwzględniając te fakty należy przyjąć, że wzrost udziału szybko rekombinujących niesparowanych elektronów nie jest wywołany przez zwiększenie ilości odcinków α -spirali.

Konstancja Jakutowicz

ZMIANY KATABOLIZMU KWASU DEZOKSYRYBONUKLEINOWEGO ORAZ ZMIANY W MECHANIZMIE WYDALANIA TYMIDYNY Z MOCZEM U SZCZURÓW PO NAŚWIE TL ENIU PROMIENIAMI JONIZUJĄCYMI *

Dotychczasowe badania nad katabolizmem kwasu dezoksyrybonukleinowego (DNA) w celu ustalenia roli poszczególnych populacji komórkowych w ogólnym obrazie objawów popromiennych przeprowadzano na poszczególnych narządach oraz całych organizmach. Wartość wyników tej ostatniej grupy badań obniżał fakt nie-

* O. J. Tereszchenko: *Postlucziwyye izmieniennija katabolizma DNK u krysi i mekhanizmy tymidinurji*, Biochimija, 1968, T. 33, Nr 5, s. 969.

uwzględnienia ilości wydalanego z moczem swoistego metabolitu DNA-tymidyny w stosunku do jej ogólnej ilości w organizmie. Oprócz tego nieuwzględniono możliwości syntezy tymidyny w organizmie od nowa. Uzyskane w ten sposób dane uniemożliwiają ustalenie całkowitego katabolizmu DNA w organizmie oraz jego względnego wzrostu po naświetleniu.

Autor — O. J. Tereszczenko — postanowił określić całkowitą ilość endogennie powstającej tymidyny w normalnym i naświetlonym organizmie oraz względnej ilości tymidyny pochodzenia anabolicznego i katabolicznego. Autor usiłował również określić katabolizm DNA w całym organizmie w stanie normalnym i po naświetleniu.

W oparciu o założenie, że wydalana z moczem tymidyna nie jest pod względem pochodzenia jednorodna, obliczano za pomocą równania współczynnik dla tymidyny pochodzenia endogennego oraz pochodzącej z rozkładu DNA. Dane do obliczeń ilościowych uzyskano przez wprowadzanie do organizmu znakowanej tymidyny oraz znakowanego kwasu orotowego. Po obliczeniu współczynnika tymidyny endogennej oraz jej bezwzględnej ilości w stanie normalnym oraz po naświetleniu, można określić wielkość zmiany katabolizmu DNA po naświetleniu na podstawie przyrostu wydalanego z moczem metabolitu. Oprócz tego, gdyby udało się oznaczyć ogólną ilość powstającej endogennie tymidyny, można by ustalić bezwzględny całkowity katabolizm DNA oraz wielkość przyrostu katabolizmu DNA po naświetleniu.

Z danych doświadczalnych i obliczeń wynika, że ogólna radioaktywność wydalaną z moczem jak i znakowanej tymidyny w moczu wykazuje zależność wykładniczą od czasu. Dla okresu 0—16 godzin, półokres wydalanania wynosi 2—2,5 godziny; dla okresu 6—60 godzin półokres wydalanania wynosi 20 godzin, a dla okresu 3—7 dni — półokres wynosi 3 doby. Półokres wydalanania 2—2,5 godzin dotyczy tej frakcji nukleozydu, która nie weszła jeszcze na drogę przemian biologicznych.

W wyniku obliczeń ustalono ilość tymidyny wydalonej w okresie czasu 0—∞ i tymidyny syntetyzowanej w organizmie normalnych i naświetlonych zwierząt oraz tymidyny pochodzącej z przemiany DNA. W oparciu o te dane obliczono sumaryczny katabolizm DNA, który u normalnych zwierząt jest o jeden rząd wielkości mniejszy niż u naświetlonych. Odnosi się to do początkowego okresu po naświetlaniu. Wyniki te pokrywają się dobrze z wcześniejszymi wynikami badań autora oraz z danymi niektórych autorów stwierdzających nagromadzenie się wolnego DNA i produktów jego rozpadu w tkankach wrażliwych na promieniowanie jonizujące. Autor uważa, że we wczesnych okresach po napromieniowaniu rozpad komórek odgrywa główną rolę w katabolizmie DNA.

Okres (II) 16—60 godzin oraz (III) 60 godzin — 8 dni na wykresie dotyczy ilości C^{14} -tymidyny wprowadzonej do organizmu, która została włączona w skład względnie trwałej frakcji DNA. Jeśli uwzględni się, że w warunkach równowagi aktywność właściwa katabolitu DNA jest prostolinijną funkcją aktywności właściwej DNA tkanek, to jasne jest, że wykładniki krzywych II i III charakteryzują ogólną regenerację DNA szybko odtwarzających się komórek populacji organizmu.

Porównanie dynamiki obniżania się aktywności właściwej T-DNA podobnych tkanek z jednej strony oraz aktywności właściwej tymidyny moczu — z drugiej, wykazuje wyraźną zgodność. Zgodność ta występuje jeszcze wyraźniej przy porównaniu $T_{1/2}$ krzywych obniżania się aktywności tymidyny w DNA.

Takiemu pogładowi o wzajemnym stosunku T moczu i T-DNA tkanek nie przeczą różnice w ich aktywności właściwej. Niższa aktywność właściwa T-DNA tkanek jest spowodowana silniejszym oznakowaniem DNA szybko odtwarzających się populacji komórek, które również są głównym źródłem aktywności T moczu, natomiast stanowią mniejszą część DNA tkanki.

Ciekawe jest również zagadnienie, jakie populacje komórek są źródłem „dodatkowo” katabolizującego DNA po naświetleniu. Z otrzymanych danych wynika, że

po napromieniowaniu w ciągu 24—48 godzin po wprowadzeniu związku znakującego, aktywność właściwa „dodatkowo” katabolizującego DNA jest znacznie niższa niż aktywność normalnie rozpadającego się DNA. Dane te świadczą o tym, że zmienia się nie tylko ilość, lecz również skład rozpadających się komórek. Wyraźnie występuje przyspieszenie rozpadu grupy komórek o stóśunkowo niskiej zawartości substancji znakującej.

Do tej grupy zalicza się zarówno populacje komórek tkanek wrażliwych na promieniowanie w późniejszych stadiach diferencjacji, jak i populacje komórek tkanek odpornych na promieniowanie. Prawdopodobnie słuszne jest przypuszczenie, że głównym źródłem dodatkowo katabolizującego DNA są komórki tkanek wrażliwych na promieniowanie. Potwierdza to jeszcze fakt, że po upływie 5—6 dni od wprowadzenia do organizmu substancji znakującej, aktywność właściwa dodatkowo katabolizującego się DNA zbliża się do aktywności normalnie katabolizującego DNA. W tym okresie aktywność właściwa DNA w późniejszych stadiach rozwoju w związku z włączeniem substancji znakującej zbliża się do aktywności właściwej komórek we wcześniejszych stadiach rozwoju (obniża się w związku z regeneracją). Jest to szczególnie ciekawe, gdyż według Nigaarda i Pottera aktywność właściwa komórek tkanek wrażliwych na promieniowanie (śledziony, przewodu pokarmowego, szpiku kostnego itp.) nie zmienia się po naświeteniu.

W świetle wyników autora wybiórczość występuje na skutek przegrupowania składników komórkowych już w pierwszych godzinach po naświeteniu.

Konstancja Jakutowicz

STYMULOWANIE SYNTEZY DNA W KULTURZE KOMÓREK ŚLEDZIONY MYSZY PRZEZ HETEROLOGICZNĄ PRZECIWLIMFATYCZNĄ I PRZECIWGLOBULINOWĄ SUROWICĘ *

Stwierdzono wyraźne działanie hamujące heterologicznej surowicy przeciwlifocytowej (ALS) w stosunku do wielu procesów odpornościowych oraz reakcji transplantacji, lecz mechanizm tej reakcji nie jest znany. Ani aktywność cytotoksyczna ani aktywność aglutynacji nie koreluje z zahamowaniem odporności.

Autorzy w swej pracy zajmują się aktywacją komórek limfatycznych myszy *in vitro*. Badano dynamikę właściwości aktywujących króliczej surowicy przeciwlifatycznej na myszack i porównywano z działaniem innej heterologicznej surowicy odpornościowej — przeciwiglobulinowej (AGS), która również wywołuje transformacje blastyczne limfocytów *in vitro*. ALS przygotowywano przez immunizowanie królików mieszaniną komórek grasicy i węzłów chłonnnych. AGS otrzymywano przez immunizowanie królików gamma globuliną myszy.

Znaczenie „sterylnej inaktywacji” limfocytów w obniżaniu odporności ALS i AGS ustalono przez porównanie działania obu surowic na przebieg homotransplantacji.

W tabeli zestawiono wyniki działania ALS i AGS *in vivo* i *in vitro*. ALS wykazywała znacznie wyraźniejsze działanie obniżające odporność niż AGS. Przeszczepy u myszy, którym podano wcześniej ALS utrzymywały się średnio około 36 dni w porównaniu z kontrolą (12 dni) i AGS (15 dni). Zdolność aglutynacji komórek limfo-

* E. Skamene, Jana Sejkorova, K. Nouza, J. Ivanyi: *Stimulation of DNA in the culture of mouse-spleen cells by means of heterologous antilymphocytic and antiglobulin sera*, Folia biologica Academia Scientiarum Bohemoslovaca. 1968, t, 14, nr 4, s. 289.

cytów obu surowic i reakcja cytotoksyczna wykazywały różnice. Stymulowanie syntezy DNA przez ALS było znacznie silniejsze niż przez AGS.

Niektóre hipotezy utrzymują, że efekt stymulujący ALS może odgrywać ważną rolę również *in vivo*. Zgodnie z innymi autorami stwierdzono u myszy hyperplazję śledziony proporcjonalną do ilości dawek ALS.

Z drugiej strony jest jasne, że za działanie *in vivo* jest odpowiedzialna nie wyłącznie sterylna inaktywacja. Limfatyczna hyperplazja wywołana przez ALS nie jest zjawiskiem regularnym.

Intensywniejsza synteza DNA przez ALS może być wywołana tym, że ALS jest surowicą przeciw wszystkim komórkom limfatycznym zawierającym przeciwciała i dlatego wiąże większą ilość komórek niż AGS; drugim wytłumaczeniem może być różnica w mianie leukoaglutynacji.

Z otrzymanych wyników należy wnosić, że zarówno cytotoksyny, leukoaglutyniny oraz przeciwciała wywołujące aktywację limfocytów nie mogą być jedynymi wskaźnikami aktywności ALS *in vivo*.

Konstancja Jakutowicz

NARUSZENIE MECHANIZMU TRANSPORTUJĄCEGO BIAŁKA Z MIKROSOMÓW DO MITOCHONDRIÓW WYWOŁANE PRZEZ NAPROMIENIOWANIE ORGANIZMU *

Przeprowadzone dotychczas badania wskazują, że w mitochondriach znajdują się układy reduplikacji, transkrypcji i translacji informacji genetycznych. Jednak teoretyczna ocena zdolności przekazywania informacji przez DNA mitochondriów oraz zestawienie danych dotyczących syntezy białek w mitochondriach *in vivo* i *in vitro* nasuwa przypuszczenie, że tylko pewna część białek jest w nich autonomicznie, genetycznie determinowana. Większość białek występujących w mitochondriach jest syntetyzowana w rybosomach cytoplazmy pod kontrolą genomu jądrowego komórki i po syntezie następuje ich przemieszczenie do mitochondriów. Ponieważ „importowane” białka nie tylko stanowią znaczny procent ogólnej ilości białek mitochondriów, lecz również zawierają najważniejsze składniki biorące udział w przemianie mitochondriów, jest oczywiste, że transport białek zajmuje jedną z najważniejszych pozycji w utrzymaniu stałości składu białkowego oraz w funkcjonowaniu tych organelli, a wszelkie zmiany mogą stać się przyczyną naruszenia funkcjonowania mitochondriów.

Celem pracy autorów było badanie transportu białek w układach „krzyżowych” otrzymanych z wątroby normalnych i napromieniowanych szczurów oraz badanie tego procesu w wątrobie i śledzionie całego organizmu w warunkach ostrego porażenia popromiennego.

Wstępnym etapem pracy było ustalenie istnienia niepełnej autonomii determinacji genetycznej biosyntezy białek w mitochondriach. W tym celu przeprowadzono próbę włączania C^{14} do mitochondriów *in vivo*, *in vitro* oraz mikrosomów zawierających składniki znakowane, przeprowadzając próby na układach złożonych z wyizolowanych składników.

Następnym etapem było przeprowadzenie prób na kombinacji wyizolowanych składników komórkowych różnego pochodzenia tzn. z normalnych i naświetlonych zwierząt (szczurów). Jeśli się przyjmie radioaktywność podstawową mikrosomów

* A. P. Gałkin, E. W. Piskariewa, A. G. Dżaczenko, I. F. Paskiewicz, I. N. Todorow: *Ob izmienienii transporta bielkow iz mikrosom w mitochondrii pri ostrom łuczewom poraženii organizma*, Biochimija 1968, t. 33, nr 3, s. 981.

za 100% (odpowiednio normalnych względnie naświetlonych zwierząt) to różnice między radioaktywnością wyjściową a końcową można uważać za wskaźnik ilości oddzielonych od mikrosomów białek.

Największe obniżenie radioaktywności w mikrosomach występuje w mieszaninie składającej się tylko z mikrosomów, płynu komórkowego oraz frakcji mitochondrialnych naświetlonych zwierząt. Po rozpatrzeniu 7 innych kombinacji można przypuszczać, że większe obniżenie radioaktywności mikrosomów związane jest z jakimiś właściwościami tej naświetlonej frakcji. Jednak pewien wpływ na proces transportu białek posiadają również właściwości płynu komórkowego i mitochondriów.

Największe nagromadzenie radioaktywności w płynie komórkowym występuje wówczas, gdy pozostałe składniki pochodzą z naświetlonych szczurów.

Najważniejszym etapem jest transport białek, syntetyzowanych w mikrosomach, do mitochondriów. W tych doświadczeniach autorzy badali radioaktywność wszystkich frakcji białkowych mitochondriów. Jednak najwyraźniejszy wzrost radioaktywności występuje tylko we frakcji białek rozpuszczalnych w wodzie i fosforanach oraz nieoczyszczonej frakcji cytochromu c. Frakcja białek rozpuszczalnych w wodzie (strukturalnych lub niektórych innych) zawierała tylko ślady radioaktywności.

