

Im. Kopernika
BIBLIOTEKA
Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria A
BIOLOGIA



ROK XVIII

ZESZYT 1 (96)

WARSZAWA 1969

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

*Stowarzyszenie Przyrodników
im. Kopernika*
POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW im. KOPERNIKA

ROK XVIII

Seria A BIOLOGIA

ZESZYT 1(96)

K O S M O S

DWUMIESIĘCZNIK



WARSZAWA 1969

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

KOMITET REDAKCYJNY

Tadeusz Gorczyński, Kazimierz Petruszewicz, Zdzisław Raabe

Redaktor: *Włodzimierz Michałow*

Sekretarz: *Lucyna Kuchcińska*

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



223

Państwowe Wydawnictwo Naukowe — Warszawa, Miodowa 10

Nakład 1085+125 egz. Ark. wyd. 9,5, ark. druk. 7

Papier ilustr. kl. V, 70 g.

Oddano do składania 28.X.68. Podpisano do druku 8.II.69.

Druk ukończono w lutym 1969.

Zam. 924

P-98

Cena zł 15.—

Warszawska Drukarnia Naukowa — Warszawa, Śniadeckich 8

BIOLUMINESCENCJA ORGANIZMÓW MORSKICH

Świecenie morskich organizmów, fascynując swoją tajemniczością i pięknem, pobudzając fantazję badaczy i artystów, uważane było do niedawna za zjawisko wyjątkowe, pozbawione ogólniejszej roli biologicznej i praktycznego znaczenia. W ostatnim piętnastolecu, dzięki rozwojowi techniki słabych promieniowań i skonstruowaniu przyrządów do badania świecenia w warunkach morskiej ekspedycji, stwierdzono dwa podstawowe fakty: 1) wszystkie żywe tkanki i organizmy roślinne i zwierzęce emitują nieprzerwanie bardzo słabe świecenie, ściśle związane z ich procesami fizjologicznymi, 2) bioluminescencja stanowi zjawisko powszechne, czynnik stale działający w hydrooptyce morza i ekologii organizmów morskich.

Chociaż współczesny stan wiedzy nie pozwala jeszcze w pełni zrozumieć sensu biologicznego tych promieniowań i ich wzajemnego związku, to jednak mogą one być wykorzystane jako metoda dostarczająca informacji o mechanizmach metabolizmu i bioenergetyki w układach biologicznych, oraz znajdują zastosowania praktyczne. Morze było kolebką życia na naszej planecie, a w przyszłości stanie się prawdopodobnie jednym z najważniejszych źródeł żywnościowych. Wydaje się więc uzasadnione poszukiwanie rozwiązania problemu bioluminescencji oraz możliwości praktycznego jej wykorzystania w badaniu świecenia organizmów morskich.

W artykule niniejszym przedyskutujemy aktualny stan badań z dziedziny luminescencji mieszkańców morza, akcentując szczególnie trzy zagadnienia: 1) biofizyczne i biochemiczne mechanizmy świecenia, 2) rolę luminescencji w bioenergetyce i przekazywaniu informacji w środowisku morskim, 3) praktyczne wykorzystanie świecenia jako metody badania ekologii i molekularnych mechanizmów życia wodnych organizmów.

Ogólne zagadnienia bioluminescencji oraz opisy świecenia powierzchni morza i organizmów głębinowych znaleźć można w monografiach Harveya (1952, 1957), Tarasowa (1956), Nicola (1960, 1962), Kleina (1965).

BIOFIZYCZNE I BIOCHEMICZNE MECHANIZMY ŚWIECENIA ORAZ METODY ICH BADANIA

Omawiane w niniejszym artykule rodzaje świecenia stanowią chemiluminescencję spontanicznie zachodzącą *in vivo*. Samą chemiluminescencję omówimy tutaj bardzo krótko, w zakresie niezbędnym do zrozumienia dalszych rozdziałów, gdyż wyczerpujące przeglądy znajdują się w łatwo dostępnej literaturze [Wasiljew (1966), Władimirow (1966), Sławiński (1967), Sławińska, Sławiński (1968)].

Chemiluminescencja (ChL) jest to promieniowanie elektromagnetyczne, powstające w elementarnych, egzoergicznych stadiach reakcji, gdy

tworzą się w nich wzbudzone cząsteczki, emitujące nadmiar energii. Z podanej definicji wynikają dwa warunki konieczne do wystąpienia ChL:

1) jedno ze stadiów reakcji musi dostarczać niezbędnej porcji energii, nie mniejszej od energii wypromieniowanego kwantu:

$$\Delta H + E \geq h\nu$$

gdzie: ΔH — zmiana entalpii (efekt cieplny) elementarnego stadium,

E — energia aktywacji elementarnego stadium,

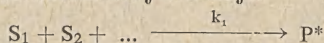
h — stała Plancka ($6,62 \cdot 10^{-27}$ erg·sek)

ν — częstość drgań;

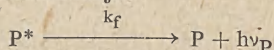
2) wzbudzona cząsteczka musi posiadać odpowiedni poziomy energetyczny, z których zachodzi emisja kwantu promieniowania z dostateczną wydajnością. Innymi słowy, emitorem może być tylko taki produkt reakcji, który wykazuje fotoluminescencję. W procesie ChL są więc zawsze dwa stadia:

1) chemiczne, tj. powstawanie wzbudzonej cząsteczki

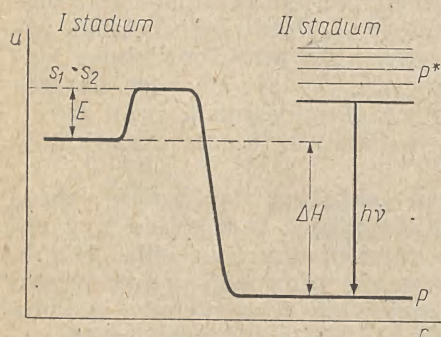
P^* — produktu elementarnej reakcji:



2) fizyczne, tj. luminescencja:

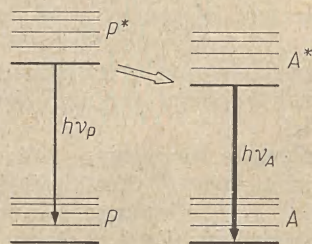


przy czym k_1 i k_f oznaczają stałe szybkości odpowiednich reakcji. Powyższe rozważania ilustruje rys. 1.



Rys. 1. Schemat procesu chemiluminescencji (Wasiljew 1956).

U — energia potencjalna układu, r — współrzędne reakcji; cienkie linie oznaczają poziomy oscylacyjne.



Rys. 2. Schemat chemiluminescencji aktywowanej. Grubość strzałek symbolizuje prawdopodobieństwo emisji kwantów. Wydajność kwantowa $\eta_P < \eta_A$. Długość strzałek odpowiada energii emitowanego kwantu.

Natężenie świecenia, tj. liczba kwantów emitowanych z jednostki objętości w jednostce czasu, zależy od szybkości reakcji (w) tworzenia cząsteczek wzbudzonych oraz od wydajności kwantowej generowania η_P^{wzb} i wydajności kwantowej luminescencji η_P , przy czym te ostatnie wielkości są proporcjonalne odpowiednio do k_1 i k_f :

$$I = \eta_P^{wzb} \eta_P \cdot w = \eta_{ChL} \cdot w$$

Jak zobaczymy dalej, zależność ta znajduje praktyczne zastosowanie przy badaniu metabolizmu świecących organizmów. Cząsteczki wzbudzo-

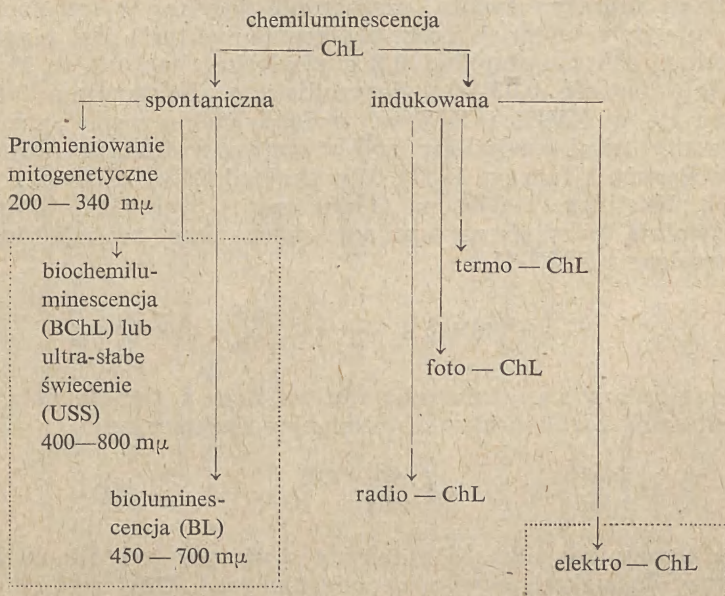
ne tworzą 'się przede wszystkim w reakcjach utleniania w wyniku rekombinacji rodników, przenoszenia elektronów lub rozrywania słabych, a wytwarzania mocnych wiązań. Reakcje tego typu wyzwalają duże porcje energii, przekraczające 50 Kkal/mol, a więc dostateczne do wypromieniowania kwantów energii o długości fali 400—800 mμ. Emiterami, tj. cząsteczkami wysyłającymi promieniowanie, są najczęściej związki organiczne bogate w łatwo ulegające wzbudzeniu chmury π-elektrowe, np. ketony i kwasy aromatyczne oraz tlen cząsteczkowy. Z powyższego wynika, że „strukturalne” warunki konieczne dla ChL mogłyby być realizowane w układach biologicznych, w różnych reakcjach nieenzymatycznych i enzymatycznych z udziałem związków fluoryzujących, np. nukleotydów flawinowych, chlorofilu, białek. Strona energetyczna natomiast nasuwa wątpliwości, gdyż w zasadzie żywe organizmy wydzielają w elementarnych reakcjach porcje energii nie przekraczające 8—12 Kkal (np. hydroliza ATP i ADP), a więc za małe do elektronowego wzbudzenia cząsteczek.

Wzbudzona w wyniku reakcji chemicznej cząsteczka P^* może nadmiar energii przekazywać innym cząsteczkom, w tym także cząsteczkom związków silnie fluoryzujących (A), odznaczających się wysoką wydajnością fluorescencji η_A :



Proces taki nazywamy ChL aktywowaną lub sensybilizowaną (rys. 2). Ma on duże znaczenie w świeceniu żywych organizmów, gdzie rolę aktywatorów spełniają często białka katalizujące reakcje utleniania (lucyferazy) lub związki silnie fluoryzujące jak chlorofil, nukleotydy flawinowe itp.

Na zakończenie kilka słów o klasyfikacji procesów chemiluminescencji, która ze względu na intensywne badania i coraz to nowe odkrycia nie jest sprawą jednoznacznie ustaloną. Tymczasowo można przyjąć poniższy schemat, przy czym zakreślano te rodzaje ChL, które stanowią

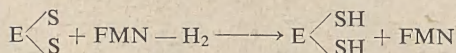


temat niniejszego artykułu. Jak widać, zarówno Bioluminescencja jak i Biochemiluminescencja są spontaniczną ChL, zachodzącą *in vivo*, jednak BL, w przeciwieństwie do BChL charakteryzuje się dużym natężeniem świecenia, łatwo dostrzegalnym gołym okiem, oraz enzymatycznym charakterem reakcji wytwarzających wzbudzone cząsteczki.

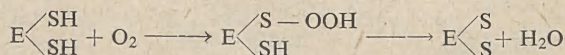
Dokładniej zagadnienia te omawiamy dalej.

Zgodnie z danymi Harveya (1952), wybitnego badacza BL, spośród 33 rzędów i 80 gromad świata zwierzęcego (systematyka amerykańska) 13 rzędów i 28 gromad zawiera świecące gatunki. W świecie roślinnym — jeżeli wiciowce zaliczymy do zwierząt — świecące gatunki spotykamy tylko wśród bakterii i wyższych grzybów. Pod pojęciem „świecące gatunki” należy rozumieć gatunki wykazujące BL. Obecnie wiadomo bowiem, że wszystkie żywe rośliny i zwierzęta wykazują USS, a u roślin zielonych stwierdzono również istnienie indukowanej, czerwonej foto-ChL (Strehler, 1951). „Mozaikowe” rozmieszczenie bioluminescentów na drzewie genealogicznym wskazuje, że BL nie powstawała jednorazowo w ewolucji świata organicznego. Dotychczas nie stwierdzono istnienia BL w ultrafioletowym lub podczerwonym zakresie widma. Nieznane są przykłady występowania BL u organizmów pasożytniczych (z wyjątkiem niektórych bakterii), chociaż, jak to wykazał Grabiec (1968) dla motyli wątrobowej (*Fasciola hepatica*) mogą one wykazywać USS funkcjonalnie związane ze stanem fizjologicznym organizmu. Istnieją dwa rodzaje bioluminescentów: 1) świecące wewnątrzkomórkowo, przeważnie wyżej rozwinięte, swobodnie poruszające się i spędzające chociaż część swego życia na znacznych głębokościach, np. głowonogi, ryby, a także bakterie, grzyby, owady, 2) świecące zewnątrzkomórkowo, tzn. wydzielające do wody świecący śluz np. skorupiaki i niektóre głowonogi. Szerzej rozpatrzmy tylko najlepiej zbadane mechanizmy świecenia bakterii, meduz i wąsogich raczków (tabela 1).

Bakterie. Znamy około 18 gatunków świecących bakterii morskich z rodzaju *Photobacterium*, *Micrococcus*, *Vibrio*, rozpowszechnionych we wszystkich morzach świata, szczególnie jednak w strefach przybrzeżnych, u ujścia wielkich rzek. Świecenie bakterii jest ciągłe i stosunkowo silne. Tak na przykład 0,2 g zawiesiny bakterii w 2 l wody morskiej daje jasność 0,03—0,3 decymilililba. Bakteryjnymi lampami posługiwano się w XVIII i XIX w. w fabrykach prochu strzelniczego, a w 1935 r. był nimi oświetlony holl wystawowy Instytutu Oceanograficznego w Paryżu (Harvey, 1957). Wyniki badań Mc Elroya i współpr. (1953, 1954), Hastingsa i Gibsona (1963) oraz Gitielzona i Czumakowej (1965) pozwalają przyjąć następujący mechanizm reakcji: lucyferaza tworzy kompleks z FMN-H₂:



Następnie zredukowana forma enzymu reaguje z tlenem tworząc nietrwały nadutlenek, rozkładający się ze słabym świeceniem:



Rozpad nadutlenku bez udziału aldehydu dostarcza jedynie 20 Kkal, co nie wystarczy do elektronowego wzbudzenia produktów reakcji do ener-

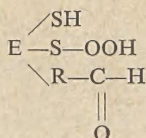
Charakterystyka układów świecących niektórych organizmów

Tabela 1

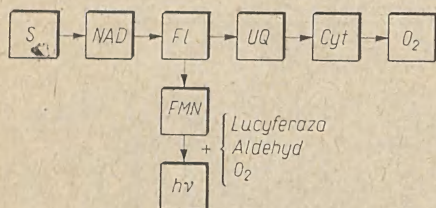
Grupa	Organizm	Typ świecenia	Reakcja świecąca	Zakres spektr.	η	Blizsza charakterystyka	
						L-ny	L-azy
I	gąbki, jamochłony (meduza <i>Aequorea victoria</i>)	w, s	białko ekwaryna + Ca^{2+} , $Sp^{2+} \rightarrow h\nu$	460 i 515	0,14 ekw.	M.c. $3 \cdot 10^3$ IEP 5,5	nie ma lucyferazy
		w, s	$LH_2 + H_2O_2 \xrightarrow{E} h\nu$	niebieski	—	—	peroksydaza
II	skorupiaki (<i>Balanoglossus biminienis</i>) pławotniki (<i>Gonyaulax, Noctiluca</i>) robaki (<i>Odontosyllis enopla</i>) skorupiaki (<i>Cypridina</i>)	w, s	$LH_2 + O_2 \xrightarrow{E} h\nu$	niebieski	—	—	—
		w, s z, s	—	400—700 max. 465 niebieski i inne	0,28 E	M.c. 35000 IEP 3,3	—
III	ryby (<i>Apogon, Photoblepharon, Parapriacanthus</i>)	w, s, sb	—	—	—	—	—
		w, s	$LH_2 + NADH_2 + O_2 \xrightarrow{NADH_2 \text{ oksred}} \rightarrow LH_2 + NAD + h\nu$ $LH_2 + NADPH_2 + O_2 \xrightarrow{E} h\nu$	530	—	—	—
IV	grzyby (<i>Omphali flavida, Colliba, Armillaria</i>) piersienice morskie (<i>Renilla reniformis</i>) mięczaki (<i>Pholas dactylus</i>)	w, s	$LH_2 + AMF + O_2 \xrightarrow{E} h\nu$ $LH_2 + FMNH_2 \text{ lub } NADH_2 + O_2 \xrightarrow{E} h\nu$	niebieski	—	—	—
		w, z, s, sb	—	480	—	—	—
V	bakterie (<i>Achromobacter, Photobacterium</i>)	w	$RCHO + FMNH_2 + O_2 \xrightarrow{E} h\nu$ $NADH_2 + FMN + O_2 \xrightarrow{NADH_2 \text{ reduktaza}} \rightarrow NAD + h\nu + FMNH_2 + h\nu$	465—500	0,28 E	FMNH ₂ + aldehyd C ₆ — ₁₈	M.c. $7,6 \cdot 10^4$ $7,6 \cdot 10^4$
		w	$LH_2 + O_2 + ATF \xrightarrow{E, Mg^{2+}} \rightarrow LO + H_2O + AMF + h\nu$	560	1,0 E	znana	M.c. 10^5 IEP 6,2
VI	owady (<i>Photinus pyralis, Phryganea noctilucula</i>) owady („robak kolejowy” <i>Prioxorus</i> , larwa nasiennicy jabłkówek <i>Rhagoletis pomonella</i>)	w, s	$LH_2 + O_2 + \text{metaloporfiryny} \rightarrow h\nu$	czerwony	—	—	—
		w	lipidy + O_2 + aktywatory $\rightarrow h\nu$	niebieski, zielony, czerwony	10 ⁻¹⁴ 10 ⁻¹⁰	—	—

w — świecenie wewnątrzkomórkowe, z — zewnątrzkomórkowe, sb — symbiotyczne, s — sekrecyjne, η — wydajność kwantowa świecenia, $M. c.$ — masa cząsteczkowa, IEP — punkt izoelektryczny.

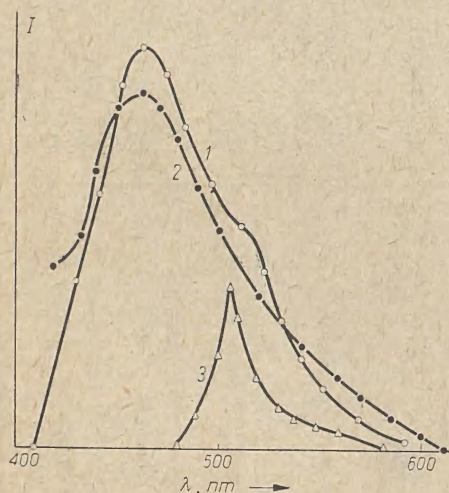
gii około 60 Kkal, odpowiadającej maksimum widma BL bakterii. Dlatego zakłada się udział w reakcji aldehydu, który tworzy kompleksowy nadtlenuk, rozpadający się z wyzwoleniem dostatecznej porcji energii:



Chociaż więc bakterie to jedne z najprostszych organizmów, układ świecący i zachodzące w nim reakcje są bardzo złożone. Świecenie nie jest związane ze specjalnie wykształconymi w tym celu strukturami — nie znaleziono u bakterii granul-fotoforów — lecz stanowi odgałęzienie łańcucha oddechowego, przy czym na poziomie dehydrogenaz i cyklu Krebsa reakcje przebiegają wspólną drogą z oddychaniem. Ilustruje to rys. 3.



Rys. 3. Schemat reakcji związanej z bioluminescencją bakterii (Mc Elroy, Seliger, 1962); objaśnienia w tekście.



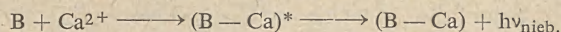
Rys. 4. Widma fluorescencji ekstraktu ekwaryny oraz zielonego białka z fotoforów meduzy *Aequorea aequorea* (Johnson i współpr., 1962).

1 — ekstrakt otrzymany działaniem $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 2 — oczyszczony roztwór ekwaryny, 3 — zielone białko z fotoforów (długość fali światła wzbudzającego 390 i 460 nm)

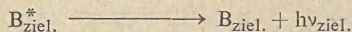
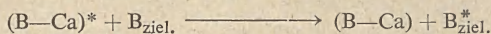
Pierwotniaki (Protozoa). BL tej grupy organizmów, a zwłaszcza nocoświatlików (*Noctiluca miliaris*, *Pyrocystis pseudonociluca*, *Gonyaulax polyedra*) w znacznym stopniu przyczynia się do świecenia powierzchni morza. Organizmy te świecą pod wpływem podrażnienia mechanicznego lub elektrycznego, przy czym reakcja świecąca zlokalizowana jest w kroplach substancji lipidowej (Hastings i Bode, 1961).

Gąbki (*Spongia* czyli *Porifera*) oraz jamochłony (*Coelenterata*) posiadają najprostszy z dotychczas poznanych układów świecących

(patrz tablica 1). Dokładnie badana przez Harveya (1952), a później przez Johnsona i współprac. (1962), Shimomurę i współprac. (1963) meduza *Aequorea aequorea* i *Halistaura* posiada następujący mechanizm świecenia: przeniesienie elektronu z ekwaryny-białka, spełniającego funkcję donatora na jony Ca lub Sr (akceptor) wytwarza wzbudzony kompleks o energii 61 Kkal/mol. Kompleks ten, in vitro, przechodząc do stanu podstawowego emituje światło niebieskie o długości fali 465 mμ:



In vivo natomiast następuje przeniesienie energii ze wzbudzonego kompleksu na zielono fluoryzujące białko ($B_{ziel.}$) i wypromieniowanie energii około 53 Kkal/mol w formie kwantu zielonego światła:



Jest to zatem proces wzbudzenia w wyniku przeniesienia elektronu i równocześnie ChL aktywowana. Aktywatorem jest zielono fluoryzujące białko. Widmo absorpcji ekwaryny z maksimum w 280 mμ oraz widmo fluorescencji wskazują na występowanie w nim NADH—H⁺ (rys. 4). Świecenie zlokalizowane jest w specjalnych organach, zwanych fotoforami, co ukazuje rys. 5. Należy podkreślić trzy specyficzne cechy charakterystyczne tylko dla BL gąbek i jamochłonów, a także promienic



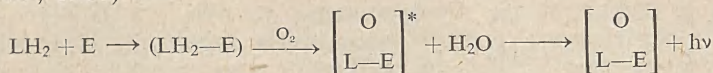
Rys. 5. Rozmieszczenie świecenia u meduzy (Nicol, 1962; Tarasow, 1956), a) świecenie meduzy *Aequorea aequorea*, b) przekrój fotoforów meduzy *Pelagia noctiluca*.

f — fotofory, z — komórki z zużytą zawartością

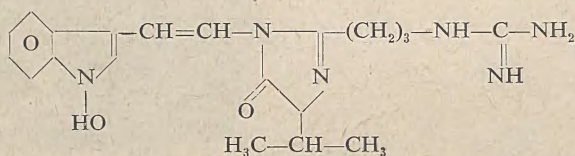
z typu pierwotniaków (*Gonyaulax*): 1) wyjątkowo prosty, tylko dwuskładnikowy układ (nie licząc wody), 2) występowanie BL bez tlenu, 3) ekwaryna nie wykazuje katalitycznych właściwości charakterystycznych dla enzymów reakcji świecących (lucyferaz), a produkty jej utleniania nie są inhibitorami reakcji świecącej. Warto zaznaczyć, że w Morzu Bałtyckim spotykamy również świeące jamochłony, np. scyfomeduzy (*Cyanea capillata*), przy czym być może, nie świecą one same, lecz otaczające je w wodzie podrażnione ruchem meduzy nocoświatliki (Tarasow, 1956).

Pierścienice (*Annelida*). Bioluminescenty spotykamy wśród rodzajów *Odontosyllis*, *Perimeris*, *Polydora*, *Renilla* i in. Organy świecące są dobrze wykształcone i zlokalizowane w okolicy oczu lub na końcach szczecinek. Układy świecące są mało poznane (tabela 1).

Stawonogi (*Arthropoda*). BL stawonogów, a w szczególności gromady skorupiaków (*Crustacea*) jest zasadniczą przyczyną świecenia powierzchni morza w centralnych rejonach oceanów Indyjskiego i Spokojnego. BL japońskich małżoraczków *Cypridina* badał szczegółowo Harvey, (1952). Z gruczołów rozmieszczonych około jamy gębowej wydzielają one śluz zawierający substrat utleniania (lucyferynę) oraz enzym katalizujący utlenianie (lucyferazę). Lucyferyna (L, forma zredukowana LH_2) jest termostabilną substancją utleniającą się tlenem, Fe/CN_6^{3-} również w nieobecności lucyferazy (E), powstaje przy tym jednak bardzo słabe świecenie, a produkty reakcji dają się zredukować kwasem askorbinowym lub $Na_2S_2O_4$. Utlenianie natomiast tlenem w obecności E jest nieodwracalne i daje silne świecenie. Szybkość reakcji fermentacyjnej określa się szybkością wytwarzania kompleksu aktywnego LH_2-E i przewyższa około 100 razy szybkość reakcji niefermentacyjnej (Chase i współprac., 1960):



Widmo BL *Cypridina* jest bardzo szerokie i nadaje świeceniu morza białą barwę z niebieskim odcieniem. Dla utlenienia jednej molekuly LH_2 zużyty zostaje jeden atom tlenu i przy tym na 100 utlenionych cząsteczek wyzwala się 28 kwantów światła (Johnson i współprac., 1962). Lucyferyna cypridina została wyodrębniona w czystej postaci, co pozwoliło ustalić jej strukturę (Hirata, Shimomura, Eguchi, 1959):



Jako ciekawostkę podamy, że w czasie ostatniej wojny dowództwo japońskie zaopatrywało oficerów w plastikowe torebki, zawierające sproszkowane, dobrze wysuszone małżoraczki. Szczypta takiego proszku wysypana np. na dłoń i zwilżona wodą dawała świecenie wystarczająco silne dla przegłędnięcia mapy lub napisania meldunku, a nawet w niewielkiej odległości niewidoczne dla wroga (Mc Elroy, Seliger, 1962).

Również prosty układ świecący — posiadają wąsonogie raczki *Balanoglossus biminiensis*. Ciekawe, że naturalna peroksydaza *Balanoglossus* może być zastąpiona peroksydazą chrzanu (Dure, Cormier, 1963).

Mięczaki (*Mollusca*) oraz Ryby (*Pisces*). Cechą charakterystyczną tych grup organizmów jest duże zróżnicowanie i wysoki stopień rozwoju organów świecących, często zaopatrzonych w specjalne urządzenia optyczne. W grupach tych spotykamy świecenie wewnątrz-i zewnątrz-komórkowe, to ostatnie szczególnie często u głowonogów batypelagicznych i abysalnych, a także BL pochodzenia bakteryjnego (symbiotycznego) i sekrecyjnego. Układy świecące podane w tabeli 1 są złożone, a mechanizm reakcji mało poznany (Haneda, Johnson, 1958).

Powyższy przegląd mechanizmów BL pozwala skonstatować, że przyroda realizuje pierwsze stadium ChL za pomocą „chemicznego krótkiego spięcia” substrat-tlen lub ogólniej donor-akceptor elektronów. Zapewnia to wyzwolenie dostatecznie dużej porcji energii w jednym akcie, niezbędne do wytworzenia cząsteczek wzbudzonych.

Zestawienie powyższej charakterystyki z tablicą 1 prowadzi do wniosku, że nie ma korelacji pomiędzy stopniem rozwoju organizmów a stopniem rozwoju biochemicznych mechanizmów warunkujących BL. Do zagadnienia tego wrócimy jeszcze w następnym z rozdziałów.

Wszystkie żywe organizmy emitują nieprzerwanie ultrasłabe świecenie (USS) odkryte początkowo u roślin [Colli, Facchini (1954), Strehler, Arnold (1951), Władimirow, Litwin (1959)], następnie u zwierząt, w tym także i u ssaków [Tarusow i współprac., (1961), Żurawlow i współprac., (1961)]. Promieniowanie to jest spontaniczną chemiluminescencją, związaną z utlenianiem przede wszystkim lipidów (Tarusow, Żurawlow, 1965), a być może, również innych metabolitów, jak kwasu askorbinoowego (Grabiec, Bogdański, 1967), polifenoli w roślinach (Sławińska, Sławiński, 1964, 1967) oraz chinonów (Sławiński, Pietruszewicz, 1969). Szybkość reakcji utleniania lipidów kontroluje stężenie endogennych antyoksydantów, jak tokoferole, fosfolipidy, karotenoidy. Wszelkie zmiany w stężeniu antyoksydantów wpływają więc na natężenie USS, które dzięki temu może dostarczać cennych informacji o kompleksach lipo-proteidowych i zachodzących w nich procesach (Tarusow, 1966; Tarusow i współprac., 1967). Porównanie BL i USS podaje tabela 2. Odnosi się wrażenie, że bioluminescencja posiada charakter specjalnie wykształ-

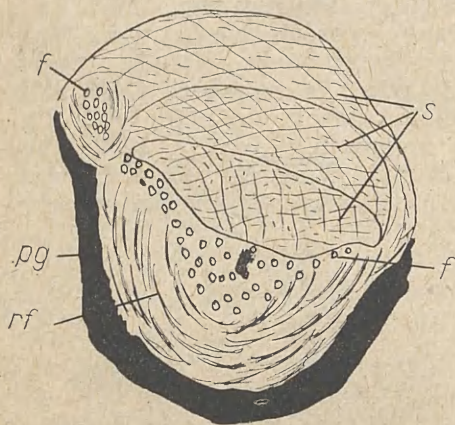
Tabela 2
Porównanie bioluminescencji i biochemiluminescencji

Analizowane własności	Podobieństwa	Różnice	
		BL	USS
generowanie wzbudzonych cząsteczek	egzotermiczność elementarnych stadiów spowodowana „krótkim spięciem” donor—akceptor	specjalne lucyferyny	donory lipidy, możliwe inne substraty
mechanizm emisji kwantu światła	emisja z fluoryzujących produktów reakcji, zawierających ugrupowania karbonylowe C=O , udział aktywatorów	specjalne białka lucyferazy	aktywatory ergosteryna, chlorofil, nukleotydy ?
wydajność kwantowa	—	bardzo duża	bardzo mała
rozkład czasowy świecenia	tylko w przypadku bakterii i grzybów	emisja impulsami	emisja ciągła *)
lokalizacja	tylko w przypadku bakterii (grzybów ?)	specjalne struktury fotofory	brak specjalnych struktur (mitochondria ?)

*) Ciągłe świecenie rejestrowane od dużej liczby komórek, możliwe, że oddzielna komórka emituje również impulsami.

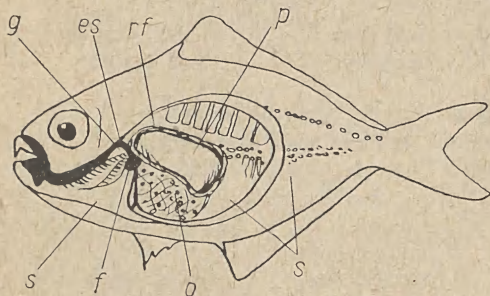
cone funkcji komórki lub nawet całego organizmu, natomiast, jak to ujął prof. Tarusow, „ultrasłabe świecenie nie jest funkcją komórki lub organizmu, lecz własnością ich substratów”. Wrażenie to spotęguje się jeszcze bardziej, gdy uświadomimy sobie wysoką sprawność energetyczną oraz budowę organów świecących.

Obecnie poświęcimy kilka słów lokalizacji i strukturze organów służących bioluminescencji. Fotofory, czyli organy wytwarzające świecące substancje mogą być dwojakiej natury: 1) sekrecyjnej, 2) symbiotycznej. W pierwszym przypadku w fotoforach-granulach wytwarzane są substancje typu lucyferyny i lucyferazy, w drugim — w fotoforach bytują świecące bakterie. Tak na przykład u niektórych strzykw należących do rodzaju *Holothuria* BL związana z występowaniem w nich świecących bakterii zaobserwowano już w najwcześniejszych stadiach rozwoju ontogenetycznego, w związku z czym przypuszcza się, że bakterie tworzą spory, przenoszące się z krwią gospodarza do jego narządów rozrodczych (Harvey, 1952). Bakterie z rodzajów *Cocobacillus* szczególnie często znaleźć można w fotoforach głowonogów (*Sepiola birostrata*,



Rys. 6. Przekrój organu świecącego ośmionoga *Pyroteuthis margaritifera* (Nicol, 1962).

f — fotofory, pg — ciemny pigment ochronny, rf — reflektor, s — soczewka.



Rys. 7. Schemat rozmieszczenia organów świecących u japońskiej ryby *Gazza minuta* (Harvey, 1952).

g — gardziel, es — przewód pokarmowy, o — organy wewnętrzne, p — pęcherz pławny, pozostałe oznaczenia jak na rys. 6.

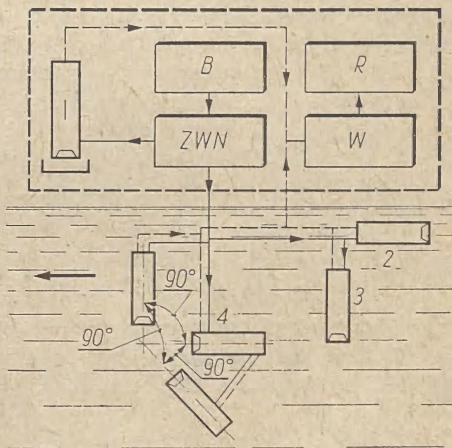
S. euprymna, *Loligo edulis*) i ryb. Rozmieszczenie i barwa świecenia fotoforów są charakterystyczne nie tylko dla gatunku, lecz również dla osobników odmiennej płci w obrębie tego samego gatunku (dymorfizm płciowy). Stosunkowo najczęściej fotofory są zlokalizowane w okolicy oczu i na brzusznej stronie ciała, przy czym „włączanie” i „gaszenie” świecenia znajduje się zwykle pod podwójną kontrolą systemu nerwowego i hormonalnego. Rozmieszczenie i anatomię fotoforów ilustrują przykładowo rys. 5, 6 i 7. Jak widać, osiągają one wysoki stopień rozwoju anatomicznego i optycznego.

METODY BADANIA ChL UKŁADÓW BIOLOGICZNYCH I APARATURA

Metody badania oraz zasady konstrukcji i działania aparatury do rejestracji BL i USS są analogiczne jak dla ChL i dokładnie opisane w dostępnych monografiach (Barenboim, Domanski, Turowierow, 1966), i artykułach (Filimonów, Artiomkin, Gitielson, 1967; Sławińska, Sławiński, 1968). Zasadniczą częścią jest fotopowielacz elektronowy, który przetwarza promieniowanie w światłoczułej warstwie katodowej w strumień elektronów, a następnie powiela ich liczbę 10^5 — 10^7 razy, dając na anodzie (wyjściu) prąd elektryczny, rejestrowany dalej różnymi metodami. Pierwsze przyrządy rejestrujące automatycznie BL morza w prawie naturalnych warunkach „in situ”, tzw. batyfotometri skonstruowali Clark (1956) oraz Kampa i Boden (1957). Zostały one później udoskonalone przez Gitielsona, Filimonowa i Artiomkina (1967) i dostarczyły wielu cennych informacji. Ideowy schemat aparatury oraz sposób wykorzystania podaje rys. 8.

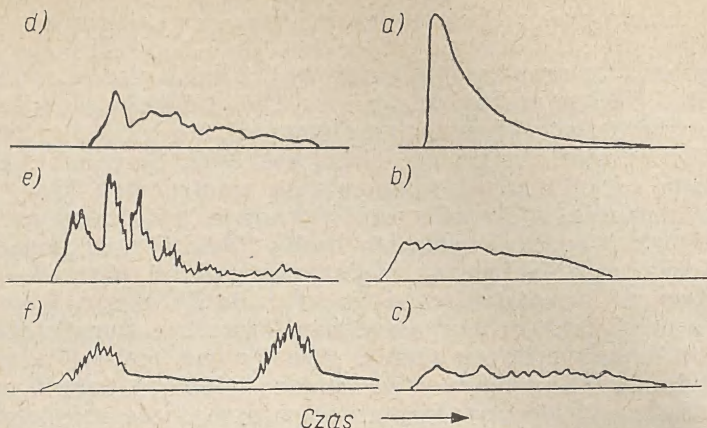
Rys. 8. Schemat aparatury do pomiarów bioluminescencji morza i możliwe sposoby jej wykorzystania.

B — bateria akumulatorów, ZWN — zasilacz stabilizowany prądu stałego wysokiego napięcia, W — wzmacniacz fotoprądu, R — rejestrator, 1, 2, 3, 4 — fotopowielacze z dzielnikami napięcia i iluminatorami w hermetycznej obudowie na linie nośnej z przewodami doprowadzającymi wysokie napięcie (linia ciągła) i sygnał (linia przerywana) w różnych wariantach wykorzystania: 1 — badania laboratoryjne na pokładzie statku lub laboratorium naziemnym, 2 — podczas poruszania się statku, 3 — w czasie postoju na zadanej głębokości, 4 — w czasie postoju na zadanej głębokości do pomiarów całkowitej energii świecenia (batyfotometr koordynacyjny) (Filimonow i współpr., 1967).

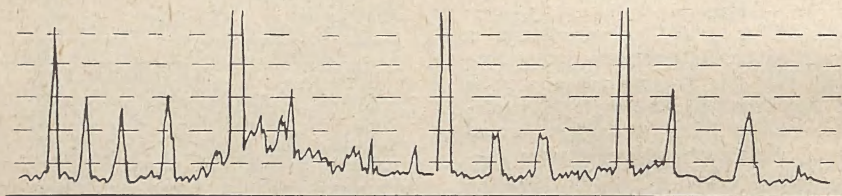


Rozpatrzmy, jakiego rodzaju informacje można uzyskać z pomocą batyfotometru stosując go do rejestracji świecenia: 1) pojedynczego organizmu, 2) określonej objętości wody morskiej. W pierwszym przypadku, gdy świecenie nie jest stacjonarne, lecz emitowane w formie impulsów, otrzymujemy zapis tego impulsu odznaczający się następującymi wielkościami: a) intensywnością, b) czasem trwania, c) formą. Analiza tych wielkości mogłaby w zasadzie dostarczać informacji o różnicach międzygatunkowych i metabolizmie świecącego obiektu. Pierwsze próby w tym kierunku, wykonane na skorupiakach z rodzaju *Conchoecia*, nie potwierdziły jednak istnienia zależności pomiędzy parametrami impulsu a różnicami płci i stadium rozwojowego badanych skorupiaków (Rudjakow, 1967; Czumakowa, 1968 (rys. 9). Negatywne rezultaty mogły być jednak wynikiem niedostatków metodycznych lub nieodpowiedniego przygotowania świecących organizmów.

Hydrooptyczne warunki badanej objętości wody charakteryzują następujące parametry batyfotogramu: a) stacjonarny poziom tła (światło astronomiczne słońca, księżyca, gwiazd), b) przewyższenie natężenia BL nad tłem, c) koncentracja świecących organizmów, d) rozkład sygnałów



Ryc. 9. Zapisy pojedynczych sygnałów świetlnych skorupiaków z rodzaju *Conchoecia* (Rudjakow, 1967), a — impuls eksponentyjnej formy *Conchoecia bispinosa* ♀, b — impuls *C. tetragona*, ♀, c — reakcja *C. tetragona* na pierwsze pobudzenie, d — to samo na powtórne pobudzenie, e — reakcja *C. oblonga* ♀ na pierwsze pobudzenie, f — spontaniczne świecenie *C. curta* ♂.

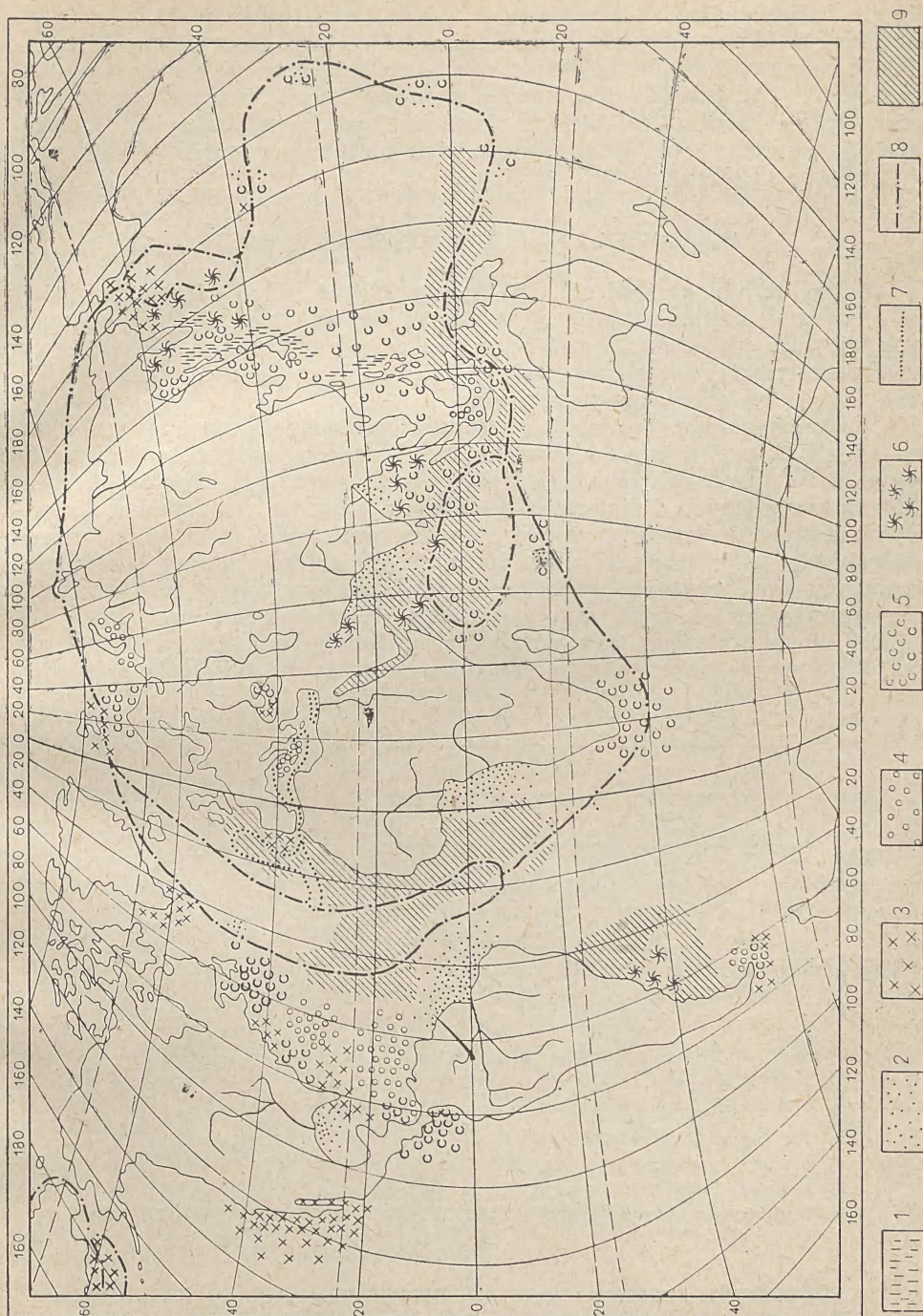


Rys. 10. Fragment batyfotogramu zapisanego w Oceanie Spokojnym na głębokości 115 m 3 grudnia 1961 r. o godz. 19–20 (Gitelson i współprac., 1965).

według amplitudy i czasu trwania, e) częstotliwość sygnałów. Na rys. 10 widzimy fragment batyfotogramu zarejestrowanego podczas jednego z rejsów statku badawczego Akademii Nauk ZSRR — „Witjaż” (Gitelson i współprac., 1965). Z zarejestrowanych wielkości można obliczyć stosunek natężenia BL do natężenia światła astronomicznego, liczbę świecących organizmów w jednostce objętości na danej głębokości, okre-

Rys. 11. Rozmieszczenie silnie świecących rejonów powierzchni morza.

1 — świecenie przybrzeżnych rejonów falami „tunami”. Powstaje w wyniku katastrofalnych fal, rozprzestrzeniających się z prędkością 200–400 km/godz. wywołanych ruchami tektonicznymi. Natężenie świecenia dosięga 10⁵ świec w ciągu kilkunastu sek i bywa widoczne na odległość 20 km. 2 — rejon silnego świecenia bakterii w wodach obfitujących w rozkładające się resztki organiczne, 3 — rejon silnego świecenia *Gonyaulax polyedra* i *G. catanella*, 4 — świecenie stad wieloszczetów *Odontosyllis enopla*, *O. phosphorea*, związane z godowymi tańcami w czasie określonych faz księżyca, 5 — rejon obfitujący w świecenie skorupiaków, zwłaszcza z rodzaju *Cypridina*, 6 — świecenie planktonu, tworzące oryginalne formy „młynów świetlnych”, plam, kół, pasów itp., spowodowane lokalnymi prądami i wiatrami, 7 — trasy rejsów badawczych Clarka (1956) oraz Kampfa i Bodena (1957), 8 — statków badawczych Akademii Nauk ZSRR „M. Łomonosow” i „Witjaż”, 9 — rejon powszechnego świecenia powierzchni morza związane z bogactwem fito- i zooplanktonu oraz cyrkulacją wód.



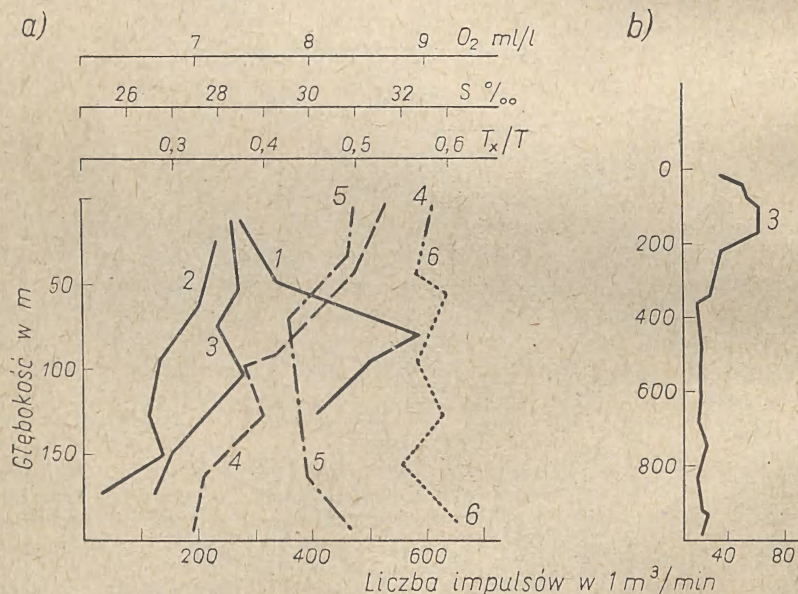
ślić w przybliżeniu ich rozmiary, a nawet rodzaj oraz reakcję na podrażnienie mechaniczne, elektryczne, chemiczne itp. Ostatnio w Instytucie Oceanografii Akademii Nauk ZSRR opracowano batyfotometr koordynacyjny, rejestrujący impulsy za pomocą trzech fotopowielaczy, rozmieszczonych wzdłuż osi układu współrzędnych prostokątnych. Pozwala on obliczyć całkowitą energię emitowaną bioluminescentami (Filimonow i współprac., 1967) (rys. 8).

BIOLUMINESCENCJA A ŚRODOWISKO MORSKIE

Pogląd, iż biologicznej roli BL należy szukać w związkach pomiędzy świecącym organizmem a środowiskiem, skłania nas do rozpatrzenia wpływu różnych czynników środowiska morskiego na BL. Rozważymy więc przestrzenny i czasowy rozkład BL w morzu oraz działanie na BL niektórych czynników zewnętrznych.

Chociaż świecenie morza jest zjawiskiem stosunkowo powszechnym, to jednak pewne rejony wyróżniają się szczególnym natężeniem świecenia. Załączona mapa (rys. 11) ilustruje rozmieszczenie niektórych, bardziej interesujących i najlepiej zbadanych rejonów. Jak widać, intensywne świecenie organizmów w powierzchniowych warstwach morza uzależnione jest od dwóch zasadniczych czynników: dużej zawartości planktonu oraz systemu cyrkulacji wód i związanych z tym bodźców mechanicznych, jak falowanie, tarcie o pęcherzyki powietrza itp.

BL morza odznacza się stratygrafią, którą przykładowo ilustruje rys. 12. Przytoczone wykresy świadczą o istnieniu korelacji pomiędzy



Rys. 12. Stratygrafia i rozkład czasowy bioluminescencji (Gitielson i współpr., 1965; Filimonow i współpr., 1967), a — zmiany BL i niektórych czynników hydrologicznych w centralnych rejonach Atlantyku, b — w centralnych rejonach Oceanu Spokojnego,

1, 2, 3 — natężenie BL odpowiednio o północy, rano i wieczorem, 4 — zawartość tlenu w ml/l, 5 — słoność w ‰, 6 — przejrzystość wody.

natężeniem BL a takimi czynnikami biologicznymi i hydrologicznymi, jak zawartość planktonu, tlenu, przezroczystość. Na ogół obserwuje się prostą proporcjonalność między natężeniem BL a liczebnością planktonu na danej głębokości (Filimonow, Artiomkin, 1967). Duży wpływ ma również zasolenie. Dwukrotne zwiększenie zasolenia w stosunku do naturalnego lub 10-krotne zmniejszenie powoduje gaśnięcie i dalej śmierć bakterii morskich (Tarasow, 1956). Wśród organizmów słodkowodnych spotykamy zaledwie kilka bioluminescentów, m.in. mięczak *Latia neritoides* Gray, żyjący pod kamieniami bystrych strumieni Nowej Zelandii (Harvey, 1952). Na istnienie zależności pomiędzy dobowym rozkładem świecenia a głębokością wskazuje również rys. 12. Może to być związane: 1) z migracją świecących gatunków na różne głębokości, 2) z dobowym rytmem świecenia poszczególnych gatunków. Tak u niektórych *Dinoflagelata* np. *Gonyaulax polyedra*, występuje endogenne, dobowy rytmem świecenia, przejawiający się w nasileniu tendencji do świecenia nocną porą (Hastings, Sweeney, 1958); u *Pyrocystis pseudonociluca* i niektórych skorupiaków rytmem świecenia jest egzogenne — spowodowany hamującym działaniem światła na BL (Nicol, 1960, 1965; Gitielson i współprac., 1965).

Substancje toksyczne, jak amoniak, formalina, fenol, saponiny, działają w małych stężeniach bodźcowo — powodują błyski bioluminescentów, które w miarę przedłużania się czasu działania toksyny lub wzrostu stężenia nasilają się aż do momentu śmierci organizmu. Narkotyki natomiast, jak chloroform, eter, alkohole, np. w przypadku bakterii, gaszą odwracalnie BL, nie przerywając oddychania. Można nawet wyhodować świecące szczepy — odporne na koncentrację 0,5% eteru. U nocoświecztlika *Noctiluca miliaris* narkotyki hamują częściowo nie samo świecenie, ale reakcję organizmu uruchamiającą „błyski” (Tarasow, 1956). Wpływ ciśnienia osmotycznego, temperatury, toksyn i narkotyków szczególnie silnie przejawia się w stosunku do biochemiluminescencji (USS) ryb i wodorostów, co wiąże się z naruszaniem równowagi utleniania biolipidów i przepuszczalnością błon lipoproteidowych (Żurawlow, Korzienko, 1963). Zagadnienia te, z uwagi na wybitnie praktyczne aspekty, omówimy osobno w ostatnim rozdziale.

Bodźce mechaniczne, drgania akustyczne, stałe i zmienne pola elektromagnetyczne wywierają silny wpływ zarówno na BL, jak i USS, badania jednak w tym zakresie są dopiero rozpoczęte.

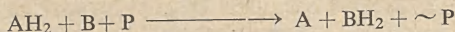
Znacznie większe rozpowszechnienie BL w morzach w porównaniu ze środowiskiem naziemnym może być związane z wolniejszym tempem ewolucji w środowisku oceanicznym, spowodowanym m.in. mniejszą radioaktywnością (Jaworowski, 1959). Należy jeszcze zauważyć, że maksimum widma BL leży w zielonym zakresie, co w związku z właściwościami optycznymi wody morskiej (Dera, Kalinowski, 1966) zapewnia wysoką przenikliwość promieniowania bioluminescentów. Być może czynnik ten ma głębszy sens biologiczny.

BIOLOGICZNA ROLA CHEMILUMINESCENCJI

Rola BL i USS może być rozważana w kategoriach współczesnej biofizyki i cybernetyki. Jak wiadomo, każdy żywy organizm stanowi układ strukturalno-energetyczny, znajdujący się w stanie równowagi dynamicznej (homeostazy). Zachowanie homeostazy wymaga dopływu swobodnej

energii (odżywianie, oddychanie) oraz informacji (bodźce, adaptacja). Możemy traktować świecenie jako jeden z czynników homeostazy i rozważyć ewentualny jego udział w energetyce i wymianie informacji żywego organizmu.

Pierwotne organizmy wykorzystywały energię zawartą w zredukowanych biosubstratach (H_2A) poprzez dehydrogenację typu:



gdzie: B oznacza akceptor wodoru z potencjałem na poziomie NAD , $a \sim P$ — związek „wysokoenergetyczny”. Były to więc anaeroby. Pojawienie się w atmosferze Ziemi tlenu, toksycznego dla anaerobów przeżyły tylko te organizmy, które wykształciły zdolność szybkiej jego redukcji do wody. Według hipotezy Mc Elroya i Seligera (1964) specyficznymi reduktorami były lucyferyny. Obecność enzymów-lucyferaz zapewniała dostateczną szybkość reakcji „unieszkodliwiających” tlen. Tak więc we wczesnych stadiach ewolucji BL miała charakter adaptacyjny, przy czym gwarantowała zamianę energii chemicznej (utleniania) na możliwie nieszkodliwą dla organizmu formę energii świetlnej. W miarę rozwoju łańcucha oddechowego, pojawienia się katalaz, BL stopniowo traciła swoje znaczenie i dzisiaj jest zjawiskiem szczątkowym, rozrzuconym „mozaikowo” w przyrodzie i jedynie w sporadycznych przypadkach spełniającym wtórne funkcje sygnalizacyjne.

Ta oryginalna hipoteza Mc Elroya i Seligera nie tłumaczy jednak co najmniej dwóch faktów: BL jamochłonów i promienic z typu pierwotniaków bez tlenu oraz BL niektórych organizmów (np. nocoświecika *Gonyaulax*) wyłącznie w nocy.

Bardziej ogólny pogląd głoszą Żurawlow (1965), Gitielson (1965) oraz Gitielson, Czumakowa i Fisz (1965). Według tych badaczy BL stanowi jeden ze sposobów regulacji energetyki organizmu. Jednym z pierwszych układów pozwalających wykorzystać na potrzeby pierwotnych organizmów morskich porcję energii 7–10 Kkal/mol mógł być układ typu meduzy *Aequorea*. Różnica energii $\Delta E = (B - Ca)^* - B_{ziel}^* \approx 8$ Kkal mogła być wykorzystana dla syntezy, poruszania itp. Pozostała energia — około 53 Kkal — zbyt duża dla jednorazowego użycia, wydzielala się w formie zielonej fluorescencji. Układ taki, wykazujący sprawność 13% jako mało ekonomiczny, został w procesie ewolucji zastąpiony bardziej sprawnym systemem łańcucha oddechowego. Tak więc w wyniku ewolucji systemu energetycznego zmniejszyło się prawdopodobieństwo luminescencji w fioletowej i niebieskiej części widma. Zmniejszenie natężenia oraz przesunięcie maksimum widma w stronę czerwieni byłoby zatem oznaką wyższego stopnia rozwoju.

W przypadku naruszenia funkcjonowania układu oddechowego może powstać: 1) klasyczna BL — gdy proces przenoszenia elektronów wchodzi na „boczną drogę” jak np. w przypadku reakcji $FMNH_2 + O_2$ u bakterii lub $NADH^+ + O_2$ u mięczaków; 2) USS — gdy rozkojarzenie oddychania i oksydacyjnej fosforylacji powoduje „krótkie spięcie” lipidytlen (Władimirow, 1966). W pierwszym przypadku mamy więc szczątkowy sposób utleniania biosubstratu, który współczesne organizmy wykorzystują dla celów informacji, zużywając na to około 5–7% ogólnej ilości przerabianego tlenu. O biologicznej roli drugiego rodzaju „krótkiego spięcia” za wcześnie dziś mówić, gdyż USS jest obiektem badań od kilku zaledwie lat. Być może, współczesny układ energetyczny nie osiągnął

nał takiej sprawności, by wykluczyć całkowicie przypadkowe akty samoutleniania biosubstratu, i USS jest „bezsmyślną” utratą części energii. Czumakowa i Gitielson (1965) wykazali istnienie związku BL bakterii z rodzaju *Photobacterium* z ich ogólną energetyką i przypuszczają, że BL jest swego rodzaju „klapą bezpieczeństwa”, umożliwiającą pozbycie się nadmiaru energii w przypadku naruszenia energetycznej równowagi homeostatu. Hipotezę tę trudno jednak pogodzić z faktem, że na BL bakterii zużywa się zaledwie 10^{-6} części energii wyzwolanej utlenianiem glikozy. Ponadto świecące bakterie łatwo ulegają przekształceniu (np. naświetlaniem ultrafioletem) w nieświecące mutanty, które normalnie rosną i rozmnażają się bez bioluminescencji.

Dopływ informacji od środowiska morskiego do receptorów organizmu może odbywać się za pośrednictwem BL. W procesie ewolucji świecenie zostało prawdopodobnie wtórnie wykorzystane jako swoisty kanał informacji, mający ważne znaczenie dla ekologii wielokomórkowych, swobodnie poruszających się organizmów. Pogląd taki, chociaż nie wyjaśnia całości zagadnienia, nie budzi wątpliwości i może być poparty szeregiem interesujących przykładów.

Przed wszystkim BL służyć może organizmom morskim do odstraszania lub dezinformowania przeciwnika. Tak na przykład batypelagiczna krewetka z rodzaju *Notostomus* oraz ryba *Searsia* chronią się przed wrogiem stawiając „światłne zasłony” z wydzielanego do wody śluzu, który zawiera lucyferynę i lucyferazę (Tarasow, 1956).

Samiec kalifornijskiej ryby *Porichthys* ma nad oczami fotofory świecące wyłącznie w tym okresie, gdy strzeże on ikry. W pozostałych okresach świecenie fotoforów (jak również wydawanie dźwięku) wywołać można tylko działaniem tak silnego hormonu, jak adrenalina (Tarasow, 1956). Wśród krewetek i robaków (*Policirrus albicans*, *Chaemopterus*) spotykamy gatunki zaopatrzone w silnie świecące wyrostki. Jest to forma pasywnej obrony, ponieważ drapieżniki atakują zwykle tylko świecące wyrostki, pozostawiając nienaruszony organizm bioluminescenta.

Drugim ważnym rodzajem sygnalizacyjnego zastosowania BL w środowisku morskim jest odnajdywanie osobników odmiennej płci lub tego samego stada. Tak na przykład robaki *Odontosyllis enopla*, żyjące na koralowych dnach w pobliżu Wysp Bermudzkich, dokładnie w 55 min. po zachodzie słońca, w 1, 3 i 4 dzień pełni księżyca, niezależnie od stanu nieba i pory roku, wypływają ogromnymi stadami na powierzchnię. Zaczynają wówczas intensywnie świecić i odbywają „godowe tańce”. Przypuszcza się, że u oczlików doskonale wykształcone fotofory służą do utrzymywania łączności w stadzie, gdyż gatunki samotnie żyjące, np. z rodzaju *Stylocheiron*, posiadają zredukowaną liczbę (5 zamiast 10) fotoforów. Nierzadko też BL służy do zwabiania zdobyczy, jak to spotykamy np. u ryby *Isistius brasiliensis*, o silnie świecących fotoforach na brzusznej stronie ciała. Tę właściwość BL wykorzystują od dawna rybacy Archipelagu Malajskiego, którzy wycinają z ryb organy świecące i przytwierdzają do wędek jako przynętę drapieżnych ryb (Tarasow, 1956).

Co do biologicznej roli USS istnieją na razie przypuszczenia, że mogłaby ona również służyć jako kanał informacji na częstościach „światlnych” lub stanowić impuls wyzwalaający pewne procesy fizjologiczne w układach komórka—komórka lub organ—organ (Kaznaczejew i współpr., 1967).

Tak więc zarówno hipotezy o energetycznej, jak i informacyjnej roli świeceń w układach biologicznych nie rozwiązują całości problemu. W tej

sytuacji paradoksalne może wydać się stwierdzenie, że BL i USS bez wątpienia są wykorzystywane jako źródło informacji we współczesnej biofizyce i biochemii.

WYKORZYSTANIE ŚWIECENIA ORGANIZMÓW MORSKICH

Obecny stan badań w zakresie ChL w ogóle, a świecenia morza w szczególności pozwala wyróżnić cztery zasadnicze dziedziny zastosowań: 1) nawigacja, 2) rybołówstwo morskie, 3) diagnostyka w hodowli hydrobiontów, 4) metody analityczne molekularnej biologii.

W zakresie nawigacji znaczenie ma świecenie powierzchni morza, przy czym można wyróżnić zarówno pozytywne, jak i negatywne jego skutki: a) BL zwiększa ogólną jasność na morzu i brzegu, b) wydziela z tła morza i brzegu poszczególne obiekty, c) za poruszającymi się w morzu obiektami wytwarza się świecący ślad, d) BL obniża ostrość widzenia, e) powoduje osłabienie i rozprężenie uwagi obserwatorów i nawigatorów, f) silnie świecące obszary morza mogą być przyczyną złudzeń (portu, latarni morskiej, przyboju). W okresie II wojny światowej BL niejednokrotnie utrudniała obserwację przez peryskop łodzi podwodnych, wysadzanie desantu nocną porą, znakomicie natomiast ułatwiała wykrycie poruszających się obiektów, jak statków, łodzi podwodnych, torped itp. Istnieje przypuszczenie (Harvey, 1952), że Kolumb i jego towarzysze w historyczną noc 12 października 1492 r., gdy przybliżali się do Małych Antylli, mylnie wzięli świecenie *Odontosyllis* za ognie wybrzeży Nowego Świata. Z odległości około 85 mil od lądu, na jakiej wówczas znajdowali się, ognie nie mogły być dostrzeżone, a zgodnie z księżycowym kalendarzem, dokładnie w tym dniu stada *Odontosyllis* powinny wypłynąć na powierzchnię i odbywać weselne tańce.

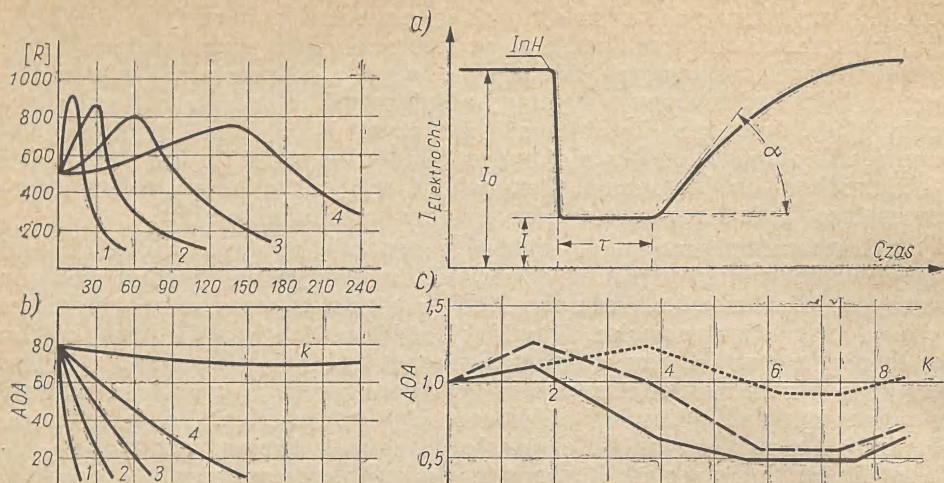
W zakresie rybołówstwa morskiego BL planktonu może ułatwiać odnajdowanie ławic ryb żywiących się planktonem lub odszukiwanie dużych zwierząt, które swoim ruchem wzbudzają świecenie planktonu. Tak na przykład w japońskiej zatoce Suruga BL nocoświatlików w okresie od maja do czerwca jest oznaką nieobecności w danym miejscu ancusów (nocoświatlik jest toksyczny dla tej ryby), jesienią natomiast wskazuje na obecność ławic sardynki. Dowódcy statków wielorybniczych często wypatrują nocą silnie świecących miejsc na morzu, gdyż mogą one świadczyć o przebywaniu wielorybów. Sztuczne oświetlenie, wabiące niektóre ryby żywiące się świecącym planktonem, jak skumbrie, sardynkę, szprotę, śledzika, wykorzystują rybacy wybrzeży Adriatyku i Morza Czarnego do łowienia tych ryb. W pewnych przypadkach świecenie może jednak utrudniać połowy. Tak np. w Morzu Czarnym sieci rybackie, wzbudzając niekiedy BL planktonu, tworzą ogniste zasłony, odstraszaające niektóre ryby (Tarasow, 1956).

Dla szybkiej oceny stanu żywotności i zdolności adaptacyjnych hydrobiontów w różnych warunkach środowiska, mającej ważne znaczenie w diagnostyce hodowlanej, wykorzystuje się biochemiluminescencję (USS). Jak już mówiliśmy, nieprzerwanie emitowane USS dostarcza informacji o szybkości procesów utleniania lipidów i zawartości antyoksydantów, a tym samym o fizjologicznym stanie organizmu. Wyniki badań Katedr Biofizyki i Hydrologii Uniwersytetu Moskiewskiego im. Łomonosowa oraz Instytutów Akademii Nauk i Ministerstwa Gospodarki Rybnej ZSRR pozwoliły opracować „ekspres-metody” oceny stopnia żywotności i zdolności adaptacyjnych gospodarczo ważnych organizmów wodnych,

przede wszystkim ryb, w zależności od zmiennych warunków środowiska, jak temperatura, zasolenie, zawartość przemysłowych substancji toksycznych i radioaktywnych. Metody te polegają na pomiarach zmian natężenia USS pod wpływem wyciągów lipidowych z badanych tkanek hydrobiontów. Jako model USS może służyć zarówno termochemiluminescencja utlenionego kwasu olejowego (Żurawlow, Korzienko, 1963), jak i elektrochemiluminescencja. Ten ostatni wariant metody znalazł szersze zastosowanie i z tego względu poświęcimy mu kilka słów.