Największą radioaktywność C^{14} stwierdzono w mieszaninie składającej się z mikrosomów naświetlonych zwierząt oraz płynu komórkowego i mitochondriów z normalnych zwierząt. Stosunkowo dużą radioaktywność stwierdzono również w mieszaninie składającej się ze składników pochodzących z normalnych zwierząt.

Dane te wskazują, że decydującym czynnikiem w przenoszeniu białek do mitochondriów jest stan płynu komórkowego: w obecności normalnego płynu komórkowego transport odbywa się sprawniej niż w obecności naświetlonego. Jednak obecność w płynie komórkowym mikrosomów z naświetlonych zwierząt zwiększa dodatkowo transport na skutek łatwości usuwania substancji znakowanych. Najmniej sprawny transport białek występuje przy składzie mieszaniny z mikrosomów normalnych a pozostałych składników z naświetlonych szczurów. Paradoksalnie, transport białek do mitochondriów nie jest najmniej sprawny w mieszaninie zawierającej wszystkie składniki z naświetlonych zwierząt.

Można przypuszczać, zgodnie z Kadenbachem (Biochim. et biophys. acta 1967, t. 134 s. 406), że sprawność płynu komórkowego zależy od obecności jakiegoś czynnika zależnego od ATP, którego aktywność niszczy napromieniowanie. W przypadku frakcji cytochromu c występuje podobna zależność.

Można więc uważać obniżenie sprawności transportowej *in vitro* przede wszystkim za wynik naruszenia aktywności „transportowej płynu komórkowego” a w mniejszym stopniu za naruszenie właściwości funkcjonalnych mitochondriów.

Gdyby *in vivo* po naświetleniu w organizmie występowało również obniżenie sprawności transportowej białek, to można by się spodziewać wyraźnego obniżenia radioaktywności we frakcji białek rozpuszczalnych w wodzie i fosforanach oraz we frakcji cytochromu c (tzn. w białkach doprowadzanych z mikrosomów). Przeprowadzone badania dotyczyły wątroby i śledziony oraz frakcji białek mitochondrialnych.

Chromatograficzny rozdział białek wykazał wyraźne obniżenie aktywności właściwej we wszystkich frakcjach białek komórkowych rozpuszczalnych w wodzie wątroby i śledziony w odcinku krzywej pokrywającym się z lokalizacją standardowego preparatu heksokinazy, DNA-azy i RNA-azy.

Przebieg krzywej chromatograficznej frakcji białek rozpuszczalnych w fosforanach wykazuje również obniżenie na całej długości w porównaniu z krzywą otrzymaną dla nienaświetlonych zwierząt.

Najciekawsze są zmiany w aktywności frakcji zawierającej cytochrom c. Wykresy wykazują, że naświetlanie promieniami jonizującymi wywołuje obniżenie aktyw-

ności właściwej we frakcji cytochromu c utlenionego i zredukowanego wątroby i śledziony.

Według autorów, obniżenie aktywności właściwej po naświetleniu całego organizmu jest wynikiem naruszenia *in vivo* zdolności transportowej białek z mikrosomów do mitochondriów. Jeśli w stosunku do frakcji cytochromu c to twierdzenie nie wywołuje zastrzeżeń, gdyż znane jest jego cytoplazmatyczne pochodzenie i synteza pod kontrolą jądra DNA, to odnośnie heksokinazy, DNA-azy oraz RNA-azy można wyrażać tylko przypuszczenia, gdyż w komórce miejsce syntezy nie jest znane, a o lokalizacji determinantów genetycznych można snuć tylko domysły. Dlatego nie można wykluczyć możliwości, że biosynteza wymienionych enzymów jest kontrolowana przez DNA mitochondriów, a obniżenie aktywności właściwej jest tylko wynikiem naruszenia zdolności syntezy układów syntetyzujących białka w mitochondriach. Jednak jest to mało prawdopodobne, gdyż istnieją dane doświadczalne (8), według których wszystkie rozpuszczalne w wodzie białka są pochodzenia pozamitochondrialnego.

Według autorów wzrost aktywności szeregu enzymów w płynie komórkowym nie jest wynikiem ich wymywania z mitochondriów, lecz jest wynikiem zmniejszenia zdolności przeniesienia ich do mitochondriów, co prawdopodobnie jest związane z: 1) wzrostem prędkości usuwania białek z mikrosomów, 2) zahamowaniem aktywności „składników transportujących” w płynie komórkowym, 3) w mniejszym stopniu ze zdolnością włączania białek do mitochondriów. Współdziałanie wymienionych czynników wywołuje zablokowanie reakcji transportu w płynie komórkowym, co powoduje nagromadzenie w nim białek mikrosomalnych.

Z zablokowaniem reakcji transportu można by np. łączyć zwolnienie fosforylacji oksydatywnej 28, 29 na skutek pewnego niedoboru cytochromu c w mitochondriach. Oprócz badanych trzech enzymów może występować również zahamowanie (być może częściowe) wielu innych istotnych dla metabolizmu enzymów związanych z funkcją mitochondriów.

Omawiane dane dotyczą naruszenia aktywności transportowej w określonym stadium porażenia popromiennego. W rzeczywistości można stwierdzić występowanie wahań aktywności co sześć godzin w wątrobie, natomiast w śledzionie występował stopniowy spadek aktywności, lecz po 24 godzinach zjawiała się tendencja wzrostu do poziomu normalnego.

Przyczyny tych wahań pozostają nie wyjaśnione, zwłaszcza nie wyjaśniony jest powrót aktywności właściwej białek rozpuszczalnych w wodzie do normy w 24 godziny po naświetleniu.

Pewne światło na ten proces mogą rzucić badania ultrastruktury tkanek normalnych i naświetlonych po upływie 24 godzin nad rozmieszczeniem mitochondriów i odcinków endoplazmatycznego reticulum w kompleksie z rybosomami.

Ciekawe jest wyraźne zmniejszenie odległości i „opłatanie” mitochondriów włóknam i endoplazmatycznego reticulum „nasyconego” rybosomami. W zestawieniu tego zjawiska z aktywnością właściwą rozpuszczalnych w wodzie białek należy przypuszczać, że prawdopodobnie nie nastąpiło odtworzenie zdolności biochemicznych transportu białkowego przez płyn komórkowy, lecz nastąpiły procesy rekompensujące, związane z dynamiczną przebudową ultrastruktury cytoplazmy, w wyniku czego nastąpiło znaczne skrócenie odległości między „donatorem” białek (mikrosomami) a ich receptorami (mitochondriami), co daje wrażenie powrotu do normy. Ta efemeryczna kompensacja jest osiągana na skutek poważnych zmian strukturalno-morfologicznych w naświetlonych komórkach organizmu.

BADANIA NAD ZMIANAMI PROCESÓW BIOCHEMICZNYCH POD WPLYWEM PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO

Badania dotyczące zmian występujących po napromieniowaniu całego organizmu zwierzęcego obejmują coraz szerszy zakres, przy czym oprócz stosowania dawek subletalnych i półletalnych niektórzy badacze zaczynają stosować stosunkowo małe dawki promieniowania jonizującego.

Do prac, w których stosowano stosunkowo niewielkie dawki promieniowania, należy zaliczyć dalszy ciąg badań prowadzonych przez A. T. Pikulewa wraz z M. P. Konjajewą i M. G. Tkaczem. W pracy swej (*Ukrainskij biochimicznyj żurnał*, 1968, t. 40, nr 3, s. 250) badali oni przebieg zmian aktywności aminotransferaz alaniny i kwasu asparaginowego w różnych frakcjach struktur komórkowych mózgu po naświetleniu białych szczurów dawkami 40 r promieni rentgena oraz 13,5 radami neutronów średniej energii. Oznaczenia przeprowadzono po upływie 2 lub 24 godzin od momentu naświetlenia.

Stwierdzono, że tej wielkości dawki nie wywoływały istotnych zmian w ciężarze, liczbie leukocytów i erytrocytów oraz w aktywności transaminaz surowicy. Natomiast we frakcji mitochondriów aktywność alanino-aminotransferazy wzrasta w okresie do 2 godzin i 24 godzin po naświetleniu, a aktywność asparagino-aminotransferazy obniża się w okresie do 2 godzin po naświetleniu, a w okresie od 2 godzin do 24 godzin po naświetleniu nieco wzrasta w porównaniu z grupą kontrolną. Autorzy przypuszczają, że zmiana aktywności transaminowania alaniny i kwasu asparaginowego jest związana ze zmianą zawartości białka w mitochondriach. W związku z tym autorzy przeprowadzili oznaczenia ilościowe białka w mitochondriach ustalając aktywność właściwą.

Autorzy przypuszczają, że można wytłumaczyć zmiany aktywności transaminowania enzymów zmianą zawartości kwasu pirogronowego oraz ketoglutazarowego po naświetleniu.

Stwierdzono również różnice w przebiegu zmian aktywności badanych enzymów w przypadku stosowania promieniowania rentgenowskiego i neutronów.

Badania nad prędkością reakcji transaminowania kwasu asparaginowego i ketoglutazarowego wykazały, że pod wpływem promieniowania jonizującego występują zmiany w poszczególnych tkankach. Wiadomo jednak również, że prędkość transaminowania katalizowana przez asparaginoaminotransferazę zależy między innymi także od poziomu glukokortykoidów w organizmie. Rola hormonów kory nadnercza w zmianie aktywności tego enzymu pod wpływem promieniowania jonizującego nie została jeszcze wyjaśniona.

Za dalszy cel badań Pikulew i współpracownicy (*Ukrainskij biochimicznyj żurnał*, 1968, t. 40, nr 5, s. 514) postawili wyjaśnienie zależności zmian aktywności asparagino-aminotransferazy we frakcjach struktur podkomórkowych mózgu po naświetleniu promieniami jonizującymi u szczurów poddanych chirurgicznej i farmakologicznej adrenalectomii. Wielkość dawek promieniowania jonizującego była taka sama jak w wyżej omówionej pracy, stosowano również dawki kortizolu jako ochronę przed skutkami promieniowania.

Stwierdzono, że aktywność asparagino-aminotransferazy (AST) we frakcjach subkomórkowych mózgu zwierząt naświetlonych zmienia się w zależności od rodzaju promieniowania jonizującego oraz od czasu naświetlania. Zmiany prędkości transaminowania zależą również od wyjściowego stanu funkcjonalnego między układem przysadka mózgowa — kora nadnercza. Świadczą o tym wyniki doświadczenia, w którym podawano zwierzętom duże dawki kortizolu hamujące działalność kory nadnerczy. Przy farmakologicznej adrenalectomii ogólna aktywność AST obniża się, co jest prawdopodobnie spowodowane zmniejszeniem się prędkości tran-

saminowania kwasu asparaginowego i ketoglutazarowego we frakcjach mitochondrialnej i mielinowej.

Po „wyłączeniu” kory nadnerczy, zmiany w aktywności AST w poszczególnych frakcjach subkomórkowych u zwierząt doświadczalnych i normalnych oraz po podaniu ich działaniu neutronów średniej energii i promieni rentgenowskich, mają inny przebieg. W zmianach aktywności AST główną rolę odgrywają hormony kory nadnerczy. U zwierząt z farmakologiczną i chirurgiczną adrenalektomią, wywołane pod wpływem neutronów zmiany aktywności AST są podobne u obu grup, z tym, że chirurgiczna adrenalektomia powoduje większą intensywność zmian.

Uzyskane wyniki świadczą o tym, że właściwości promieniowania różnego rodzaju występują wyraźnie po usunięciu kory nadnerczy.

Bez względu na liczne prace z zakresu biochemii radiacyjnej dotyczącej przemiany cukrowców, O. S. Borysowa postanowiła zbadać wpływ promieniowania jonizującego na tę przemianę, gdyż dotychczas mechanizm jego działania nie został jeszcze wyjaśniony. Borysowa w swej pracy (Ukrainskij biochimicznyj żurnal, 1968, t. 40, nr 3, s. 292) zbadała działanie promieniowania jonizującego oraz czynników chemicznych razem i oddzielnie na aktywność α -amylazy oraz α -glukanfosforylasy w wątrobie i surowicy królików. W doświadczeniach stosowano jednorazową dawkę 900 r. Jako czynnik chemiczny stosowano embitol w ilości 12,4 mg/kg LD₅₀.

Naświetlania promieniami rentgena powodowały w wątrobie wzrost aktywności α -amylazy, natomiast aktywność α -glukanfosforylasy początkowo zmniejszała się a później nieco wzrastała. Embitol wywoływał w wątrobie identyczne, lecz słabsze zmiany w aktywności α -amylazy jak promieniowanie natomiast aktywność α -glukanfosforylasy była wyraźnie hamowana. Przy łącznym zastosowaniu promieniowania i embitolu działanie hamujące na α -glukanfosforylase wzmacnia się.

Ostatnio ukazały się prace nad fosforylacją oksydacyjną w tkance nerwowej naświetlonej promieniami jonizującymi. A. I. Dworeckij i O. D. Rewa badali zmiany aktywności fosforylacji oksydacyjnej w różnych odcinkach rdzenia kręgowego (Ukrainskij biochimicznyj żurnal, 1968, t. 40, nr 5, s. 508). Wielkość dawki promieniowania dla kotów wynosiła 1200 r. W doświadczeniu zastosowano różne substraty: kwas bursztynowy, kwas glutaminowy i α -ketoglutazarowy, których utlenianie rozpoczyna się na różnych poziomach łańcucha oddechowego.

Stwierdzili oni, że intensywność fosforylowania i utleniania poszczególnych substratów w odcinku lędźwiowym nie jest jednaka. W różniących się funkcjonalnie i morfologicznie tkankach odcinka lędźwiowego utlenianie kwasu bursztynowego przebiega najintensywniej w substancji szarej wyrostków przednich, nieco słabiej w substancji szarej wyrostków tylnych, a najmniej intensywnie w substancji białej.

Piątego dnia po napromieniowaniu występuje wyraźne zahamowanie procesów utleniania i fosforylacji oraz ich rozkojarzenie w substancji szarej przedniego i tylnego wyrostka rdzenia oraz w substancji białej, jeśli intensywność tych procesów określało się w zubożonym środowisku Dahla i Samsona. We wszystkich odcinkach rdzenia kręgowego fosforylacja ulega silniejszemu zahamowaniu niż utlenianie.

Przemiana fosfolipidów (FL) odgrywa ważną rolę w procesach życiowych wszystkich tkanek organizmu zwierzęcego. Fosfolipidy występują w lipoproteidach mitochondriów i mikrosomów, biorą udział w tworzeniu błon komórkowych, wpływając w znacznym stopniu na ich przepuszczalność i przenikliwość oraz na inne właściwości.

Przeprowadzono już szereg badań nad zmianami ogólnej ilości fosfolipidów (FL) w poszczególnych narządach po naświetleniu zwierząt, lecz nie przeprowadzono badań nad zmianą procentowej zawartości poszczególnych frakcji fosfolipidów (FL).

E. F. Sopin i W. M. Gajdaj (Ukrainskij biochemicznyj żurnal, 1968, t. 40, nr 3, s. 297) w swej pracy ze świnkami morskimi, które naświetlano jednorazowo letalną dawką 500 r, przeprowadzili badania dotyczące zmian ilościowych we frakcjach fosfolipidów (FL) w mięśniach, wątrobie i mózgu w końcowym okresie (10 dnia) choroby popromiennej.

W celu ustalenia prędkości odnawiania poszczególnych frakcji fosfolipidów (FL) na 2 godziny przed dekapitacją, podawano zwierzętom $\text{Na}_2\text{HP}^{32}\text{O}_4$ w ilości 1 g 0,02 $\mu\text{C}/1$ g ciężaru ciała. Po ekstrakcji frakcje fosfolipidów (PL) rozdzielano metodą chromatografii cienkowarstwowej.

Z przeprowadzonych badań wynika, że poszczególne tkanki różnią się zawartością ogólną fosfolipidów (FL) oraz poszczególnych frakcji. Po napromieniowaniu ogólna zawartość fosfolipidów oraz poszczególnych frakcji zmienia się również niejednakowo.

W mięśniach, obniżeniu ogólnej zawartości fosfolipidów (FL) po naświetleniu o 25% towarzyszy jednak obniżenie zawartości sfingomielin o 38% i lecytyny o 39%, a wzrost serynofosfatydów o 30%.

W wątrobie największe obniżenie zawartości wykazuje: lecytyna o 62%, etanolaminofosfatydy i poliglicerofosfatydy o 30% i 57%; natomiast zawartość sfingomielin wzrasta o około 13%, przy czym ogólna ilość fosfolipidów (FL) zmniejsza się o 38%.

W mózgu ilość fosfolipidów (FL) obniża się o 20%, a zawartość sfingomielin, lecytyn i poliglicerofosfatydów zmniejsza się o 23,3%, 22,6% i 22,6%.

Uzyskane wyniki świadczą o tym, że w końcowym okresie choroby proces rozpadu fosfolipidów (FL) przeważa nad procesem syntezy, ale nie w jednakowym stopniu we wszystkich frakcjach fosfolipidów (FL); największe zmiany składu występują w wątrobie.

Podobnie prędkość odnawiania ogólnej zawartości fosfolipidów (FL) zmniejsza się o 18% w mięśniach, o 36,5% w wątrobie, a w mózgu o 41,5%, przy czym w niektórych frakcjach występuje wzrost względnie zmniejszenie prędkości procesu syntezy (np. sfingomieliny o 37,6%).

Pod wpływem promieniowania jonizującego w poszczególnych tkankach w końcowym stadium choroby zachodzą poważne zmiany w ogólnej zawartości fosfolipidów (FL) oraz ich frakcji, a także w procesach syntezy i rozpadu. Według autorów może to być spowodowane właściwościami fizjologicznymi i morfologicznymi poszczególnych tkanek. Prawdopodobne jest przypuszczenie, że układy enzymów katalizujących biosyntezę poszczególnych fosfolipidów (FL) są inaktywowane w różnym stopniu.

W profilaktyce i terapii choroby popromiennej duże znaczenie przypisuje się grupie witamin B, do której zalicza się również cholinę. Stosunkowo niedawno wykryto obecność choliny w koenzymie cytydynofosfocholinie, która bierze udział w procesie biosyntezy lecytyny. Cholina bierze również udział w różnych procesach przemiany w organizmie, wchodzi w skład najważniejszych fosfolipidów (FL) oraz w skład acetylcholino.

E. F. Sopin i W. H. Gajdaj postanowili zbadać wzajemną zależność przemiany fosfolipidów (FL) i choliny w stanach patologicznych (Ukrainskij biochemicznyj żurnal, 1968, t. 40, nr 5, s. 527).

W wyniku doświadczenia stwierdzili oni, że podskórne wprowadzanie świnkom morskim chlorowodoru choliny w ciągu 10 dni po napromieniowaniu, prowadzi do wzrostu ogólnej zawartości fosfolipidów (FL): prawie do normy w mięśniach i mózgu, a w wątrobie występuje silny wzrost ogólnej zawartości fosfolipidów (FL) oraz wszystkich frakcji, chociaż nie w jednakowym stopniu w porównaniu ze zwierzętami normalnymi.

Cholina wprowadzona do organizmu przyczynia się więc również do intensywności odnawiania fosfolipidów (FL) zarówno u zwierząt naświetlonych jak i nie-naświetlonych.

Wprowadzanie do organizmu choliny, zwiększając intensywność syntezy fosfolipidów (FL), według autorów, zwiększa również ich ogólną zawartość w organizmie.

Ostatnio wykryto doniosłą rolę procesów metylowania w biosyntezie związków biologicznie aktywnych oraz związek metylowania z przemianą aminokwasową i lipidów. Naruszenie procesu metylowania prowadzi do stanów chorobowych (gruźlica, nowotwory złośliwe). Napromieniowanie narusza procesy metylowania, można więc przypuszczać, że je hamuje.

Konstancja Jakutowicz

PRACE ZAKŁADÓW I INSTYTUTÓW NAUKOWYCH

PIĘDZIESIĘCIOLECIE DZIAŁALNOŚCI INSTYTUTU IM. M. NENCKIEGO *

(Przebieg uroczystości jubileuszowych oraz sympozjów naukowych w dniach 9—12 grudnia 1968 w Warszawie)

Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego obchodził w dniach 9—12 grudnia 1968 r. pięćdziesiąt lat swojego istnienia.

Instytut nosi imię Marceliego Nenckiego (1847—1901) prekursora nowych kierunków badań w dziedzinie fizjologii i biochemii, jednego z najznakomitszych biologów końca XIX wieku. Sytuacja polityczna kraju w owym czasie zmusiła Nenckiego do studiów oraz prowadzenia badań naukowych na obczyźnie. Studia lekarskie i chemiczne odbył on w Niemczech, gdzie rozpoczął też pierwsze badania naukowe. Przez następne dwadzieścia lat był profesorem chemii fizjologicznej oraz kierownikiem Instytutu Chemii Medycznej w Bernie (Szwajcaria), skąd w 1891 r. na zaproszenie ówczesnych władz carskiej Rosji wyjechał do Petersburga, aby zorganizować dział chemii w nowoutworzonym wówczas Instytucie Medycyny Eksperymentalnej, w którym współpracował ze słynnym fizjologiem rosyjskim I. P. Pawłowem.

Przebywając stale za granicą nie zapominał o Polsce, z którą łączyły go bliskie kontakty naukowe, wynikiem których było — między innymi — odkrycie wspólnie z L. Marchlewskim z Krakowa pokrewieństwa w zakresie budowy chemicznej barwnika krwi hemoglobiny oraz barwnika roślinnego — chlorofilu, co było nowym ważkim dowodem na korzyść teorii o wspólnym pochodzeniu świata zwierzęcego i roślinnego. Nencki miał wielu asystentów i współpracowników Polaków; brał często udział w zjazdach Polskiego Towarzystwa Przyrodników i Lekarzy, oraz publikował liczne prace w polskich czasopismach naukowych. Był on członkiem honorowym licznych polskich towarzystw naukowych, członkiem Polskiej Akademii Umiejętności i doktorem honoris causa Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Wyrazem przywiązania do kraju była też jego wola, aby był pochowany na cmentarzu w Warszawie.

Myśl utworzenia Instytutu imienia M. Nenckiego zrodziła się pośród jego bliskich współpracowników wkrótce po jego śmierci tj. po 1901 r., lecz ze względu na ogólną sytuację polityczną, która poprzedziła wybuch I Wojny Światowej, zrealizowana być mogła dopiero w 1918 r.

W wyniku połączenia zakładów biologiczno-doświadczalnych Towarzystwa Naukowego Warszawskiego utworzono z inicjatywy szeregu osób, a głównie Kazimierza Białaszewicza (1882—1943) Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego. Siedzibą Instytutu był gmach TNW w Warszawie przy ulicy Śniadeckich 8. W skład Instytutu wchodziły następujące zakłady: Fizjologii (K. Białaszewicz), Biologii (Romuald Minkiewicz, 1878—1944), od 1920 r. utworzona przez Alfreda Lityńskiego (1880—1945) Stacja Hydrobiologiczna na Wigrach oraz od 1922 r. Zakład Embriologii

* Autor artykułu wyraża podziękowanie prof. J. Konorskiemu, prof. L. Wojtczakowi, doc. W. Drabikowskiemu oraz doc. R. Klekowskiemu za dostarczenie materiałów dotyczących sympozjów naukowych w dziedzinie neurofizjologii, biochemii i hydrobiologii.

Szczegółowy opis historii powstania oraz rozwoju działalności naukowej Instytutu im. M. Nenckiego Czytelnik może znaleźć w wydawnictwie zbiorowym pt. „Pięćdziesiąt lat działalności Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego 1918—1968” PWN — Warszawa 1968, 1—184.

Eksperymentalnej, przemianowany następnie na Zakład Morfologii Doświadczalnej pod kierunkiem J. Eismonda, a następnie Jana Dembowskiego (1889—1963).

W następnych latach utworzono ponadto Zakład Biometrii (1928) pod kierunkiem J. Neymana, Stację Morską na Helu (1932) pod kierunkiem Mieczysława Boguckiego (1884—1965), Stację Rzeczną w Pińsku (1937) pod kierunkiem Jerzego Wiszniewskiego (1908—1944).

Instytut utworzył też dużą bibliotekę i prowadził szeroką akcję wydawniczą (*Acta Biologiae Experimentalis*, *Prace Instytutu im. M. Nenckiego*, *Statistica*, *Archivum Hydrobiologii i Rybactwa*, *Biuletyn Stacji Morskiej na Helu*). Badania Zakładu Fizjologii dotyczyły zagadnienia przemiany materii i energii u zwierząt, biochemii mięśni oraz fizjologii pracy człowieka. W latach trzydziestych wprowadzono nowy kierunek badawczy — fizjologię układu nerwowego, który rozwijał się w zakresie zagadnienia pobudliwości nerwów obwodowych, przekazywania nerwowo-mięśniowego oraz zagadnień wyższych czynności nerwowych.

Badania Zakładu Biologii oraz Zakładu Morfologii Doświadczalnej dotyczyły zachowania się pierwotniaków, zjawisk regeneracyjnych u zwierząt oraz zachowania się instynktownego i nabytego owadów i kręgowców.

Stacje terenowe, na Wigrach, na Helu oraz w Pińsku prowadziły badania w zakresie ekologii i fizjologii zwierząt wodnych i hydrografii.

W czasie II Wojny Światowej wszystkie pomieszczenia Instytutu, tak w Warszawie jak i poza nią, uległy całkowitemu zniszczeniu. Zmarło szereg czołowych jego pracowników, wśród nich tacy jak: K. Białaszewicz, R. Minkiewicz, A. Lityński, J. Wiszniewski i wielu innych. Pracę nad restytuowaniem Instytutu trzeba było zacząć od nowa. Z inicjatywy J. Dembowskiego, S. Dembowskiej, S. Niemierkowej, W. Niemierki, J. Konorskiego oraz L. Lubińskiej rozpoczęto jego budowę już w 1945 r. Początkową siedzibą Instytutu była Łódź, gdyż w zburzonej Warszawie nie istniały możliwości uzyskania lokalu.

W Łodzi Instytut uzyskał gmach, który zaadaptowano do potrzeb badawczych i w którym rozwijał się on do 1954 r., kiedy to mógł powrócić do Warszawy do specjalnie dla niego zbudowanego gmachu przy ul. Pasteura 3. Szybki rozwój odbudowanego Instytutu możliwy był zarówno dzięki zapałowi jego pracowników, jak i wydatnej pomocy ze strony państwa. Z chwilą utworzenia Polskiej Akademii Nauk (kwiecień 1952 r.) Instytut, jako jeden z pierwszych został włączony do sieci jej placówek.

Dyrektorem Instytutu w okresie powojennym do 1961 r. był profesor J. Dembowski i następnie do 1967 r. prof. W. Niemierko, a od stycznia 1968 r. prof. J. Konorski.

W chwili obecnej Instytut posiada cztery zakłady: Biochemii (kierownik — L. Wojtczak), Neurofizjologii (kierownik — J. Konorski), Biologii (kierownik — S. Dryl), i Hydrobiologii Eksperymentalnej (kierownik — R. Klekowski) oraz bibliotekę (kierownik — H. Adler), Oddział Hodowli Zwierząt Doświadczalnych, Oddział Konserwacji Aparatury Naukowej. W latach 1951—1962 w skład Instytutu wchodziła Stacja Hydrobiologiczna w Mikołajkach (przekazana następnie Zakładowi Ekologii), a w latach 1955—1961 także Zakład Psychologii, przekazany następnie Uniwersytetowi Warszawskiemu.

Aktualna działalność badawcza Instytutu prowadzona jest w trzech zasadniczych kierunkach:

- 1) badania budowy, fizjologii i biochemii komórki zwierzęcej, w szczególności zaś analizy współzależności pomiędzy strukturą a funkcją komórki i jej organelli oraz mechanizmów regulacyjnych;
- 2) badania mechanizmów regulacji nerwowej procesów fizjologicznych ruchu i zachowania się zwierząt, w szczególności zaś badań wyższych czynności

nerwowych i fizjologii mózgu oraz fizjologicznych mechanizmów różnych form nabytych zachowania się zwierząt;

- 3) badania przemiany materii i energii u zwierząt w poszczególnych narządach i tkankach, w rozmaitych stanach fizjologicznych i stanach rozwojowych oraz w różnych warunkach środowiska. Badania te dotyczą również mechanizmów fizjologicznych i biochemicznych sterujących przepływem energii w organizmach żywych oraz bilansu energetycznego.