Podczas przepływu prądu elektrycznego między dwoma elektrodami platynowymi zanurzonymi w odpowiednim elektrolicie (wodny roztwór tyrozyny, Pietrusewicz, Iwanow, 1965), metanolowy roztwór cytrynianu dwusodowego (Pietrusewicz, Sławiński, 1969) powstaje słabe, stacjonarne świecenie, zwane elektrochemiluminescencją (EChL). Świecenie to jest związane z rekombinacją rodników nadtlennokowych i jonów i modeluje w pewnym stopniu procesy utleniania lipidów *in vivo*. Po dodaniu do elektrolitu nieznacznych ilości (około 1 mg/ml) wyciągów z tkanek roślinnych lub zwierzęcych obserwuje się osłabienie natężenia świecenia, w określonych warunkach proporcjonalne do stężenia antyoksydantów. Tym sposobem można oznaczać koncentrację antyutleniaczy endogennych, jak tokoferole, fosfolipidy, niektóre chinony rzędu 10^{-7} mola/l w ciągu kilkunastu minut. Do sporządzenia wyciągu ogólnych lipidów wystarczy niewielka ilość tkanki (około 0,5 g wątroby, 0,2 ml krwi), dzięki czemu w wielu przypadkach można zachować przy życiu badany organizm.

Metodą EChL zbadano między innymi adaptację zielonych wodorostów *Ulva lactuca*, jeżowca *Strongilocentrothus drobachiensis*, ukwiału *Actinia equina*, ryb jesiotrowych do różnych warunków temperatury, zasolenia (Tarusow i współprac., 1968; Kozłow, Tielitzienko, Czernyszow, 1968, Doskocz, 1967; Panuszkin, 1968) a także działanie areacji i toksyn na karpia *Cuprinus carpio*. Wyniki niektórych prac pokazane są na rys. 13. Część a rysunku ilustruje przykładowo kinetykę EChL i parametry krzywej kinetycznej, pozwalające obliczać stężenie, aktywność i rodzaj antyutleniaczy. W części b podano zmiany antyutleniającej aktywności AOA wodorostu *Ulva lactuca*, zachodzące w wyniku zmian ciśnienia osmotycznego. Zawartość antyutleniaczy w obiektach kontrolnych, żyjących w wodzie morskiej pozostaje stała, a zmniejsza się w niesprzyjających warunkach osmotycznych, gdy organizm dla podtrzymania stacjonarności intensywnie przebiegających procesów utleniania i utrzymania struktury zużywa większą ilość antyutleniaczy. Obniżenie zawartości AO poniżej pewnej krytycznej granicy powoduje nieodwracalne zmiany, prowadzące do zniszczenia organizmu. Z części c rys. 13, przedstawiającego działanie toksyn na karpia, widzimy, że reakcja stresowa wyraża się obniżeniem AOA, zachodzącym wyraźnie w trzech stadiach. Metodą EChL udało się wykazać, że różne organy i tkanki reagują w różnym stopniu natężeniem zmian AOA na różne bodźce, np. największe zmiany AOA pod wpływem organicznych i nieorganicznych toksyn mają miejsce w wątrobie. Przeniesienie ryby do normalnych warunków wcześniej, niż osiągnięty zostaje krytyczny punkt K powoduje ustąpienie objawów patologicznych i powrót do normalnego stanu. Trzecia faza odpowiada wyczerpaniu przez organizm całego zapasu AO i wystąpieniu nieodwracalnych zmian w strukturze i metabolizmie, prowadzących do śmierci organizmu.



Rys. 13. Wykorzystanie elektrochemiluminescencji do badania stopnia żywotności i zdolności adaptacyjnych hydrobiontów

a — zmiany natężenia elektrochemiluminescencji

I — spowodowane dodatkiem antyutleniaczy, I i I_0 — natężenie świecenia (elektroChL) odpowiednio z inhibitorem i bez inhibitora, τ — okres indukcji, $\text{tg } \alpha$ — maksymalna wartość szybkości reakcji zużywania inhibitora (Wasiljew, Wiczutinski 1962; Pietrusiewicz, Sławiński, 1969),

b — wpływ zasolenia na stężenie wolnych rodników (u góry) oraz na zmiany antyutleniającej aktywności (AOA) (u dołu) lipidów wodorostu *Ulva lactuca*;

1 — 0–9‰, 2 — 9–18‰, 3 — 18–21‰, 4 — < 34‰ soli w wodzie, k — kontrol / *U. lactuca* w wodzie o zasoleniu 34‰, (D o s k o c z, 1967),

c — wpływ toksyn na zmiany AOA lipidów z różnych organów karpia *Cuprinus carpio*.

1 — wątroba, 2 — śledziona, 3 — skrzela, 4 — kontrol (karp w czystej wodzie). Jako substancja toksyczna użyty został azotan niklawy w stężeniu 0,5 mg/l. (T a r u s o w i w s p ó ł p r a c., 1968; K o z i ó ł o w i w s p ó ł p r a c., 1968; C z e r n y s z o w, J e r m o ł o w i c z, 1968).

Metoda elektrochemiluminescencji, po dokładnym przystosowaniu do konkretnych oznaczeń i dopracowaniu metodycznych i technicznych szczegółów, może stać się wygodnym i precyzyjnym narzędziem w diagnostyce hodowlanej i hydrologii. W naszych warunkach jest to również aktualne w związku z zarybianiem rzek i jezior (Żarnecki, 1959) i koniecznością selekcji hydrobiontów.

Szczególnie cenne byłoby jednak mierzenie natężenia biochemiluminescencji (USS) *in vivo*, bezpośrednio od badanego obiektu. Jak wiadomo, wykorzystanie zależności natężenia USS od temperatury dla zbóż i drzew owocowych umożliwiło opracowanie bardzo szybkiej metody określania termostabilności tych roślin, cennej dla selekcji i rejonizacji (Agawierdiew, D o s k o c z, T a r u s o w, 1965; T a r u s o w, 1966). Analogicznie można by określać żywotność i zdolności adaptacyjne np. ikry, narybku lub poszczególnych ryb. Wyeliminowałoby to pewne trudności interpretowania wyników otrzymanych metodą EChL, związane z modelowością

układów, uszkodzanie badanego organizmu oraz skróciłoby czas wykonywania analiz. Realizacja tych możliwości wiąże się z zastosowaniem bardzo czułej i precyzyjnej aparatury, niezbędnej w tego rodzaju badaniach.

U podstaw wykorzystania ChL jako źródła informacji w zakresie biologii molekularnej oraz jako metod analitycznych leży jej związek z zasadniczymi funkcjami komórki i organizmu. BL i USS pozwala badać, często na odległość i bez naruszania obiektu lub zakłócania otaczającego środowiska, wpływ temperatury, ciśnienia hydrostatycznego, napromieniowania, bodźców mechanicznych, elektrycznych, itp. na natężenie lub inne właściwości świecenia, a stąd wnioskować o stanie pewnych procesów i stanie struktur organizmu. Szczególnie wygodnym i często stosowanym obiektem są świecące bakterie (Werkman, Wilson, 1954). Niektóre procesy biosyntezy białka można badać rejestrując BL bakteryjnej lucyferazy, która prawdopodobnie syntetyzuje się zgodnie z ogólną zasadą DNA—RNA—białko. Ponieważ świecące bakterie łatwo przekształcają się w nieświecące mutanty (bez lucyferazy), rosnące równie dobrze jak i świecące, dlatego też inhibowanie syntezy białka-lucyferyny nie powinno wpływać na żywotność badanych bakterii (Rogers, Mc Elroy, 1958; Karakashian, Hastings, 1963). Metoda ta dałaby więc możliwość kontrolowania syntezy białka możliwie selektywnie, precyzyjnie i szybko.

Jednym z najczulszych indykatorów tlenu są bakterie *Achromobacter fischeri*, *Bacterium phosphoreum*, dzięki którym można wykryć 10^{-10} części tlenu w wodzie morskiej (Werkman, Wilson, 1954). Świecące układy bakterii (Burns, Whipple, 1964) oraz raczków *Cypridina* (Lohman i współpr., 1964) wykorzystano jako wygodny model do badania działania promieniowania jonizującego i radioprotektorów. W omawianych wyżej przypadkach natężenie I BL jest proporcjonalne w określonych warunkach do szybkości reakcji w (patrz równanie na str. 3), pozwala więc mierzyć intensywność niektórych procesów in vivo i in vitro. Z pomocą białka meduzy *Aequorea* można szybko i prosto oznaczać bardzo małe ilości jonów Ca i Sr w preparatach biologicznych (Shimomura i współprac., 1963c).

Rozpatrzyliśmy tu tylko niektóre przykłady praktycznego wykorzystania BL i USS. Nie ulega wątpliwości, że intensywny rozwój badań chemiluminescencji w układach biologicznych zwiększy zakres zastosowań tej precyzyjnej metody oraz przyczyni się do wyjaśnienia biologicznej roli świecenia w życiu morza.

LITERATURA

- [1] Agawierdiew A. S., Doskocz J. E., Tarusow B. N. — Biofizika, 10, 832—834, 1965.
- [2] Barenboim G. M., Domanski A. N., Turowierow K. K. — *Lu-minescencja biopolimerow i klie tok*, Nauka, Moskwa, Leningrad, 1966.
- [3] Burns G. H., Whipple G. H. — Radiation Res., 22, 173, 1964.
- [4] Chase A. M., Ball I. H., Cornelius S. E., Liderman K. I. — in Light a. Life, Baltimore, 1961, 258—264.
- [5] Clarke G. L., Wertheim G. K. — Deep-Sea Res., 4, 189, 1956.
- [6] Colli L., Facchini U. — Nuovo Cimento, 12, 150, 1954.
- [7] Czernyszow W. I., Jermolowicz L. P. — Trudy Mosk. Ob-wa Ispyt, Prirody, ser. biol., 1968.

- [8] Doskocz J. E. — Trudy Mosk. Ob-wa Ispyt. Prirody, ser. biol. 1967.
- [9] Dure L. S., Cormier M. J. — J. Biol. Chem., 238, 790—793, 1963; 2351—2359, 1964.
- [10] Filimonow W. S., Artiomkin A. S. — w Bioenergetika i biologiceskaja spektrofotometria, Nauka, Moskwa, 1967, 40—60.
- [11] Filimonow W. S., Gitielson I. I., Artiomkin A. S. — Bioenergetika i biologiceskaja spektrofotometria, Nauka, Moskwa, 1967, 62—69.
- [12] Fisz A. M., Czumakowa R. I., Sałanski N. M. — w Bioenergetika i biologiceskaja spektrofotometria, Nauka, 1967, 75—79.
- [13] Gitielson I. I., Czumakowa R. I., Fisz A. M. — Biofizika, 10, 100—104, 1965.
- [14] Gitielson I. I., Fisz A. M., Czumakowa R. I. — w Bioenergetika i biologiceskaja spektrofotometria, M., 1967, 70—75.
- [15] Gitielson I. I., Bałkanow O. G., Filimonow W. S., Ariomkin A. S., Szapochin W. F. — w Bioluminescencja, Nauka, Moskwa 1966, 147—155.
- [16] Gitielson I. I., Czumakowa R. I. — w Fiziko-chemiczeskije asnowy regulacji w kletkach, Nauka, Moskwa 1968, 207—212.
- [17] Grabiec S. — Bull. Acad. Pol. Sci., 4, 249, 1968.
- [18] Grabiec S., Bogdański K. — Bul. de L'Acad. Polon. Sci., 3, 1967.
- [19] Haneda Y., Johnson F. H. — Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 44, 127, 1958.
- [20] Harvey N. E. — Bioluminescence, Acad. Press, N. Y., 1952; History of Bioluminescence, Amer. Philos. Soc., Philadelphia 1957.
- [21] Hastings J. W. — Bode V. C., in Light a. Life., 294.
- [22] Hastings J. W., Gibson Q. H. — J. Biol. Chem., 238, 2537, 1963.
- [23] Hastings J. W., Sweeney B. M. — Biol. Bull., 115, 3, 1958.
- [24] Hirata Y., Shimomura O., Eguchi S. — Tetrahedron Letters, 5, 4—9, 1959.
- [25] Jaworski Z. — Kosmos, ser. A., 8, 225—240, 1959.
- [26] Johnson F. H., Shimomura O., Saiga Y. — J. Cellular Physiol., 59, 265, 1962; 60, 85—103, 1962.
- [27] Kampa E. M., Boden B. D. — Deep-Sea Res., 4, 2, 1957.
- [28] Karakashian M. W., Hastings J. W. — J. Gen. Physiol. 47, 1—12, 1963.
- [29] Kaznaczejew W. P. — w Bioenergetika i biologiceskaja spektrofotometria, Nauka, Moskwa, 1967, 80—84.
- [30] Klein H. A. — Bioluminescence, J. B. Lippincot. Comp., Philadelphia N. Y., 1965.
- [31] Kozłow J. P., Telitczienko M. M., Czernyszow W. I. — ref. na II konf. po wodnoj toksikologii, M. 1967.
- [32] Lohmann W., Flower C. F., Perkins W. H. — Acta Radiol., 2, 17—23, 1964.
- [33] Mc Elroy D. D., Hastings J. W., Coulombre J., Sonnenfeld V. — Arch. Biochem. Biophys., 46, 399, 1953.
- [34] Mc Elroy W. D., Seliger H. H. — Sci. American, 207, 76—89, 1962.
- [35] Mc Elroy W. D., Seliger H. H. — w Gorizonty Biochimii, Moskwa, 1964, 74—81.
- [36] Mc Elroy W. D., Strehler B. L. — Bacterial. Reva., 18, 177, 1954.
- [37] Nicol J. A. C. — J. Exper. Biol., 32, 299, 1955.
- [38] Nicol J. A. C. — The Biology of Marine Animals, London, 1960.
- [39] Nicol J. A. C. — Advances Compar. Physiol. Biochem., N. Y., London, 1, 217—273, 1962.
- [40] Paniuszkin J. A. — Trudy Mosk. Ob-wa Ispyt. Prirody, ser. biol. 1968.

- [41] Pietrusewicz J. M., Iwanow I. I. — *Biofizika*, 10, 698—699, 1965.
- [42] Pietrusewicz J. M., Sławiński J. S. — *Biofizika*, 1969, w druku.
- [43] Rogers P., Mc Elroy W. D. — *Arch. Biochem. Biophys.*, 75, 106—116, 1958.
- [44] Rudjakow J. A. — *Bioenergetika i biologiczesczaja spektrofotometria*, Nauka, Moskwa 1967, 52—60.
- [45] Shimomura O., Johnson F. H., Saiga Y. — *Science*, 140, 1339—1340, 1963; *J. Cell. Compar. Physiol.*, 62, 9—15, 1963.
- [46] Sławińska D., Sławiński J. — *Zesz. Nauk. Wyższej Szkoły Rolniczej w Szczecinie*, 15, 142—145, 1964; *Chem. Anal.*, 10, 77—84, 1965; *Nature*, 213, 902—903, 1967.
- [47] Sławiński J. — *Postępy Biochem.*, 13, 191—216, 1967.
- [48] Sławińska D., Sławiński J. — *Wiadomości Chem.*, 22, 166—185, 1968; 22, 267—296, 1968; *Zesz. Nauk. Politechniki Szczecińskiej*, 1968.
- [49] Sławiński J. S., Pietrusewicz J. M. — *Dokłady Wyssz. Szkoły, Biolog. nauki*, 1969 (w druku).
- [50] Strehler B. L. — *Arch. Biochem. Biophys.*, 34, 239—248, 1951.
- [51] Strehler B. L., Arnold W. H. — *J. Gen. Physiol.*, 34, 809—820, 1951.
- [52] Tarasow N. I. — *Swieczenje morja*, Nauka, Moskwa, 1956; *Żywyj swiet morja*, Nauka, Moskwa, 1956.
- [53] Tarusow B. N., Dóskocz J. E., Kozłów J. P., Parchomienko I. M., Łukin N. F. — *Biofizika*, 1968 (w druku).
- [54] Tarusow B. N., Paliwoda A. P., Żurawłow A. I. — *Biofizika*, 6, 490—491, 1961.
- [55] Tarusow B. N., Żurawłow A. I. — w monogr. *Bioluminescencja*, Nauka, Moskwa, 1965, str. 125—132.
- [56] Tarusow B. N. — *Priroda*, 2, 11—22, 1966.
- [57] Tarusow B. N., Iwanow I. I., Pietrusewicz J. M. — *Swierchslabyje swieczenja biologiczesczych sistem*, Izd. Mosk. Gosud., Uniwersit., Moskwa, 1967.
- [58] Wasiljew R. F., Wiczutinski A. A. — *Dokłady Akad. Nauk. SSSR*, 145, 1301—1304, 1962.
- [59] Wasiljew R. F. — *Usp. fiziczeskich nauk*, 89, 409—436, 1966. *Optika i spektr.*, 18, 236—244; 18, 415—421, 1965.
- [60] Werkman C. H., Wilson P. W. — *Bacterial Physiology*, tłum. ros., *Inostrannaja Literat.*, Moskwa, 1954.
- [61] White E. H., Mc Capra F., Field G. E., Mc Elroy W. D. — *J. Amer. Chem. Soc.*, 83, 2402—2403, 1961.
- [62] Władimirow J. A. — *Swierchslabyje swieczenja pri biochimiczeskich reakcjach*, Nauka, Moskwa, 1966.
- [63] Władimirow J. A., Litwin F. F. — *Biofizika*, 4, 601—604, 1959.
- [64] Ziernowa W. W. — w monogr. *Bioenergetika i biologiczesczaja spektrofotometria*, Nauka, Moskwa, 1967, str. 46—52.
- [65] Żarnecki S. — *Kosmos*, ser. A, 8, 15—24, 1959.
- [66] Żurawłow A. I., Korżienko W. P. — *Dokłady Akad. Nauk SSSR*, 152, 457—60, 1963.
- [67] Żurawłow A. I. — *Ż. Obszcz. biol.*, 26, 129, 1965.
- [68] Żurawłow A. I., Paliwoda A. P., Tarusow B. N. — *Radiobiologja*, 1, 321—324, 1961.
- [69] Żurawłow A. I., Filippow J. N., Simonow W. W. — *Biofizika*, 10, 246—251, 1965.
- [70] Dera J., Kalinowski J. — *Postępy Fizyki*, 17, 537—563, 1966.

ABSCYSYNA — NOWY REGULATOR WZROSTU ROŚLIN

Badania nad mechanizmem związanym z procesem odpadania organów u roślin wskazywały na istnienie pewnych związków mających zdolność przyspieszania tego procesu.

Już w roku 1955 Osborne, badając dyfuzaty z poduszki distalnej części liści fasoli, stwierdziła w nich obecność aktywnej substancji przyspieszającej odpadanie ogonków liściowych. W dalszych badaniach okazało się, że substancja ta była zdolna do przeciwstawienia się hamującemu wpływowi auksyny na proces odpadania liścia. Wiadomo, że auksyna zaaplikowana na ogonek liścia pozbawiony blaszki liściowej znacznie opóźnia jego odpadanie. Na podstawie przeprowadzonych badań autorka wysunęła wniosek, że odpadanie może być regulowane nie tylko przez endogenną auksynę, lecz także przez substancję lub substancje produkowane w liściach, których ilość wzrasta w miarę ich starzenia się.

Na obecność w roślinach substancji przyspieszających odpadanie ogonków wskazywali również inni badacze: Biggs (1957) w owocach jabłoni i starzejących się liściach fasoli, Osborne (1958) w starzejących się liściach pewnych gatunków drzew tropikalnych, Van Steveninck (1959) w młodych i dojrzałych owocach łubinu żółtego, Hall i in. (1961) w starych liściach bawełny, Jacobs i in. (1962) w starych liściach *Coleus*, Rubinstein i Leopold (1962) w liściach fasoli (Addicott i in. 1964).

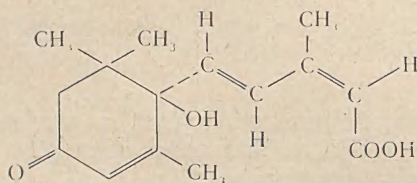
W latach 1953 i późniejszych zwrócono uwagę na substancje szczególnie aktywne w procesie odpadania, których obecność stwierdzono w owocach bawełny. Szczegółowe badania doprowadziły do wyodrębnienia w 1961 r. przez Liu i Carnsa z dojrzałych owoców bawełny związku, który wpływał stymulująco na odpadanie liści. Związek ten nazwano abscysyną (abscission — odcięcie, ucięcie).

W dwa lata później Ohkuma, Smith, Lyon i Addicott (1963) uzyskali z młodych owoców bawełny inny krystaliczny związek, który w swoim działaniu okazał się bardzo podobny do wyodrębnionego poprzednio przez Liu i Carnsa, jednakże był 10-krotnie aktywniejszy. Dla odróżnienia obydwu tych związków — pierwszy z nich określono jako abscysynę I, a drugi jako abscysynę II.

O abscysynie I wiemy dotąd bardzo mało. Znajomość jej nie wykracza poza wstępne prace Liu i Carnsa. Wiadomo, że związek ten jest słabym kwasem pozbawionym azotu. Rozpuszcza się w acetonie, metanolu, octanie etylu i chloroformie. Temperatura topnienia: 197—198°C. Po ekstrakcji 1000 funtów suchych nasion bawełny otrzymano zaledwie 3 mg krystalicznej abscysyny I. Fakt ten utrudnia niewątpliwie badania dotyczące poznania chemicznych i fizjologicznych właściwości tego związku.

Struktura abscysyny II została ustalona przez Ohkumę i wsp. (1965), natomiast Cornforth, Milborrow i Ryback (1965) dokonali jej syntezy na

drodze chemicznej. Właściwości biologiczne tego związku okazały się bardzo podobne do tych, jakie wykazywała naturalna abscysyna II. Abscysyna II jest pochodną kwasu pentadienowego, przy 5 węglu ma cykloheksan. Jest politerpenem o wzorze cząsteczkowym $C_{15}H_{20}O_4$. Rozpuszcza się w takich rozpuszczalnikach organicznych, jak aceton, metanol, eter naftowy i etylowy, octan etylu i chloroform. Rozpuszczalna jest również w wodzie (Addicott 1968, Addicott i wsp. 1964).



Abscysyna II

Porównując własności abscysyny I i II stwierdza się pewne cechy wspólne, jak rozpuszczalność w tych samych rozpuszczalnikach organicznych, podobieństwo w adsorpcji ultrafioletu i kwasowy charakter. Substancje te wykazują jednak istotne różnice w punkcie topnienia. Podobnie analiza elementarna wskazuje, że pod względem chemicznym stanowią one dwa odrębne związki (Addicott 1968, Addicott i współprac. 1964).

Przy użyciu specjalnego spektropolarymetru (Bellengham — Stanley Polarmatic 62) Cornforth i współautorzy (1966) określili własności optyczne abscysyny II. Przyrząd ten pozwala na wykrycie i oznaczenie tej substancji w niezbyt nawet oczyszczonych ekstraktach roślinnych. Granica wykrywalności czystego związku przy użyciu spektropolarymetru wynosi 0,5 mg w 0,65 ml roztworu. Jest to niezbędna ilość roztworu potrzebna do napełnienia kuwetki polarymetru.

Stosując metodę polarymetryczną stwierdzono obecność abscysyny II w pączkach i pędach *Acer pseudoplatanus*, w pędach *Prunus domestica*, w liściach *Betula pubescens* i *Brassica oleracea*, w bulwach *Solanum tuberosum*, w nasionach *Persea grantissima*, w pseudokarpium *Rosa arvensis* oraz w owocach drzew cytrusowych. Ponadto obecność abscysyny II wykryto w truskawkach i gruszkach (Pieniążek 1967), w liściach i soku jabłkowym (Pieniążek i Rudnicki 1967) oraz w soku ksylemowym drzew jabłoni (Pieniążek 1967), w liściach żylistka (Tomaszewska 1967), w śpiących bulwach *Dioscorea batatas* (Hashimoto, Ikai i Tamura 1968), w liściach truskawek (Gabr i Guttridge 1968). Milborrow (1967) wymienia 20 gatunków roślin, w których zidentyfikowano abscysynę II. Obejmują one rośliny jedno- i dwuliścienne oraz paprocie.

Dane z literatury mówiące o wyodrębnieniu abscysyny II z różnych organów bardzo odległych od siebie systematycznie gatunków pozwalają przypuszczać, że związek ten występuje powszechnie w świecie roślinnym.

Istnieje wielkie prawdopodobieństwo, że abscysyna II jest komponentem pospolicie znajdującego się w roślinach inhibitora — β (Addicott i in. 1964, Milborrow 1967, Bradbeer 1968). Inhibitor ten ma charakter kompleksowy i przypuszczalnie w skład jego wchodzi dwa rodzaje związków; jedno o charakterze fenolowym i drugie, nie dające reakcji

typowych dla fenoli (Rabinow i współautorzy 1963). Być może częścią nie wykazującą charakteru fenolowego jest właśnie abscysyna II.

Aktywność abscysyny II można oznaczać przy pomocy szeregu testów biologicznych. W teście wzrostowym koleptyli owsa, zarówno wydłużeniowym, jak i wygięciowym, abscysyna II wykazuje istotne hamowanie wzrostu. W testach tych przejawia ona również własności silnego inhibitora auksyny (Addicott i in. 1964, Pieniążek i Rudnicki 1967, Tomaszewska 1967). Liu i Carns oznaczali aktywność tego związku na podstawie jego zdolności do przyspieszenia odpadania ogonków liściowych u eksplantatów bawełny. Pomiaru aktywności tej substancji można z powodzeniem dokonać stosując również eksplantaty z innych roślin, np. pachnotki (El-Antably, Wareing i Hillman 1967 wg Addicotta i wsp. 1964), żylistka (Tomaszewska 1967). Innym stosowanym biotestem jest test izolowanych embryonów pszenicy (Miyamoto, Tolbert i Everson 1961, Milborrow 1967), w którym pod wpływem abscysyny uzyskuje się hamowanie wzrostu koleptyli.

Istnieją dane, które sugerowałyby, że abscysyna II może posiadać pewne własności zbliżone do związków giberelinopodobnych. Okazało się mianowicie, że jeżeli do ekstrakcji abscysyny II używano acetonu, to solvent ten ekstrahował również gibereliny. Zapoczątkowano serię badań, których celem było porównanie właściwości obydwu tych związków. Tak więc Addicott i in. (1964) wykonali doświadczenie zmierzające do ustalenia, czy abscysyna może być aktywna dla karłowatych mutantów kukurydzy, testu specyficznego na gibereliny. W doświadczeniu użyto mutantów kukurydzy d_1 , d_3 , i d_5 . Okazało się, że roztwory krystalicznej abscysyny II, wprowadzone w stężeniu 0,25—50 μg na roślinę, nie dawały żadnej aktywności giberelinopodobnej. Podobne rezultaty uzyskał również Ohkuma i in. (1963). W przeciwieństwie do tego, ekstrakty z młodych owoców bawełny wykazywały pewną aktywność wzrostową u mutantu kukurydzy d_5 .

Milborrow (1966) badał hamujące właściwości syntetycznej abscysyny II dla odcinków mezokotyli owsa. Autor ten stwierdził, że odcinki mezokotyli, które reagowały na auksynę i giberelinę, traciły te zdolności pod wpływem abscysyny II. Większość eksperymentów przeprowadzono z kwasem giberelowym (GA_3), lecz abscysyna II hamowała również działanie gibereliny A_1 , A_4 , A_5 , A_6 , A_7 , i A_9 . Podobne dane uzyskała Tomaszewska (1967), która wykazała, że kwas giberelowy podany łącznie z abscysyną II lub z wyciągiem z żylistka niwelował częściowo działanie abscysyny II. Wyraźny antagonizm w działaniu tych związków wykazali również El-Antably i współprac. (1967). Autorzy stwierdzili, że giberelina była zdolna do usunięcia skutków działania abscysyny II w wycinakach liści szczawiu, których użyto jako materiału testowego.

Chrispeels i Varner (1966—1967) wykazali, że abscysyna II jest efektywnym inhibitorem produkcji α -amylazy indukowanej działaniem gibereliny. Inhibicja ta może być częściowo zniesiona poprzez zastosowanie odpowiednich stężeń gibereliny. Hamujący wpływ abscysyny II na tworzenie α -amylazy nie jest jednak związany z oddychaniem lub fosforylacją ani też nie urzeczywistnia się poprzez hamowanie syntezy białek. Szczegółowe badania wykazały, że abscysyna II hamuje pobieranie znakowanej urydyny i jej włączenie do RNA, jak również działa hamująco na syntezę specyficznych enzymów cząsteczek RNA. Z badań Overbeeka i współautorów (1967) wynika również, że abscysyna II ma zdolność hamowania syntezy DNA.

Istnieje przypuszczenie (Chrispeels i Varner 1966, 1967), że interakcja gibereliny i abscysyny II może polegać na tym, że miejsca ich działania w przemianach biochemicznych, w jakich uczestniczą, mogą być podobne lub nawet identyczne. Abscysyna II wywiera także wpływ na szereg innych procesów fizjologicznych. Wpływa stymulująco na starzenie się tkanek liści, powodując rozpad chlorofilu oraz inne zmiany fizjologiczne towarzyszące procesowi starzenia. Wykazali to El-Antabły i współprac. (1967) na przykładzie 18 gatunków roślin. Ponadto związek ten odgrywa niewątpliwie rolę w procesach spoczynku drzew. Na udział abscysyny w tych procesach wskazywali Eagles i Wareing (1963, 1964), Cornforth i in. (1965, 1966), El-Antabły i współprac. (1967). Zastosowanie abscysyny pozwala również na przedłużenie spoczynku ziemniaków, opóźniając wyrastanie pędów.

Od dawna znane były różne związki, które opóźniały lub hamowały rozwój nasion. Znajdowano je w owocach, osłonach nasiennych i innych partiach rośliny. Obecnie wiadomo, że w niektórych wypadkach właśnie abscysyna II jest aktywnym związkiem odpowiedzialnym za opóźniony rozwój nasion. Jej występowanie stwierdzono w pseudokarpium róży (Jackson i Blundell 1963), w brzoskwiniach (Lipe i Crane 1966), w avocado (Addicott 1968). Hamujący wpływ abscysyny na rozwój nasion sałaty obserwował Addicott (1968), a Sumner i Lyon (1967) — na rozwój nasion czterech gatunków traw. Bradbeer (1968) uzyskał hamowanie pod wpływem abscysyny II kiełkowania nasion leszczyny, a Sondheimer i Galson (1966) — izolowanych embrionów *Fraxinus ornus* i *Fraxinus americana*. Hamujący wpływ tego związku na kiełkowanie stratyfikowanych nasion Antonówki stwierdzili Pieniążek i Rudnicki (1967). Okazało się również, że znajdująca się w okrywach nasiennych abscysyna II, a nie związki fenolowe, jak dotąd sądzono (Côme 1955), jest naturalnym inhibitorem hamującym kiełkowanie stratyfikowanych zarodników jabłoni (Pieniążek i Grochowska 1967).

Jedną z właściwości tego związku jest także zdolność inicjowania w pewnych określonych warunkach zawiązywania bulw, co stwierdzono u *Solanum tuberosum* i *Solanum andigena*. Efekt taki uzyskano wprowadzając abscysynę II do liści roślin rosnących w warunkach dnia długiego (El-Antabły i współprac. 1967).

Abscysyna II wywiera także istotny wpływ na zakwitanie. Przy udziale jej uzyskano kwitnienie pewnych roślin dnia krótkiego: *Pharbitis nil.*, *Chenopodium rubrum* i *Ribes nigrum* na dniu długim (El-Antabły i Wareing 1966, El-Antabły, Wareing, Hillman 1967). Z drugiej strony, kwitnienie roślin dnia długiego: *Lolium temulentum* i *Spinacia oleracea* było blokowane nawet przy jednorazowym traktowaniu abscysyną II (Evans 1966, El-Antabły i wsp. 1967).

Pod wpływem abscysyny II obserwowano również hamowanie wzrostu liści, łodyg oraz tkanek w kulturach in vitro (Addicott 1968).

Z przytoczonych danych wynika zatem, że abscysyna II jest czynna w różnych procesach fizjologicznych i może oddziaływać na różne organy roślin. Zestawienie niektórych własności fizjologicznych abscysyny II podano w tabeli 1.

W tym samym czasie, gdy wyizolowano abscysynę II i prowadzono badania zmierzające w kierunku jej indentyfikacji, pojawił się szereg prac dotyczących mechanizmu spoczynku drzew. W roku 1963 wyodrębniono (Eagles i Wareing) z dojrzałych liści klonu i brzozy oraz pączków śpiących inhibitor, który, jak stwierdzono, uczestniczył w procesach spo-

Tabela 1

Własności fizjologiczne abscysyny II

	Zjawisko	Organ	Literatura
Przyspiesza lub inicjuje	odpadanie	młodych owoców ogonków liściowych	Addicott i współprac. (1964) Liu i Carns (1961) El-Antably i współprac. (1967) Tomaszewska (1967)
		liści	Liu i Carns (1961) Addicott i współprac. (1964)
	starzenie spoczynek	liści pędów	El-Antably i współprac. (1967) Eagles, Wareing (1963, 1964) Cornforth i współprac. (1965, 1966) El-Antably i współprac. (1967)
	tworzenie nowych organów zakwitanie niektórych roślin dnia krótkiego	bulw bulw	El-Antably i współprac. (1967) El-Antably i współprac. (1967) El-Antably, Wareing (1966) El-Antably i współprac. (1967)
Opóźnia lub zapobiega	wzrost	liści pędów	Addicott (1968) El-Antably i współprac. (1967)
	rozwój	tkanek in vitro nasion	Addicott (1968) Jackson, Blundell (1963) Lipe, Crane (1966) Pieniążek, Rudnicki (1967) Sumner, Lyon (1967) Bradbeer (1968)
	syntezę α -amylazy	w nasionach	Chrispeels, Varner (1966)
	zakwitanie roślin dnia długiego		Evans (1966) El-Antably i współprac. (1967)

czynkowych. Nazwano go dorminą (dormancy — spoczynek) (Eagles i Wareing 1964). Dormina została wyizolowana w formie krystalicznej z liści *Sycamore* przez Cornforth i współprac. (1965, 1966). Pod wpływem dorminy uzyskiwano przerywanie wzrostu i formowanie się pączków śpiących (Eagles i Wareing 1963, 1964, El-Antably i wsp. 1967).

Badania Cornforth i współprac. (1965) nad dorminą wykazały, że jest to związek kwaśny, posiadający grupę hydroksylową, karboksylową oraz nienasyconą grupę ketonową. Na podstawie porównania własności dorminy i abscysyny II: ich ciężaru cząsteczkowego, widma w podczerwieni i punktu topnienia (160—161°C) autorzy z całą pewnością stwierdzają, że obie substancje są identyczne. Hamujący wpływ dorminy badano również w testach biologicznych: z wyizolowanymi embrionami pszenicy, koleoptyli owsa oraz w teście na odpadanie ogonków liściowych (Cornforth i współprac. 1966).

Posługiwanie się dwoma nazwami — abscysyna II i dormina — prowadziło do licznych nieporozumień w literaturze. W celu ujednolicenia nazwy Addicott i in. (1967) zaproponowali nazwę kwas abscysynowy, który, jak wynika z najnowszej literatury, przyjął się już powszechnie.

Biorąc pod uwagę różnorodność procesów fizjologicznych, w których czynny jest kwas abscysynowy oraz jego właściwości, słuszne wydaje się uznać ten związek, jako nowy endogenne regulator wzrostu i rozwoju, podobnie jak auksyny, gibereliny i cytokiny.

LITERATURA

- [1] Addicott F. T. — 1968, McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology.
- [2] Addicott F. T., Carns H. R., Cornforth J. W., Lyon J. L., Milborrow B. V., Ohkuma K., Ryback G., Smith O. E., Thiessen W. E., Wareing P. F. — 1967, *Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substances — Proceedings of the Sixth International Conference on Plant Growth Substances*.
- [3] Addicott F. T., Carns H. R., Lyon J. L., Smith O. E., McMeans J. L. — 1964, *Regulateurs Naturels de la Croissance Vegetale.*, Coll. Int. Centr. Nat. Rech. Sci., 123, 687, Paris.
- [4] Bradbeer J. W. — 1968, *Planta*, 78, 266.
- [5] Chrispeels M. J., Varner J. E. — 1966, *Nature*, 212, 1066.
- [6] Chrispeels M. J., Varner J. E. — 1967, *Plant Physiol.*, 42, 1008.
- [7] Côme D. — 1965, *C. R. Acad. Sc., Paris*, 260, 1725.
- [8] Cornforth J. W., Milborrow B. V., Ryback G. — 1965, *Nature*, 206, 715.
- [9] Cornforth J. W., Milborrow B. V., Ryback G. — 1966, *Nature*, 210, 627.
- [10] Cornforth J. W., Milborrow B. V., Ryback G., Wareing P. F. — 1965, *Nature*, 205, 1269.
- [11] Eagles C. F., Wareing P. F. — 1963, *Nature*, 199, 874.
- [12] Eagles C. F., Wareing P. F. — 1964, *Physiol. Plant.*, 17, 697.
- [13] El-Antably H. M. M., Wareing P. F. — 1966, *Nature*, 210, 328.
- [14] El-Antably H. M. W., Wareing P. F., Hillman J. — 1967, *Planta*, 73, 74.
- [15] Evans L. T. — 1966, *Science*, 151, 107.
- [16] Gabr O. M. K., Guttridge C. G. — 1968, *Planta*, 78, 305.
- [17] Hashimoto T., Ikai T., Tamura S. — 1968, *Planta*, 78, 89.
- [18] Jackson G. A. D., Blundell J. B. — 1963, *J. Hort. Sci.*, 38, 310.
- [19] Lipe W. N., Crane J. C. — 1966, *Science*, 153, 541.
- [20] Liu W. C., Carns H. R. — 1961, *Science*, 134, 384.
- [21] Milborrow B. V. — 1966, *Planta*, 70, 155.
- [22] Milborrow B. V. — 1967, *Planta*, 76, 93.
- [23] Miyamoto T., Tolbert N. E., Everson E. H. — 1961, *Plant Physiol.*, 36, 739.
- [24] Ohkuma K., Addicott F. T., Smith O. E., Thiessen W. E. — 1965, *Tetrahedron Letters*, 29, 2529.
- [25] Ohkuma K., Smith O. E., Lyon J. L., Addicott F. T. — 1963, *Science*, 142, 1592.
- [26] Osborne D. J. — 1955, *Nature*, 176, 1161.

- [27] van Overbeek J., Loeffler J. E., Mason M., Iona R. — 1967, *Science*, 156, 1497.
- [28] Pieniążek J. — 1967, *Rozprawa habilitacyjna*.
- [29] Pieniążek J., Grochowska M. J. — 1967, *Acta Soc. Bot. Pol.*, 36, 579.
- [30] Pieniążek J., Rudnicki R. — 1967, *Bull. Acad. Pol. Sci. Cl.V*, 15, 251.
- [31] Rabinow P. M., Wareing P. F., Thomas T. H. — 1963, *Nature*, 199, 875.
- [32] Sondheimer E., Galson E. C. — 1966, *Plant Physiol.*, 41, 1397.
- [33] Sumner D. C., Lyon J. L. — 1967, *Planta*, 75, 28.
- [34] Tomaszewska E. — 1967, *Dysertacja doktorska*.

WYSTĘPOWANIE NADLICZBOWYCH PŁATKÓW U NIEKTÓRYCH GATUNKÓW JASKRÓW, *RANUNCULUS* L.

Gatunki należące do jednej i tej samej rodziny lub rodzaju, a jak należy przypuszczać, mające wspólne pochodzenie, wykazują zarówno pod względem morfologicznym, jak i środowiska życia ogromną rozpiętość. A jednak organy rozmnażania, w tej liczbie i kwiat, są zbudowane według mniej więcej jednakowego planu [3]. W kwiecie obok mikrosporofilów i megasporofilów (makrosporofilów) zawsze występują dodatkowe twory, które pomagają tym sporofilom w wypełnieniu funkcji reprodukcji. Tu należą części okwiatu, który może być pojedynczy lub zróżnicowany.

Rodzina jaskrowatych *Ranunculaceae* ciągle interesuje botaników ze względu na bogactwo i różnorodność cech zarówno prymitywnych, jak i doskonałych [1, 2, 4, 5].

Kwiat jaskra, *Ranunculus* L., odznacza się nie tylko znaczną liczbą pręcików, dużą liczbą słupków, ale również w niektórych, niekiedy rzadkich przypadkach nadliczbową liczbą płatków występujących w kwiecie [6, 7, 8]. Wszystkie te składniki kwiatu wykazują na przykładzie jaskra, układ spiralny, co jest między innymi wskaźnikiem kwiatu prymitywnego.

O zmienności liczby listków okwiatu u kacyńca błotnego, *Caltha palustris* L. [7, 10], zawilca gajowego, *Anemone sylvestris* L. [6] i ziarnopłonu wiosenego, *Ficaria verna* Huds. [5, 7] była już mowa w poprzednich artykułach, przedstawiających to zagadnienie.

Autorzy postawili sobie za zadanie zbadanie zagadnienia nadliczbowości płatków w kwiatach jaskra, *Ranunculus* L. W przeciwieństwie do kwiatów kacyńca, *Caltha*, zawilca, *Anemone*, przylaszczki, *Hepatica*, u których okwiat nie jest zróżnicowany na kielich i koronę, gdzie występują tylko podobne do siebie okwiatolistki, rodzaj jaskier, *Ranunculus* charakteryzuje się zróżnicowanym okwiatem z 5 zielonymi działkami kielicha i 5 żółtymi lub białymi płatkami korony.

Przeprowadzono analizy licznych materiałów zielnikowych znajdujących się w Katedrze Systematyki i Geografii Roślin Uniwersytetu Łódzkiego. Zbiory te zawierają 18 krajowych gatunków jaskra, pochodzących z 946 stanowisk, rozmieszczonych na całym obszarze kraju. Niektóre gatunki, skąpo reprezentowane w powyższych zbiorach, nie mogą być uwzględnione w naszych zestawieniach. Do tych należą: *Ranunculus sceleratus* L., jaskier jadowity; *Ranunculus nemorosus* DC., jaskier gajowy; *Ranunculus montanus* Willd., jaskier górski; *Ranunculus glacialis* L., jaskier lodnikowy; *Ranunculus platanifolius* L., jaskier platanolistny i *Ranunculus cassubicus* L., jaskier kaszubski. Pochodzą one z 10 stanowisk. Obliczenia przeprowadzone na 20 kwiatach tych gatunków wykazały wyłącznie 5-płatkowe korony.

Zestawienie (tabela 1) natomiast obejmuje tylko 12 gatunków jaskrów, pochodzących z 936 stanowisk, spotykanych bądź to na niżu, bądź na pogórzu i w górach. Zbadano 2592 kwiatów jaskrów pod względem nadlicz-

Tabela 1

	Gatunek jaskra	Liczba stanowisk	Ogólna liczba zbadanych kwiatów	Liczba płatków korony							% kwiatów 5-płatkowych	% kwiatów ponad 5-płatkowych
				5	6	7	8	9	10	11		
1.	<i>Ranunculus acer</i> L. Jaskier ostry	403	1213	1200	9	1	1	1	1	—	98,9	1,1
2.	<i>Ranunculus flammula</i> L. Jaskier płomiennik	110	345	335	6	2	2	—	—	—	97	3
3.	<i>Ranunculus repens</i> L. Jaskier rozesłany	123	326	308	8	4	3	2	—	1	94,5	5,5
4.	<i>Ranunculus lanuginosus</i> L. Jaskier kosmaty	68	148	139	2	7	—	—	—	—	94	6
5.	<i>Ranunculus bulbosus</i> L. Jaskier bulwkowy	62	146	144	1	—	—	—	—	1	98,5	1,5
6.	<i>Ranunculus sardous</i> Cr. Jaskier łagodny	31	113	113	—	—	—	—	—	—	100	—
7.	<i>Ranunculus auricomus</i> L. Jaskier różolistny	42	90	90	—	—	—	—	—	—	100	—
8.	<i>Ranunculus polyanthemus</i> L. Jaskier wielokwiatowy	35	86	80	4	1	1	—	—	—	93	7
9.	<i>Ranunculus lingua</i> L. Jaskier wielki	45	65	64	—	1	—	—	—	—	98,5	1,5
10.	<i>Ranunculus arvensis</i> L. Jaskier odłogowy	6	24	24	—	—	—	—	—	—	100	—
11.	<i>Ranunculus alpestris</i> L. Jaskier alpejski	4	22	20	2	—	—	—	—	—	90	10
12.	<i>Ranunculus aquatilis</i> L. Jaskier wodny	7	14	14	—	—	—	—	—	—	100	—

bowego występowania płatków korony. Okazało się jednak, że w koronach rodzaju z „ustabilizowaną” liczbą płatków, jakim jest jaskier z 5-płatkową koroną, rzadko, chociaż nielicznie, trafiają się dodatkowe płatki. Występują niekiedy u jaskra korony 6-płatkowe, sporadycznie natomiast i znacznie rzadziej korony o 7, 8, 9, 10 i 11 płatkach.

Poszczególne gatunki jaskrów umieszczone zostały w tabeli według liczby przeanalizowanych koron kwiatowych oraz liczby stanowisk. Na pierwszym planie uwzględniono zwykle 5-płatkowe korony; jest to liczba płatków mniej więcej stała dla rodzaju *Ranunculus*. W dalszych szeregach podano kwiaty z większą liczbą płatków, od 6 do 11, przy czym w miarę wzrostu liczby płatków korony maleje liczba kwiatów, u których zjawisko to występuje.

Najbardziej rozpowszechniony w kraju *Ranunculus acer* L., jaskier ostry, reprezentowany w zielniku Katedry Systematyki i Geografii Roślin UŁ przez 403 stanowiska, zawierał, w liczbie 1213 zbadanych kwiatów 1200, czyli prawie 99% 5-płatkowych koron i tylko 1% koron ponad 5-płatkowych, w tym 9 kwiatów 6-płatkowych i po jednym kwiecie 7-, 8-, 9-, 10-płatkowym. Kwiaty 6-płatkowe pochodzą ze stanowisk łąkowych w następujących miejscowościach: Myszadło pow. Gostynin, Legnica, Skoczów pow. Cieszyn, Łagiewniki pod Łodzią, Świnoujście i Marynki pow. Łęczyca (rys. 1).



Rys. 1. Kwiaty *Ranunculus acer* L., jaskra ostrego o sześciu, siedmiu, ośmiu i dzieściu płatkach korony (fot. M. Pliński)

Ranunculus flammula L., jaskier płomiennik, występujący często w kraju na moczarach, zgromadzony ze 110 stanowisk, wykazał 97% kwiatów 5-płatkowych, na pozostałe zaś 3% przypada 10 kwiatów 6-, 7- i 8-płatkowych (rys. 2). Interesujące jest, że okazy te zebrane zostały



Rys. 2. Kwiaty *Ranunculus flammula* L., jaskra płomiennika o sześciu, siedmiu i ośmiu płatkach korony (fot. M. Pliński)

w Warszawie w Alei Waszyngtona, gdzie rosły w pracowniczym ogródku działkowym.

Gatunek *Ranunculus repens* L., jaskier rozesłany należy do pospolitych gatunków krajowych, występujących na wilgotnych łąkach i zarosłach. Zbiory tego gatunku pochodzą ze 123 stanowisk. Spośród 326 przebadanych kwiatów 308, czyli prawie 95% wykazało 5-płatkowe korony, tylko niepełne 5% zawierały kwiaty 6-, 7-, 8-, 9- i 11-płatkowe. Okazy pochodzące ze Szczecina-Dąbie miały korony 7- i 9-płatkowe (rys. 3).



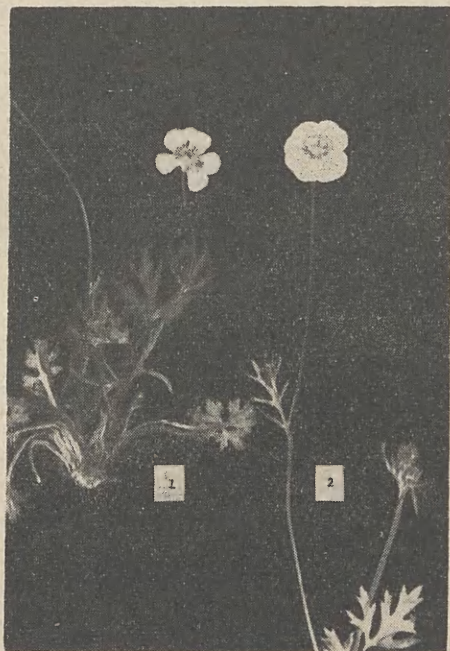
Rys. 3. Kwiaty *Ranunculus repens* L., jaskra rozesłanego o sześciu, siedmiu, ośmiu, dziewięciu i jedenastu płatkach korony (fot. M. Pliński)

Czwarte miejsce pod względem liczebności zbadanych kwiatów zajmuje *Ranunculus lanuginosus* L., jaskier kosmaty, u którego spośród 148 kwiatów 139, czyli 94% miało normalne 5-płatkowe korony. Wyróżniły się tu 7-płatkowe korony w liczbie 7 (rys. 4).



Rys. 4. Kwiaty *Ranunculus lanuginosus* L., jaskra kosmatego o sześciu i siedmiu płatkach korony (fot. M. Pliński)

Liczne zbiory *Ranunculus bulbosus* L., jaskra bulwkowego wykazały występowanie 98,5% kwiatów 5-płatkowych, na liczbę zaś 146 kwiatów przypadł 1 tylko kwiat 6-płatkowy (rys. 5).



Rys. 5. Kwiaty *Ranunculus bulbosus* L., jaskra bulwkowego o sześciu i jedenastu płatkach korony (fot. M. Pliński)



Rys. 6. Kwiaty *Ranunculus polyanthemos* L., jaskra wielokwiatowego o sześciu, siedmiu i ośmiu płatkach korony (fot. M. Pliński)

Kwiaty *Ranunculus polyanthemos* L., jaskra wielokwiatowego wykazały na podstawie naszych danych 93% okazów 5-płatkowych, 7% zaś przypada na resztę, tj. 6 kwiatów 6-, 7-, 8-płatkowych (rys. 6).

W kwiecie *Ranunculus lingua* L., jaskra wielkiego zaobserwowano w liczbie 65 kwiatów tylko 1 kwiat 7-płatkowy (rys. 7). Tatrzański *Ranun-*



Rys. 7. Kwiaty *Ranunculus lingua* L., jaskra wielkiego o siedmiu płatkach korony
(fot. M. Pliński)

culus alpestris L., jaskier alpejski, chociaż przedstawiony tylko przez 22 osobniki, wykazał 2 okazy 6-płatkowe (rys. 8).



Rys. 8. Kwiaty *Ranunculus alpestris* L., jaskra alpejskiego o sześciu płatkach korony (fot. M. Pliński)

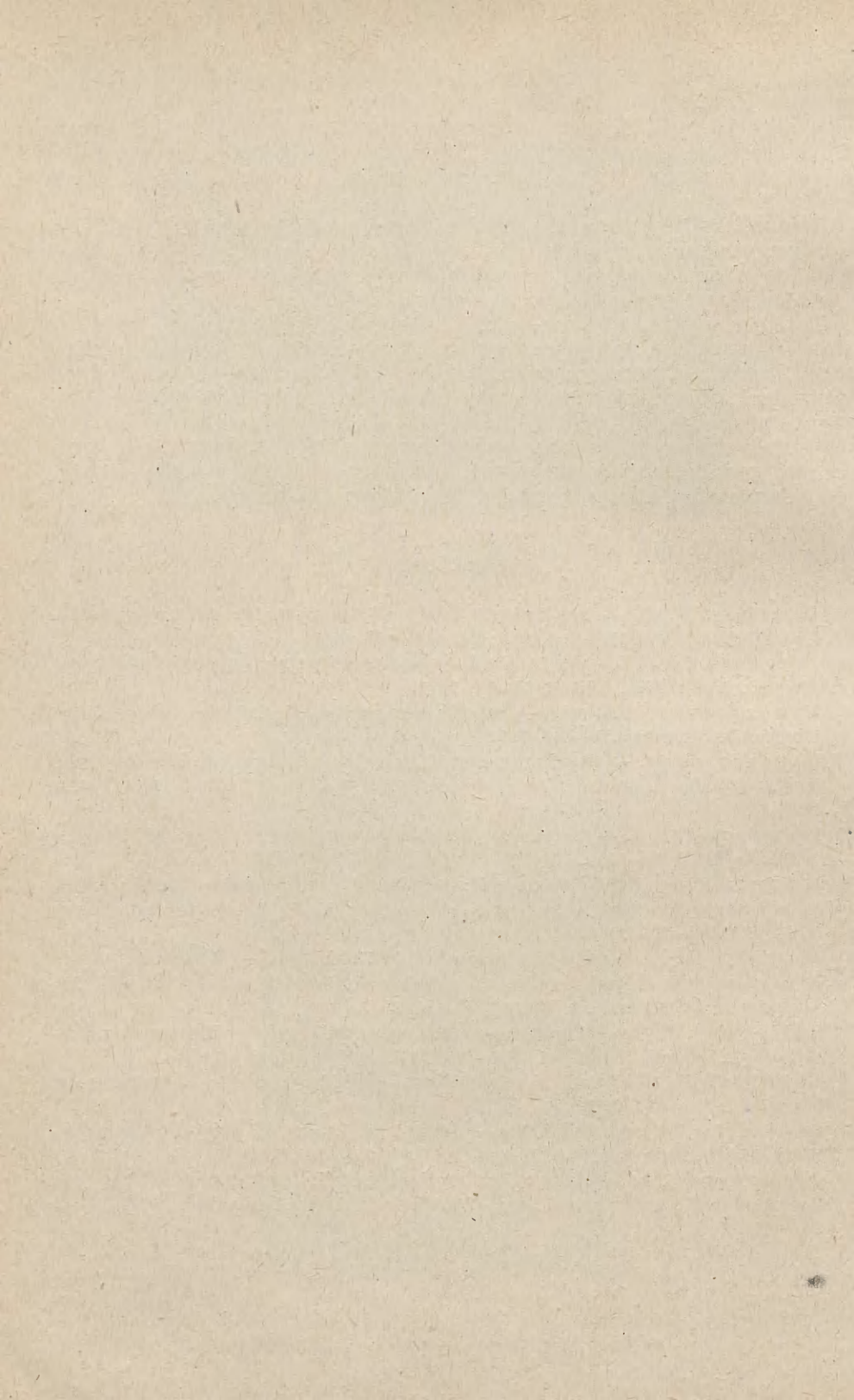
Należy podkreślić, że wśród 4 licznie reprezentowanych w zbiorach gatunków jaskra, jak *Ranunculus sardous* Cr., jaskier łagodny; *Ranunculus auricomus* L., jaskier różnolistny; *Ranunculus arvensis* L., jaskier odłogowy; *Ranunculus aquatilis* L., jaskier wodny zanotowano wyłącznie 5-płatkowe okazy, a nie spotkano żadnego osobnika o większej liczbie płatków w koronie.

Reasumując powyższe dane statystyczne, można stwierdzić, że liczba 5-płatkowych kwiatów u jaskrów waha się w granicach 90—99%, stąd liczba kwiatów z większą liczbą płatków wynosi tylko od 1—10%. W ten sposób można mówić u jaskrów o stabilnej 5-płatkowej koronie.

Człony kwiatu u jaskrowatych, a u jaskra w szczególności, często są ustawione spiralnie, co być może pozostaje w związku z ich nieokreśloną liczbą. Pręciki nie tworzące pyłku, tzw. prątniczki-staminodia, mogą spełniać zadanie miodników bądź wykształcać się podobnie do płatków korony petaloidalnie [9, 10, 11]. Może to się trafić w przypadku powstawania nadliczbowych płatków w koronach jaskrów. Należy także przypuszczać przekształcanie się całych pręcików w liście miodnikowe podobne do płatków korony, z gruczołem miodowym u nasady.

LITERATURA

- [1] Gregory W. C. — *Phylogenetic and cytological studies in the Ranunculaceae*, Trans. Amer. Philog. Soc., 31, 443—501, 1041.
- [2] Jaroszenko P. D. — *O filogenii lutikow w swiazi s ewolucijej fitocenozow*, Izv. Ak. Nauk Arm. SSR, 6, 35—54, 1947.
- [3] Kreczetowicz A. M. — *Woprosy ewolucji rastitelnogo mira*, Mosk. Obszcz. Jestestwoisp., 1—349, 1952.
- [4] Kumazawa M. — *Comparative studies on the veneration in the Ranunculaceae and Berberidaceae*, Jour. Japan. Bot., 13, 573—586, 659—669, 713—726, 1937.
- [5] Mowszowicz J. — *Zmienność okwiatu w rodzinie jaskrowatych*, Biologia w Szkole, 12, 2, 79—85, 1959.
- [6] Mowszowicz J., Olaczek R. — *Teratologiczna forma kwiatów zawilca gajowego (Anemone nemorosa L. f. monoica Hegi)*, Acta Soc. Bot. Polon., XXXII, 2, 375—383, 1963.
- [7] Mowszowicz Jakub, Krzywański Dobiesław — *Zmienność liczby listków okwiatu u niektórych gatunków spośród rodziny jaskrowatych, Ranunculaceae*, Kosmos A, t. XVI, 1, 47—54, 1967.
- [8] Salisbury E. J. — *On the morphology and ecology of Ranunculus parviflorus L.*, Anual. Botan., 45, 539—578, 1931.
- [9] Schöffel K. — *Untersuchungen über den Blütenbau der Ranunculaceen*, Planta, 17, 315—371, 1932.
- [10] Stecki K., Bogdański K. — *Teratologia kwiatów i przykwiatków Caltha palustris*, Acta Soc. Bot. Polon., XXII, 1, 208—224, 1953.
- [11] Tichonow S. L. — *Anomalii w strojenii cwiетка niekotorych widow roda Ranunculus L.*, Dniewnik Wsiesoj. Sjezda Botanikow, Leningrad, 1928.



ZJAWISKA ELEKTRYCZNE W KOMÓRKACH ROŚLINNYCH

Badanie zjawisk elektrycznych w żywych organizmach dało początek nauce zwanej elektrofizjologią i wyłoniło problematykę, nad którą pracują dziś kadry fizyków, biologów i chemików.

Literatura z zakresu tych badań jest niezwykle obszerna. Podana przez Rosena w 1947 r. bibliografia, dotycząca tylko stałych i wolno zmieniających się bioprądów, zawierała 1406 pozycji [96]. Od tego czasu liczba prac w tej dziedzinie wzrosła kilkakrotnie i piśmiennictwo w monografii Troszina z 1963 r., dotyczące tylko problemu przenikania jonów i cząsteczek przez błony komórkowe, zajmuje 100 stron [116].

W elektrofizjologii przy opracowaniu pomiarów najbardziej podstawowego parametru elektrycznego — napięcia wprowadza się na ogół podział napięć na stałe albo wolno zmieniające się (potencjały spoczynkowe) oraz szybkozmienne (potencjały czynnościowe). Te ostatnie powstają w czasie pobudzenia komórek, kiedy przechodzą one w wyniku działania pewnych bodźców do stanu wzmożonej aktywności życiowej (np. w tkance układu nerwowego podczas przekazywania podrażnień). W przypadku potencjałów wolno zmieniających się zmiany napięcia występujące w okresie paru sekund są w praktyce niezauważalne, w przypadku natomiast potencjałów czynnościowych zmiany napięcia (jego obniżanie się i powrót do wartości początkowej) zachodzą w czasie sekund, a nawet milisekund.

Rośliny nie posiadają układu nerwowego, toteż do niedawna sądzono że podrażnienia nie wpływają w sposób istotny na funkcjonowanie ich organizmów (wyjątek stanowiły rośliny owadożerne, mimoza itp.) i zjawiskom elektrycznym nie przypisywano w roślinach zbyt dużej roli. Dopiero stosunkowo niedawno badania przeprowadzone na pojedynczych komórkach pozwoliły ocenić, jak zasadnicze i ważne są zjawiska elektryczne również w organizmach roślinnych.

Prac z zakresu elektrofizjologii roślin pojawia się w ostatnich dziesiętnastkach lat bardzo dużo. Jest już kilka opracowań tych zagadnień, o charakterze monograficznym [13, 22, 69, 97]. O tempie prac świadczy m.in. to, iż w ostatnim z podanych tu opracowań, które opublikowano na początku 1967 r., wiele jest danych w tej chwili już nieaktualnych.

Problematyka dotycząca procesów elektrycznych w organizmach jest bardzo ważna z punktu widzenia potrzeb praktycznych (medycyna, rolnictwo, technika). Właściwa interpretacja tych procesów — jak dziś wiemy — powinna opierać się na znajomości zasad funkcjonowania pojedynczych komórek.

Struktura i funkcjonowanie komórek, mechanizm procesu pobudzenia, zdolność selektywnego gromadzenia przez komórki jonów i występowanie na błonach komórkowych związanej z tym różnicy potencjałów — są to dziś zagadnienia kluczowe w biofizyce i biochemii.

Wiele prac publikuje się na ten temat, wiele zjazdów poświęca się dyskusjom nad tymi zagadnieniami [12, 74, 93, 110, 119].

Omówione tu zostaną główne wyniki prac z dziedziny elektrofizjologii komórek roślinnych oraz przedstawione będą szkicowo teorie, które mają wyjaśniać obserwowane zjawiska.

1. POJEDYNCZE KOMÓRKI ROŚLINNE

Badania dużych komórek roślinnych przeprowadzone za pomocą mikroelektrod¹ wykazują, że cytoplazma tych komórek jest zawsze elektroujemna względem ośrodka zewnętrznego, potencjał wodniczki natomiast jest dodatni względem cytoplazmy. Suma tych napięć, czyli potencjał wodniczki względem zewnętrznego ośrodka, może mieć wartość dodatnią bądź ujemną; w znacznej większości przebadanych dotychczas okazów ma on wartość ujemną. Na przykład w komórkach rodziny *Characeae* potencjał wodniczki jest niższy od potencjału środowiska zewnętrznego o około 140—180 mV, przy czym prawie cały ten skok potencjału przypada na zewnętrzną błonę komórkową — plazmalemmę i obszar przyległej do niej ścianki komórkowej. Skok potencjału na tonoplaście — błonie rozdzielającej cytoplazmę od wodniczki — wynosi zaledwie kilka mV [53, 82, 120, 126]. Natomiast w komórce *Chaetomorpha darwini* skok potencjału na plazmalemmie wynosi —35 mV, a na tonoplaście +45 mV; potencjał wodniczki względem zewnętrznego ośrodka ma wartość +10 mV [24].

Istnienie skoku potencjału na granicy ścianka/roztwór zewnętrzny, którego zgodnie z teorią wymiany jonów należało oczekiwać [13], wykryto ostatnio niezależnie od siebie w kilku laboratoriach [82, 107, 125]. Jego wartość 30—60 mV jest w istocie sumą skoków potencjału na ściance komórki i na granicach faz w miejscach zetknięcia mikroelektrod z badanym obiektem.

Opór elektryczny błon komórkowych mierzony był przez wielu autorów przy zastosowaniu różnych metod pomiarowych, niemniej jest to jeden z parametrów elektrycznych, którego wartość nie została dotychczas jednoznacznie określona. Walker z pomiarów metodą zarówno elektrod zewnętrznych, jak i wewnętrznych (mikroelektrod) otrzymuje wartości oporu plazmalemmy (R_{pl}) dla *Chara australis* — 15 $k\Omega cm^2$ a dla *Nitella translucens* — od kilku do najwyżej kilkudziesięciu $k\Omega cm^2$ [121]; tego samego rzędu wartości uzyskiwane są też przez wielu innych autorów [30, 39, 122]. Wysoki opór elektryczny otrzymywany przez Blinksa [9] przypisują ci autorzy niewłaściwemu traktowaniu przez niego komórek przed pomiarami, mianowicie umieszczenie ich na okres kilku tygodni w destylowanej wodzie. Wyliczana natomiast z pomiaru przenikalności strumienia jonów przez błonę, wartość R_{pl} jest wyższa co najmniej o jeden rząd wielkości [70].

W dyskusjach usiłujących wyjaśnić te rozbieżności wysuwane są koncepcje łańcuchowego przepływu jonów przez pory w membranie, wpływu na ruch jonów elektroosmotycznego przepływu wody itp. [122].

¹ Literaturę dotyczącą techniki pomiaru i sposobu sprządzania mikroelektrod podaje Kay (48).

Z ostatnich prac dotyczących pomiaru oporu wynika jednak, że wartości oporu plazmalemy otrzymywane metodą mikroelektrod mogą budzić poważne zastrzeżenia [107].

Dokładna liczbowa wartość oporu tonoplastu również nie jest jeszcze znana. Podawane w pracach wartości rzędu kilku $k\Omega cm^2$ [22, 30, 121], jak wykazuje analiza metody eksperymentalnej stosowanej do mierzenia tego oporu, są znacznie wyższe od jego wartości rzeczywistej [108].

Należy dodać, że dokładne badania warstwy komórkowej znajdującej się między tonoplastem a środowiskiem zewnętrznym wykazują, że w obszarze tym znajduje się oprócz plazmalemy jeszcze druga wysokooporowa warstwa; umiejscowienie tej warstwy i jej natura fizyczna nie są jednak jeszcze dokładnie znane [82, 107].

Oprócz oporów warstw oddzielających wodniczkę komórki od zewnętrznego ośrodka (opór zewnątrzkomórkowy) zmierzony został opór warstwy rozdzielającej wodniczki dwu sąsiednich międzywęzłowych komórek *Nitella translucens* i *Chara australis* [107]. Otrzymana wartość, podobnie jak i w przypadku komórek zwierzęcych [43, 68], jest znacznie niższa od wartości oporu zewnątrzkomórkowego i wynosi około $1 kV cm^2$. Pojemność warstwy oddzielającej wodniczkę od zewnętrznego ośrodka (c) określona była przez szereg autorów [7, 10, 12, 16, 20, 30, 107]. Wyniki pomiarów na ogół pokrywają się; c otrzymują oni równe $1-4 \mu F/cm^2$. Jedyne wyjątek stanowi praca Benneta i Rideala [7], w której otrzymano $c = 0,005 \mu F/cm^2$.

Z pomiarów napięć elektrycznych błon i koncentracji jonów po obu stronach błony można wywnioskować, czy istnieje aktywny przepływ jonów przez błony, tj. przepływ związany energetycznie z procesami metabolizmu i zachodzący w kierunku przeciwnym do gradientu potencjału elektrochemicznego [3, 13]. W ten sposób stwierdzono na przykład, że u *Nitella translucens* poprzez plazmalemę aktywnie wpływają do komórki jony K^+ i Cl^- , a wypływają jony Na^+ [71], w *Chaetomorpha darwini* natomiast aktywnie wpływa przez plazmalemę Na^+ a wypływa K^+ [24]. W żadnej z tych komórek nie obserwowano aktywnego przepływu K^+ przez tonoplast [30, 55, 109].