Instytut prowadzi intensywną współpracę z wieloma placówkami naukowymi w kraju jak i za granicą; między innymi z placówkami Związku Radzieckiego, Stanów Zjednoczonych AP, Anglii, Szwecji, Francji, Japonii, Węgier, Belgii, Holandii, Szwajcarii, Czechosłowacji, NRD, Chile i innych. Współpraca ta polega na wspólnych konferencjach naukowych, wspólnych pracach badawczych oraz wymianie pracowników i współpracy wydawniczej.

Zgodnie z założeniami Instytut prowadzi badania w dziedzinie nauk podstawowych, które znajdują zastosowanie w naukach stosowanych. Badania Zakładu Neurofizjologii posiadają duże znaczenie dla neurochirurgii, neurologii, psychiatrii oraz pedagogiki i higieny pracy. Badania Zakładu Biochemii posiadają powiązania z naukami medycznymi i agrobiologią. Prace zakładów Hydrobiologii i Biologii są wykorzystywane dla zwiększenia produktywności naturalnych i sztucznych zbiorników wodnych.

Instytut wydaje obecnie trzy wydawnictwa naukowe: *Acta Biologiae Experimentalis*, *Acta Protozoologica*, *Polskie Archiwum Hydrobiologii*.

Instytut ma poważny wkład w kształcenie wyspecjalizowanej kadry naukowej. W okresie powojennym 70 pracowników uzyskało stopień doktora, 20 stopień docenta, a 8 tytuł profesora, spośród których trzech zostało członkami Polskiej Akademii Nauk. Długoletni pracownik i dyrektor Instytutu, Jan Dembowski był też pierwszym prezesem (1952—57) Polskiej Akademii Nauk.

W chwili obecnej Instytut zatrudnia ogółem 229 osób, w tym 61 pracowników nauki (17 samodzielnych).

Uroczystości jubileuszowe z okazji 50-lecia Instytutu im. M. Nenckiego odbyły się w dniu 9 grudnia 1968 r. w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie.

W godzinach przedpołudniowych miała miejsce uroczysta Sesja Jubileuszowa, którą otworzył prof. W. Niemierko, witając zebranych, a wśród nich prof. Janusza Groszkowskiego, prezesa Polskiej Akademii Nauk, prof. Henryka Jabłońskiego, ministra Oświaty i Szkolnictwa Wyższego oraz przybyłych gości z zagranicy.

Przemówienia okolicznościowe wygłosili:

Prof. J. Groszkowski, prezes Polskiej Akademii Nauk,

Prof. H. Jabłoński, wiceprezes PAN, minister Oświaty i Szkolnictwa Wyższego, Lord Adrian (Cambridge, Anglia) — w imieniu Royal Society,

Prof. A. E. Asratian (Moskwa, ZSRR) — w imieniu Wydziału Nauk Biologicznych Ak. Nauk ZSRR oraz w imieniu Instytutu Wyższych Czynności Nerwowych Ak. Nauk ZSRR,

Prof. M. N. Lubimowa (Moskwa, ZSRR) — w imieniu Instytutu Biochemii im. S. Bacha oraz w imieniu Instytutu Biologii Molekularnej Ak. Nauk ZSRR,

Prof. S. Neifakh (Leningrad, ZSRR) — w imieniu Instytutu Medycyny Eksperymentalnej w Leningradzie,

Prof. J. Kuryłowicz, przewodniczący Rady Naukowej przy Ministerstwie Zdrowia i Opieki Społecznej w imieniu Ministerstwa,

Prof. S. A. Pieniążek, sekretarz Wydziału Nauk Rolniczych i Leśnych Polskiej Akademii Nauk,

Prof. J. Szentagothai (Budapest, Węgry) — w imieniu Węgierskiej Akademii Nauk,

- Prof. D. B. Lindsley (Los Angeles, USA) kierownik Zakładu Psychologii Uniwersytetu Kalifornijskiego,
Prof. G. G. Winberg (Leningrad, ZSRR) — w imieniu Instytutu Zoologii Akademii Nauk ZSRR,
Prof. Z. Raabe, dyrektor Instytutu Zoologii Uniwersytetu Warszawskiego — w imieniu Wydziału Nauk Biologicznych PAN,
Prof. J. Heller — w imieniu Komitetu Biochemicznego i Biofizycznego PAN,
Prof. J. Walawski — w imieniu Komitetu Nauk Fizjologicznych PAN,
Prof. W. Gajewski — w imieniu Instytutu Biochemii i Biofizyki Polskiej Akademii Nauk,
Prof. Z. Grodziński,
Prof. K. Demel.

Instytut otrzymał kilkadziesiąt telegramów i listów z gratulacjami oraz życzeniami dalszego pomyślnego rozwoju od wielu naukowców i instytucji naukowych w kraju i za granicą, między innymi również od krewnych Marcelego Nenckiego z Warszawy i Szwajcarii.

Prof. W. Niemierko wygłosił odczyt pt. „Historia powstania i działalności Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego”, w którym zaznajomił zebranych ze zmiennymi kolejami losu Instytutu w okresie minionych lat pięćdziesięciu. Na uwagę zasługuje fakt, że obchody 50-lecia istnienia Instytutu obfitowały w nadzwyczaj bogaty program naukowy. Pierwszego dnia popołudniu odbyła się sesja plenarna, na którą złożyły się cztery referaty.

Pierwszy referat pod tytułem „Progress in Brain Physiology in the Present Century” wygłosił Lord Adrian (Cambridge, Anglia) laureat nagrody Nobla, jeden z najznakomitszych fizjologów świata. Lord Adrian w niezmiernie ciekawych wywodach, opartych przede wszystkim na własnych wspomnieniach przedstawił postęp w dziedzinie fizjologii mózgu od czasów sprzed pierwszej wojny światowej, podkreślając ogromną rolę jaką odegrał w tym zakresie rozwój techniki, a zwłaszcza zastosowanie czujników elektrycznych i wzmacniaczy w badaniach elektrofizjologicznych.

Następny referat pod tytułem „Rozwój badań nad rolą mózgu w zachowaniu się zwierząt”, był wygłoszony przez prof. Jerzego Konorskiego. W referacie tym prelegent zobrazował główne kierunki badań nad integracyjną czynnością mózgu, poczynając od lat trzydziestych naszego wieku, zatrzymując się w szczególności na kierunkach badawczych Pawłowa, Beritowa, Lashley'a, Hulla i Skinnera.

Prof. Julian Rżóska (Londyn, Anglia) w referacie pt. „Bioenergetics research in section — Productivity of freshwater Communities — of International Biological Programme” omówił zadania Międzynarodowego Programu Biologicznego w zakresie badań produktywności środowisk wodnych. Autor podkreślił znaczenie badań nad przepływem energii przez biocenozy pod kątem wydajności tych procesów, które mogą prowadzić w końcu do produktów użytecznych dla gospodarki człowieka.

Na zakończenie Sesji Plenarnej prof. Kazimierz Zakrzewski w referacie pt. „Rola Biochemii” podkreślił znaczenie współczesnej biologii, która rozpatruje zjawiska życia jako wynik współdziałania dwóch kardynalnych systemów: zasobu informacji i aparatu informację realizującego. Struktura i funkcja makromolekuł odgrywających kluczową rolę w tych systemach, jest głównym przedmiotem badań biochemii. Ponieważ zasób informacji i jej realizowanie leży u podstaw wszystkich funkcji biologicznych na wszystkich szczeblach złożoności przejawów życia — biochemii przypadła rola integracyjna w stosunku do innych dyscyplin nauki o życiu.

W dniach 10—12 grudnia 1968 r. odbyły się cztery sympozja naukowe o cha-

rakterze międzynarodowym, zorganizowane przez poszczególne zakłady Instytutu a dotyczące aktualnych zagadnień z dziedziny biochemii, neurofizjologii, biologii i hydrobiologii. W sympozjach tych uczestniczyło około czterystu naukowców polskich oraz 30 naukowców z zagranicy, którzy od wielu lat są w stałym kontakcie z Instytutem im. M. Nenckiego i pracują w pokrewnych dziedzinach.

Tematy sympozjów były następujące:

1. „Błony biologiczne — struktura i funkcja” (organizatorzy: prof. L. Wojtczak i doc. W. Drabikowski).
2. „Mechanizmy mózgowe zachowania się” (organizator: prof. J. Konorski).
3. „Fizjologia ruchu pierwotniaków” (organizator: doc. S. Dryl).
4. „Bioenergetyka zwierząt wodnych” (organizator: doc. R. Klekowski).

Sympozjum zorganizowane przez Zakład Biochemii Instytutu i zatytułowane „Błony biologiczne — struktura i funkcja” (10—11.XII.68 r.) poświęcone było głównie dwu rodzajom wewnątrzkomórkowych struktur błoniastych, mianowicie mitochondriom i wewnątrzplazmatycznemu układowi siateczkowemu.

Jednym z bardziej obecnie aktualnych zagadnień dotyczących funkcji błon biologicznych jest aktywny transport i wybiórcza przepuszczalność. Sprawom tym w odniesieniu do mitochondriów poświęcone było kilka referatów sympozjalnych. G. L. Sottocasa (Triest, Włochy) przedstawił swoje badania dotyczące przepuszczalności błon mikrosomalnych i zewnętrznych błon mitochondrialnych wobec nukleotydów nikotynamidowych. Autor wykazał, że zewnętrzne błony mitochondrialne są łatwo przepuszczalne dla tych nukleotydów, podczas gdy przepuszczalność mikrosomów jest ograniczona, lecz wzrasta pod wpływem kationów dwuwartościowych (np. Ca^{++} lub Mg^{++}). Badania te nie tylko wyjaśniają niektóre właściwości struktur wewnątrzkomórkowych, lecz także wskazują na jeszcze jedną cechę różniącą wewnątrzplazmatyczny układ siateczkowy (frakcja mikrosomów) i zewnętrzne błony mitochondrialne.

A. Fonyo (Budapeszt, Węgry) referował swoje wcześniejsze, jak również i najnowsze badania nad mechanizmem transportu jonów fosforanowych przez błony mitochondrialne. Badania te wykazały m. in., że związki blokujące grupy sulhydrylowe białek w sposób wybiórczy hamują transport jonów fosforanowych do wnętrza mitochondriów, a także wychodzenie tych jonów z mitochondriów do środowiska.

Transport metabolitów w mitochondriach był przedmiotem referatu W. Kunza (Magdeburg, NRD). Ograniczył się on do omówienia transportu bursztynianu i szczawiooctanu, przedstawiając własne badania nad wpływem różnych czynników na ten proces i wysuwając przypuszczenia co do mechanizmu tego transportu.

J. Bielawski (Poznań) mówił o wiązaniu kationów dwuwartościowych przez mitochondria. Przedstawił on badania dotyczące energetyki transportu wapnia (i innych dwuwartościowych kationów) przez błony mitochondrialne oraz kinetyki i innych właściwości tego procesu.

Transport nukleotydów adeninowych w mitochondriach był przedmiotem referatu E. D. Duée i P. V. Vignais (Grenoble, Francja). Wobec niemożności wzięcia osobistego udziału w sympozjum autorzy nadesłali pełny tekst referatu, który został na sympozjum odczytany. Referat dotyczył najnowszych badań autorów nad translokacją nukleotydów, prowadzonych przy użyciu fosfoniowych analogów ATP i ADP.

Translokacji nukleotydów adeninowych w mitochondriach dotyczył również częściowo referat L. Wojtczaka (Warszawa, Instytut im. M. Nenckiego). Referat omówił hamujące działanie kwasów tłuszczowych na transport nukleotydów w całych mitochondriach oraz na wiązania nukleotydów przez preparaty błon mitochondrialnych. Ponadto autor przedstawił badania własne i współpracowników nad

przepuszczalnością zewnętrznych błon mitochondrialnych wobec cytochromu c i nad wewnątrzmitochondrialną lokalizacją syntezy fosfolipidów.

Syntezie fosfolipidów i lipidów objętych w komórce wątrobowej poświęcony był referat Pauliny Włodawer (Warszawa, Instytut im. M. Nenckiego). Autorka przedstawiła badania nad syntezą lipidów w poszczególnych organellach komórkowych i wykazała współdziałanie poszczególnych struktur komórkowych w tworzeniu różnych lipidów.

Inny aspekt współdziałania między mitochondriami a cytoplazmą omawiał S. A. Neifakh (Leningrad, ZSRR). Wykryte przez niego białko, kinazyna, wytwarzane w mitochondriach reguluje proces glikolizy zachodzący w cytoplazmie. Autor przedstawił ostatnie badania nad biosyntezą kinazyny w izolowanych mitochondriach i omówił działanie tego białka na glikozę.

Maria Erecińska (Warszawa) przedstawiła badania nad występowaniem i wewnątrzmitochondrialną lokalizacją enzymów nukleolitycznych.

Sesję poświęconą mitochondriom zamknął referat J. Michejdy (Poznań) stanowiący interesujący przegląd badań i hipotez dotyczących biogenezy mitochondriów.

Drugi dzień obrad dotyczył sarkoplazmatycznego retikulum (wewnątrzplazmatycznego układu siateczkowego komórki mięśniowej). W. Hasselbach z Instytutu Maxa Plancka (Heidelberg, NRF), jeden z odkrywców funkcji sarkoplazmatycznego retikulum, polegającej na regulacji stężenia jonów wapnia w komórce mięśniowej, omówił swoje ostatnie badania nad kinetyką przepływu tych jonów przez fragmenty błon retikularnych.

A. Kovér (Debreczyn, Węgry) zreferował wyniki badań nad wpływem fosfolipazy C i detergentów, niszczących strukturę błon na specyficzne właściwości fragmentów sarkoplazmatycznego retikulum, to jest na zdolność wiązania jonów wapnia na koszt ATP. Wpływowi wolnych kwasów tłuszczowych na te właściwości poświęcony był następny referat W. Drabikowskiego i M. G. Sarzały (Warszawa, Instytut im. M. Nenckiego).

Następnie E. Varga (Debreczyn, Węgry) omówił badania nad skurczem mięśnia żaby wywołanym bezpośrednim lub pośrednim działaniem nikotyny na powierzchnię włókna.