W wielu pracach badany jest wpływ na parametry elektryczne komórek różnych czynników zewnętrznych: światła, prądu elektrycznego, koncentracji jonów itd. Włączenie światła, jak stwierdzono, wywołuje wzrost bezwzględnej wartości napięcia, wyłączenie — efekt przeciwny [82, 83, 123]. W glonach *Hydrodictyon reticulum* obserwowano ponadto, iż włączenie oświetlenia (niekiedy również wyłączenie) wywołuje oscylacje napięcia błony. Amplituda tych oscylacji sięga kilkudziesięciu mV [76]. Pod wpływem zmian koncentracji jonów w zewnętrznym ośrodku napięcie i opór błony komórkowej mogą ulegać silnym zmianom [38, 39, 53]. Przy wzroście koncentracji KCl, a także NaCl, LiCl i RbCl różnica potencjałów między wodniczką i ośrodkiem zewnętrznym maleje; $CaCl_2$ przy wzroście koncentracji od $10^{-5}M$ do $10^{-3}M$ depolaryzuje tę warstwę o około 50 mV, przy wzroście natomiast koncentracji od $10^{-3}M$ do $10^{-1}M$ hyperpolaryzuje ją o około 40 mV [53]. Przepływ prądu elektrycznego także wywołuje zmiany parametrów elektrycznych komórki [10, 11, 49]. Prąd o dużym natężeniu wpływający do komórki powoduje silną hyperpolaryzację warstw komórki i znaczny wzrost ich oporu.

Potencjały czynnościowe występują w komórce po zadziałaniu na nią różnego typu bodźców: mechanicznych, elektrycznych, chemicznych itd.

W pracach eksperymentalnych jako bodźce — stosowane są przeważnie czynniki chemiczne albo pole elektryczne ze względu m.in. na łatwość ilościowego określenia ich natężenia.

Jeżeli błona komórki *Nitella* albo *Chara* zostanie spolaryzowana poniżej pewnej „progowej” wartości, wytwarzanie się na niej potencjału czynnościowego przejawia się w gwałtownym spadku napięcia błony do wartości bliskiej zera i następnie powrocie tego napięcia (bardziej powolnym) do wartości początkowej. Czas trwania tych zmian wynosi kilka sekund, jest on około 1000 razy dłuższy niż w komórkach zwierzęcych [51, 102].

Przy lokalnej depolaryzacji proces ten rozprzestrzenia się po powierzchni komórki w formie fali z prędkością rzędu kilku cm/sek, zależną od ośrodka zewnętrznego. Powstaniu potencjału czynnościowego towarzyszy chwilowe zahamowanie ruchu cytoplazmy [53].

Jak wynika z prac Findlaya i Hope'a na zmiany napięcia występujące w procesie pobudzenia składają się zmiany napięcia na plazmalemmie i tonoplaście [30]. Minimalna zmiana różnicy potencjałów obserwowana w procesie pobudzenia na ścianie komórkowej wydaje się, że jest wywołana tylko przepływem przez ten obszar silnego strumienia jonów [82].

Podczas procesu pobudzenia opór plazmalemmy gwałtownie maleje [16, 30]. Doświadczenia wykazują, że obniżanie się oporu związane jest z silnym wpływem z komórki strumienia Cl^- [19, 51, 53] (w komórkach zwierzęcych przy obniżaniu się oporu wpływa do komórki strumień Na^+). Przepływ tych jonów powoduje depolaryzację błony. W czasie powrotu do stanu równowagi wpływają do komórki kationy, przede wszystkim K^+ [30, 73].

Potencjał czynnościowy bardzo silnie zależy od stężenia w otaczającym roztworze Ca^{++} . Było to nawet powodem przypuszczenia, że początkową depolaryzację błony powoduje przepływ do komórki jonów Ca^{++} [29].

W toku pobudzenia ogólna ilość zawartych w komórce jonów ulega zmniejszeniu. Powoduje to zachwianie równowagi osmotycznej i wydzielenie się z komórki pewnej ilości wody [27]. Jak wykazują eksperymenty, procesowi pobudzenia towarzyszy skracanie się komórki (5—8 centymetrowe komórki *Nitella* ulegają skróceniu o około 0,1 μ) [54] i zmianą jej fizyko-chemicznej struktury [124].

W wielu pracach badane są potencjały czynnościowe wywołane różnymi czynnikami chemicznymi [14, 15, 52, 87, 104]. Po umieszczeniu komórki w pewnych roztworach, np. 10—100 mM NaCl albo LiCl, obserwuje się powstawanie całego ciągu szybko po sobie następujących potencjałów czynnościowych. Okres tych periodycznych zmian napięć dla wyżej wymienionych roztworów jest równy 0,5—2 sek, czas ich trwania wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu minut [50, 103]. Wiele efektów eksperymentalnych zanotowanych przy ich występowaniu, np. wzrost okresu przy obniżeniu, (tj. hyperpolaryzacji) potencjału wodniczki, nie znajdują dotychczas wyjaśnienia.

W porównaniu z ilością prac wykonywanych na pojedynczych komórkach, prac z zakresu badań własności elektrycznych komórek w tkankach jest bardzo niewiele.

Przegląd tych prac referował na Sympozjum Eksperymentalnej Biologii w 1966 r. Sibaoka [97].

2. SPECJALNIE PREPAROWANE KOMÓRKI I BŁONY KOMÓRKOWE

Oprócz badań komórek naturalnych przeprowadzone są badania komórek specjalnie preparowanych albo pewnych wyodrębnionych z całości strukturalnych faz komórki.

Zawartość wodniczki bywa na przykład zastępowana różnymi roztworami; dla tak spreparowanej komórki wykonywane są pomiary strumieni jonów przenikających przez błony bądź mierzony jest potencjał spoczynkowy lub czynnościowy.

Prace tego typu pierwszy wykonał Blinks w 1935 r. Pomiary przeprowadzone na komórkach *Nitella flexilis*, w których sok komórkowy zastępowany był roztworem o mieszaninie KCl, NaCl i NaCl_2 , wykazują, że potencjał wodniczki takiej komórki prawie nie ulega zmianie w porównaniu z potencjałem w naturalnej komórce. Komórki tak spreparowane mogą żyć kilka dni, a czasem nawet dłużej niż miesiąc [111, 112].

Komórki, w których nie tylko sok komórkowy, ale i cytoplazma (z wyjątkiem warstwy przyległej do ścianki) zastępowane są różnymi roztworami soli, zachowują zdolność selektywnego gromadzenia jonów K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Br^{++} a także zdolność do wytwarzania potencjału czynnościowego [105, 106].

Uzupełnienie całej zawartości komórki umożliwia badanie własności samej ścianki. Badania takie wykazują, że opór elektryczny ścianki komórkowej jest znikomo mały w porównaniu z oporem plazmalemy [120]. Skok potencjału na wyizolowanej i umieszczonej w roztworze ściance zachowuje taką samą wartość, jaka jest odnotowywana przed spreparowaniem komórki. Badania zmian tego potencjału przy zmianach koncentracji zewnętrznego roztworu, przy działaniu na komórkę kwasem adenozynotrójfosforowym itp. pozwalają wnioskować, że, mimo iż znaczenie ścianki w selekcyjnym gromadzeniu przez komórkę jonów jest istotne, decydującą rolę w tym procesie odgrywa plazmalemma [106].

Przeprowadzone są również badania własności żywej wyekstrahowanej z komórki protoplazmy [100].

Struktura błony komórkowej badana jest dziś różnymi metodami. Z metod fizycznych należałoby wymienić badania przeprowadzane za pomocą promieni Roentgena, światła spolaryzowanego, radioautografii i przede wszystkim mikroskopu elektronowego [75].

Zdjęcia z mikroskopu elektronowego wykazują, że błony są strukturami podwójnowarstwowymi, co dobrze zgadza się z koncepcją błony Harvey-Daniella. Według tej koncepcji błona jest bimolekularną warstwą lipidów pokrytą z obu stron warstwą protein.

Historię rozwoju koncepcji struktury błony omawia Robertson [95]. Monografia prac dotyczących struktury błony podana jest w wykazie literatury [56, 73].

Jedną z metod badania struktury, funkcjonowania i składu chemicznego błon komórkowych polega na konstruowaniu sztucznych błon. Prace nad konstrukcją sztucznych błon prowadzone są od dawna. Już Seifriz w 1936 r. w swoim monograficznym opracowaniu metod badania, struktury i funkcji protoplazmy opisuje kilka typów sztucznych, koloidalnych membran [98].

Sztuczne błony: koloidalne, osadowe, fosfolipidowe wykazują selektywną przenikalność dla jonów. Selektywność ta jest na ogół różna od selektywności błon naturalnych, przypuszcza się jednak, że wyjaśnienie

charakteru zależności przenikania jonów od struktury tych błon ułatwi wyjaśnienie przenikania jonów przez naturalne błony komórkowe [65].

Konstruując błony o znanym składzie chemicznym np. błony lipidowe, lipidowo-proteinowe [115] albo polyelektrolityczne błony nie zawierające lipidów, a tylko proteiny [99] i porównując ich własności m.in. własności elektryczne z właściwościami naturalnych błon można wysuwać wnioski dotyczące składu chemicznego błon komórkowych. Sztuczne błony o właściwościach bardzo zbliżonych do właściwości błon biologicznych pierwsi uzyskali Müller i Rudin. Wytworzone przez nich lipidowo-proteinowe błony posiadają nie tylko wartości napięcia elektrycznego i oporu właściwe dla błon naturalnych, ale również reagują na podrażnienia zmianami potencjału podobnymi do potencjału czynnościowego [77, 78, 79, 80].

Wiele prac z zakresu sztucznych błon referowanych było na symposium poświęconym biofizyce i filozofii biologicznego transportu [110], przegląd prac dotyczących sztucznych lipidowych błon podany jest m.in. w artykule Lauger i in. [61]. Badanie zjawisk pobudzenia na sztucznych membranach omawia Teorell [113].

Przy pracach ze sztucznymi membranami intrygujące zagadnienie stanowi fakt, iż konstruując membrany z mieszaniny lipidów analogicznej do tej, której istnienie stwierdza się w naturalnej błonie, nie uzyskuje się błon o właściwościach podobnych do właściwości błon naturalnych [6].

Ze zdjęć otrzymanych z mikroskopu elektronowego przy zastosowaniu techniki barwienia próbek wynika, że struktura błon jest bardziej skomplikowana, niż to przypuszczano dotychczas. Warstwy, z których zbudowane są błony, wydają się niezupełnie symetryczne, ponadto warstwa lipidów wykazuje budowę ziarnistą (średnica ziaren 50Å). Budowa ta jest interpretowana jako ciekło-krystaliczna faza lipidów [4, 91].

3. TEORIE

Z fizykalnego punktu widzenia przenikanie jonów do komórki może być teoretycznie opisane bądź metodą kinetyczno-molekularną, bądź termodynamiczną.

Pierwsza z tych metod daje bardziej poglądowy obraz zjawiska, wymaga jednak wielu szczegółowych informacji o zachowaniu się jonów podczas transportu przez błonę, druga traktuje błonę do pewnego stopnia jako „black box” i opisuje zjawiska za pomocą równań, w których występują „fenomenologiczne współczynniki”, wielkości ściśle określone teoretycznie, trudne jednak do wyznaczenia eksperymentalnego [114, 44, 45].

Ani metoda kinetyczno-molekularna, ani termodynamiczna nie mogą jeszcze w tej chwili przedstawiać pełnego opisu zjawiska, ze względu na zbyt skomplikowany jego przebieg i trudności związane z eksperymentalnym wyznaczaniem niezbędnych do takiego opisu parametrów. Podane przez termodynamikę procesów nieodwracalnych ogólne różniczkowe równanie przepływu substancji przez błony (Kirkwood „Ion Transport across Membran” str. 119), daje się rozwiązać tylko przy szeregu upraszczających założeń; na przykład cytowane w dalszej części artykułu równanie Nernsta, a także równanie Goldmana otrzymuje się przy założeniach równości po obu stronach błony potencjałów elektrochemicz-

nych (równanie Nernsta) i stałej wartości w błonie gradientu potencjału elektrycznego (równanie Goldmana). W obu przypadkach pomija się nadto istnienie przepływu wywołanego procesami metabolizmu.

Pewne osiągnięcia w dziedzinie termodynamicznego opisu przenikalności błony być może da się osiągnąć przez zastosowanie do tego opisu nowo powstałych działów termodynamiki: termodynamiki „drobnych układów” i termodynamiki fluktuacji [90].

Ze względu na złożoność badanego zjawiska i ograniczoną dziś jeszcze możliwość zastosowań aparatu teoretycznego, przy opracowaniu teorii funkcjonowania komórki tworzy się mniej lub więcej uproszczone modele komórek i opracowuje teorie działania tych modeli.

Przegląd teorii przenikania jonów do komórki podany jest przez Libermana i Czajłachjana (100 pozycji literatury) [66], Ridgea i Walkera (138 pozycji literatury) [94], Beiera [8] i Grupę Bioniki Instytutu Automatyki PAN [32].

Teoriami najlepiej opisującymi fakty eksperymentalne jest teoria membranowa Hodgkina i teoria sorpcyjna Nansonowa; zdecydowaną większość zwolenników ma dziś teoria membranowa.

Teoria sorpcyjna (inaczej fazowa) sformułowana przez Nansonowa i Aleksandrowa [84, 85], a rozwinięta i uzupełniona przez Troszina i Kurellę [57, 58, 59, 116, 117] przyjmuje, że w procesie powstawania różnicy potencjałów istotną rolę odgrywa nie błona, lecz struktura cytoplazmy. Cytoplazma traktowana jest jako układ koacerwatów, w którym znaczna część wody i jonów jest związana z makrodrobinami.

Podstawą teorii membranowej, której twórcą jest Hodgkin [34, 35], stanowi koncepcja Bernsteina, iż błona komórkowa jest selektywnie przepuszczalna dla jonów. Zakładając, że komponentami nie dyfundującymi przez błonę są jony Na^+ i aniony związków organicznych — stężenie pierwszych jest większe na zewnątrz komórki, a drugich wewnątrz — dużą koncentrację jonów K^+ wewnątrz komórki tłumaczy się tendencją układu do utrzymania ogólnej elektroobjętości. Ten stan równowagi, znany w układach fizyko-chemicznych pod nazwą równowagi Gibbsa-Donnana, opisuje równanie Nernsta; wiąże ono wartość różnicy potencjałów elektrycznych ze stosunkiem koncentracji jonów.

Jak wykazują jednak doświadczenia, równanie to nie zawsze jest spełnione w przypadku układów biologicznych. Jeżeli rozkład koncentracji jonów po obu stronach błony komórkowej nie spełnia równania Nernsta, teoria membranowa do wyjaśnienia tego faktu wprowadza istnienie „aktywnego transportu” realizowanego za pomocą „pomp jonowych”. Tymi terminami określony jest transport i mechanizm transportu jonów, związany energetycznie z zachodzącymi w komórce procesami metabolizmu. W jaki sposób energia metabolizmu przekształcona jest na pracę przenoszenia jonów w kierunku przeciwnym od gradientu potencjału elektrochemicznego, niestety, nie jest to wiadome.

Polemikę między zwolennikami teorii membranowej i zwolennikami teorii sorpcyjnej można znaleźć w licznych publikacjach [21, 64, 67, 118]. Jednakże sprzeczności istniejące między tymi teoriami — jak to uważał m.in. Kurella (60) — są w wielu przypadkach tylko pozorne.

Generacja potencjału czynnościowego związana z przepływem przez błonę strumienia jonów następuje w rezultacie chwilowego wzrostu selektywnej przepuszczalności błony dla jonów (teoria membranowa), bądź w rezultacie chwilowych powinowactwa dla jonów pewnych struktur plazmatycznych (teoria sorpcyjna).

W teorii sorpcyjnej nie ma dokładniejszych opracowań zjawiska potencjału czynnościowego.

Podany przez Hodgkina i Huxleya (dla aksenu) matematyczny opis powstawania i rozchodzenia się potencjału czynnościowego opiera się na przedstawieniu błony jako pojemnościowo-oporowego układu elektrycznego o zmiennych wartościach oporu dla Na^+ i K^+ [35, 36, 37].

Zgodność otrzymanych równań z danymi eksperymentalnymi jest bardzo dobra zarówno w zakresie kształtu i amplitudy potencjału czynnościowego, jak i prędkości jego rozchodzenia się. Równania leżące u podstaw tej teorii zawierają jednak szereg określonych eksperymentalnie parametrów i dotychczas nie zostały one związane z żadnym obrazem zachodzących w błonie fizyko-chemicznych procesów [5, 36].

Pomiary ciepła wydzielanego w procesie pobudzania (wykonane na komórkach zwierzęcych) wydają się wskazywać, że proces ten jest kontrolowany przez jakieś bliżej dziś jeszcze nie określone reakcje chemiczne [36 str. 169, 81].

W ramach teorii membranowej istnieje szereg koncepcji procesu przenikania jonów przez membranę: jedni przyjmują, że membrana jest ośrodkiem elektrycznie neutralnym, inni — że posiada naładowane, przy czym miejsca te, według założeń niektórych autorów, są stałe, według założeń innych, mogą przesuwać się jako nośniki ładunków [17]; jeszcze inni (i tych opinia dziś przeważa) uważają, że błonę należy rozpatrywać nie jako nieruchomą warstwę z pewną liczbą miejsc aktywnych, lecz jako dynamiczną strukturę, której stan zależny jest w każdej chwili od odwracalnych zmian zachodzących wewnątrz fazy lipidów. Zmiany te są ściśle związane ze zmianami występującymi w warstwie protein, a być może nawet kontrolowane przez nie [114]. Interesujący model takiej dynamicznej błony i wyjaśnienie zjawiska pobudzenia w oparciu o zmianę struktur lipidowych micell podaje Kavanau [46, 47].

Warto nadmienić, że istnieją opisy funkcjonowania błony oparte na zaobserwowanym w eksperymentach fakcie, iż woltowo-napięciowa charakterystyka błon wykazuje silne właściwości prostujące i przypomina pod wielu względami złącze P—N półprzewodników [18].

Podkreślając analogię między właściwościami materiału biologicznego a półprzewodnikami (dodatni temperaturowy współczynnik przewodnictwa, silna zależność przewodnictwa od struktury, właściwości prostujące itd.) oraz występowanie elektronowego przewodnictwa w szeregu związków organicznych, m.in. w kwasach nukleinowych DNA i RNA, proteinach, amylazach i in. [31], niektórzy autorzy sugerują opracowanie teorii zjawisk bioelektrycznych w oparciu o teorię półprzewodników [25, 26].

Mimo iż hipoteza o półprzewodnikowym mechanizmie pobudzania i przewodnictwa w układach biologicznych jest jeszcze mocno dyskusyjna [63] niemniej można spotkać prace, w których tkanki organiczne traktowane są jako półprzewodniki [40].

4. BIEŻĄCE KIERUNKI BADAŃ

Ponieważ w opisach funkcjonowania komórek parametry elektryczne są wielkościami bardzo istotnymi, a wartości niektórych z nich nie zostały dotychczas jednoznacznie określone, bieżące prace mają w dużej mierze charakter prac rewidujących uprzednie wyniki. Powtarzane są uprzednie pomiary i analizowane metody pomiarowe [53, 107, 108]; dy-

skutkuje się możliwe źródła błędów, m.in. błędy spowodowane istnieniem potencjałów międzyfazowych i dyfuzyjnych [86, 88, 89]; bada się właściwości mikroelektrod i ich ewentualny wpływ na mierzone wielkości [33, 62].

Do bardziej interesujących wyników tych prac należy zaliczyć podważenie dotychczasowego poglądu, jakoby cytoplazma komórki roślinnej oddzielona była od ośrodka zewnętrznego tylko jedną warstwą stanowiącą barierę dla ruchu jonów [82, 107] (pogląd ten był w ostatnim dziesięcioleciu podstawą wielu prac teoretycznych i eksperymentalnych).

Funkcjonowanie komórek jest ściśle związane z ich strukturą, toteż dużą wagę przywiązuje się dziś do badań struktury komórek. Szczególnie intensywne badania prowadzone są za pomocą mikroskopu elektronowego, a także radioautografii. Klasyczna technika radioautografii została ostatnio znacznie udoskonalona i pozwala na wykonanie radiozjęć próbek spreparowanych do mikroskopu elektronowego. Porównanie radiozjęć próbki z jej zdjęciem z mikroskopu elektronowego wydaje się, że pozwoli powiązać wykrywaną przez mikroskop ultrastrukturę z funkcjami poszczególnych elementów i umiejscowić różne procesy biochemiczne [92].

Jednakże minusy techniki mikroskopu elektronowego wynikające ze sposobu preparowania próbek nie pozwalają sformułować w sposób całkowicie pewny wniosków dotyczących struktury żywych obiektów [28, 101] (wyniki badań promieniami Roentgena też nie są zbyt pewne z powodu wymaganego przy tej technice długiego czasu ekspozycji [101]). Badania te ponadto nie dają żadnych informacji odnośnie do sił wywołujących przepływ jonów. Dlatego też, mimo niewątpliwie dużego znaczenia tych badań, przy formułowaniu ostatecznych wniosków dotyczących struktury błon i ich funkcjonowania dane z mikroskopu elektronowego należy traktować z pewną rezerwą i opierać się na innych badaniach, przede wszystkim fizjologicznych, a w tym elektrofizjologicznych, oraz na opracowaniach teoretycznych (podstawowym zadaniem tych ostatnich jest dziś podanie opisu sił działających między składnikami błony i określenie warunku równowagi [23]).

Nie jest wykluczone, jak to zauważył Teorell [114], że pewne światło na proces przenikania jonów przez błony mogłoby rzucić zrozumienie istoty sił działających wewnątrz komórki i odpowiedzialnych m.in. za ruch protoplazmy (monograficzne opracowanie ruchu protoplazmy [41, 42]).

A zatem, jak to widać z powyższego, ażeby wyjaśnić przebieg procesów elektrycznych w komórce i dokładnie określić rolę tych procesów, niewątpliwie bardzo istotną w funkcjach życiowych roślin, trzeba jeszcze wielu badań.

Biofizyka komórki znajduje się w tej chwili w stadium tworzenia się, w stadium gromadzenia materiału eksperymentalnego.

LITERATURA

- [1] Abstracts of contributions to an informal discussion on *Excitable Tissues at the University Laboratory of Physiology* — Oxford, April 14th 1966.
- [2] Abstracts Second International Biophysics Congress Vienna — Austria, September 5—9, 1966.

- [3] Aikman D. P., Dainty J. — w *Some Contemporary Studies in Marine Science* str. 37, red. H. Barnes, London (1966).
- [4] Bairati A., Bairati A. — *Protoplasma* (1967), 63, 283.
- [5] Baker P. F. — *Scientific American* (1966), 214, nr 3, 74.
- [6] Bangham A. D., Standish M. M., Wathins J. C., Weissmann G. — *Protoplasma* (1967), 63, 183.
- [7] Bennet M. C., Sir Eric Rideal F. R. C. — *Proc. Roy. Soc.* (1954), 142, 483.
- [8] Beier W. — *Biophysik*, Leipzig (1960).
- [9] Blinks L. R. — *J. Gen. Physiol.* (1929—1930), 13, 495.
- [10] Blinks L. R. — *J. Gen. Physiol.* (1935—1936), 19, 633, 673.
- [11] Blinks L. R. — *J. Gen. Physiol.* (1936), 20, 229.
- [12] Blinks L. R., Skow L. R. — *J. Gen. Physiol.* (1940), 24, 247.
- [13] Briggs G. E., Hope A. B., Robertson R. N. — *Electrolytes and Plant Cells* Oxford (1961).
- [14] Царева Л. А. — Труды симпозиума секции биофизики и радиобиологии 5—9 июня 1961 г. Москва (1964).
- [15] Царева Л. А., Синюхин А. М. — Труды симпозиума секции биофизики и радиобиологии 5—9 июня 1961 г. Москва (1964).
- [16] Cole K. S., Curtis H. J. — *J. Gen. Physiol.* (1938), 22, 37.
- [17] Conti F., Eisenman G. — *Biophys. J.* (1966), 6.
- [18] Coster H. G. L. — *Biophys. J.* (1965), 5, 669.
- [19] Coster H. G. L. — *Austral. J. Biol. Sci.* (1966), 19, 545.
- [20] Curtis H. J., Cole K. S. — *J. Gen. Physiol.* (1937—38), 21, 189.
- [21] Чайлахян Л. М. — *Биофизика* (1959), 4, 385.
- [22] Dainty J. — *An. Rev. Plant Physiol.* (1962), 13, 379.
- [23] Danielli J. F. — Introduction w „*Protoplasma*” (1967), 63.
- [24] Dodd W. A., Pitman M. G., West K. R. — *Austr. J. Biol. Sci.* (1966), 19, 341.
- [25] Эрнст Э. — *Биофизика* (1956), I, 296.
- [26] Ernst E. — *Biophysics of the Striated Muscle* str. 398 Budapest (1963).
- [27] Fensom D. S. — *Canad. J. Bot.* (1966), 44, 1432 (Редф. журнал/1967) 9 P 359).
- [28] Finean J. B., Rumsby M. G. — *Nature* (1963), 197, 1326.
- [29] Findaly G. P. — *Austral. J. Biol. Sci.* (1962), 15, 69.
- [30] Findaly G. P., Hope A. B. — *Austral. J. Biol. Sci.* (1964), 17, 62.
- [31] Garrett C. G. — w „*Półprzewodniki*” str. 578 red. W. Hannay tłum. z ang. Warszawa (1962).
- [32] Gawroński R. — red. *Bionika*, Warszawa (1966).
- [33] Hammer B., Landolt A. M. — *Experientia* (1966), 22, 413, (Biol. Abstr. (1967), 48, 63488).
- [34] Hodgkin A. L. — *Biol. Rev.* (1951), 26, 339.
- [35] Hodgkin A. L. — *Proc. Roy. Soc. B.* (1958), 930, (148), 137.
- [36] Hodgkin A. L. — *The Conduction of the Nervous Impulse*, Liverpool (1964).
- [37] Hodgkin A. L., Huxley A. F. — *J. Physiol.* (1952), 117, 500.
- [38] Hope A. B. — *Austral. J. Biol. Sci.* (1965), 18, 789.

- [39] Hope A. B., Walker N. A. — Austral. J. Biol. Sci. (1961), 14, 26.
- [40] Якимчук В. В. — Биофизика (1955), 4, 250.
- [41] Kamiya N. — *Encyclopedia of Physiology*, 17, II, str. 979.
- [42] Kamiya N. — Ann. Rev. Plant. Physiol. (1960), 11, 323.
- [43] Kanno Y., Loewenstein W. R. — Nature (1963), 201, 194.
- [44] Katchalsky A., Curran P. F. — *Nonequilibrium Thermodynamics in Biophysics*, str. 248, Cambridge (1965).
- [45] Качальский А., Кадем О. — Материалы первого международного биофизического конгресса Стокгольм июль-август 1961, Москва 1964.
- [46] Kavanau J. L. — Nature (1963), 198, 525.
- [47] Kavanau J. L. — *Structure and Function in Biological Membranes*, San Francisco — London — Amsterdam (1965).
- [48] Kay R. H. — *Experimental Biology: Measurements and Analysis*, str. 416; New York (1964).
- [49] Kishimoto U. — Plant. Cell Physiol. (1966), 7, 429.
- [50] Kishimoto U. — Plant. Cell Physiology (1966), 7, 547.
- [51] Kishimoto U. — Plant. Cell Physiol. (1966), 7, 559.
- [52] Kishimoto U. — Plant. Cell Physiol. (1966), 7, 547.
- [53] Kishimoto U., Nagai R., Tazawa M. — Plant. Cell Physiol., (1965), 6, 519.
- [54] Kishimoto U., Ohkawa T. A. — Plant. Cell Physiol. (1966), 7, 493.
- [55] Kishimoto U., Tazawa M. — Plant. Cell Physiol. (1965), 6, 507.
- [56] Korn E. D. — Science (1966), 153, 1491.
- [57] Курелла Г. А. — Биофизика (1958), 3, 243.
- [58] Курелла Г. А. — Биофизика (1959), 4, 300.
- [59] Курелла Г. А. — Биофизика (1960), 5, 260.
- [60] Курелла Г. А. — Труды симпозиума секции биофизики и радиобиологии 5—9 июня 1961 стр. 74 Москва (1964).
- [61] Läger P., Lessauer W., Marti E., Richter J., — Bioch. Bioph., Acta Biomembranes (1967), 135, 20.
- [62] Levine L. — Experientia (1966), 28, 559 (biol. Abstracts (1967), 48, 42342).
- [63] Либерман Е. А. — Биофизика (1958), 3, 742.
- [64] Либерман Е. А. — Биофизика (1961), 6, 177.
- [65] Либерман Е. А., Проневич Л. В., Топалы В. П., Чайлахян Л. М. — Биофизика (1967), 12, 450.
- [66] Либерман Е. А., Чайлахян Л. М. — Биофизика (1959), 5, 622.
- [67] Либерман Е. А., Чайлахян Л. М. — Труды симпозиума секции биофизики и радиобиологии 5—9 июня 1961 стр. 55 Москва (1964).
- [68] Loewenstein W. R., Kanno Y. — J. Cell Biol. (1964), 22, 504.
- [69] Lund E. J. and col. — *Bioelectric Fields and Growth* Austin (1964).
- [70] Mac Robbie E. A. C. — J. Gen. Physiol. (1962), 45, 861.
- [71] Mac Robbie E. A. C. — Austr. J. Biol. Sci. (1966), 19, 365.
- [72] Mailman D. S., Mullins L. J. — Austral. J. Biol. Sci. (1966), 19, 585.
- [73] Maddy A. H. — Internat. Rev. Cytology (1966), 20, 1.
- [74] Материалы первого международного биофизического конгресса, Стокгольм июль — август 1961 Москва (1964).

- [75] Mercer F. — Ann. Rev. Plant. Physiol. (1960), 11, 1.
- [76] Metlička R., Rybová R. — Biochem. Biophys. Acta, Biomembranes (1967), 135, 563.
- [77] Müller P., Rudin D. O., Tien H. T., Wescot W. C. — Nature (1962), 194, 979.
- [78] Müller P., Rudin D. O. — J. Theoret. Biol. (1963), 4, 268.
- [79] Müller P., Rudin D. O. — Nature (1967), 213, 603.
- [80] Müller P., Rudin D. O., Tien H. T., Wescott W. C. — *Circulation* (1962), 26, 1167.
- [81] Nachmansohn D. — Protoplasma (1967), 63, 295.
- [82] Nagai R., Kishimoto — Plant. Cell Physiol. (1964), 5, 21.
- [83] Nagai R., Tazawa M. — Plant. Cell Physiol. (1962), 3, 323.
- [84] Насонов Д. Н., Александров В. Я. — Успехи совр. биол. (1943), 16, 577.
- [85] Насонов Д. Н., Александров В. Я. — Успехи совр. биол. (1964), 17, 1.
- [86] Никольский Н. Н., Васянин С. И. — Биофизика (1964), 9, 73.
- [87] Озолина И. А. — Доклады Т.С.Х.А. (1963), 94, 205.
- [88] Parkinson K. J. — J. Exp. Bot. (1966), 17, 301.
- [89] Parkinson K. J., Banbury J. — J. Exp. Bot. (1966), 17, 297.
- [90] Pethica B. A. — Protoplasma (1967), 63, 147.
- [91] Pethica B. A. — Protoplasma (1967), 63, 181.
- [92] Pickett-Heaps J. D. — Protoplasma (1967), 64, 49.
- [93] Proceedings of the Nuffield Plant. Physiology Group Meeting held at Norwich on 24th February 1966.
- [94] Ridge R. M. A. P., Walker R. J. — w *Problems in Biology* vol. I str. 91 wyd. G. A. Kerkut Oxford-London-New York-Paris (1962).
- [95] Robertson J. D. — Protoplasma (1967), 63, 219.
- [96] Rosene H. F. — w *Bioelectric Fields and Growth* — Lund E. J. i współp. str. 391; Austin (1946).
- [97] Scott B. J. H. — Ann. Rev. Plant. Physiol. (1967), 18, 409.
- [98] Seifritz W. — Protoplasma, New York—London (1936).
- [99] Shashua V. E., — Nature (1967), 215, 846.
- [100] Shimizu Akira — Sci. Repts (1963), 14, 21.
- [101] Sjöstrad F. S. — Protoplasma (1967), 63, 248.
- [102] Синюхин А. М. — Труды симпозиума секции биофизики и радиобиологии 5—9 июня 1961 г. стр. 83 Москва (1964).
- [103] Синюхин А. М., Царева Л. А. — Доклады Т.С.Х.А. (1963), 3, 83.
- [104] Синюхин А. М., Озолина И. А. — Доклады Т.С.Х.А. (1963), I, 268.
- [105] Синюхин А. М., Озолина И. А. — Биофизика (1965), 10, 454.
- [106] Синюхин А. М., Озолина И. А. — в *Биофизика клетки* стр. 216 ред. Г. М. Франк Москва (1965).
- [107] Skierczyńska J. — J. Exp. Bot. (1968), 19, 389.
- [108] Skierczyńska J. — J. Exp. Bot. (1968), 19, 407.
- [109] Spanswich R. M., Williams E. J. — J. Exp. Bot. (1964), 15, 44.
- [110] Symposium on Biophysics and Physiology of Biological Transport, Frascati, June 15—18 Protoplasma (1967), 63.

- [111] Tazawa M., Plant. Cell Physiol. (1964), 5, 33.
- [112] Tazawa M., Kishimoto — Plant. Cell Physiol. (1964), 5, 45.
- [113] Теорелл Т. — Материалы первого международного биофизического конгресса. Стокгольм июль — август 1961 г. стр. 29 Москва (1964).
- [114] Teorell T. — Protoplasma (1967), 63, 336.
- [115] Trofina L. M., Liberman E. A., Babakow A. V. — Nature (1966), 212, 5063.
- [116] Трошин А. С. — *Проблема клеточной проницаемости* Изд. А. Н. СССР М-Л (1956) [Nature (1967), 214, 63],
- [117] Трошин А. С. — Труды симпозиума секции биофизики и радиобиологии 5—9 июня 1961 г. стр. 7 Москва (1964).
- [118] Трошин А. С. — Биофизика (1960), 5, 94.
- [119] Труды симпозиума секции биофизики и радиобиологии 5—9 июня 1961 г. Москва (1964).
- [120] Walker N. A. — Austral. J. Biol. Sci. (1955), 8, 476.
- [121] Walker N. A. — Austral. J. Biol. Sci. (1960), 13, 468.
- [122] Williams E. J., Johnston, Dainty R. J. — J. Exp. Bot. (1964), 15, 1.
- [123] Волков Г. А. — Докл. А. Н. СССР (1964), 155, 1224.
- [124] Воробьев Л. А. — Труды симпозиума секции биофизики и радиобиологии 5—9 июня 1961 г. стр. 35 Москва 1964.
- [125] Воробьев Л. Н., Курелла Т. А. — Биофизика (1965), 10, 788.
- [126] Воробьев Л. Н., Раденович Ч. Н., Хитров Ю. А., Яглова П. Т. — Биофизика (1967), 12, 1016.

WIESŁAW STAWIŃSKI

W SPRAWIE NAUCZANIA BIOLOGII W LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCYM

W 3 numerze „Kosmosu” z 1968 r. ukazało się sprawozdanie z przebiegu sesji plenarnej Wydziału Biologicznego PAN w dniu 30.I.1968 r. Na sesji tej omówiono „Podstawy prognozy rozwoju biologii”. W referacie poruszono między innymi prace nad programami szkół średnich w USA, pominięto natomiast milczeniem dotychczasowe i nowe programy nauczania biologii w liceum ogólnokształcącym.

W dyskusji profesor dr Z. Raabe stwierdził, że „Nauczanie biologii w szkole średniej jest na złym poziomie. Podręczniki są niedobre. Mamy słabych nauczycieli, program biologii jest poważnie zanizony”.

Sądy zawarte w cytowanej wypowiedzi są zbyt pochopne, co więcej, bardzo krzywdzące dla szerokich rzesz ofiarnie pracujących nauczycieli biologii. Świadczą o braku orientacji w panującej od kilkunastu lat sytuacji w szkole średniej w zakresie nauczania biologii. W tym czasie z roku na rok sukcesywnie zmniejszano wymiar godzin nauczania biologii.

Ostatnio na botanikę w klasie IX przewidywano w planie nauczania w I półroczu 3, a w II półroczu tylko 2 godziny tygodniowo. Na zoologię w klasie X 2 godziny, a na biologię ogólną w klasie XI przeznaczono tylko 1 godzinę tygodniowo. Równocześnie znacznie ograniczono podział na grupy ćwiczeniowe.

W zreformowanym liceum ogólnokształcącym nauczanie biologii ograniczono do dwu ostatnich klas, tj. III i IV (w wymiarze 3 i 2 godzin tygodniowo). Nowy program zakłada, zupełnie bezzasadnie, bazowanie na wiadomościach z klas podstawowych, po 2—4-letnim okresie przerwy (botanika w kl. VI, zoologia w klasie VII szkoły podstawowej).

Treści wprowadzone w nowym programie zawisną więc w próżni, gdyż nauczyciel nie będzie miał czasu na ponowne opracowanie węzłowych zagadnień ze szkoły podstawowej.

Profesor dr Z. Raabe, nie wskazuje, na jakich podstawach opiera ocenę nauczycieli biologii; wiadomym jest jednak, że są oni absolwentami wyższych uczelni.

Wiadomym jest, że większość z nich mimo licznych obowiązków stale się doskonalą i uzupełnia swą wiedzę.

Redukcja ilości godzin nauczania biologii w liceum ogólnokształcącym zmusi nauczyciela biologii nie tylko do uczenia chemii, ale również wychowania muzycznego, czy też zajęć technicznych — dla uzupełnienia etatu.

Czy w tych stale pogarszających się warunkach nauczania biologii w liceum ogólnokształcącym można mówić, że „mamy słabych nauczycieli biologii”?!

Dotychczasowe podręczniki do nauczania biologii nie są dobre, ale przecież jednym z współautorów podręcznika zoologii dla klasy X jest sam profesor Z. Raabe!

Można mieć pretensje pod adresem autorów podręczników i Redakcji PZWS, że nie dokonano korekty kolejnych wydań i nie usunięto przestarzałych treści ani też nie dostosowano jej do zmieniających się programów.

Wśród nauczycieli biologii wcale nie stanowi tajemnicy fakt, że wielu z nich starało się jak najmniej korzystać z tych podręczników.

Niewłaściwym wydaje się zrzucenie odpowiedzialności za właściwe miejsce biologii w liceum ogólnokształcącym tylko na nauczyciela biologii!

Odpowiedzi wymaga pytanie, dlaczego nowe programy nauczania biologii nie stały się przedmiotem szerokiej dyskusji naukowców i praktyków? Dlaczego w „Kosmosie” czy „Wszechświecie” nie znalazło się miejsce na dokładniejszą informację o nowych programach i na rzeczową dyskusję?

Ponadto należy wziąć pod uwagę, że studia biologiczne nie uwzględniają likwidacji w liceum ogólnokształcącym podziału na botanikę i zoologię. Nie przygotowują w pełni absolwentów do realizacji nowych programów, gdyż nie wdrażają studentów do syntetycznego porównawczego ujmowania zagadnień botanicznych i zoologicznych.

Poziom nauczania biologii w liceum ogólnokształcącym uzależniony jest od wielu czynników. Wydział Biologiczny PAN, winien w aspekcie dalszego rozwoju nauk biologicznych w Polsce, dokonać ich wnikliwej analizy.

WDZISŁAW RAABE

Mógłbym nie odpowiadać na artykuł dra Wiesława Stawińskiego, jako że trudno jest polemizować z kimś, kto z kontekstu silnie streszczonej dłuższej wypowiedzi wybiera pół zdania, podkreśla je (nawet bez zaznaczenia, że podkreślenie jest Jego) i wytacza straszliwe kolubryny na tak spreparowanego, urojonego zresztą adwersarza. Mógłbym nie chcieć polemizować z kimś, kto zarzuca mi „brak orientacji w panującej od kilkunastu lat sytuacji w szkole średniej w zakresie nauczania biologii” oraz wyraźną złą wolę w stosunku do nauczycieli. Dr W. Stawiński występuje jednak jako prezes Filii Oddziału Katowickiego P.T. Przyrodniczego (czemu nie Przyrodników?) im. Kopernika, a więc rejonu szczególnie zasługującego na uwagę, a w dodatku apeluje do Wydziału II PAN o „wnikliwą analizę”. Niech więc będzie — odpowiadam punktami:

1. O programach nie ma co i pisać. Już poprzednio program dla klas IX, X i XI był niesłychanie okrojony i niedobrze ułożony, a owa 1 godzina tzw. biologii w klasie XI musiała zmieścić ogromny, „wszystkoistyczny” materiał. W zreformowanym liceum absurd zaszedł jeszcze dalej, jak to stwierdza i dr S. Nie ma co liczyć na pamiętanie przez ucznia konkretnego materiału ze szkoły podstawowej, a więc nauczyciel musi rozdęty program jeszcze rozszerzyć. Zmieścić tak bogatą, a naprawdę niezbędną treść, jaką przewiduje program dla liceum w III klasie w 34 godzinach wykładu i 68 godzinach ćwiczeń, a w klasie IV w 50 godzinach

wykładu i 10 godzinach ćwiczeń jest zupełną niemożliwością, jeśli robota ma mieć sens. Nie chodzi tu bynajmniej o obronę rozgadywania się, lecz o stałe, powiedziałbym, uporczywe oddziaływanie na ucznia. A w dodatku, do realizowania takiego programu, który nota bene jest pomyślany zupełnie nieźle, trzeba dobrego, mającego szeroką i dobrze ugruntowaną wiedzę nauczyciela. Ze względu na ogromne znaczenie poznawcze i światopoglądowe nauk biologicznych i ich podstawowe znaczenie dla rozwoju społeczeństw, program ich, a w każdym razie wymiar poświęconych na nie godzin w liceach, musi być znacznie rozszerzony!

2. Podręczniki są niedobre, a raczej były niedobre, a nowych jeszcze nie znam. Niepotrzebnie dr Stawiński wysila się na złośliwość pisząc „ale przecież jednym z współautorów podręcznika zoologii dla klasy X jest sam profesor Z. Raabe”. Bo oto ja właśnie sam wymienilem ten podręcznik jako zdecydowanie nieodpowiedni (pookrawany, niekonsekwentny), od kilkunastu lat za taki go uważam i apeluję o nowy, zupełnie inny w zamyśle i treści. Do tego, między innymi, nawiązywały i referat, i dyskusja, wymieniałe z gruntu inaczej pomyślane podręczniki amerykańskie.

3. Mamy złych nauczycieli — to stwierdzenie oburza dra Stawińskiego najbardziej, jako „sądy zbyt pochopne, co więcej, krzywdzące dla szerokich rzesz ofiarnie pracujących nauczycieli biologii” (cóż za patos!). A dalej pisze dr S. „Niewłaściwym (skąd ten ablativus) wydaje się zrzuć odpowiedzialność za właściwe miejsce biologii w liceach ogólnokształcących tylko na nauczycieli biologii (czego nie robiłem-ZR), a jeszcze dalej „wiadomym jest (znów ten ablativus) jednak, że są oni absolwentami wyższych uczelni”.

Nie kwestionuję i nigdy nie kwestionowałem ofiarności pracy nauczycieli, ale najwyższa ofiarność nic nie da bez dostatecznej fachowości, o czym w wielu dziedzinach mamy możność stale się upewniać. A co do kwalifikacji i możliwości wielu nauczycieli mam poważne wątpliwości. Interesujące byłoby zestawienie statystyczne, ilu to nauczycieli biologii w liceach jest, a ilu nie jest absolwentami pełnych studiów uniwersyteckich z zakresu biologii? Ilu jest dawnych nauczycieli szkół podstawowych (czy nawet powszechnych), którzy uzupełniali swe nie tyle wiadomości, ile prawo nauczania na różnych kursach i kursikach, zdobywając zaledwie tyle, ile mają przekazać uczniowi, i to w dodatku jedynie w ramach aktualnie obowiązującego programu. Ilu nauczycieli biologii w ogóle nie jest biologami? Ilu, mimo braku odpowiednich kwalifikacji, blokuje miejsca i nie dopuszcza młodych absolwentów uniwersyteckich studiów biologicznych, a nawet wypiera ich wobec obniżenia wymiaru godzin. Mamy coraz mniej dobrze przygotowanych nauczycieli, bo stara, wspaniała kadra wykrusza się bezustannie.

Zmartwienie dra Stawińskiego, że „studia biologiczne nie uwzględniają likwidacji w liceum ogólnokształcącym podziału na botanikę i zoologię” jest zupełnie absurdalne. Bo po pierwsze, mimo braku nazw, podział taki nie jest i nie mógł być zlikwidowany, o czym świadczy program z 1966 r. Po drugie zaś, i to jest ważniejsze, współczesne studia biologiczne na uniwersytetach w Polsce zawierają znaczną przewagę elementów integrujących nad specjalizacyjnymi i przeciwnie, niż to sobie wyobraża dr S., „wdrażają studentów do syntetycznego porównawczego ujmowania zagadnień botanicznych i zoologicznych” więcej — do takiego właśnie ujmowania zagadnień ogólnobiologicznych. Wstęp do Programu

ramowego i planu studiów Biologii (1967 r.) powiada m.in. „Zadaniem studiów biologicznych staje się dostarczenie społeczeństwu nie wąsko wyspecjalizowanych pracowników do określonych zadań, lecz ludzi przygotowanych do rozwiązywania w sposób właściwy różnych zadań z ich dziedziny, jakie życie przed nimi postawi. Istotną jest więc sprawą wychowanie pracownika dobrze przygotowanego światopoglądowo i metodologicznie, rozumiejącego problematykę naukową i znającego metody naukowego postępowania”. Sądzę, że absolwent uniwersytetu z zakresu biologii dobrze sobie poradzi (a praktyka wykazuje, że tak jest w istocie) nie tylko z wykładaniem formalnego kursu licealnego, ale również, w oparciu o wyniesioną z uniwersytetu wiedzę, z wszelkim przykrawaniem jej do potrzeb nawet nowego kursu, nawet kursu, w którym nie ma na razie podręczników. Ale na pewno nie potrafi tego uczynić nauczyciel przepędzony przez kursy dokrojone do aktualnych programów.

Dr Stawiński pyta, „na jakich podstawach opieram ocenę nauczycieli biologii?” Jako przyrodnik — na empirii, na znajomości wielu nauczycieli, i to nawet z Warszawy, i znajomości wyników ich pracy. Znów zastrzeżenie — nie myślę tu (ja — syn nauczycieli) o tych rzeczywiście wspaniałych postaciach w naszym nauczycielstwie, które znamy dobrze i którym tak wiele zawdzięczamy, włącznie z najlepiej przygotowanymi studentami. Ale takich nauczycieli z talentem i głęboką wiedzą jest naprawdę bardzo mało! Nie mam, z drugiej strony, pretensji do tych nawet nauczycieli, którzy nie stoją na odpowiednim poziomie. Mam raczej pretensję do tych, którzy ich na tych nieodpowiednich dla nich pozycjach postavili. Ci to nieodpowiedni nauczyciele deprecjonują nauki biologiczne, które, mimo wielkich walorów poznawczych, światopoglądowych i gospodarczych, tak mało są u nas doceniane.

Niewątpliwie jedną przynajmniej z przyczyn takiego stanu rzeczy, nie tylko w naukach biologicznych czy przyrodniczych, ale w ogóle w szkolnictwie, jest, moim i nie tylko chyba moim zdaniem, wymagająca naprawienia niska pozycja nauczyciela w naszym społeczeństwie. Przyznajmy — bo nie jest to ani niespodziewane, ani niewłaściwe — że wiąże się to z sytuacją materialną nauczycieli — odbierającą atrakcyjność temu pięknemu, ale ciężkiemu powołaniu. Absurdem staje się przeciążanie nauczycieli, szczególnie na prowincji, tzw. pracami i obowiązkami społecznymi, jak gdyby najpiękniejszym społecznym osiągnięciem nauczyciela nie było to po prostu, że jest dobrym nauczycielem.

Wahlert G. v., *Latimeria und die Geschichte der Wirbeltiere. Eine evolutionsbiologische Untersuchung*. G. Fischer Verlag, Stuttgart 1968, str. VIII + 125, 63 ryc. (Fortschritte der Evolutionsforschung Bd. IV). Cena nie podana.

Przeszłość kręgowców jest poznana nieporównanie dokładniej od historii innych grup zwierzęcych. Dlatego też poglądy na przebieg procesu ewolucyjnego, na jego mechanizmy i prawidłowości powstały przede wszystkim w oparciu o dobrze znane losy kręgowców. Także i przyszły rozwój ewolucjonizmu będzie się musiał zawsze liczyć z takim modelem ewolucji, jaki sugeruje zoologia kręgowców. Jeśli nowe hipotezy mają zostać przyjęte, muszą być zgodne z tymi faktami i należyć je wyjaśniać. Stąd rozważania odnoszące się do przeszłości *Vertebrata* mają wielkie znaczenie nie tylko dla zagadnień szczegółowych zoologii, lecz również dla zasadniczych problemów biologicznych.

Książka Wahlerta omawia pokrewieństwa w obrębie głównych jednostek systematycznych ryb. Autor orientuje się znakomicie w tradycyjnej morfologii porównawczej, ponadto zaś dysponuje obszerną wiedzą w zakresie zachowania się ryb w ich naturalnym środowisku. Wiedzę tę zdobył obserwując ryby w niewoli, w akwariach, a przede wszystkim na swobodzie, w ciepłych wodach rejonu karaibskiego. Książka Wahlerta uzmysławia, jak wiele zasadniczych poglądów na ewolucję kręgowców opiera się wciąż tylko na porównywaniu wyników sekcji martwych okazów, a jak nieznacznie wykorzystano w tym zakresie wiadomości o czynnościach badanych struktur. Wynika to z głęboko zakorzenionych tradycji, które pewne typy publikacji naukowych oceniają bardzo wysoko, inne zaś lekceważą, opierając się raczej na przyzwyczajeniach czytelników niż na ocenie istotnego wkładu naukowego zawartego w danej pracy.

Wahlert słusznie podkreśla, że systematykę trzeba ciągle jeszcze oczyszczać od balastu tradycyjnego rozumowania, sięgającego wstecz aż do anatomów okresu idealistycznego. Rozumowanie tradycyjne przyjmuje, że cechy występujące powszechnie, a więc cechy typowe dla danej grupy są równocześnie właściwościami pierwotnymi. Morfolog idealistyczny odszukiwał cechy występujące u wszystkich przedstawicieli danej jednostki systematycznej lub przynajmniej u znacznej ich większości. Cechy te łączono konstruując archetyp grupy. Pod wpływem ewolucjonizmu pojęcie archetypu ustąpiło pojęciu wspólnego przodka, niestety, często nie zmieniając swej treści.

W przypadku ryb można np. wymienić następujące cechy pospolite i szeroko rozpowszechnione: obły, hydrodynamiczny kształt ciała, płetwy działające jako stateczniki podczas ruchu postępowego, przystosowanie do życia w wodzie morskiej, ogon zakończony płetwą homocerciczną, dachówkowate łuski, itd. Oczywiście wnioski wynikające z poznania kręgowców kopalnych zmusiły już dawno zoologów do przyjęcia, że zarówno ogon homocerciczny, jak i dachówkowaty układ łusek to cechy stosunkowo młode. Pomimo jednak poważnych faktów paleontologicznych jeszcze i dziś zakłada się, że do pierwotnych cech ryb należą: swoboda pływania, obły kształt ciała i płetwy będące statecznikami. Sam fakt, że najstarsze znane wykopaliska nie zgadzają się z tymi wyobrażeniami, nie jest wystarczającym argumentem przeciwko ich poprawności, gdyż trzeba zawsze pamiętać, że znamy tylko bardzo niewielką próbkę zwierząt spośród tych, które istotnie żyły kiedyś na Ziemi i których przodkowie dziś egzystują. Rozumowanie czy to uzasadniające, czy oba-

lające poglądy na pierwotność cech musi się opierać na szczegółowym rozważeniu wszystkich dostępnych faktów, z uwzględnieniem fizjologii i ekologii.

Powtarzanie tutaj całości rozumowań Wahlertha jest oczywiście niemożliwe. Można tylko streścić jego najważniejsze wnioski. *Gnathostomata* pojawiają się w górnym sylurze w postaci dwu grup systematycznych. Jedna z nich to *Acanthodii*, druga to *Placodermi*. *Acanthodii* to jednostka, której udało się opanowanie pelagialu. Dowodzi tego kształt ciała, występowanie u niektórych przedstawicieli aparatów filtracyjnych w gardzieli, wreszcie charakterystyczna budowa płetw, które były fałdami skórnymi wspartymi od przodu o pojedynczy kość. *Acanthodii* żyły jeszcze w permie, a więc przetrwały dłużej od *Placodermi*.

Wszystkie pozostałe ryby (oraz w konsekwencji — czworonogi) pochodzą od *Placodermi*. Skoro tworzą jedną grupę systematyczną, trzeba je nazwać; Wahlerth proponuje nazwę *Archipterygii*. *Placodermi*, wraz z *Archipterygii* utworzą grupę nazwaną przez Wahlertha *Rhachipterygii*. Pierwotne *Rhachipterygii* były zwierzętami żyjącymi w wodach słodkich, w bliskości dna, odżywiały się zwierzętami dennymi. Posiadały dwa sposoby poruszania się. Przy ruchu powolnym używały przede wszystkim płetw parzystych, które wspierały się o dno lub uderzały o wodę. Czasem zwierzęta te podrywały się do szybszego ruchu. Wówczas motorem były mięśnie tułowia, a narządem napędowym była heterocerkiczna płetwa ogonowa. Płetwy parzyste odgrywały wówczas rolę stateczników. Tak więc płetwy miały dwie rozmaite funkcje, odpowiadała temu ich budowa — były wydłużone i opatrzone silnym szkieletem wewnętrznym. Nazwa grupy podkreśla budowę płetw.

Najpierwotniejsze *Rhachipterygii*, czyli *Placodermi* nie dożyły nawet do karbonu. Ich sztywny pancerz, okrywający głowę i przedni odcinek tułowia, wedle Wahlertha, przede wszystkim usztywniał ciało, a przez to umożliwiał przenoszenie siły wytwarzanej przez skurcze mięśni tułowia na płetwę ogonową. Pancerz jest jednak znacznie mniej ekonomiczny i mniej sprawny od szkieletu osiowego. Gdy ten uzyskał u *Archipterygii* wystarczającą sztywność, *Placodermi* ustępują konkurencji grup potomnych, to jest rybom chrzęstnoszkieletowym i rybom kostnoszkieletowym.

Wahlerth nie zmienia zakresu obejmowanego zwykle przez *Elasmobranchii*, wprowadza jednak nową nazwę — *Chondropterygii* — w celu upodobnienia nazw. Ryby chrzęstnoszkieletowe pozostały związane z życiem przy dnie. Najpierwotniejsze ryby spodouste nie różnią się zbytnio kształtem ciała od *Placodermi*, ich pokarmem są organizmy dennie. Za monofiletizmem *Chondropterygii* przemawia obecność u wszystkich przedstawicieli narządów kopulacyjnych powstałych u samców z płetw brzusznych. Obecność aparatu kopulacyjnego pozwoliła na składanie jaj otoczonych silnymi osłonkami, co z kolei umożliwiło opanowanie wód słonych. W morzu nastąpiła specjalizacja spodoustych. Niektóre grupy udoskonaliły pływanie przy pomocy płetw parzystych i ukrywanie konturów ciała w mule dennym lub zakopywanie się w nim. Tak powstały płaszczki. Znacznie później pojawiły się zdolności do życia w pelagialu. Ich rozwiniecie musiało być poprzedzone rozpowszechnieniem się ryb kostnoszkieletowych, które stanowią podstawową bazę pokarmową rekinów. Wreszcie bardzo ograniczona liczba *Chondropterygii* uzyskała zdolność bezpośredniego odżywiania się planktonem — tak żyją np. rodzaje *Selache*, *Rhincodon*, *Manta*. Jest to umiejętność świeżej daty. W zasadzie *Chondropterygii* nie dysponują precyzyjnymi metodami łowienia drobnej zdobyczy i pobierają albo ofiary mało ruchliwe (płaszczki i zrosłogłowe), albo też mające znaczne rozmiary ciała (rekiny).

Ryby kostnoszkieletowe, nazwane przez Wahlertha *Osteopterygii*, pojawiły się w wodzie słodkiej. Za najpierwotniejsze spośród nich autor uważa *Dipnoi*. Grupa ta przewyższa *Chondropterygii* posiadaniem płuc, które pierwotnie wypełniały dwie

funkcje: są narządami oddechowymi i obniżają ciężar właściwy, co pozwala na obecność obfitych skostnień, bez zbytniego obciążenia. Ponadto otwór gębowy ryb dwudysznych leży bardziej do przodu, niż szpara gębowa ryb spodoustych. Przesunięcie otworu gębowego jest skutkiem powstania mięsistych warg i policzków. Zęby ryb dwudysznych, podobnie jak zęby spodoustych, wspierają się tylko na palatinum i mandibulare, pierwotnych elementach szkieletowych trzewioczaszki. Nieobecność zębów i kości skórnych w sąsiedztwie otworu gębowego jest, zdaniem Wahlerla, cechą pierwotną, a nie skutkiem regresji, jak to dotychczas przyjmowano.

Pozostałe ryby kostnoszkieletowe ujmuje Wahlerl w grupę *Kinocrania*, gdyż uważa, że cechą podstawową tej jednostki jest ruchliwość szczęk, wytwarzająca siły ssące przy szerokim otwieraniu pyska, co usprawnia pobieranie pokarmu. Jako najprimitywniejsze *Kinocrania* ujmuje Wahlerl *Actinistia*, wraz z wysuniętą na czoło w tytule książki *Latimeria*. Omówienie tego ostatniego rodzaju zajmuje dużo miejsca. Za najważniejszą zdobycz *Actinistia* w stosunku do *Dipnoi* uważa autor obecność stawu w podstawie czaszki, który pozwala na szerokie otwarcie pyska i na wytwarzanie silniejszych prądów ssących. Podobnie do *Dipnoi*, *Actinistia* nie mają jednak jednolitego szeregu skórnych kości na krawędzi szczęk. Na wargach tworzących brzeg szpary ustnej stoją małe i słabe zęby, nie tworzące sprawnego aparatu chwytanego. Brak też stawu łączącego kości pochodzenia skórno-żuchwy i szczęki górnej.

Interesujące rozważania dotyczą budowy płetw. Jak wiadomo, sześć płetw *Latimerii* ma budowę archipterygium: płetwy piersiowe, płetwy brzuszne, płetwa odbytowa i druga płetwa grzbietowa. Pamiętamy, że zdaniem Wahlerla jest to pierwotna struktura płetw. Badacz ten sądzi, że płetwy odbytowa i grzbietowa tworzą „trzecią parę płetw”. Dzięki obecności trzech par archipterygiów o bardzo bogatej ruchliwości, działających jak trzy pary motorów odrzutowych sztucznego satelity, *Actinistia* dysponują ogromnym bogactwem ruchów w przestrzeni. Znaczne przyspieszenia nadają jednak tym rybom tylko boczne ruchy płetwy ogonowej. W takim przypadku płetwy parzyste kładą się płasko na ciele kryjąc się w uchyłkach tułowia, które Wahlerl opisuje. Zwrot ciała w szybkim ruchu wymaga przeciwdziałania sile odśrodkowej, jest to zadaniem pierwszej płetwy grzbietowej, będącej tworem wtórnym powstałym przez specjalizację przedniego odcinka płetwy grzbietowej, pierwotnie jednolitej. *Actinistia* zdołały wdrzeć się do mórz, dzięki temu rozwijały się jeszcze w mezozoikum, a jeden rodzaj dotrwał do dziś.

Za grupę siostrzaną dla *Actinistia* uważa Wahlerl *Eurystomata*. Nazwą tą obejmuje *Rhipidistia*, *Actinopterygii* i *Tetrapoda*. *Rhipidistia* są pierwotniejsze od dwu pozostałych jednostek systematycznych. Nazwa *Eurystomata* podkreśla, że *Rhipidistia* są pierwszą grupą, która posiada obszerny otwór gębowy, sięgający daleko ku tyłowi i opatrzony silnym szkieletem kości skórnych. Kości te tworzą staw między quadratum i articulare; struktury tej brak było grupom poprzednim. Zmiany w uzbrojeniu otworu gębowego stanowią dalsze udoskonalenie w pobieraniu drobnego i ruchliwego pożywienia. Przesunięcie stawu żuchwowego ku tyłowi zbliżyło go do okolicy skrzelowej, wskutek tego pobieranie pokarmu weszło w pewien konflikt ze sprawnym oddychaniem. Równocześnie pojawiła się tendencja do udoskonalenia czynności hydrostatycznej narządu powietrznego, co musiało wywołać upośledzenie oddychania za jego pośrednictwem, a więc wzmożły się zadania skrzeli. Stąd dobór naturalny popierał przebudowę szczęk. Tak powstały *Actinopterygii*. Sprawą niejasną pozostają okoliczności, które wywołały przebudowę płetw o typie archipterygium na płetwy będące tylko statecznikami. Wszak archipterygium może również z powodzeniem pełnić rolę statecznika, a ponadto zapewnia ogromne możliwości ruchowe przy powolnym pływaniu. Wahlerl

sądzi, że uproszczenie budowy płetw wiąże się z udoskonaleniem pęcherza pławnego. Fakt ten oderwał ryby od stałego związku z dnem, co mogło spowodować zbyteczność narządów podpierających. Jednakże zdaniem Wahlerta ryby należące do centralnej linii ewolucyjnej nigdy nie porzuciły wybrzeży wód, a więc uproszczenie budowy płetw pozostaje niezupełnie wyjaśnione.

W oparciu o dane zoogeograficzne Wahlert dochodzi do wniosku, że główny rozwój *Actinopterygii* przebiegał w wodzie słodkiej, gdzie tworzyły się kolejne grupy systematyczne, uzyskujące później zdolność do życia w wodzie słonej i opanowujące morza i oceany. Nie ma tutaj miejsca na dokładniejsze referowanie poglądów Wahlerta na systematykę wewnętrzną *Actinopterygii*. W zasadzie jego wnioski są zgodne z układem zaproponowanym przez Greenwooda, Rosena, Weitzmanna i Myersa w 1966 r.

Nawet to przydługie streszczenie poglądów Wahlerta nie wyczerpuje bogactwa zawartych w książce oryginalnych obserwacji i wniosków. Do przeczytania jej namawiam gorąco każdego ichtiologa, a także każdego biologa interesującego się przebiegiem ewolucji. Nie twierdzę jednak, by książka miała same zalety. Układ nie jest przejrzysty i odszukanie jakiejś informacji jest często kłopotliwe, tym bardziej że brak indeksu. Na usprawiedliwienie autora można powiedzieć, że praca ma charakter nowatorski, odbiegając bardzo wyraźnie od typowych publikacji przyrodniczych pod względem treści, a więc wtłoczenie jej w standardowy schemat byłoby prawdopodobnie niemożliwe. Autor musiał obmyśleć specjalną dyspozycję, która czytelnikowi nie zawsze wydaje się zrozumiała. Spis literatury pomija, niestety, niektóre prace cytowane w tekście. Styl jest miejscami trudny i wymaga pewnego wysiłku ze strony czytelnika. Zapewne też niektóre hipotezy Wahlerta okażą się w przyszłości niesłuszne. Pomimo wszystko, zaznajomienie się z tym dziełem uważam osobiście za bardzo pożyteczne i sędzę, że wiele wniosków Wahlerta można już teraz wprowadzić do nauczania zoologii.

Henryk Szarski

Bauer L., Weinitschke H. *Landschaftspflege und Naturschutz* (wyd. II). VEB G. Fischer Verlag, Jena 1967, 302 str., 40 tabl. liczb., 110 rys. Cena NDM 23.30.

W ostatnim stuleciu — w związku z rozwojem techniki i jego niekorzystnym wpływem na całokształt warunków życia na Ziemi — nastąpiła ewolucja pojmowania zadań ochrony przyrody: przechodzimy od ochrony przyrody przed człowiekiem do jej ochrony dla człowieka. Obecnie coraz szersze kręgi społeczeństwa uznają konieczność racjonalnego przeobrażania krajobrazu oraz świadomego, odpowiedzialnego i planowego użytkowania bogactw naturalnych.

Książka przekazuje podstawy naukowe nowocześnie pojętej ochrony przyrody. Część wstępna stanowi rys historyczny, zatytułowany „Od konserwacji pomników przyrody do konserwacji krajobrazu”. W pierwszych rozdziałach autorzy systematyzują podstawowe wiadomości o czynnikach „bilansu krajobrazu” (szata roślinna, stosunki hydrologiczne, klimat lokalny i mikroklimat, gleba). W rozdziale „Las a woda” uwagę polskiego czytelnika zwraca obszernie przytoczenie poglądu Lambora na wpływ lasów górskich Europy Środkowej na bilans wodny. Jeśli chodzi w ogóle o polonice tej książki, to o kraju naszym wspomina się jeszcze także w związku z gatunkami zwierząt chronionych i z parkami narodowymi.

Następną część książki poświęcono zagadnieniom krajobrazu zagospodarowanego, przy czym jeden z rozdziałów dotyczy ochrony powietrza atmosferycznego. Przy omawianiu melioracji podkreśla się, że z czasem zmieniło się znaczenie również tego terminu: pierwotnie oznaczał on jedynie osuszanie gruntu, później

także nawadnianie, a obecnie — całokształt zabiegów polepszających warunki siedliskowe.

Rozdziały dalszej części mówią o problemach ochrony przyrody, m.in. o nowej roli łowiectwa jako środka regulacji zwierzostanu w rezerwach. Ostatni rozdział tej części zawiera zbiór definicji z dziedziny kształtowania krajobrazu i ochrony przyrody, opracowany przez specjalną komisję Akademii Nauk Rolniczych NRD.

W części końcowej podano pełny tekst obowiązującej w NRD ustawy o ochronie przyrody oraz wynikających z niej zarządzeń wykonawczych, jak również kompletną, nie publikowaną nigdzie, listę wszystkich innych aktów prawnych, mających związek z tematem książki.

Drugie wydanie dzieła, które ukazało się po raz pierwszy w r. 1964, wzbogaciły 4 nowe rozdziały i 50 dalszych ilustracji.

W. Ch.

*Wstęp do biologii submolekularnej**

Minęło niewiele czasu od ukazania się pierwszych książek z dziedziny biologii molekularnej, traktujących biologię molekularną jako najmłodszą gałąź nauk przyrodniczych, a już na rynku księgarskim ukazała się nowa pozycja o biologii submolekularnej.

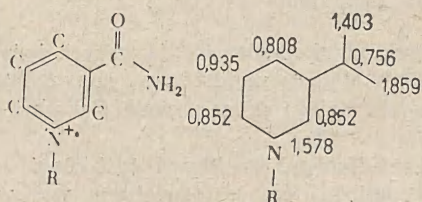
Książka Alberta Szent-Gyorgyi'ego *Wstęp do biologii submolekularnej* nie jest podręcznikiem tego przedmiotu, lecz jest świetnym wprowadzeniem do tego najnowszego kierunku w biologii. Autor potrafi w sposób interesujący i bardzo sugestywny pisać o sprawach trudnych prosto, a przy tym ładnym językiem literackim. Biorąc do ręki tę książkę zadawałem sobie pytanie: jaka jest zasadnicza różnica między biologią molekularną a submolekularną i czy w ogóle istnieje potrzeba wyodrębnienia nowego przedmiotu. Autor już na pierwszych stronach daje odpowiedź. Biologia molekularna bazuje przede wszystkim na wiązaniu kowalencyjnym. Posługując się tylko pojęciem wiązania kowalencyjnego nie można wyjaśnić bardzo subtelnych procesów zachodzących w żywej materii. Wiążą się one z przenoszeniem elektronów i z różnego typu oddziaływaniami elektronowymi, z badaniem stanów wzbudzonych, z procesami oddziaływania słabych pól elektromagnetycznych, itp.