Na Sympozjum przedstawiono również dwa krótkie komunikaty: Z. Ruczaja i K. Raczyńskiej-Bojanowskiej (Warszawa) na temat zmian w ścianie komórkowej u *Streptomyces* w czasie produkcji antybiotyku i J. Knapowskiego (Poznań) dotyczący wpływu kwasu etakrynowego na transport jonów sodu przez skórę żaby.

Sympozjum w dziedzinie neurofizjologii, które odbyło się w dniach 10 i 11 grudnia, dotyczyło zagadnień mechanizmów kontroli mózgowej zachowania się zwierząt. Po otwarciu sympozjum i powitaniu gości zagranicznych przez prof. J. Konorskiego jako pierwszy zabrał głos wybitny neuroanatom węgierski, członek Węgierskiej Akademii Nauk, J. Szentagothai z Budapesztu, który przedstawił najnowsze dane, dotyczące „synaptologii” (tj. badań nad połączeniami między komórkami nerwowymi) w korze mózgowej. Następnym mówcą był wybitny amerykański fizjolog mózgu D. B. Lindsley (Los Angeles, USA), który omawiał neurofizjologiczne mechanizmy uwagi i percepcji, badane przy pomocy odbierania potencjałów czynnościowych mózgu u zwierząt i ludzi w stanie czuwania. R. Gawroński z Instytutu Automatyki PAN przedstawił wyniki swoich prac nad modelowaniem sieci warstwowych analogicznych do układów komórek nerwowych w mózgu. Dr B. A. Baldwin (Cambridge, Anglia) i doc. S. Soltysik (Instytut im. M. Nenckiego) przedstawili wyniki wspólnej pracy nad reakcjami odroczonymi, które rzucają nowe światło na mechanizmy nerwowe tzw. pamięci krótkotrwałej.

Następne posiedzenie było poświęcone aspektom działalności ruchowej zwie-

rzat. B. Żernicki (Instytut im. M. Nenckiego) omówił odruchy fiksacji wzrokowej u kotów, badane przy pomocy metody izolowanego mózgu. C. N. Woolsey, wybitny neurofizjolog z Madison, członek Akademii Nauk USA, przedstawił wyniki swych najnowszych prac (opartych m. in. na wspólnych badaniach z T. Górską — Instytut im. M. Nenckiego), dotyczących organizacji funkcjonalnej okolicy ruchowej kory mózgowej u zwierząt. Denis Albe-Fessard z Paryża, która należy do rzędu najwybitniejszych neurofizjologów Francji, mówiła o zależności między drogami aferentnymi i eferentnymi w okolicy ruchowej kory mózgowej. R. Tarnecki i J. Konorski (Instytut im. M. Nenckiego) przedstawili wyniki swej ostatniej pracy nad mechanizmem reakcji ruchowych, wywołanych drażnieniem wzgórza. Wreszcie E. A. Asratian, wybitny neurofizjolog radziecki z Moskwy, przedstawił własną koncepcję hamowania wewnętrznego.

Trzecie posiedzenie było głównie poświęcone organizacji funkcjonalnej okolicy przedczołowej kory mózgowej. Należał tu referat S. Stamma, wybitnego neurofizjologa amerykańskiego z New Yorku, referat W. Ławickiej (Instytut im. M. Nenckiego), która przedstawiła wyniki wspólnej pracy z L. Stępnem i S. Stammem, oraz referat S. Sołtysika (Instytut im. M. Nenckiego) i K. Jaworskiej (Instytut Psychoneurologiczny w Pruszkowie). E. Fonberg (Instytut im. M. Nenckiego) mówiła o całokształcie swych prac dotyczących układu limbicznego, rządzącego stanami emocjonalnymi zwierząt. R. Livingston, wybitny neurofizjolog amerykański z San Diego, przedstawił własną koncepcję mechanizmów fizjologicznych uczenia się.

Wreszcie na czwartym posiedzeniu przedstawiono różne aspekty badań nad analizatorem słuchowym u zwierząt. J. Rose, wybitny neuroanatom amerykański polskiego pochodzenia (Madison, USA), przedstawił wyniki swych interesujących badań, dotyczących kodowania informacji we włóknach nerwu słuchowego u małpy. W. H. Thorpe, jeden z najznakomitszych etologów współczesnych (Cambridge, Anglia) omówił zagadnienie imitacji reakcji głosowych u ptaków. O. L. Zangwill, wybitny psycholog angielski (Cambridge, Anglia), omawiał zagadnienie dominacji półkuli mózgowej u człowieka. Wreszcie K. Zieliński (Instytut im. M. Nenckiego) przedstawił wyniki swoich prac nad różnicowaniem intensywności bodźców dźwiękowych.

Dyskusja nad referatami była rzeczowa i bardzo żywa. W dniu 12 grudnia wszyscy uczestnicy sympozjum spotkali się raz jeszcze na posiedzeniu dyskusyjnym w Instytucie im. M. Nenckiego, na którym omówiono najistotniejsze zagadnienia, poruszone podczas obrad na poprzednich posiedzeniach.

Sympozjum w dziedzinie biologii doświadczalnej pt. „Fizjologia ruchu pierwotniaków” odbyło się w dniach 10 i 11 grudnia 1968 r. z udziałem 4 uczestników z za granicy i kilkudziesięciu krajowych. Otwarcia sympozjum dokonał S. Dryl, który na wstępie powitał gości zagranicznych i zaznaczył, że jest to pierwsze — w skali krajowej — sympozjum protozoologiczne o charakterze międzynarodowym.

Pierwszym mówcą był wybitny biolog amerykański, R. D. Allen (Albany, N. Y., USA), który przedstawił nowe dane, dotyczące fizjologii ruchu amebowego; referat jego był ilustrowany kolorowym filmem, wykonanym przy zastosowaniu techniki mikroskopii fazowo-kontrastowej i interferencyjnej.

Referat L. Kuźnickiego (Instytut im. M. Nenckiego) był również ilustrowany filmem kolorowym (wykonanym wspólnie z autorami amerykańskimi: T. L. Jahnem i J. R. Fonseca z Los Angeles), którego zadaniem było wykazanie, że ruch pojedynczej rzęski *Paramecium* w środowisku o zwiększonej lepkości jest bardzo podobny do ruchu wici i nie wykazuje postulowanej przez licznych autorów fazy szybkiego uderzenia tzw. „efektywnego” oraz powoli zachodzącej fazy uderzenia „powrotnego”. Wynik tych obserwacji zdaje się wskazywać na znacznie dalej idące

analogie morfofizjologiczne tych dwóch form ruchu niż to można by przypuszczać na podstawie dawniej prowadzonych badań.

W referacie pt. „Physical aspects of the motility of flagellated microorganisms” M. W. Holwill (Londyn, Anglia) dokonał interesującej analizy fizycznej ruchu wiciowego u pierwotniaków i plemników zwierząt tkankowych.

Zjawisko zmiany kierunku spiralizacji ruchu u *Paramecium* zostało szczegółowo omówione przez L. N. Seravina (Leningrad, ZSRR). Autor wykazał, że zmiana kierunku spiralizacji ruchu u *Paramecium* zachodzi w wyniku aktywnej reakcji organizmu na bodźce chemiczne względnie fizyczne, a nie jest — jak błędnie przypuszczano — rezultatem przystosowania hydrodynamicznego do zmienionych warunków środowiska.

W drugim dniu obrad referat S. Dryla (Instytut im. M. Nenckiego) pt. „Response of ciliate protozoa to external stimuli” zainaugurował serię referatów, poświęconych reaktywności ruchowej pierwotniaków na różnego rodzaju bodźce zewnętrzne. W referacie swoim S. Dryl podkreślił szczególnie ważną rolę jonów potasu i wapnia w zjawiskach pobudliwości ruchowej organizmów jednokomórkowych.

M. A. Sleight (Bristol, Anglia) w referacie pt. „Factors affecting the excitation of contraction in *Spirostomum*” poddał szczegółowej analizie pojawienie się spontanicznych bądź indukowanych prądem elektrycznym skurczów *Spirostomum* pod wpływem niektórych czynników chemicznych w zależności od stężenia jonów Ca^{2+} w środowisku otaczającym.

M. Doroszewski (Instytut im. M. Nenckiego) na podstawie wieloletnich badań własnych opisał sposób reagowania orzęska *Dileptus anser* na bodźce mechaniczne przed i po operacjach mikrochirurgicznych. Badania te pozwoliły określić dość dokładnie strefę ciała pierwotniaka wykazującą szczególną wrażliwość na bodźce fizyczne oraz stanowią ważny przyczynek do lepszego poznania gradientu fizjologicznego przednio-tylnego u orzęsków.

W. Korohoda, L. Rakoczy i T. Walczak (Zakład Fizjologii Roślin UJ, Kraków) przedstawili wyniki doświadczeń, w których w sposób kontrolowany można było wpływać na kierunek ruchu protoplazmy w plasmodium; referat był ilustrowany filmem 16 mm, białoczarnym.

W ostatnim referacie pt. „Quantitative estimations of thresholds of electrostatic reactions in *Amoeba proteus*” W. Korohoda i A. Kurowska (Zakład Fizjologii Roślin UJ, Kraków) wykazali, że reakcje u ameby są określone wyłącznie przez natężenie pola elektrycznego a nie gęstość prądu jonowego płynącego przez środowisko.

Należy podkreślić, że wszystkie referaty zgłoszone na sympozjum „Fizjologia ruchu pierwotniaków” były żywo dyskutowane zarówno przez specjalistów w tej dziedzinie wiedzy, jak i zainteresowane osoby spośród audytorium. Wiele z poruszonych zagadnień będzie dyskutowane w dalszym ciągu na zbliżającej się III Międzynarodowej Konferencji Protozoologów w Leningradzie (w lipcu 1969 r.), gdzie przewiduje się odbycie narad w ramach specjalnej sesji, poświęconej zagadnieniom fizjologii ruchu organizmów jednokomórkowych.

Sympozjum z dziedziny hydrobiologii na temat: „Bioenergetyka zwierząt wodnych” odbyło się w dniach 10–12 grudnia z udziałem 5 gości z zagranicy oraz około 150 uczestników krajowych, spośród których najliczniejszą grupę stanowili pracownicy Zakładu Hydrobiologii Eksperymentalnej Instytutu im. M. Nenckiego PAN oraz Zakładu Ekologii PAN. Na program sympozjum złożyły się zarówno referaty przeglądowe, jak i doniesienia z aktualnie prowadzonych prac badawczych.

Na wstępie docent R. Klekowski powitał serdecznie gości z zagranicy oraz uczestników krajowych sympozjum udzielając następnie głosu G. Winbergowi (Leningrad, ZSRR), przewodniczącemu Sekcji Słodkowodnej w Międzynarodowym Pro-

gramie Biologicznym. Mówił on o dotychczasowych wynikach badań hydrobiologów radzieckich nad przepływem energii i bilansami energetycznymi różnego typu jezior, bardziej szczegółowo analizując bilans energetyczny eutroficznego jeziora Dryświaty.

E. Zeuthen (Kopenhaga, Dania) poruszył ważne zagadnienie zależności intensywności metabolizmu oddychania organizmów zwierzęcych od ich wielkości. Wynikające z tych badań wnioski o charakterze ewolucyjnym i ekologicznym wskazują na wiodącą rolę adaptacji intensywności metabolizmu do warunków środowiska w procesie ewolucji. Omówione zależności i ich zgeneralizowane matematyczne ujęcie są jedną z podstaw obliczania bilansów energetycznych zwierząt.

J. Philipson (Londyn, Anglia) przedstawił metodę tzw. „Best estimate”, pozwalającą na podstawie znajomości średniej intensywności oddychania kolejnych klas wielkości w rozwoju ontogenetycznym gatunku obliczyć straty energii na metabolizm w rzeczywistych populacjach tego gatunku.

Interesującą hipotezę o współzależności między intensywnością filtracji u zwierząt wodnych a intensywnością ich procesów oddychania przedstawiła M. B. Iwanowa (Leningrad, ZSRR). Ilościowe ujęcie i matematyczny opis tych współzależności mogą okazać się bardzo przydatne dla prób oceny bilansów energetycznych u zwierząt planktonowych.

Z kolei A. Duncan (Londyn, Anglia) omówiła zależność poziomu metabolizmu u *Daphnia hyalina* od cyklu rozwojowego zarówno w warunkach hodowli doświadczalnych, jak i w populacjach naturalnych. Bardzo interesująco wypadła zwłaszcza kalkulacja obliczonych na tej podstawie wydatków energetycznych na rozwój i rozród *Daphni*.

R. Klekowski (Instytut im. M. Nenckiego) omówił w swoim referacie sposób obliczania produktywności ekologicznej w postaci sumy przyrostów populacji lub eliminacji. Zdaniem autora jedynie sposób oparty na eliminacji może dać rzeczywisty obraz produkcji, przekazywanej do innych poziomów troficznych.

R. Klekowski przedstawił też metodę tzw. kumulatywnych bilansów energetycznych, która przy zastosowaniu zasady eliminacji do obliczania produktywności — pozwala na scharakteryzowanie badanej populacji jako konwertora energii oraz umożliwia ocenę wydajności populacji w przekształcaniu energii pokarmu na postać dostępną dla dalszych ogniw łańcucha pokarmowego.

W licznych referatach omawiano poza tym opracowane w Zakładzie Hydrobiologii Instytutu im. M. Nenckiego zagadnienia, dotyczące wydajności przekształcania energii asymilacji i wykorzystania energii pokarmu dla produkcji tkanek konsumenta (Z. Fischer), roli warunków zewnętrznych przy ustalaniu się poziomu metabolizmu zwierząt wodnych (E. Kamler), zastosowania kalorymetrii ekologicznej i bioenergetycznej (T. Prus), roli bakterii jako rekuperantów energii (E. Fischer), problemu osmoregulacji w związku z filogenetyczną adaptacją zwierząt wodnych (E. Styczyńska-Jurewicz) oraz roli substancji organicznej rozpuszczonej bądź zawieszonej w wodzie (A. Dowgiałło).

Z innych referatów przedstawionych na sympozjum hydrobiologicznym na uwagę zasługuje interesujący referat Z. Kajaka (Warszawa), który podał wstępne oceny przepływu energii przez naturalny zespół — jezioro oraz omówił zależności troficzne między głównymi zespołami (plankton, bentos) i głównymi poziomami troficznymi.

Zagadnienia ogólnych prawidłowości produkcji pierwotnej w środowisku wodnym, jej specyfikę i intensywność oraz dostępność dla konsumentów zwierzęcych omówił syntetycznie w swoim referacie A. Szczepański (Mikołajki). Z kolei referaty P. Wolnego (Żabieniec) i S. Wróbla (Kraków) dotyczyły roli produkcji pierwotnej dla intensywności produkcji rybackiej w stawach rybnych, podczas gdy T. Backiel

(Warszawa) przedstawił interesujące dane na temat produkcji i konsumpcji w populacjach ryb rzecznych.

W ramach krótkich 10-minutowych doniesień, ilustrujących na konkretnych przykładach wyżej wymienione zagadnienia głos zabrali również: E. Pieczyńska, M. Gilewicz, Z. Kajak, K. Dusoge, B. Ranke-Rung, A. Ilkowska, T. Węgleńska, T. Baciakiel, E. Bobiatyńska-Ksok, C. Felińska, A. Łysak, A. Godlewska-Lipowa, J. Kucias i inni.

Stanisław Dryl

PRZEGLĄD PROJEKTÓW BADAŃ MIĘDZYNARODOWEGO PROGRAMU BIOLOGICZNEGO. BADANIA PRODUKCJI WTÓRNEJ W ŚRODOWISKACH LĄDOWYCH

W roku 1967 została zakończona wstępna, przygotowawcza faza Międzynarodowego Programu Biologicznego (MPB) poświęcona w poszczególnych krajach ustaleniu programów badawczych i znalezieniu najbardziej odpowiedniej metodyki ich realizacji. Obecnie trwa faza druga — pięcioletni okres właściwych badań.

W pracach Międzynarodowego Programu Biologicznego uczestniczy obecnie 56 krajów, z czego około 40 nadesłało programy badań, które będą prowadzone w ciągu kilku najbliższych lat.

Jedną z głównych dziedzin MPB są badania produktywności biologicznej. Chodzi w nich:

- o zmierzenie i porównanie wielkości produkcji roślinnej i zwierzęcej różnych środowisk,

- o poznanie systemu czynników, tak środowiskowych jak i biotycznych, od których zależy wielkość produkcji,

- o poznanie funkcjonowania ekosystemu, to jest o analizę dróg przepływu energii i o pomiar ilości energii przepływającej przez ekosystem oraz o analizę krążenia pierwiastków w ekosystemie i o poznanie zależności tych procesów od właściwości strukturalnych ekosystemu.

Badania takie, prowadzone w skali całego świata, powinny przynieść ogromny materiał porównawczy o sposobie użytkowania i wykorzystania energii przez bardzo różne organizmy i o funkcjonowaniu biocenoz różnych regionów geograficznych — od najuboższych — obszarów Arktyki i Antarktyki do bogatych tropików, od obszarów dzikich, pierwotnych do środowisk uprawnych, od suchych — obszarów pustyni do podmokłych i tak dalej. Badania te pozwolą jak się wydaje, określić czynniki decydujące o wysokości produkcji.

Chyba po raz pierwszy zaistniała możliwość zebrania danych w sposób porównywalny — dzięki powszechnemu zastosowaniu ujednoliconych metod i dzięki wyrażaniu danych w porównywalnych jednostkach — mianowicie w kaloriach. Daje to możliwość porównania w sposób wymierny nawet skrajnie różnych zbiorowisk.

Uważa się, że takie porównawcze badania staną się podstawą z jednej strony — do poszukiwania niewykorzystanych rezerw energii w przyrodzie, z drugiej zaś — do umiejętnego pokierowania gospodarką przyrody.

Podjęcie Międzynarodowego Programu Biologicznego ukierunkowało i nasiliło badania ekologiczne na świecie. W wielu krajach rozwinięto w związku z tym programem całą nową gałąź powiązanych ze sobą badań lub wzmożono i przekształcono badania prowadzone poprzednio.

Wiele podejmowanych tematów (około 40%) poprzestaje na ocenie produkcji pierwotnej (roślinnej) środowiska. Przy tym jest tendencja, aby badania w tym zakresie były uzupełnione analizą siedliska — danymi o warunkach, w jakich za-

chodzi produkcja roślinna. Prowadzone są często bardzo drobiazgowo pomiary ilości światła dochodzącego do roślin, temperatury, ilości opadów, ilości pary wodnej, wilgotności gleby, zawartości składników odżywczych w glebie itp.

Ponad połowa tematów (około 60%) zajmuje się zagadnieniami produkcji wtórnej, czyli produkcji organizmów żyjących kosztem energii wyprodukowanej przez rośliny. Produkcja wtórna często badana jest w powiązaniu z oceną produkcji pierwotnej. Jest tak oczywiście zawsze w badaniach przepływu energii przez cały ekosystem i w wielu tematach poświęconych oddziaływaniu zwierząt na roślinność i odwrotnie. Wiele jednak tematów poświęconych jest wyłącznie badaniu różnych aspektów produkcji wtórnej.

Ogólnie, badania które dotyczą także produkcji wtórnej podzielić można na 3 grupy:

- 1) badania produktywności całych ekosystemów,
- 2) badania procesów rozkładu martwej materii,
- 3) badania produktywności organizmów roślinożernych. Tematy z dwu ostatnich kategorii mogą dotyczyć pojedynczych populacji lub całych poziomów troficznych.

1. BADANIA PRODUKTYWNOŚCI EKOSYSTEMÓW

Badania poświęcone całym ekosystemom stanowią z konieczności niewielką część ogólnej liczby podjętych tematów. Takich badań wszystkich węzłowych procesów w ekosystemach lądowych jest około 30, wobec ogólnej liczby kilkuset tematów poświęconych produktywności na lądzie. Oczywiście trudno porównywać ze sobą tematy pod względem samej ich liczby. Każde badanie ekosystemu musi być z natury rzeczy bardzo szerokie i scalać wyniki wielu tematów cząstkowych. Badania całych ekosystemów lądowych prowadzone są w Australii, Anglii, Belgii, St. Zjednoczonych, Zw. Radzieckim, Kanadzie, Japonii, Indiach, Hiszpanii, Holandii, Indii i Jugosławii. Rozpoczęto takie badania także w Polsce.

Nadesłane programy badań poszczególnych krajów zostały zresztą opracowane nie z jednakową dokładnością. Niektóre kraje przedstawiły drobiazgowo wszystkie zagadnienia, jakie mają być opracowywane, inne przedstawiały jakby spis tytułów podjętych badań. Przedstawiony tu przegląd bazuje z konieczności głównie na dokładniej omówionych programach. Stąd w opracowaniu mogły zaistnieć pewne nieścisłości.

Zamierzeniem badań ekosystemów jest poznanie przepływu energii przez poszczególne poziomy troficzne — to znaczy ocena ilości energii dopływającej do ekosystemu w postaci energii słonecznej, ilości energii związanej przez rośliny i sposobu rozchodowania jej. Szacuje się więc ile energii zużywają rośliny na swoje procesy życiowe, a ile z niej zabierają zwierzęta roślinożerne i z kolei drapieżne, a jaka część produkcji roślinnej dochodzi do ściółki i gleby w postaci martwych szczątków — i jak szybko jest tam rozkładana przez organizmy saprofagiczne.

Badane jest także równocześnie krążenie związków chemicznych. Oznacza się ilość i skład soli odżywczych pobranych przez rośliny — oraz tempo i drogi ich powrotu z powrotem do gleby. Chodzi w tych badaniach także o poznanie jakie czynniki ograniczają wielkość produkcji. Określa się więc możliwie dokładnie warunki środowiska — głównie mikroklimat i żyzność gleby, a także czynniki działające wewnątrz biocenozy — wielkość strat energetycznych, zachodzących przy przechodzeniu do następnego poziomu troficznego. Ilość energii odkładanej i z opóźnieniem włączanej do obiegu (np. ściółka leśna, złogi suchych traw na niekoszonych łąkach itp.). Badana jest wydajność wykorzystania energii słonecznej przez roślinność i następnie wydajność wykorzystania roślin przez następne poziomy troficzne.

Z reguły wszystkie tematy obejmujące całe ekosystemy zajmują się mierzaniem

ilości energii związanej przez rośliny i mierzeniem tempa jej uwalniania oraz tempa krążenia materii. Badane są więc efekty działania organizmów, natomiast nie zawsze badane są same organizmy, mimo że to one powodują obieg materii i w rezultacie stałe odnawianie zasobów środowiska. Badania organizmów dotyczą najczęściej wybranych grup, z reguły nie wszystkich. Na przykład bardzo dokładne badania kilku zbiorowisk leśnych prowadzone w Niemczech (tzw. Solling Project) — w dziedzinie badań nad organizmami ograniczają się do określenia ilości energii pobranej przez zwierzęta roślinożerne odżywiające się liśćmi drzew i przez zwierzęta drapieżne oraz do określenia składu gatunkowego i liczebności innych zwierząt, bakterii i grzybów.

Stosunkowo wiele miejsca organizmom poświęca program angielski zwłaszcza temat zajmujący się ekosystemem torfowiska (Moor House Reservation). Zawarte tam jest szacowanie produkcji oraz wpływu na roślinność — owiec i kóz. Mają być także zebrane informacje o liczebności, strukturze wiekowej i stosunkach pokarmowych w kilku grupach bezkręgowców, mają być badane *Homoptera*, *Coleoptera*, *Diptera* i *Mollusca*. Badana ma być także mikrofauna glebowa, ściślej znaczenie zwierząt żywiących się bakteriami (*Protozoa*, *Nematoda*, *Collembola*). Oprócz tego prowadzone są badania mikrobiologiczne — szacowana jest produkcja, aktywność i rozmieszczenie bakterii. Mierzona ma być także rola mikroorganizmów, głównie grzybów w rozkładzie roślinności torfowiska.

W Japonii prowadzone są całościowe badania trzech ekosystemów — dwu środowisk leśnych i łąki. Program zakłada obok szczegółowych badań siedliska, periodyczne pomiary biomasy roślin oraz intensywności fotosyntezy i respiracji głównych gatunków roślin, pomiary oddychania gleby, mierzenie wielkości opadu martwych szczątków roślinnych i tempa rozkładu. W zakresie badań nad organizmami analizowana jest liczebność i struktura wiekowa kręgowców oraz biomasa i struktura wiekowa bezkręgowców roślinożernych i saprofagicznych. Ma być opracowana bioenergetyka najliczniejszych gatunków. Brak na razie badań mikroorganizmów, na razie prowadzone są próby znalezienia odpowiedniej techniki terenowej.

W Danii podjęto tradycyjne już w tym kraju badania lasu bukowego. Obejmują one między innymi określenie składu gatunkowego, biomasy i wartości kalorycznej ciała zwierząt — głównie stawonogów roślinożernych i drapieżnych, a także, czego nie ma w innych programach nie tylko metabolizmu, ale i przepływu pierwiastków przez organizmy tych zwierząt. Określone ma być także tempo rozkładu materii pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, wraz z pomiarami przepływu energii i materii przez faunę i mikroflorę glebową.

Przytoczone przykłady świadczą o tym, że podejście do badań organizmów jest bardzo zróżnicowane. W każdym z projektów na inną grupę organizmów zwraca się główną uwagę i trochę inne elementy uważa za najważniejsze.

Niektóre badania ograniczają się do określenia liczebności lub biomasy zwierząt, inne mierzą energetykę populacji, inne zmierzają do określenia wpływu zwierząt na roślinność lub tempo rozkładu martwej materii, jeszcze inne jak program duński, zajmują się nie tylko przepływem energii, ale i przepływem materii przez organizmy zwierzęce.

Badania ekosystemów, nawet gdy wprowadza się uproszczenia i bada nie wszystko, są na tyle skomplikowane, że wymagają współpracy wielu specjalistów. W poszczególnych krajach przy rozwiązywaniu każdego z tych szerokich tematów współpracują ludzie z kilku do kilkunastu katedr lub zakładów naukowych — botanicy, zoologowie, gleboznawcy, fizjologowie, mikrobiolodzy i inni. Na przykład w Anglii w pracach nad ekosystemem torfowiska uczestniczy 13 zakładów. W Niemczech w badaniach kompleksu lasów i łąki bierze udział 17 zakładów, w Japonii w badaniach zbiorowisk trawiastych uczestniczy 80 botaników i 50 zoologów. Licz-

by te ilustrują zachodzące, niezmiernie pozytywne procesy łączenia wysiłków różnych badaczy dla opracowania jednego, wspólnego, złożonego zagadnienia.

Najczęściej badane są zbiorowiska trawiaste lub leśne. Czasem te naturalne ekosystemy porównuje się z analogicznymi przekształconymi przez człowieka — np. łąki naturalne z łąkami sztucznymi (Kanada), las naturalny z lasem sadzonym (Niemcy, Korea, Australia). Badań środowisk uprawnych jest stosunkowo bardzo mało. Spośród środowisk intensywnie użytkowanych przez człowieka najczęściej badane są pastwiska. Stosunkowo często badane są środowiska typu rezerwatów, mało zmienione zbiorowiska naturalne. Szereg krajów stara się rozpocząć badania w obszarach bardzo mało dotychczas poznanych, takich jak np. obszar tundry, lasy deszczowe, półpustynie, sawanny itp. Program radziecki obejmuje całościowe badania podstawowych zbiorowisk roślinnych kilku stref klimatycznych, od tundry, przez obszar lasów, stepów do pustyń. Podobnie w Stanach Zjednoczonych planuje się badania zbiorcze szerszych jednostek — tzw. biomów, np. lasów liściastych, czy stepów itd.

2. BADANIE PROCESÓW ROZKŁADU

Procesy rozkładu są oczywiście bardzo ważne, gdyż decydują o żyzności środowisk, są natomiast niezmiernie złożone i trudne do analizowania. W procesach tych bierze udział wiele różnorodnych gatunków zwierząt, bakterii i grzybów. Badania procesów rozkładu są oczywiście niejednokrotnie częścią badań nad całymi ekosystemami, bardzo wiele jest jednak także tematów niezależnych, które zajmują się wyłącznie różnymi aspektami procesów destrukcji zachodzących w glebie. Badania glebowe rozwinięte są w programach: australijskim, angielskim, holenderskim, japońskim, jugosłowiańskim, w programie Niemiec zachodnich, Nowej Zelandii, w programie radzieckim, a także w programie polskim.