Wiele jest problemów w biologii, które dotychczas nie doczekały się wyjaśnienia. Zdaniem autora istnieją problemy, których biologia molekularna ani też biochemia rozwiązać nie potrafi. W dotychczasowych rozważaniach biologicznych brakuje czegoś bardzo ważnego — nowego parametru, bez którego nie można właściwie ująć problemu. Autor nie ma wątpliwości, co jest tym brakującym wymiarem (parametrem). Biochemia zaczęła się gwałtownie rozwijać w końcu ubiegłego stulecia. Wówczas sądzono, że materia jest zbudowana z małych, niepodzielnych jednostek — atomów. Częsteczki uważano za agregaty atomów. Atomy oznaczano różnymi symbolami, a ich wiązania przedstawiano za pomocą kresek. Ten język liter i kresek można zaliczyć do największych osiągnięć umysłu ludzkiego; dzięki niemu mogła się rozwijać biochemia z jej wspaniałymi sukcesami. Zagadnienia, które biochemia rozwiązała, były problemami strukturalnymi lub polegały na zmianie struktury w stosunkowo prostych reakcjach. Zmiany te mogły być wyrażone i opisane za pomocą języka liter i kresek, podczas gdy problemy działania układów kompleksowych, które nie mogą być wyrażone za pomocą tego języka, pozostają nadal otwarte. W dalszym ciągu współczesna biochemia posługuje się językiem liter i kresek, co świadczy o tym, że nauka ta operuje w zasadzie tymi

* A. Szent-Gyorgyi — *Wstęp do biologii submolekularnej*, PWN, Warszawa, 1968, s. 146, tabel 3, rys. 18, cena 20.— zł.

samymi pojęciami molekularnymi, których używała kiedy się narodziła w ubiegłym stuleciu. Pokrewna jej dziedzina — chemia, łącząc się z fizyką i matematyką, schodzi do poziomu submolekularnego i subatomowego, zajmując się zjawiskami, które nie mogą już być opisane za pomocą pojęć chemii klasycznej i zmuszając do stosowania mechaniki kwantowej.

Atom rozpatrywany w świetle chemii kwantowej nie jest już niepodzielny, lecz składa się z jądra otoczonego „chmurą” elektronową o zmiennym i często fantastycznym kształcie. Zdaniem autora jest prawdopodobne, że subtelne zjawiska „życia” polegają na zmianach kształtu i rozmieszczenia tych „chmur”. Rozwój biochemii nie poszedł w tym samym kierunku co rozwój nauki macierzystej, mimo że zjawiska subatomowe mogą dać klucz do wyjaśnienia subtelnych funkcji biologicznych. Dla zilustrowania autor posłużył się przykładem: z lewej strony na rysunku przedstawiono wzór reszty pirydynowej NAD, wyrażony za pomocą symboli klasycznych. Mówi on, że pierścień pirydynowy jest zbudowany z pięciu jed-



nakowych atomów węgla i jednego atomu azotu, który ma ładunek dodatni. Z prawej strony na tym samym rysunku przedstawiono „diagram molekularny” tej samej substancji w ślad za niedawną publikacją Pullmanów. Liczby przy każdym atomie oznaczają ładunek elektryczny. Mówią one o tym, że każdy atom ma różny ładunek i wobec tego cząsteczka jest otoczona przez chmurę elektronową o bardzo złożonej strukturze. Ładunek dodatni jest rozdzielony nierównomiernie między atomy N i C pierścienia, podczas gdy ładunki ujemne skupiają się na łańcuchu bocznym. Rysunek ten powinien być wypełniony jeszcze trzema grupami cyfr, z których jedne wyrażają „wolne wartościowości” pojedynczych atomów pierścienia, drugie „rząd wiązania” i trzecie podają „energię lokalizacji”. Podczas gdy wzór klasyczny wyraża jedynie ogólny kształt cząsteczki i jej moment dipolowy, diagram molekularny charakteryzuje indywidualność i w dużym stopniu specyficzność każdego atomu. W ten sposób cała struktura staje się złożona w takim stopniu, w jakim można się tego spodziewać po każdej strukturze aktywnej biologicznie.

Książka składa się z dwóch części: rozważań ogólnych oraz problemów i prób ich interpretacji. Część pierwsza zawiera 8 rozdziałów, traktujących o energetyce procesów życiowych, ruchliwości elektronów, o problemach związanych z przenoszeniem ładunku. W części drugiej, składającej się z 4 rozdziałów, próbuje autor wyjaśnić mechanizm działania leków, sposób przekazywania energii przez ATP oraz na ostatnich kilku stronach omawia chemię grasicy i stan ożywiony. Charakterystyczną cechą stanu żywego, zdaniem autora, wydają się być jego właściwości paramagnetyczne. Stwierdzenie to opiera się na pracach Commonera i współpr., którzy podali, że intensywność sygnału ERP, wytworzonego przez tkanki różnych zwierząt i roślin jest proporcjonalna do intensywności metabolizmu. Wydaje się, że sygnał ERP tkanek powstaje na skutek wolnych rodników tworzących się w procesach metabolizmu. Tak więc wszystko co żyje, daje sygnały.

Książkę tę można polecić wszystkim interesującym się nowymi kierunkami biologii.

Stanisław Grabiec

SYMPOZJUM NA TEMAT TECHNIKI STERYLIZACJI URZĄDZEŃ I TWORZYW W ZWIĄZKU Z BADANIAMI W KOSMOSIE *

W dniach od 18 do 22 lipca 1967 r. odbyło się w Londynie sympozjum, zorganizowane staraniem uczonych angielskich pod kierownictwem prof. P. Smitha, poświęcone metodom sterylizacji pojazdów kosmicznych i ich wyposażenia. W obradach wzięło udział 42 uczonych, reprezentujących 10 krajów.

O KONIECZNOŚCI STERYLIZACJI STATKÓW KOSMICZNYCH

Istnieje kilka względów, które decydują, że sterylizacja statków kosmicznych jest bezwarunkowo konieczna i obowiązująca dla wszystkich krajów, dokonujących eksperymentów kosmicznych. Należy mianowicie mieć na uwadze, że po raz pierwszy w historii ludzkości powstała możliwość prowadzenia badań pozaziemskich. Nie ma chyba konieczności szczegółowego uzasadniania, jakie ogromne znaczenie dla nauki i filozofii mają badania w zakresie ujawniania życia na innych planetach. Zatem, jak to zostało ustalone doświadczalnie, wszelkie czynniki ekstremalne, działające w Kosmosie, nie zabijają ziemskich drobnoustrojów. A zatem nie można liczyć na samosterylizację statków kosmicznych ani podczas ich lotu w Kosmosie, ani też podczas ich przebywania na planetach naszego układu i poza nim. Jak wykazano w badaniach radzieckich i amerykańskich, ziemskie mikroorganizmy mogą rozmnażać się w urządzeniach imitujących warunki klimatyczne istniejące na Marsie. Wynika stąd realne niebezpieczeństwo zawleczenia ziemskich mikroorganizmów na tę planetę i możliwość późniejszego uznania ich za formy egzobiotyczne.

W publikacjach prasowych można niekiedy spotkać artykuły niektórych uczonych amerykańskich, podważające celowość sterylizacji statków kosmicznych. Zastrzeżenia te autorzy opierają na możliwości samorzutnej migracji międzyplanetarnej istot żywych, zwłaszcza z Ziemi na Marsa przypuszczając, że jest on w związku z tym już zakażony ziemskimi formami życia. Pogląd ten stanowi niewątpliwie próbę odnowienia teorii S. Arrheniusa, znanej pod nazwą panspermii. Jest jednak mało prawdopodobne aby pod wpływem ciśnienia światła mogły się przenosić z planety na planetę takie stosunkowo duże i ciężkie ciała jak mikroorganizmy, zwłaszcza wobec konieczności zwiększenia ich masy o jakies powłoki ochronne (pył kosmiczny itp.), stanowiące osłony przed zabójczym działaniem promieni UV. Ograniczenia te pozwalają co najwyżej przypuścić możliwość kosmicznej migracji cząstek wirusowych. Jednakże istnienie ich na planetach pozaziemskich a tym bardziej możliwość rozmnażania pod nieobecność organizmu gospodarza, czyni to przypuszczenie raczej wątpliwe.

Wystąpienia zwolenników uwspółcześnionej teorii panspermii były przedmiotem dyskusji na posiedzeniach odpowiednich grup roboczych i komisji. Uznano, że odzwierciedlają one jedynie osobiste przekonania ich autorów, lecz w żadnym stopniu nie są odbiciem punktu widzenia międzynarodowej organizacji COSPAR, a także stanowiska zajmowanego w tej sprawie przez Amerykańską Akademię

* A. A. Imszeniecki — *Symposium „Technika sterylizacji instrumentów i materiałów w swiazi s issledowaniami w Kosmosie”, Mikrobiologija, 1968, 37, nr 3, s. 560—568.*

Nauk lub NASA. Na sympozjum w sprawie sterylizacji statków kosmicznych i posiedzeniach Komisji Ochrony Kosmosu przed Zakażeniami przez Ziemskie Mikroorganizmy potwierdzone zostały wcześniej przyjęte postanowienia o niedopuszczalności zakażenia kosmosu ziemskimi mikroorganizmami.

OGÓLNY SCHEMAT STERYLIZACJI STATKÓW KOSMICZNYCH

Z dotychczas uzyskanych doświadczeń wynika, że najbardziej celowa jest następująca etapowość w pracach związanych ze sterylizacją urządzeń, przewidzianych do eksponowania w Kosmosie:

Pierwszy etap obejmuje odpowiednie przygotowanie w warunkach fabrycznych surowców i materiałów lub poszczególnych części przyrządów nie zawierających w ogóle mikroorganizmów lub zawierających je w niewielkiej ilości. Osiąga się to albo przez zmianę technologii ich przygotowywania lub przy pomocy oddzielnej sterylizacji poszczególnych elementów stanowiących części składowe przyrządów itp.

Drugi etap polega na tym, że przyrządy nie wytrzymujące działania wysokich temperatur, składa się z części pozbawionych mikroorganizmów w warunkach sterylnych w oddzielnych kamerach biologicznych. W rezultacie uzyskuje się przyrządy nie zawierające wewnątrz organizmów, a komórki trafiające na powierzchnię przyrządu ulegają zniszczeniu podczas późniejszego traktowania wnętrza statku kosmicznego tlenkiem etylenu.

Trzeci etap polega na sterylizacji suchym powietrzem w temperaturze 135°C w ciągu 3—5 godzin całego statku kosmicznego z wyjątkiem przyrządów nie wytrzymujących nagrzewania.

Czwarty etap następuje po zamontowaniu w statku urządzeń wyjałowionych oddzielnie. Dokonuje się przy użyciu środków gazowych, które niszczą mikroorganizmy znajdujące się na powierzchniach wyposażenia statku.

Piąty etap odnosi się do sterylizacji powierzchni zewnętrznej pojazdu. W tym celu statek kosmiczny pokryty zostaje osłoną ochronną, pod którą wprowadza się bakteriobójcze środki gazowe. Po wyjściu rakiety z atmosfery osłona zostaje z powierzchni statku usunięta i odrzucona.

Oczywiście jest to jeden z możliwych schematów sterylizacji statków kosmicznych i może istnieć szereg różnych jego modyfikacji.

STERYLNY MONTAŻ PRZYRZĄDÓW I POSZCZEGÓLNYCH ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA STATKU KOSMICZNEGO

Celowość prowadzenia prac montażowych w pomieszczeniach „biologicznie czystych”, z dopływem sterylnego powietrza, wynika z dwu powodów. Po pierwsze prowadzi to do ogromnego zmniejszenia zakażeń mikrobiologicznych i tym samym znacznie ułatwia końcową sterylizację statku kosmicznego. Po drugie część przyrządów nie wytrzymuje wysokich temperatur i dlatego konieczne jest dokonywanie ich montażu w warunkach sterylnych. Poszczególne elementy przyrządów poddaje się przed tą operacją wyjaławianiu odpowiednio dobraną metodą. Po zamontowaniu sterylnego przyrządu w statku kosmicznym, wtórne zakażenia mikrobiologiczne, które mogą wystąpić na zewnętrznych powierzchniach tych urządzeń, względnie łatwo likwiduje się przy pomocy sterylizacji gazowej.

Opracowanie metod sterylnego montażu wyposażenia statków kosmicznych ułatwione było w znacznej mierze dzięki zdobytym wcześniej doświadczeniom w zakresie gnotobiologii (otrzymywanie sterylnych zwierząt), a także dzięki doświadczeniom uzyskanym podczas organizacji prac przy sterylnym lub prawie sterylnym dozowaniu w zakładach farmaceutycznych leków, przeznaczonych do przyj-

mowania przez ludzi drogą iniekcji. Osiągnięcia w zakresie współczesnej gnotobiologii są istotnie imponujące. Świadczy o tym wymownie fakt np. uzyskania w jednej serii doświadczeń drogą operacyjną sterylnych zwierząt, wśród których na 65 przypadków nie było ani jednego z jakimkolwiek zakażeniem.

Przedmiotem szczegółowych rozważań były również sposoby wyjaławiania powietrza, dostarczanego do „pokojów biologicznych”. Do tego celu stosuje się zwykle filtry z tkanin, celulozy itp. Stwierdzono, że najlepsze rezultaty daje system wprowadzania powietrza od strony sufitu i odprowadzanie go poprzez podłogę, gdyż taki pionowy prąd powietrza wyklucza możliwość powstawania niepożądanych zawirowań.

W „pokojach biologicznych” zainstalowane są liczne boksy sterylne, wyposażone w gumowe rękawiczki, przy pomocy których można w ich wnętrzu dokonywać sterylnie wszelkich manipulacji. W boksach tych przeprowadzany jest właśnie montaż urządzeń z uprzednio wysterylizowanych części.

Dzięki zastosowaniu całego kompleksu środków zapobiegających infekcjom osiągnięto doskonałe wyniki, doprowadzając do tego, że w 1 stopie sześcienniej (około 28 dm³) powietrza pokoi biologicznych, bakterie nie występują w ogóle lub liczba ich nie przekracza 2—3.

Odrębny problem stanowi sposób ubierania w sterylne skafandry pracowników zatrudnionych przy pracach montażowych. Jeden z takich sposobów polega na zastosowaniu dwuczęściowego skafandra ze sztucznego tworzywa. Po nałożeniu obu części (dolnej i górnej) łączy się je przy pomocy odpowiedniego systemu. Oczywiście zewnętrzne powierzchnie obu części skafandra zabezpieczone są podczas przebierania się specjalnymi powłokami, które gwarantują sterylność ubioru.

Do najbardziej skomplikowanych zadań należy uzyskiwanie informacji na temat liczby mikroorganizmów, znajdujących się wewnątrz wszelkiego rodzaju tworzyw i części przyrządów zbudowanych z twardych materiałów. W tym przypadku konieczne jest rozdrobnienie badanych części, tzn. przeprowadzenie w stan proszku, co osiąga się w drodze ich rozcierania w moździerzach, borowania przy udziale różnych wiertarek, piłowania, mielenia w sterylnych młynkach itp. Obliczając na tej podstawie ilość mikroorganizmów zawartą we wnętrzu badanych materiałów w drodze normalnych analiz mikrobiologicznych, należy uwzględnić poprawkę, dotyczącą strat z tytułu zniszczenia pewnej liczby komórek w wyniku mechanicznego rozkruszania tworzyw.

SPOSOBY STERYLIZACJI STATKÓW KOSMICZNYCH

Wysokie temperatury. Za najpewniejszy i równocześnie najprostszy sposób sterylizacji statków kosmicznych należy uznać działanie gorącego suchego powietrza. Jednakże zastosowanie wysokiej temperatury ograniczone jest w znacznym stopniu na skutek tego, że szereg elektronicznych i innych urządzeń nie wytrzymuje silnego nagrzewania. W związku z tym w ciągu ostatnich 5 lat w USA wprowadzono zamianę psujących się w wyniku ogrzewania części i surowców na termoodporne. W rezultacie tego liczba przyrządów nie znoszących wysokiej temperatury znacznie się zmniejszyła. W szczególności zamiast termolabilnych organicznych tworzyw sztucznych zaczęto stosować odporne na wysokie temperatury fluoroplasty, polimery na bazie krzemowej itp.

W zakresie sterylizacji termicznej, na podstawie dotychczasowych doświadczeń, ustalono co następuje:

1. Wysoka temperatura może być obniżona do określonych granic przy równoczesnym przedłużeniu czasu sterylizacji. Najlepsze wyniki uzyskano stosując temperaturę 135°C w ciągu 3—4 godzin.

2. Podczas sterylizacji termicznej czas jej trwania musi być tak dobrany aby cały statek kosmiczny został nagrzwany do koniecznej temperatury. W zależności od rozmiarów statku czas ten wynosi od 7 do 12 godzin. Dodatkowo po zakończeniu sterylizacji potrzeba kilku godzin dla ostygnięcia.

3. Przy badaniu odporności mikroorganizmów na działanie wysokiej temperatury używa się pakietów, zawierających spory tych gatunków bakterii, które tradycyjnie stosuje się w badaniach nad skutkami sterylizacji. Wydaje się, że w zakresie sterylizacji statków kosmicznych celowe byłoby podjęcie badań nad składem gatunkowym bakterii przetrwalnikujących, które występują na powierzchni lub wewnątrz wyposażenia raket, z uwagi na możliwość występowania form o wyższej termoodporności niż u gatunków testowych, stosowanych tradycyjnie.

4. Na wyniki sterylizacji w poważnym stopniu wpływa stopień zawartości wody w komórkach mikroorganizmów. Najbardziej odporne są stare, wysuszone spory bakterii.

5. Badania w zakresie sterylizacji termicznej, prowadzone od dawna w dziedzinie medycyny i przemysłu konserwowego, pozwalają obecnie na matematyczne wyrażenie wszystkich podstawowych prawidłowości, na których opiera się zasady sterylizacji.

Duże zainteresowanie budzi stosunek bakterii do paliwa raketowego. Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że większość stosowanych tu środków napędowych działa zdecydowanie bakteriobójczo. Wszystkie spory *Bacillus subtilis* i konidia *Aspergillus niger*, wprowadzone doświadczalnie do paliw płynnych, ulegały zniszczeniu. Taka samosterylizacja nie następowała jednak w odniesieniu do paliw stałych. Podczas spalania materiałów pędnych, zarówno stałych, jak płynnych, następowało — jak można było tego oczekiwać — całkowite zniszczenie spor *B. subtilis*, które zostały tam wcześniej wprowadzone.

Sterylizacja gazowa. Szerokie zastosowanie w wyjaławianiu raket kosmicznych znajduje obecnie wśród czynników gazowych tlenek etylenu. Charakteryzuje się on dobrym działaniem bakteriobójczym i jest w stanie przeniknąć np. przez skorupę jaja kurzego. Mimo to jednak do grubych folii z polimerów, izolacji, lakierów i innych wykładzin, tlenek etylenu nie może przeniknąć na znaczniejszą głębokość. Jest to jego poważna wada podobnie jak łatwa zapalność w obecności tlenu. Aby zapobiec temu, do tlenku etylenu dodaje się dwutlenek węgla, freon, bromek metylu lub inne gazy, które czynią taką mieszaninę nie podatną na wybuchy. Przeprowadzone badania wykazały, że stopień aktywności tlenku etylenu zależy jest od określonej wilgotności powietrza lub innego gazu, z którym jest on zmieszany. Poza tym intensywność działania tlenku etylenu podlega prawu Van't Hoffa, tzn. z podwyższeniem temperatury otoczenia gaz działa silniej.

W doniesieniach uczonych amerykańskich potwierdzone zostały ustalone wcześniej przez badaczy radzieckich zjawiska synergii przy równoczesnym działaniu tlenku etylenu i bromku metylu — gazu, który również posiada działanie bakteriobójcze. W tym przypadku tzn. przy użyciu takiej mieszaniny, efekt bakteriobójczego działania jest wyższy niżby to wynikało z prostego zsumowania działań każdego z tych gazów oddzielnie. Synergetyczne działanie wywiera również mieszanina tlenku etylenu z kwasem mrówkowym.

Podobnie jak przy działaniu wysokich temperatur również podczas sterylizacji gazowej stare, wysuszone spory okazały się bardziej odporne na działanie tlenkiem etylenu. Stwierdzono też, że wysuszone komórki *Staphylococcus epidermis* bardzo trudno jest zabić zarówno działaniem czystego tlenku etylenu, jak i w mieszaninie z bromkiem metylu.

Tlenek etylenu może być stosowany w różnych stężeniach, czasem w 1000/0 (przy braku tlenu), w innych przypadkach w ilościach od 10 do 200/0, łącznie

z freonem, CO₂ lub innymi gazami. Dla spor *Bacillus subtilis* var. *niger* czas całkowitego ich zabicia waha się w granicach od 0,8 do 2,1 godziny przy 120 mg tlenku etylenu w 1 litrze w temperaturze 25°C i względnej wilgotności od 33 do 98%. Gleba, ropa naftowa i woda mogą być skutecznie sterylizowane przy pomocy tlenku etylenu tylko wówczas jeśli znajdują się w cienkiej warstwie.

Oprócz tlenku etylenu także niektóre inne substancje chemiczne mogą być wykorzystane z gorszymi lub lepszymi wynikami do celów sterylizacji. Stwierdzono np., że całkowite zniszczenie spor bakteryjnych, rozproszonych w powietrzu, może być osiągnięte przez rozpylenie kwasu paraoctowego (roztwór 2%), który okazał się nawet skuteczniejszy od tlenku etylenu i gorącej pary podczas sterylizacji powietrza w izolatkach, przeznaczonych do przeprowadzania operacji w celu uzyskiwania sterylnych szczurów, myszy i innych zwierząt.

Dla zmniejszenia liczby mikroorganizmów na powierzchniach przedmiotów można stosować nadtlenek wodoru równocześnie z różnymi detergentami. Nie daje to wprawdzie pełnej jałowości, ale pozwala na silne zmniejszenie liczby drobnoustrojów.

Obniżenie liczby drobnoustrojów tkwiących wewnątrz różnych tworzyw (guma, lakiery, izolacje, mastyks itp.) można uzyskać, stosując przy ich wytwarzaniu dodatek różnych substancji bakteriobójczych, przy czym często dobierane są one w ten sposób, aby wchodziły w chemiczne połączenia z tymi tworzywami. Dzięki temu wykluczona zostaje możliwość późniejszego silnego ich zainfekowania przez drobnoustroje. Tego rodzaju tkaniny, gumy i tworzywa sztuczne przez długi okres czasu zachowują później swoje bakteriobójcze właściwości. Mimo to nie osiąga się tym sposobem całkowitego zniszczenia, znajdujących się wewnątrz mikroorganizmów i dlatego metodę tę można zaliczyć do pomocniczych tzn. takich, które pozwalają jedynie zmniejszyć stan zakażeń.

Sterylizacja przy użyciu energii promienistej. W ostatnich latach metody sterylizacji radiacyjnej zostały znacznie udoskonalone. Mogą one być zastosowane do niszczenia drobnoustrojów, znajdujących się w urządzeniach lub tworzywach nie wytrzymujących nagrzewania do wysokich temperatur. Do celów sterylizacyjnych najczęściej używa się bomby kobaltowej (Co-60) lub szybkich elektronów. Przenikanie promieniowania jonizującego na znaczną głębokość pozwala niszczyć drobnoustroje, znajdujące się także w głębi różnego rodzaju tworzyw i przyrządów. Na tym polega ogromna zaleta działania promieniowania jonizującego. Jednak ten system sterylizacji nie pozbawiony jest pewnych niedogodności. Do najistotniejszych można tu zaliczyć następujące:

1. Niektóre tworzywa i urządzenia ulegają zniszczeniu pod wpływem działania promieni jonizujących.
2. Sterylizacja radiacyjna jest dość kosztowna i nie pozbawiona pewnych niebezpieczeństw, jeśli idzie o ochronę zdrowia i życia personelu.
3. Nie wyjaśniono, jak dotąd, czy istnieją drobnoustroje zakażające statek kosmiczny, jego wyposażenie i tworzywa, o wysokiej odporności na działanie podwyższonych dawek promieniowania. Teoretycznie możliwość taka jest mało prawdopodobna, ale nie zwalnia to oczywiście od konieczności udowodnienia tego¹.

¹ O celowości przeprowadzania takich badań świadczy wymownie doniesienie węgierskich badaczy (Biologiae Körlemanyek, 14, 1967, nr 2, s. 113—120), którzy stwierdzili, że w silnie napromieniowanej wodzie reaktora atomowego, tzn. po pierwszej i drugiej cyrkulacji, a także w zasobnikach na silnie skażone promieniami odpady elementów wydzielających ciepło, mogą się rozwijać niektóre mikroorganizmy. Obok glonów stwierdzono w nich obecność takich gatunków bakterii jak *Synechocystis minuscula*, *Romeria gracilis* i *Ankistrodesmus falcatus*.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń nad skutkami sterylizacji radiacyjnej wynika w sposób bezsporny, że dla określonych rodzajów tworzyw, zastosowanie promieniowania jonizującego daje dobre rezultaty. Metoda ta jednak z różnych względów nie może być stosowana jako jedyna, chociażby np. dlatego, że wirusy są znacznie bardziej odporne na sterylizację radiacyjną niż bakterie. Poza tym skuteczność działania czynników radiacyjnych zależy również od określonych warunków. Na przykład przy braku tlenu i przy obniżonej wilgotności jałowych obiektów, efektywność sterylizacji radiacyjnej ulega zmniejszeniu.

Ze względu na niedoskonałość poszczególnych metod wyjaławiania, duży nacisk w procesie sterylizacji statków kosmicznych kładzie się na stosowanie metod kombinowanych, przy czym dla każdego użytego tu czynnika określa się oddzielnie tzw. dawkę „dekontaminacyjną” (odkażania) i sterylizacyjną. Dla każdej z metod sterylizacji ustala się szczegółowo czas konieczny dla zmniejszenia liczby drobnoustrojów do 10%, wpływ czynnika temperaturowego, wilgotności, oddziaływania na jakość tworzyw i urządzeń itp.

Naczelną zasadą doboru metod sterylizacji jest ich nieszkodliwość dla wyjaławianych obiektów. Sterylizacja nie może powodować choćby nawet nieznacznych tylko uszkodzeń i po jej zakończeniu każdy wyjałowiony obiekt poddawany jest próbom kontrolnym. Według przyjętych w tym względzie norm urządzenia po sterylizacji powinny funkcjonować bez zarzutu w ciągu 10 tysięcy godzin. Po stwierdzeniu najmniejszego obniżenia sprawności funkcjonowania przyrządu, zastosowaną metodę jałowienia uznaje się za nieodpowiednią. Zalecenie właściwej metody może być powzięte tylko po skonstatowaniu, że właściwości eksploatacyjne sterylizowanego tworzywa lub urządzenia nie zostały naruszone w sposób istotny.

Kosmiczna kwarantanna. Koncepcja kwarantanny planet nabrała większego znaczenia w związku z możliwością lądowania człowieka na innych planetach, przede wszystkim na Księżycu. Wprawdzie prawdopodobieństwo przeniesienia wirusów lub innych mikroorganizmów patogennych dla człowieka i zwierząt nie jest w tym przypadku wielkie, ale mimo to nie można go wykluczyć zupełnie. W związku z tym do zagadnień, związanych ze sterylizacją statków kosmicznych, dochodzi nowy problem, dotyczący sterylizacji skafandrów kosmonautów powracających na Ziemię a także organizacji warunków, w których powinno być przeprowadzone badanie próbek pobranych z planety. Wszystkie te problemy mają zarówno charakter epidemiologiczny, jak i techniczny, gdyż rozwiązanie ich wymaga stworzenia specjalnych warunków, wyposażenia, pomieszczeń itp. W USA istnieje specjalne laboratorium w zakresie badania wszystkich możliwych zagadnień, które mogą się wyłonić w związku z powrotem kosmonautów z podróży kosmicznych, połączonych z lądowaniem na planetach, i dostarczeniem różnych próbek, które mają być przedmiotem szczegółowych analiz. Problem ten z naukowego punktu widzenia zasługuje na najbardziej szczerą uwagę. Wystarczy wspomnieć, że przeniesienie z Ameryki Południowej (Brazylia) do Afryki komara *Anopheles gambiae*, spowodowało w swoim czasie pojawienie się nie znanej przedtem dla tego kontynentu formy malarii, od której zginęło 100 tysięcy ludzi.

Zdzisław Ilczuk

O PROJEKCIE PROGRAMU BIOFIZYKI W RADZIECKICH AKADEMIACH MEDYCZNYCH

We współczesnej biologii oraz w przemysłach, związanych z wykorzystaniem produktów pochodzenia biologicznego, coraz częściej spotykamy się z zagadnieniami, które trudno zaliczyć do fizjologii czy biochemii, ponieważ ich problematyka oscyluje w kierunku fizyki i matematyki.

Im głębiej sięgamy do podstaw biologii — do biologii molekularnej a nawet submolekularnej — tym częściej spotykamy się z zagadnieniami fizycznymi. Nic dziwnego więc, że na wielu uczelniach w kraju (akademie medyczne, wyższe szkoły rolnicze) oraz za granicą powstają zamiast katedr fizyki — katedry biofizyki, a że nie jest to tylko zmiana szyldu świadczą programy, ciągle zresztą uzupełniane i doskonalone. Dla przykładu omówię projekt nowego programu biofizyki dla radzieckich akademii medycznych.

Projekt programu zawiera podstawowe działy biofizyki ogólnej (bioenergetyka, biofizyka molekularna, biofizyka komórki i biocybernetyka) oraz szereg zagadnień biofizycznych, takich jak biofizyka wzroku i słuchu, biofizyka skurczu mięśni, biofizyka krwioobiegu i oddychania komórkowego. Biofizyka zajmuje się przede wszystkim aspektami energetycznymi i strukturalnymi zjawisk biologicznych na różnych poziomach organizacji materii żywej, poczynając od powłok elektronowych cząsteczek biologicznych, a kończąc na całych organizmach. Tak więc w biofizyce kwantowej zwrócono szczególną uwagę na pojęcie orbitali elektronowych i przejść elektronowych w cząsteczkach biologicznych, w biofizyce molekularnej — na organizację przestrzenną (konformacje) biopolimerów i naturę sił stabilizujących tę konformację, w biofizyce komórki — na strukturę układów subkomórkowych i mechanizmy cząsteczkowe generacji biopotencjałów.

Biocybernetyka zajmuje się w tym programie podstawami teorii sterowania i regulacji. Na zakończenie kursu biofizyki przewidziane jest omówienie funkcjonowania niektórych narządów, np. oka, ucha, itp. Zwrócono również uwagę na zapoznanie studentów z metodami badań biofizycznych. Przytoczymy niżej bardziej szczegółowe rozwinięcie poszczególnych działów omawianego projektu.

BIOENERGETYKA

Termodynamika układów biologicznych

Zalety i wady metody termodynamicznej w badaniach układów biologicznych.

I prawo termodynamiki w biologii. Energia cieplna organizmu. Doświadczenia Lavousiera, Laplasa, Atwatera. Pojęcia ciepła pierwotnego i wtórnego w organizmie. Zasady obliczeń efektu cieplnego. Zastosowanie prawa Hessa do obliczeń efektu cieplnego procesów biologicznych.

II prawo termodynamiki w biologii. Energia swobodna. Zmiana energii swobodnej w kierunku przebiegu procesów. Źródła energii swobodnej w organizmie żywym. Współczynnik sprawności procesów biologicznych. Zmiany energii swobodnej przy skurczu mięśnia i przewodzeniu impulsu nerwowego.

Entropia układów żywych. Statystyczna interpretacja entropii. Stan stacjonarny układów żywych. Różnice między stanem stacjonarnym i równowagą termodynamiczną. Bilans zmian entropii w układzie otwartym. Równanie Prigogine'a. Kinetyka procesów biologicznych. Klasyfikacja typów reakcji w organizmie żywym. Pojęcie szybkości i stałej szybkości reakcji biochemicznej.

Wpływ temperatury na szybkość procesów biologicznych. Współczynnik temperatury, jego definicja, sens fizykochemiczny i biologiczny. Pojęcie energii aktywacji. Teoria kompleksu aktywnego. Zastosowanie teorii kompleksu aktywnego w badaniach kinetyki procesów denaturacji białek.

Fizyka katalizy enzymatycznej. Model Koshlanda. Udział czynników stężeniowego, sterycznego i energetycznego w biokatalizie. Reakcje autokatalityczne i łańcuchowe w organizmach w normie i w patologii. Mechanizmy biofizyczne regulacji szybkości procesów biologicznych. Czynniki ograniczające szybkość reakcji w organizmie żywym.

Stany wzbudzone cząsteczek i procesy fotobiologiczne

Światło i jego rola w procesach czynności życiowych. Klasyfikacja procesów przebiegających w organizmie i w komórkach pod wpływem promieniowania nadfioletowego i widzialnego. Obszar spektralny promieniowania i charakter reakcji organizmu. Pożyteczny i szkodliwy czas naświetlań.

Poziomy elektronowe w cząsteczce. Przejścia elektronowe podczas absorpcji kwantu, fluorescencji, migracji energii w reakcjach redukcyjno-utleniających. Związek między rozmieszczeniem poziomów elektronowych i położeniem maksimum w widmie cząsteczki.

Podstawowe etapy procesu fotobiologicznego: absorpcja światła, procesy fizyczne w cząsteczkach, reakcja fotochemiczna, tworzenie się związków aktywnych fizjologicznie, ogólna fizjologiczna reakcja organizmu.