W tych badaniach, podobnie jak w badaniach ekosystemów większa jest koncentracja wysiłków na przemianach energetycznych, chemicznych i biochemicznych zachodzących w glebie oraz badaniach czynników wpływających na te przemiany nie na badaniach organizmów, które te procesy powodują. Na przykład program australijski, w którym bardzo rozwinięte są badania glebowe zawiera 16 tematów zajmujących się różnymi aspektami krążenia pierwiastków, 9 tematów badających rolę mikroorganizmów w zachodzących procesach i 4 tematy zajmujące się zwierzętami glebowymi.

Szereg tematów zajmuje się porównawczymi badaniami tempa rozkładu w różnych ekosystemach, przy czym niejednokrotnie badane jest osobno tempo rozkładu różnych związków, za których rozkład odpowiedzialne są różne grupy mikroorganizmów, a więc tempo rozkładu celulozy, pektyn i białek (Anglia, NRF). Często badania idą dalej w kierunku analiz krążenia poszczególnych pierwiastków — między roślinami a glebą i zachodzących przy tym ewentualnych strat. Szczególnie dużo uwagi poświęca się krążeniu azotu i fosforu, które często limitują produktywność pierwotną środowiska (program Australii, Nowej Zelandii, Anglii). Porównuje się różnicę w sposobie krążenia tych pierwiastków, w różnych typach ekosystemów i w tym samym ekosystemie w różnych fazach jego rozwoju, a także przy różnym systemie gospodarowania i uprawy. Obok tego szereg tematów poświęconych jest analizie czynników, które wpływają na tempo mineralizacji pierwiastków i na wielkość strat bądź kumulacji pewnych pierwiastków w ekosystemie. Analizowany jest wpływ na tempo rozkładu — poziomu wody gruntowej, wilgotności gleby, temperatury, składu chemicznego gleby, wielkości produkcji korzeni, obecności substancji toksycznych wydzielanych do gleby itp.

Badania sięgające do organizmów glebowych zajmują się przede wszystkim rolą grzybów i bakterii w procesie rozkładu, a także w procesie pobierania związ-

ków mineralnych przez rośliny wyższe. Są to głównie badania nad znaczeniem mikorhizy przy pobieraniu fosforanów i mechanizmy pobierania innych soli mineralnych.

Zasadniczo wszystkie kraje, w których rozwinięte są badania glebowe włączają do programu także badania nad mikroorganizmami. Badania te mogą mieć oczywiście wiele różnorodnych odmian, czasem badana jest rola tylko określonej grupy bakterii, czasem warunki, od których zależy aktywność mikroorganizmów, a często mierzona jest aktywność łączna organizmów glebowych, przez pomiar intensywności zużycia tlenu i oddawania dwutlenku węgla w danej glebie, lub przez pomiar aktywności enzymatycznej gleb. Są także tematy, ale te stanowią mniejszość — poświęcone określaniu liczebności względnie, ale to rzadziej, produkcji mikroorganizmów, lub zajmujące się wyróżnieniem grup fizjologicznych bakterii lub składu grzybów w danym typie gleby.

Badania organizmów zwierzęcych także koncentrują się głównie na szacowaniu roli wybranych grup zwierzęcych w procesach rozkładu. Najczęściej chodzi tu o dżdżownice, wazonkowce lub różne grupy larw owadów i ich wpływ na tempo rozkładu i użyźnianie gleby. Jeden z tematów australijskich zajmuje się rolą *Scarabaeidae* na pastwisku. Jest to próba zwiększenia plonu pastwiska przez utrzymywanie odpowiedniej liczebności tych zwierząt, przyspieszających mineralizację ekskrementów.

Jeden z tematów angielskich nastawiony jest programowo na badania organizmów powodujących rozkład ściółki leśnej — na tle znanej produkcji pierwotnej i wielkości dopływu martwej materii roślinnej do ściółki i gleby oraz znanego tempa rozkładu. Szacowana ma być intensywność rozkładu powodowanego przez pospolite grzyby w dwu typach gleb, biomasa bakterii i wpływ pierwotniaków na mikroorganizmy. Badana też jest produkcja, metabolizm, a czasem także zapotrzebowania pokarmowe szeregu grup zwierząt detrytożernych (*Lumbricus terrestris*, wazonkowce, chrząszcze z rodziny *Staphilinidae*, mięczaki, dominujące gatunki skoczogonków). Temat holenderski zakłada zmierzenie tempa rozkładu ściółki lasu dębowego przez analizy chemiczne i analizy kaloryczności materii w kolejnych stadiach dezintegracji oraz równoczesne badania drogą eksperymentów terenowych znaczenia wszystkich, głównych grup zwierząt w procesie rozkładu szczątków roślin. Analizowana jest skuteczność działania enzymów wydzielanych przez saprofagi na mineralizację substratów azotowych. Badany jest także proces zasiedlania opadłych liści przez grzyby i skład gatunkowy tych grzybów, a także skład i aktywność bakterii celulolitycznych.

Jest też szereg tematów, których zamierzeniem jest ocena wielkości produkcji zwierząt żyjących w ściółce i glebie czy też nawet tylko ocena liczebności i biologii tych organizmów. Rozwinięty model badań tego typu zawiera na ogół oprócz ocen produkcji tkanki, także oceny energetyczne — dane o intensywności metabolizmu i zapotrzebowaniu pokarmowym analizowanych organizmów. Dane energetyczne często pochodzą z warunków laboratoryjnych tylko pewne elementy, głównie ocena liczebności z warunków naturalnych.

Przy tej ostatniej metodzie badań wychodzącej od energetyki organizmów, konieczne jest dokonanie wyboru organizmów do analiz. Bierze się pod uwagę z reguły te, które dominują liczebnie lub spełniają ważną rolę, bo nie sposób badać wszystkich. Czasem jednak wyborem kierują inne względy, po prostu obecność odpowiednich specjalistów. Ten typ badań — ocena bilansu energetycznego populacji, nie ma na ogół bezpośredniego odniesienia do ocen roli badanych organizmów w przemianach zachodzących w ekosystemie, jednak znacznie rozszerza zakres, bardzo dotąd skąpych danych o organizmach glebowych.

3. BADANIA ORGANIZMÓW ŻYWIĄCYCH SIĘ ŻYWĄ TKANKĄ ROŚLINNĄ

Mieszczą się tu dwa zupełnie różne zagadnienia:

- 1) badanie zwierząt użytkowych — a więc bydła, owiec i zwierzyny łownej,
- 2) badanie zwierząt umniejszających produkcję użytkowaną przez człowieka — głównie owadów i gryzoni. W niektórych tematach włącza się tu także badanie drapieżców, jako organizmów decydujących o liczebności szkodników.

Badania zwierząt użytkowych (1), to najczęściej badania dużych ssaków hodowanych i dzikich. Najwięcej jest badań nad stosunkami populacyjnymi i produkcją u owiec. Tematów poświęconych owcom jest szczególnie dużo w programie australijskim, nowozelandzkim, angielskim i izraelskim. Stosunkowo częste są także badania bydła (program australijski, holenderski, Afryki pld., N. Zelandii, Indii, Japonii). Badania zwierząt hodowanych polegają na ocenach wielkości uzyskanej produkcji, zapotrzebowania pokarmowego, wybiórczości w stosunku do różnych gatunków roślin. Bada się też szereg czynników, od których zależy wielkość produkcji zwierzęcej, a więc np. różna intensywność wypasu, różna wielkość obsady zwierząt, różne systemy gospodarki na pastwisku, np. badanie wpływu różnego składu florystycznego pastwiska na wielkość produkcji i zdrowotność zwierząt. Jeden z tematów izraelskich zakłada np. wprowadzenie na pastwiska nowych roślin, bardziej odpornych na suszę i badanie przydatności ich dla owiec. W programie australijskim jest wiele tematów o charakterze fizjologicznym, jak np. badania nad zapotrzebowaniem na mikroelementy i witaminy u owiec i bydła, przemiany ciepłne i wodne, endokrynologiczna regulacja laktacji, badanie trawienia i inne. Niejednokrotnie ten sam temat zawiera badania fizjologiczne obok ocen produkcyjnych. Podkreśla się bliski związek między fizjologią i ekologią zwierząt. Szereg tematów zajmuje się wpływem zwierząt na roślinność — a więc wpływem różnej intensywności wypasu na wielkość produkcji pierwotnej, poszukiwaniem optymalnej obsady dla danych warunków. W Anglii zamierzony jest eksperyment z długotrwałym wyłączeniem owiec i oceną wpływu tego zabiegu na roślinność. W Australii badany jest między innymi wpływ zwierząt na bilans azotu w glebie.

Kraje o obfitej faunie dzikich ssaków zamierzają prowadzić między innymi badania nad porównaniem produkcji, fizjologii i ekologii bydła i zwierząt dzikich (pld. Afryka, Australia). Badania wielkich dzikich ssaków zmierzają do określenia jaką liczbę zwierząt może wykarmić określone środowisko i jaki wpływ wywierają te zwierzęta na środowisko. Tego typu są badania nad antylopami, nosorożcem, jeleniem. W Australii i Nowej Zelandii prowadzi się szereg badań nad ekologią i fizjologią kangurów i torbaczy w ogóle, w porównaniu z innymi wprowadzonymi tam ssakami. Badania te mają na celu także poznanie stopnia wykorzystania celulozy przez te nieprzeżuwające zwierzęta.

Badania zajmujące się roślinożercami szkodliwymi gospodarczo (2) najczęściej starają się określić te same parametry — wielkość produkcji tych zwierząt, budżet energetyczny i rozmiary ich wpływu na produkcję roślinną w różnych biocenozach. W poszczególnych programach badania bezkręgowców roślinożernych stanowią zazwyczaj część badań ekosystemów, bardzo rzadko stanowią odrębne tematy. Można by ich wyliczyć zaledwie kilkanaście. Stosunkowo najczęściej badanym obiektem są szarańczaki (Finlandia, Nowa Zelandia, Hiszpania, Francja), czasem inne owady — szkodniki np. *Diprion pini* we Francji, *Operophtera brumata* w Anglii.

W licznych krajach prowadzone są specjalne badania produktywności drobnych gryzoni, w różnych środowiskach leśnych i polnych zwykle na tle oceny obfitości

pokarmu w środowisku. Prowadzone są też badania budżetu energetycznego różnych gatunków tych zwierząt, pochodzących z różnych warunków termicznych i pokarmowych.

4. BADANIA PROWADZONE W POLSCE

W badaniach produktywności prowadzonych w Polsce przeważają te same główne tendencje, co w badaniach prowadzonych w innych krajach. Również w kraju stosunkowo więcej jest badań poświęconych produkcji pierwotnej, aniżeli produkcji wtórnej. Badania produkcji wtórnej najczęściej albo stanowią część badań nad ekosystemami, (a) albo poświęcone są szacowaniu produktywności i działania na roślinność zwierząt szkodliwych gospodarczo, (b) — drobnych gryzoni i ptaków ziarnojadów.

a. Całościowe badania produktywności ekosystemów podjęte zostały przez trzy ośrodki w Polsce — ośrodek krakowski (Zakład Ochrony Przyrody PAN przy współpracy Katedry Botaniki i Geografii Roślin UJ, Zakładu Fizjologii Roślin PAN i Zakładu Ewolucjonizmu UJ), ośrodek warszawski (Zakład Ekologii PAN przy współpracy Katedry Ekologii i Ewolucjonizmu UW i Katedry Gleboznawstwa SGGW) oraz Zakład Agroekologii w Turwi. Prowadzi się głównie badania ekosystemów łąkowych, pastwiskowych i polnych. Zasadniczy profil i metody tych badań są zbliżone do omówionych poprzednio badań ekosystemów prowadzonych w innych krajach, z tą jednak różnicą, że oprócz pomiaru procesu, stosunkowo wiele miejsca poświęca się badaniom organizmów, zwłaszcza badaniom organizmów zwierzęcych i to także tych należących do wyższych poziomów troficznych — jak np. drapieżce i paszyty, które jakkolwiek mają niewielkie znaczenie z punktu widzenia przemian energetycznych ekosystemu, to mają jak się wydaje duże znaczenie w regulowaniu procesów zachodzących w ekosystemie.

Szereg prac poświęconych jest ocenie wielkości redukcji i regulacji liczebności zachodzącej w populacjach i poszukiwaniom przyczyn redukcji. Badana jest też wszechstronnie rola owadów roślinożernych w ekosystemie. Istnieje tendencja do badania roli tych zwierząt drogą eksperymentów prowadzonych bezpośrednio w analizowanym środowisku. Stosowana jest tu metoda eliminowania z wycinków środowiska grup zwierząt o podobnym działaniu na rośliny — (np. zwierząt roślinożernych odżywiających się sokiem roślin, lub korzeniami czy liśćmi itd.) i na mierzeniu plonu roślin bez danej grupy roślinożerców. Obok tego stosuje się też badania laboratoryjne nad zapotrzebowaniem energetycznym i metabolizmem dominujących populacji zwierzęcych. Badania te, po uzupełnieniu danymi o zmianach gęstości zwierząt w terenie, służą do oceny roli tych zwierząt w procesie przepływu energii i do oceny ich wpływu na poprzedni poziom troficzny.

b. Badania drobnych gryzoni prowadzone są przez 4 ośrodki w Polsce — Zakład Ewolucjonizmu UJ, Zakład Badania Ssaków PAN w Białowieży, Zakład Agroekologii PAN w Turwi i Zakład Ekologii PAN w Warszawie.

Zamierzeniem tych badań jest ocena roli ekologicznej drobnych gryzoni w różnych ekosystemach, głównie w ekosystemach leśnych i polnych. Określa się bazę pokarmową tych zwierząt, ich zapotrzebowanie energetyczne, metabolizm oraz produkcję. Dąży się do analizy czynników środowiskowych i biotycznych decydujących o liczebności i produkcji oraz sposobach wpływu tych zwierząt na produkcję roślin.

Podobny jest model badań ptaków ziarnojadów (wróble domowe i wróble polne) — też chodzi tu o ocenę roli tych zwierząt w różnych uprawach polnych. Ocenia się procent nasion chwastów i roślin użytkowych wyjedzonych przez te ptaki, oraz prowadzi się badania nad ich zapotrzebowaniem energetycznym. Badania te prowadzi Zakład Ekologii PAN w Warszawie przy współpracy z Zakładem Biologii

Ptaków UJ, Katedry Zoologii WSR w Olsztynie, Katedry Zoologii Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Gdańsku.

Badania gryzoni i wróbli ze względu na szerokie rozprzestrzenienie tych zwierząt w całym świecie i ze względu na ich znaczenie gospodarcze są prowadzone według podobnych, standardowych wzorów przez większość krajów i są one ze sobą ściśle skoordynowane, zresztą właśnie w Polsce mieszczą się centra koordynacji tych badań.

Anna Kajak

PRZEWODNICZĄCY KOMITETÓW NAUKOWYCH WYDZIAŁU II PAN

Prof. dr Adam Wanke — Komitet Antropologiczny
 Prof. dr Tadeusz Baranowski — Komitet Biochemiczny i Biofizyczny
 Prof. dr Stefan Białobok — Komitet Botaniczny
 Doc. dr Zdzisław Kajak — Komitet Ekologiczny
 Prof. dr Marian Stangenberg — Komitet Hydrobiologiczny
 Prof. dr Stefan Słopek — Komitet Mikrobiologiczny
 Prof. dr Władysław Szafer — Komitet Ochrony Przyrody i Jej Zasobów
 Prof. dr Witold Stefański — Komitet Parazytologiczny
 Prof. dr Henryk Szarski — Komitet Zoologiczny

KSIĄŻKI NADEŚLANE *

E. Malinowski	Anatomia roślin
J. M. Barry	Biologia molekularna
K. M. Smith	Biologia wirusów
W. Katzenellenbogen i	
I. Mochnacka	Kurs praktyczny z biochemii
W. Beier	Biofizyka
P. T. Marshall	Fizjologia kręgowców
J. Paul	Biologia komórki
K. Starmach	Złotowiciowce
A. Szent—Györgyi	Wstęp do biologii submolekularnej
W. Kunicki-Goldfinger	Życie bakterii
A. Brehm	Życie zwierząt — Bezkręgowce
E. Ackerman	Zarys biofizyki
A. Oparin	Powstanie życia na ziemi
S. M. Klimaszewski,	
J. Kubik	Zoofomia
Wł. Michajłow	Zarys parazytologii ewolucyjnej

* Wydane przez Redakcję Wydawnictw Biologicznych Państwowego Wydawnictwa Naukowego w 1968 r.

СОДЕРЖАНИЕ

Общее Собрание Польской Академии Наук посвященное вопросам молекулярной биологии.	211
---	-----

I

<i>Леслав Бадура</i> — Новые аспекты влияния некоторых органических веществ на образование почвенного биотопа растений	251
<i>Зофия Станек</i> — Особенности климата Крайнего Севера и их роль в растениеводстве	261
<i>Адольф Ридель</i> — Эгеида и распространение моллюсков из семейства <i>Zonitidae</i> в восточных средиземноморских странах	281
<i>Тереса Пойманска</i> — Значение исследований биологии паразитов для максономии и систематики	295

РЕЦЕНЗИИ

<i>Зигмунт Крачкович</i> — John D. Dodge: An Atlas of Biological Ultrastructure, Edward Arnold (Publishers) LTD 41 Maddox Street, London W. I., 1968, str. 80	303
<i>Генрих Шарски</i> — Władysław Kunicki-Goldfinger: Życie bakterii. Warszawa, PWN, 1968, str. VIII + 560	304

НАУЧНАЯ ХРОНИКА

<i>Теодозия Длугокенца</i> — Миграция и конкуренция у <i>Drosophila</i> I. Конкуренция между дикими и остаточными расами у <i>Drosophila melsnogaster</i> в клетке и в миграционной трубе; <i>Теодозия Длугокенца</i> — Конкуренция и характер перемещения в двух симпатрических видах первых птиц (<i>Dendroica</i> , <i>Parulidae</i>) обитающих в хвойных лесах; <i>Констанция Якутович</i> — Метод электронного парамагнитного резонанса в исследовании структурного состояния белков при моделировании мышечного сокращения и расслабления; <i>Констанция Якутович</i> — Постлучевые изменения катаболизма ОРК у крыс и механизмы тимидинурии; <i>Констанция Якутович</i> — Стимуляция синтеза ОРК в культуре клеток селезенки мыши через гетерологичную антилимфатические и антиглобулиновые сыворотки; <i>Констанция Якутович</i> — Об изменении транспорта белков из микросом в митохондрии при остром лучевом поражении организма; <i>Констанция Якутович</i> — Изменения в биохимических процессах после иррадиации	307
---	-----

РАБОТЫ НАУЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ИНСТИТУТОВ

Станислав Дрыль — Пятидесятилетие работы Института имени Ненцкого	323
Анна Каяк — Обзор проектов исследований Международной Биологической Программы Исследования вторичной продукции в матери- ковых средах	332

MISCELLANEA

Председатели Ученых Комитетов Отделения Биологических Наук ПАН . .	341
Книги поступившие в редакцию	341

CONTENTS

The General Assembly of the Polish Academy of Sciences devoted to the problems of molecular biology	211
---	-----

I

<i>Lesław Badura</i> — New aspects of the influence of certain organic substances on the formation of soil environment for plants	251
<i>Zofia Stanek</i> — Peculiarities of the climate in the Far North and their impact on the cultivation of plants	261
<i>Adolf Riedel</i> — Aegeis and the Distribution of Snails of the Family <i>Zonitidae</i> in the East Mediterranean Countries	281
<i>Teresa Pojmańska</i> — The significance of investigations of the biology of parasites for taxonomy and systematics	295

BOOK REVIEW

<i>Zygmunt Kraczkiewicz</i> — John D. Dodge: An Atlas of Biological Ultrastructure, Edward Arnold (Publishers) Ltd., 41 Maddox Street, London W. I, 1968, 80 pp.	303
<i>Henryk Szarski</i> — Władysław Kunicki-Goldfinger: The Life of Bacteria. Warsaw, Polish Scientific Publishers, 1968, VIII pp. + 560	304

SCIENTIFIC CHRONICLE

<i>Teodozja Długokęcka</i> — Migration and Competition in <i>Drosophila</i> I. Competition between Wild and Vestigial Strains of <i>Drosophila Melanogaster</i> in a Cage and Migration Population Tube; <i>Teodozja Długokęcka</i> — Competition and Character of Displacement in Two Sympatric Pine-Dwelling Warblers (<i>Dendroica</i> , <i>Parulidae</i>); <i>Konstancja Jakutowicz</i> — An electron spin resonance study of the secondary structure of myofibril proteins in relation to muscle contraction and relaxation; <i>Konstancja Jakutowicz</i> — Radiation-induced changes in the catabolism of DNA in rats and mechanisms of timidinury; <i>Konstancja Jakutowicz</i> — Stimulation of DNA synthesis in the culture of mouse spleen cells by means of heterologous antilymphatic and antiglobulin sera; <i>Konstancja Jakutowicz</i> — Changes in the protein transport from microsomes into mitochondria during acute radiation damages of the organism; <i>Konstancja Jakutowicz</i> — Changes in the biochemical processes after irradiation; .	307
---	-----

WORKS OF SCIENTIFIC INSTITUTES AND RESEARCH CENTRES

<i>Stanisław Dryl</i> — The Fifty-year period of the Nencki Institute's activities .	323
<i>Anna Kajak</i> — Review of Research Projects for International Biological Programme. Studies on Secondary Productivity in Terrestrial Ecosystems	332

MISCELLANEA

Chairman of Scientific Committees of the Department II of the Polish Academy of Sciences	341
Books received	341

SPIS TREŚCI

Zgromadzenie Ogólne Polskiej Akademii Nauk poświęcone problemom biologii molekularnej	211
---	-----

I

Lestaw Badura — Nowe aspekty wpływu pewnych substancji organicznych na kształtowanie glebowego siedliska roślin	251
Zofia Stankówna — Właściwości klimatu Dalekiej Północy i ich wpływ na uprawę roślin	261
Adolf Riedel — Egeida — a rozmieszczenie ślimaków z rodziny Zonitidae we wschodnich krajach śródziemnomorskich	281
Teresa Pojmańska — Znaczenie badań nad biologią pasożytów w taksonomii i systematyce	295

RECENZJE

Zygmunt Kraczkiewicz — John D. Dodge: An Atlas of Biological Ultrastructure, Edward Arnold (Publishers) LTD 41 Maddox Street, London W. I, 1968, str. 80	303
Henryk Szarski — Władysław Kunicki-Goldfinger: Życie bakterii, Warszawa, PWN, 1968, str. VIII + 560	304

KRONIKA NAUKOWA

Teodozja Długokęcka — Migracja i konkurencja u <i>Drosophila</i> I. Konkurencja między rasami dziką i „vestigial” <i>Drosophila melanogaster</i> (hodowany mi) w klatce i populacyjnej tubie migracyjnej; Teodozja Długokęcka — Konkurencja i sposób przemieszczania dwóch gatunków ptaków śpiewających rodzaju gajówek (<i>Dendroica</i> , <i>Parulidae</i>), sympatrycznych mieszkańców lasów sosnowych; Konstancja Jakutowicz — Metoda rezonansu elektrono-magnetycznego w badaniu struktury białek przy skurczu i rozkurczu mięśnia; Konstancja Jakutowicz — Zmiany katabolizmu kwasu dezoksyrybonukleinowego oraz zmiany w mechanizmie wydalenia tymidyny z moczem u szczurów po naświetleniu promieniami jonizującymi; Konstancja Jakutowicz — Stymulowanie syntezy DNA w kulturze komórek śledziony myszy przez heterologiczną przeciwlifmatyczną i przecioglobulinową surowicę; Konstancja Jakutowicz — Naruszenie mechanizmu transportującego białka z mikrosomów do mitochondriów wywołane przez napromieniowanie organizmu; Konstancja Jakutowicz — Badania nad zmianami procesów biochemicznych pod wpływem promieniowania jonizującego;	307
--	-----

PRACE ZAKŁADÓW I INSTYTUTÓW NAUKOWYCH

<i>Stanisław Dryl</i> — Pięćdziesięciolecie działalności Instytutu im. M. Nenckiego	323
<i>Anna Kajak</i> — Przegląd projektów badań Międzynarodowego Programu Biologicznego. Badania produkcji wtórnej w środowiskach lądowych . . .	332

MISCELLANEA

Przewodniczący Komitetów Naukowych Wydziału II PAN	341
Książki nadesłane	341

Inquiries and orders with regard to all Polish scientific periodicals
should be addressed to:

AUSTRALIA	— Contal, Co 94, Elizabeth Street, <i>Melbourne C 1</i>
AUSTRIA	— Verlags- und Kommissionsbuchhandlung Rudolf Fischl, <i>Wien 1</i> , Schönlaterngasse 13
BELGIUM	— Du Monde Entier, 5 Place St. Jean, <i>Bruxelles 1</i>
BRASIL	— Editorial Vitória Limitada, Rua Juan Pablo Duarte 50 sobrado, Caixa Postal 165 CZ-OO, <i>Rio de Janeiro</i>
CANADA	— S. Proszowski, 722, Queen Street W. <i>Toronto 3, Ontario</i>
DENMARK	— Ejnar Munksgaard Ltd., Prags Boulevard 47, <i>Copenhagen S</i>
ENGLAND	— Blackwell's, Broad Street, <i>Oxford</i>
FEDERAL GERMAN REPUBLIC	— Kubon und Sagner, 8 <i>München 34</i> , Schliessfach 68
FINLAND	— Akateeminen Kirjakauppa: Keskuskatu 2, <i>Helsinki</i>
FRANCE	— La Boutique Polonaise, 25, Rue Drouot, <i>Paris IX^e</i>
THE NETHERLANDS	— Meulenhoff and Co., N.V., Beulingstraat 2, P.O. Box 197 <i>Amsterdam C</i>
ITALY	— Libreria Commissionaria Sansoni, S.P., Via Gino Capponi 26, <i>Firenze</i> , Casella Postale 552
JAPAN	— „Nauka“ Ltd., 2, Kanda-Zinbocho, 2-Chome, Chiyoda-Ku, <i>Tokyo</i>
NORWAY	— Narvesens Litteratur Tjeneste, P.O. Box 115, <i>Oslo</i>
SWITZERLAND	— Pinkus and Co., <i>Zürich 1</i> , Froschaugasse 7
SWEDEN	— Ab Nordiska Bokhandeln, Drottningatan 7—9, <i>Stockholm 1</i>
U.S.A.	— Stechert-Hafner, Inc., 31, East 10th Street, <i>New York 3, N.Y.</i> — Fam Book Service, 69 Fifth Avenue-Suite 8 F, <i>New York 3, N.Y.</i>

or direct to:

Export and Import Enterprise „RUCH”
Warszawa, ul. Wilcza 46, POLAND
our bankers: Bank Handlowy w Warszawie S.A.

Tylko prenumerata zapewni
regularne otrzymywanie
dwumiesięcznika

K O S M O S A

Prenumerata krajowa

Zamówienia przyjmują:

- Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw „Ruch”, Warszawa
ul. Wronia 23, konto PKO nr 1-6-100.020.
- Urzędy pocztowe i listonosze
- Oddziały i Delegatury „Ruchu”

Prenumerata: roczna zł 90,—
półroczna zł 45,—

Zamówienia przyjmowane są do dnia 10 miesiąca poprzedzającego okres prenumeraty. Bieżące numery można nabyć lub zamówić w księgarniach „Domu Książki” oraz w Ośrodku Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych Polskiej Akademii Nauk — Wzorcownia Wydawnictw Naukowych PAN — Ossolineum — PWN, Warszawa, Pałac Kultury i Nauki (wysoki parter).

Egzemplarze archiwalne można nabywać także w punkcie wysyłkowym Prasy Archiwalnej „Ruch”. Warszawa, ul. Nowomiejska 15/17. Konto PKO nr 114-6-700041 VII O/M Warszawa

Prenumerata zagraniczna

- Koszt prenumeraty ze zleceniem wysyłki za granicę wynosi o 40% drożej.
- Zamówienia dla zagranicy przyjmuje Biuro Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych „Ruch”, Warszawa, ul. Wronia 23, tel. 20-46-88, konto PKO nr 1-6-100.024.

All inquiries regarding delivery terms of Polish scientific periodicals should be directed to: Export - Import Enterprise „Ruch”, ul. Wilcza 46, Warszawa 1 — Poland

Prices and contents of current issues of scientific periodicals are stated in a special bulletin „Polish Scientific Periodicals” which is to be found in Scientific Libraries and major distributing firms in your country.

Kosmos A. R. XVIII, z. 3 s. 211—348, maj—czerwiec, Warszawa 1969.

Indeks 36417