Absorpcja światła. Ocena ilościowa absorpcji promieniowania (przepuszczalność i pochłanianie). Zależność gęstości optycznej preparatów biologicznych od stężenia, współczynnik absorpcji (współczynnik ekstynkcji molowej). Zależność absorpcji od długości fali promieniowania, widma absorpcyjne cząsteczek biologicznych. Grupy chromoforowe. Cechy szczególne pomiarów absorpcji preparatów biologicznych, metody pomiarów *in vivo* widm absorpcyjnych komórek i tkanek. Zastosowanie spektrofotometrii absorpcyjnej w medycynie (analiza kliniczna, oksyhemometria). Spektrofotometria cytologiczna. Rozpraszanie światła przez cząsteczki i komórki, pomiary rozproszenia światła w celu wyznaczenia stężenia komórek w zawiesinach, ocena trwałości erytrocytów i badania nad denaturacją białek. Pojęcie widma i wydajności kwantowej luminescencji. Ilościowy związek między natężeniem luminescencji, absorpcją i stężeniem substancji luminizującej. Położenie widma luminescencji względem widma absorpcji, niezależność widma luminescencji i jej wydajności kwantowej od długości fali światła wzbudzającego. Spektrofluorometrija i fluorometrija. Analiza ilościowa i jakościowa na podstawie widm luminescencji: wysoka czułość metody. Zastosowanie spektrofotometrii i spektrofluorometrii do badań stanu substancji w komórkach. Zastosowanie fluorometrii w analizie klinicznej. Przykłady badań związków biologicznych za pomocą metod luminescencyjnych (białka, witaminy, serotoninina, histamina, katecholamina itd.). Mikroskopia luminescencyjna. Zastosowanie metod luminescencyjnych w badaniach przepuszczalności komórek.

Migracja energii w układach biologicznych (kwasach nukleinowych, chromoproteidach, białkach). Rezonansowy i półprzewodnikowy mechanizm migracji energii. Reakcje fotochemiczne w organizmie.

Badania elementarnych fotoprocessów za pomocą luminescencji i spektrofotometrii w niskich temperaturach, elektronowego rezonansu paramagnetycznego i fotolizy, błyskowej. Elementarna fotoredukcja i fotoutlenianie i następujące po nich reakcje ciemne. Wydajność kwantowa reakcji fotochemicznych. Zależność szybkości reakcji od natężenia i długości fali działającego światła. Widmo działania procesu fotobiologicznego.

Przykłady procesów fotobiologicznych: działanie nadfioletu na białka, kwasy nukleinowe, jego bakteriobójcze i bakteriostatyczne działanie, efekt mutagenny i działanie rakotwórcze.

Procesy przebiegające przy udziale wolnych rodników
w organizmach w normie i w patologii

Sukcesy metody obliczeń orbitali molekularnych związków biologicznych: poziomy energetyczne cząsteczek i ich właściwości utleniająco-redukcyjne. Rozkład ładunków w cząsteczce i reaktywność poszczególnych grup. Struktura cząsteczki

i kancerogeneza. Znaczenie struktury cząsteczki dla jej działania farmakologicznego. Wolne rodniki i ich powstawanie w wyniku reakcji utleniająco-redukcyjnych spowodowanych działaniem promieniowania nadfioletowego i jonizującego. Reaktywność wolnych rodników i znaczenie tego faktu dla zrozumienia ich roli w rozwoju procesów patologicznych. Metoda elektronowego rezonansu paramagnetycznego. Zasada metody. Zależność rezonansowej częstości absorpcji od natężenia pola magnetycznego.

Schemat przyrządu do pomiaru elektronowego rezonansu paramagnetycznego. EPR wolnego elektronu i stanu tripletowego cząsteczek. Struktura subtelna widma EPR i jego zastosowanie do identyfikacji wolnych rodników. Przykłady sygnałów EPR otrzymywane dla wolnych rodników związków biologicznych. Cechy szczególne pomiaru sygnałów EPR w przypadku preparatów biologicznych, pomiary EPR w niskich temperaturach i w przypadku próbek zliofilizowanych. Pomiary kinetyki procesów za pomocą EPR. Zastosowanie metody EPR w badaniach procesów fotobiologicznych.

Metody chemiczne badań wolnych rodników. Zastosowanie „pułapek” dla elektronów i metoda inicjowania poliwaracji. Porównanie metody chemicznej i metody EPR.

Chemiluminescencja powstająca podczas rekombinacji wolnych rodników, rola tlenu w tym procesie. Bardzo słabe świecenie towarzyszące reakcjom biochemicznym. Promieniowanie mitogenetyczne, aparatura dla pomiarów bardzo słabych świeceń. Porównanie metody bardzo słabych świeceń z metodą EPR. Rola wolnych rodników w reakcjach utleniania łańcuchowego lipidów. Działanie fizjologiczne produktów niepełnego utleniania nienasyconych kwasów tłuszczowych. Procesy patologiczne towarzyszące powstawaniu wolnych rodników w postaci nadtlenków lipidów w błonach komórkowych i mitochondriach. Rola wolnych rodników lipidów w postaci nadtlenków w rozwoju choroby popromiennej. Dyskusja na temat roli procesów przebiegających przy udziale wolnych rodników w kancerogenezie, przy starzeniu się organizmu i podczas innych zakłóceń przemiany lipidów.

BIOFIZYKA MOLEKULARNA

Białka i kwasy nukleinowe jako biopolimery. Metody biofizyczne wymiarów i kształtu makrocząsteczek (ultrawirowanie, wiskozymetria, rozproszenie światła itd.).

Zagadnienie kodowania informacji w polimerach liniowych: białkach i kwasach nukleinowych.

Klasyfikacja typów struktury makrocząsteczkowej białek. Struktura drugorzędowa białek wg Paulinga i Corey'a. Oznaczenie liczby wiązań wodorowych w białkach (wymiana izotopowa, efekt hipochromowy w obszarze absorpcji wiązania peptydowego). Spektroskopia w podczerwieni białek. Badania spiralizacji polipeptydów za pomocą pomiarów aktywności optycznej i dyspersji skręcalności optycznej. Wiązanie i siły stabilizujące strukturę trzeciorzędową białek (siły hydrofobowe). Kodowanie struktury drugorzędowej i trzeciorzędowej białek w liniowej sekwencji aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym. Struktura czwartorzędowa białek. Zmiana struktury białka przy oddziaływaniu z substratem. Regulacja allosteryczna aktywności enzymów. Wahania własne układów biologicznych. Zegar biologiczny.

Makrocząsteczkowa struktura DNA. Model Watsona i Cricka. Właściwości optyczne DNA: efekt hipochromowy, dichroizm w absorpcji, aktywność optyczna. Dyspersja aktywności optycznej DNA jako jedna z metod badań jego struktury drugorzędowej. Zależność lepkości roztworów DNA od ciężaru cząsteczkowego i kształtu cząsteczek. Elastyczność spirali DNA. Kooperatywność przejść spirala-

kłówek w makrocząsteczkach. Metody fizyczne badań cząsteczek kwasów nukleinowych — hybrydów. Działanie promieniowania jonizującego i nadfioletowego na DNA. Mechanizmy fizykochemiczne reakcji. Kodowanie informacji genetycznej. Podstawowe pojęcia. Metody badań kodu genetycznego. Zasady ogólne kodowania. Skład i sekwencja nukleotydów w kodonach.

BIOFIZYKA KOMÓRKI

Ultrastruktura i funkcje błon biologicznych komórki, metody ich badań. Budowa błony komórkowej wg Davsona-Danielli. Błona jednostkowa Robertsona. Współczesne pojęcia o budowie błon komórkowych: natura sił oddziaływania między lipidami i białkami w strukturze błon. Błony syntetyczne zbudowane z fosfolipidów i wymienników jonowych. Cytoplazma komórki jako skomplikowana struktura wysokocząsteczkowa.

Stan wody w komórce. Woda w stanie wolnym i woda ustrukturytowana. Metody badań wody w komórce: jądrowy rezonans magnetyczny, „spin-echo”.

Przepuszczalność komórek i tkanek. Metody badania przepuszczalności: izotopowa, osmotyczna, chemiczna, wskaźnikowa.

Transport bierny substancji w żywej komórce. Przepuszczalność przez rozpuszczanie w lipidach błony komórkowej. Przenikanie substancji na drodze dyfuzji zwykłej, wymiennej i ułatwionej. Równanie dyfuzji Ficka. Równanie Ussinga-Theorella opisujące przepływ substancji. Ruch wody zgodnie z gradientem osmotycznym. Zjawisko pinocytozy. Transport aktywny substancji w komórce. Energetyka transportu aktywnego. Modele transportu aktywnego substancji przy udziale ruchomych lub nieruchomych cząsteczek-nośników. Model chemiczny transportu aktywnego Hokin i Hokin. Rola potasu, sodu, magnezu, aktywowanej ATP-azy w transporcie jonów. Ruch wody przeciwko ciśnieniu osmotycznemu gradientu.

Mechanizm biofizyczny działania narkotyków, insuliny, czwartorzędowych związków amonowych i innych środków farmakologicznych na transport substancji w żywej komórce.

Transport substancji w układach wielobłonowych. Doświadczenia Ussinga ze skórą żaby. Mechanizm biofizyczny transportu cukrów i jonów potasu, sodu, chloru na przenoszenie substancji przez ściany żołądka i jelit. Transport jonów i metabolitów w mitochondriach. Transport jonów i aminokwasów w komórce i regulacja procesów biosyntezy.

Potencjały bioelektryczne. Potencjały dyfuzyjne, błonowe i fazowe. Metody pomiarów biopotencjałów. Potencjał spoczynkowy i potencjał czynnościowy (gradient stężeń jonów sodu, potasu, chloru jako przyczyna ich powstania). Równanie Nernsta umożliwiające obliczenie bezwzględnych wartości potencjałów spoczynkowych i czynnościowych. Związek potencjału spoczynkowego z transportem substancji i energią metabolizmu. Potencjały komórek wątroby, nerek, mięśnia sercowego, w normie i w patologii. Potencjały układów wielokomórkowych: potencjały ścianek żołądka, jelit, potencjał ścianek kanalików nerkowych.

Mechanizmy generacji potencjału czynnościowego. Przepływ jonów sodu i potasu podczas generacji potencjałów działania. Teoria jonowa generacji biopotencjałów Hodgkina. Rozprzestrzenianie się potencjału czynnościowego w nerwach i mięśniach. Właściwości kablów nerwów. Przewodnictwo skokowe potencjału czynnościowego we włóknach nerwowych. Mechanizm biofizyczny działania związków neurotropowych (tetrakainy, D bokuraryny, benadryny, bentyny itd.).

Potencjały synaptyczne i septalne (przegródkowe). Synapsy z elektrycznym i chemicznym przekazywaniem. Mechanizm biofizyczny generacji potencjałów postsynaptycznych. Potencjały postsynaptyczne pobudzające i hamujące. Prace Ecclesa.

Przewodnictwo elektryczne układów żywych. Metody pomiarów. Przewodnictwo elektryczne żywych komórek względem prądu stałego i zmiennego. Zjawisko polaryzacji. Dyspersja przewodnictwa elektrycznego. Obszar dyspersji mięśnia wg Schwanna. Impedans żywych komórek i tkanek. Bezwzględne wartości pasywnych parametrów elektrycznych komórek: pojemność i opór elektryczny. Określenie współczynnika polaryzacji. Zastosowanie współczynnika polaryzacji do oceny żywotności tkanek konserwowanych i przeszczepianych. Zjawiska elektrokinetyczne. Potencjał elektrokinetyczny. Mechanizm jego powstawania. Elektroforeza, elektroosmoza, potencjały przepływu i sedimentacji w układach żywych. Zjawiska elektroosmotyczne w nerkach. Jonoforeza w diagnostyce klinicznej i terapii.

Zjawiska na powierzchni komórek. Zjawiska adhezji i kohezji w żywych komórkach. Siły fizyczne oddziaływania powierzchni komórkowych. Cechy szczególnie powierzchni komórek rakowych. Zmiany potencjału elektrokinetycznego.

BIOCYBERNETYKA

Teoria informacji w biologii i medycynie. Definicja informacji. Jednostka informacji. Informacja zbyteczna i szumy. Informacja i odbiór sensoryczny. Wzrok i słuch jako źródła informacji w organizmie człowieka. Teoria informacji i struktura białek.

Regulacja procesów w układach biologicznych. Komórka żywa jako układ samoregulujący się. Elementy układu regulacji. Regulacja w układzie szeregowych i równoległych reakcji biochemicznych. Zasada Hinshelwooda. Regulacja w złożonych układach biochemicznych. Homeostaza. Przejęcie od regulacji homeostatycznej do rytmicznej (reguła Wolterra).

Podstawowe zasady cybernetyki. Zasady programowania. Algorytmy. Zastosowanie maszyn cybernetycznych w medycynie. Maszyny diagnostyczne. Współczesne osiągnięcia neurocybernetyki. Bionika.

BIOFIZYKA NIEKTÓRYCH NARZĄDÓW

Biofizyka wzroku. Oko jako układ optyczny. Próg widzialności i ostrości widzenia. Progi kwantowe. Zależność spektralna progu czułości świetlnej. Widzenie barwne. Barwniki oka. Rodopsyna. Widmo absorpcji rodopsyny. Cykl rodopsyny w procesie widzenia. Teoria widzenia barwnego. Model Talbota. Podstawy fizykochemiczne fotorecepcji. Rola siatkówki w transformacji kwantów światła w bodźce nerwowe.

Biofizyka słuchu. Prace Helmholtza. Metody badań słuchu. Audiometr Bekes'y. Anatomia akustyczna ucha. Modele akustyczny i hydrodynamiczny ucha. Mechanizm biofizyczny recepcji drgań akustycznych. Pojęcie progu słyszalności. Głośność. Zastosowanie prawa Webera — Fechnera do wyznaczenia natężenia bodźców słuchowych. Adekwatomia i neurodynamika słuchu.

Biofizyka krwionobiegu. Anatomia części składowych układu krwionośnego. Właściwości fizyczne krwi. Skład i gęstość krwi. Lepkość krwi. Krew jako ciecz newtonowska. Elastyczność naczyń krwionośnych. Teorie matematyczne stacjonarnego przepływu krwi. Ciśnienie krwi i szybkość jej przepływu. Rzeczywista zależność szybkości przepływu krwi od ciśnienia w układzie krwionośnym. Fale pulsowe.

Serce jako pompa. Energetyka serca. Kolejność rytmów serca. Zjawiska elektryczne. Podstawy elektrokardiografii. Ballistokardiografia wektorowa. Teoria powstawania normalnego kardiogramu i jego zmiany w przypadkach patologicznych.

Biofizyka skurczu mięśnia. Ultrastruktura włókna mięśniowego

na podstawie analizy elektronoskopowej i rentgenograficznej. Podstawy strukturalne skurczu mięśnia: model skurczu mięśnia Huxley'a. Energetyka skurczu mięśnia. Znaczenie procesów kooperatywnych skurczu mięśnia.

Biofizyka oddychania komórkowego. Lokalizacja czynników biorących udział w przenoszeniu elektronów w łańcuchu oddechowym mitochondrii. Spektrofotometria i spektrofluorometria jako metody badań procesów w mitochondriach. Transport jonów i wody w mitochondriach i związek tych procesów z transportem elektronu i fosforylacją. Model Mitchella.

Przemiana energii w cząstkach elementarnych mitochondrii. Rola wolnych rodników. Funkcje regulacyjne mitochondriów w komórce i naruszenie tych funkcji w różnych procesach patologicznych.

Przedstawiony wyżej projekt programu biofizyki nie dotyczy wyłącznie stosowania metod fizycznych w badaniach biologicznych, ale pozwala na zapoznanie studenta z niektórymi mechanizmami molekularnymi i submolekularnymi w biologii a także, co jest nie mniej ważne, z językiem takich nauk ścisłych jak matematyka, cybernetyka, bionika i fizyka.

Należy żałować, że na Wydziałach Biologii naszych Uniwersytetów nie ma dotychczas tego rodzaju wykładów.

Stanisław Grabiec

OBIEKTYWNOŚĆ I REALNOŚĆ WYŻSZYCH KATEGORII TAKSONOMICZNYCH*

Autor stwierdza, że zagadnienia z zakresu teorii systematyki mają obecnie nie tylko teoretyczne, ale i praktyczne znaczenie i w związku z tym zwracają na siebie uwagę biologów różnych specjalności.

Centralne miejsce w tej grupie zagadnień zajmuje problem gatunku — podstawy całego systemu i w istocie jedynej w pełni realnej kategorii taksonomicznej. Nie mniej ważne znaczenie mają także i inne zagadnienia systematyki: z jednej strony zagadnienia dotyczące kategorii niższych (wewnątrzgatunkowych), z drugiej kategorii stojących powyżej gatunku.

Autor stwierdza, że dotychczas zarówno w botanice, jak i zoologii nie ma jedności poglądów na wyższe kategorie taksonomiczne. Wydaje się to uzasadnione tym, że znalezienie obiektywnych kryteriów wyższych kategorii jest jeszcze trudniejsze niż kryteriów gatunku. O ile nie dysponujemy jeszcze w pełni wyczerpującym określeniem gatunku, to jednak istnieje zgodność wśród systematyków na to co należy uznać za gatunek w danej grupie zwierząt. Oczywiście w niektórych grupach będą takie formy, które przez jednych autorów są rozpatrywane jako samodzielne gatunki, przez drugich jako podgatunki, ale w większości wypadków granice gatunku są stosunkowo jasne.

Inaczej ma się sprawa z wyższymi kategoriami taksonomicznymi. Kategorie te opierają się na obiektywnie istniejącym zjawisku niejednakowego stopnia pokrewieństwa i różnic między gatunkami oraz na tym, że gatunki tworzą większe i mniejsze grupy, dla których można ustalić wspólne podstawowe cechy. Problem polega na tym, które z tych grup należy uznać za rodzaj lub rodzinę i w jaki sposób powinny one być odgraniczone od sąsiednich grup tej samej rangi. Dotychczas podchodzono do tego zagadnienia w znacznym stopniu subiektywnie, w zależności od stopnia poznania danej grupy, od opracowania systemu, od kryteriów rodzaju a także poglądów teoretycznych danego systematyka. Mimo więc, że obiektywnie istniejące grupy gatunków dają podstawę dla wydzielenia i uzasadnienia realności

* O. Ł. Kryżanowski, *Obiektywność wyższych taksonomicznych kategorii*, Zoologiczeskij Żurnał, 47, 6, 828—832, 1968.

wyższych kategorii taksonomicznych, terminologia i określenie taksonomicznej rangi określonej grupy jest tworem sztucznym i dlatego w dużym stopniu subiektywnym. Z dotychczasowej praktyki widać, że przypisuje się różne wartości wyższym kategoriom taksonomicznym w różnych grupach zwierząt, np. realne morfologiczne i biologiczne różnice między rodzajami i rodzinami ptaków są mniej dostrzegane niż między rodzajami i rodzinami owadów. Stąd też w gromadach tych stosowane są różne kryteria rodzaju i rodziny. Same kryteria ulegają również zmianom w czasie. Na przykład linneuszowskie rodzaje owadów w większości wypadków odpowiadają współczesnym rodzinom, czasem nawet wyższym grupom systematycznym. Pojawia się też niekiedy tendencja do nadmiernego rozdrabniania.

Tendencja ta wypływa stąd, że liczni systematycy uznają za dostateczne kryterium do wyodrębnienia nowych wyższych jednostek taksonomicznych, a zwłaszcza rodzajów, obecność pewnych różnic od „typu” rodzaju, lub też absolutyzują znaczenie poszczególnych cech jako „rodzajowych” czy „rodzinnych”. Znane są wypadki klasyfikowania samców i samic tego samego gatunku lub też różnych form tej samej płci, np. heteromorficznych i homomorficznych samców niektórych owadów do różnych rodzajów. Podobna sytuacja występuje i w klasyfikacjach ptaków, gdzie dla 8500 gatunków istnieje więcej niż 10 000 nazw rodzajowych.

Autor stwierdza, że w postępowaniu tym systematycy nie dostrzegają tego, że to nie cechy określają określoną realną biologiczną grupę (gatunek, rodzaj i inne), ale właśnie dana grupa charakteryzuje się określonymi cechami. Zatem należy pamiętać, że różnice, które w jednej grupie są dostateczne do wydzielenia wyższych kategorii taksonomicznych, w drugiej, nawet sąsiedniej grupie mogą układać się jedynie w zakresie zmienności wewnątrzgatunkowej.

Tendencja do rozdrobnienia wyższych jednostek taksonomicznych ma, zdaniem autora, pewne racjonalne uzasadnienie. Pozwala ona być może na głębsze poznanie danej grupy gatunków, na ustalenie powiązań między gatunkami i hierarchii wzajemnie podporządkowanych grup.

Przykładu takiego rozdrobnienia mogą dostarczyć prace francuskiego systematyka R. Jeannela (1941—1942, 1946—1949) nad biegaczowatymi (*Coleoptera*, *Carabidae*). Uznawał on za „rodzaj” pierwszy ponadgatunkowy stopień, jaki może być ustalony w naturalnej hierarchii. Nadawał on więc rodzajową rangę tym jednostkom taksonomicznym, które przez większość autorów były uważane za podrodzajowe. Całą rodzinę biegaczowatych, rzeczywiście bardzo dużą i polimorficzną, rozpatrywał on jako kompleks składający się z wielu nadrodzin i rodzin, podczas gdy inni autorzy traktowali ją jako jedną rodzinę z siedmioma podrodzinami.

Zdaniem autora obie ten koncepcje mają prawo bytu i są teoretycznie uzasadnione, o ile oddają prawidłowo stosunki między realnymi grupami wewnątrz wyższej grupy oraz ich hierarchię. Wybór konkretnego systemu klasyfikacyjnego wyższych jednostek taksonomicznych oraz kryteriów klasyfikacyjnych powinien być uwarunkowany zadaniami badawczymi. Interesy praktyki żądają jednak zastosowania jednotypowości kryteriów przynajmniej w obrębie poszczególnych podstawowych grup zwierząt, jeśli już nie możemy ustalić jednego kryterium dla całego świata zwierzęcego.

Z powyższych rozważań autora wynika, że realnie istnieją tylko określone naturalne grupy gatunków i naturalna jest hierarchia tych grup, natomiast taksonomiczną rangą przypisywana poszczególnym grupom i stopniom tej hierarchii jest subiektywna.

Obecnie w systematyce istnieje spór co do realności istnienia wyższych jednostek taksonomicznych. Stanowiska w tym sporze można by porównać ze stanowiskami średniowiecznego sporu „realistów” z „nominalistami”. „Realisci” — uważają wyższe kategorie taksonomiczne za realnie istniejące, „nominalisci” — uznają

je za abstrakcje służące do uproszczenia i ułatwienia zrozumienia realnie istniejącej wielości form oraz ich hierarchii. Zdaniem autora, ta druga koncepcja, mimo widocznego relatywizmu wydaje się bardziej prawidłowa. Autor zastrzega jednak bezwarunkową obiektywność istnienia licznych konkretnych wyższych jednostek taksonomicznych, ponieważ odpowiadają one realnym i naturalnym grupom organizmów hierarchicznie wzajemnie podporządkowanych. Do nich należy zwłaszcza rodzaj, rodzina i inne. Realności istnienia rodzaju dowodzi istnienie grupy bliskich gatunków złączonych zarówno wspólnotą morfologiczną, jak i wspólnotą pochodzenia, historią geologiczną, rozmieszczeniem geograficznym i stosunkiem do środowiska. Uznanie tej realności ma duże znaczenie zarówno dla analizy zoogeograficznej, jak też innych teoretycznych i praktycznych celów.

Moim zdaniem, nie jest słuszne przypisywanie takiej samej realności istnienia wyższym kategoriom taksonomicznym, a przede wszystkim jak autor dowodzi — realności rodzaju — jak i realności gatunku. Realności gatunku jako podstawowej formy istnienia żywej materii, jako jednostki ewolucyjnej, dowodzi cały szereg obiektywnych zjawisk, jak choćby istnienie mechanizmów zabezpieczających jego stosunkową stabilność w czasie i przestrzeni (np. mechanizm samoregulacji liczebności i biomasy). Podobne zjawiska nie występują w obrębie wyższych kategorii taksonomicznych. Dlatego też można mówić o obiektywności występowania różnych grup gatunków i ich hierarchii, ale nie o ich realności.

Irena Zubkiewicz

WSPÓŁZALEŻNOŚCI MIĘDZY ROŚLINOŻERNYMI OWADAMI A ICH ROŚLINAMI ŻYWICIELSKIMI JAKO FORMA STOSUNKÓW MIĘDZYGATUNKOWYCH *

Międzygatunkowe stosunki w przyrodzie rozpatruje się z reguły jako określone związki między gatunkami zwierząt lub między gatunkami roślin. Natomiast współzależności między zwierzętami a roślinami, w aspekcie stosunków międzygatunkowych, badane są raczej powierzchownie.

Otóż rośliny i zwierzęta wchodzą w określone międzygatunkowe zależności w biocenozach. Zwierzęta nie mogą żyć bez roślin i rośliny nie mogą żyć bez zwierząt, chociaż ten odwrotny związek wielu osobom, może nie wydaje się tak oczywisty, jak pierwszy. Jednakże te obustronne zależności są wynikiem wzajemnych przystosowań wykształconych w procesie ewolucji. Tak więc specjacja u mszyc *Adelgidae* następowała równolegle ze specjacją ich roślin żywicielskich. Podobne przypadki znamy także w odniesieniu do owadów tworzących galasy na roślinach.

Najważniejsze stosunki międzygatunkowe, istniejące między roślinami i zwierzętami, dotyczą zagadnień pokarmowych, przy czym rośliny znane są jako producenty a zwierzęta jako reducenty. Stosunki te zapewniają bowiem krążenie energii i materii w przyrodzie. Szczególnymi przypadkami tego są koadaptacje owadopylnych roślin i zapylających je owadów lub ptakopylnych roślin i zapylających je ptaków. Inne wreszcie ściśle przystosowania się roślin do zwierząt dotyczą przenoszenia nasion roślin przez zwierzęta tzw. zoochoria.

Analiza tych współzależności między zwierzętami i roślinami wskazuje na to, że traktowanie roślin tylko jako „prosty pokarm” dla owadów nie jest słuszne. Bowiem dla owadów-fitofagów roślina jest nie tylko pokarmem, ale partnerem we współżyciu. A więc układ fitofag-roślina można przyrównać do układu pasożyt-żywicieli, jaki od dawna wyróżniany jest w parazytologii.

* Radkevič V. A. — *Svjazi nasekomych-fitofagov s kormovymi rastenijami kak forma meżvidovych otnošenii*, Zool. Żurn., 46, 1048—1057, 1967.

W warunkach naturalnych, na każdej roślinie, możemy spotkać owady mniej lub bardziej ściśle związane z jej cyklem rozwojowym. Owady te możemy podzielić na dwie ekologiczne grupy: owady odwiedzające i owady zamieszkujące rośliny. Do odwiedzających zaliczamy te owady, które spotykamy na roślinach, ale które nie są ściśle związane z nimi w swoim rozwoju. Natomiast owady zamieszkujące są ściśle związane więzami pokarmowymi z roślinami żywicielskimi, przy czym owady te możemy podzielić na mieszkańców zewnętrznych i wewnętrznych.

Analizując stosunki między owadami i roślinami możemy więc stosować te same kryteria co w parazytologii. Spotykamy tutaj bowiem owady, które w swoim rozwoju zmieniają rośliny żywicielskie; znamy owady powodujące reakcje obronne u roślin (np. galasy), tak jak pasożyty u zwierząt; znamy także owady przenoszące choroby roślin.

Mimo szeregu analogii między układem pasożyt-żywiciel a układem fitofag-roślina ten ostatni układ ma szereg cech specyficznych, które należy badać. Niestety tzw. „parazytologia roślin” czyli patologia roślin uwzględnia tylko stosunki między roślinami i mikroorganizmami pozostawiając na uboczu swoich zainteresowań zjawiska zachodzące między roślinożernymi stawonogami a ich roślinami żywicielskimi.

Do grupy międzygatunkowych współzależności między owadami a ich roślinami żywicielskimi należą zjawiska odporności. Otóż wiele roślin jest jadowitych dla pewnych owadów, podczas gdy inne owady mogą na nich żerować. Często na osłabionej roślinie agresywność owada zwiększa się. Rośliny hodowane na glebach ubogich są częściej atakowane i silniej uszkodzane przez owady niż rośliny rosnące na bardzo dobrych stanowiskach.

Autor szczegółowo analizuje międzygatunkowe współzależności między owadami i roślinami na przykładzie wpływu fizjologicznego stanu roślin na żer i rozwój jedwabnika dębowego *Antherea pernyi*. Podkreśla przy tym, że wyjaśnienie różnych form zależności w układzie fitofag-roślina pozwoli wykryć szereg prawidłowości mających duże praktyczne i teoretyczne znaczenie dla rolnictwa i leśnictwa.

Jerzy J. Lipa

NOWE KONCEPCJE ODNOŚNIE NIECHEMICZNYCH ODDZIAŁYWAŃ STERUJĄCYCH W USTROJACH ŻYWYCH

Według popularnej wśród biofizyków, chociaż nie ugruntowanej jeszcze doświadczalnie hipotezy, promieniowanie elektromagnetyczne było dotychczas uważane za nośnik ewentualnych oddziaływań wzajemnych „na dystans” pomiędzy komórkami ustroju¹.

Jądro komórkowe z jego DNA miałoby działać jako generator impulsów elektromagnetycznych, RNA w plazmie stanowiłaby wzmacniacz tych impulsów, zaś enzymy byłyby wykonawcami owych sygnałów, których treść byłaby zakodowana w różnych częstotliwościach widma; z kolei błona komórkowa spełniałaby rolę selektywnego filtra częstotliwości (Presman, Bladergroen, Hübner i inni).

Do zdalnego sterowania na takiej „telemetrycznej” drodze nadawałyby się zwłaszcza takie zjawiska, jak procesy morfogenetyczne trudne do wyjaśnienia

¹ Porównaj: S. Grabiec „Ultraślabe promieniowanie w procesach biologicznych”, Kosmos A, XVI, 6, 633—636, 1967 r. — oraz dalsze piśmiennictwo zagraniczne i krajowe, jak np.: R. Hübner „Neuere Erkenntnisse über biologische Wirkungen durch Hochfrequenz”, Elektron. Rundsch., nr 6, str. 229—30, 1960 r., A. Presman „Ob elektromagnitnoj prirode žizniennych jawlenij”, Biofizika, IX, 1, 131, 1964 itd.

w sposób chemiczny, a następnie przekazywanie informacji genetycznej, zjawiska katalizy itp.

Ostatnio jednak S. Szol ze współpracownikami² wysunęli bardzo atrakcyjne z punktu widzenia biofizycznego przypuszczenie o udziale komórkowych pól akustycznych w niechemicznym sterowaniu wyżej wymienionymi procesami morfogenezy, dziedziczności i katalizy biologicznej.

Jak można sobie wyobrazić komórkowe pole akustyczne?

Wymienieni autorzy zakładają, że szereg cyklicznych procesów w komórce może wywoływać rytmiczne drgania w płynie wewnątrz- i zewnątrzkomórkowym, i to o częstotliwościach w zakresie akustycznym bądź ultraakustycznym. A więc np. generatorem takich drgań akustycznych mogłyby być mechanochemiczne zmiany makromolekuł, towarzyszące wszelkim procesom enzymatycznym, ponieważ szybkie złączenie enzymu z substratem oraz równie nagle wydzielienie produktu reakcji (połączone ze zmianą miejsca, objętości i kształtu reagentów), stanowi mechaniczne zakłócenie w środowisku i staje się źródłem fali akustycznej.

Częstotliwość tych fal będzie zależała w danym wypadku od częstości cykli fermentacyjnych na sekundę, tj. od ilości rozkładów bądź syntez przeprowadzanych przez dany ferment w ciągu sekundy. Oto przykładowo podana częstotliwość cykli fermentacyjnych niektórych enzymów:

pepsyna	0,001 cykli/sek	
aldolaza	33	„
ATPaza	104	„
dehydrogenaza kw. mlekowego	1215	„
ureaza	77000	„
katalaza	800000	„
acetylocholino-esteraza	33000000	„ itd .

Bodajże jednak ważniejszą od częstotliwości jest nieoczekiwanie mała prędkość i niewielka długość owych komórkowych fal akustycznych. Mianowicie z badań Ferriego (1957), Kudriawcowa (1960) oraz Sarwazjana i współprac. (1968) okazało się, że prędkość dźwięku w tkankach żywych, podobnie jak w żelach organicznych, wynosi zaledwie 3—15 m/sek zamiast spodziewanych dla roztworów wodnych 1500 m/sek.

Konsekwencją tak znacznego (bo o 2—4 rzędy wielkości) spowolnienia rozchodzenia się dźwięku w protoplazmie jest skrócenie długości fal akustycznych do rzędu milimetrów i mikronów — a więc do wielkości porównywalnych z rozmiarami komórek oraz organelli komórkowych. Fakt ten stwarza fizyczne warunki do energicznego oddziaływania omawianych fal akustycznych na struktury komórkowe, wytwarza bowiem na małej przestrzeni duże gradienty ciśnień akustycznych, umożliwia zjawisko rezonansu, daje interferencję fal, zjawisko cienia akustycznego itp.

Jeśli uwzględnimy, że w każdej komórce czynnych jest setki fermentów, pracujących na swoich dla siebie częstotliwościach, to stanie się zrozumiałe, że wokół dowolnej komórki będzie istniało „pole akustyczne” o charakterystycznej strukturze geometrycznej — jeśli chodzi o długość emitowanych fal, obrazu ich interferencji, rozkładu ciśnień akustycznych w bliższej i dalszej przestrzeni itd.

W wypadku współistnienia obok siebie dwóch lub więcej komórek, ich własne pola akustyczne będą wzajemnie na siebie oddziaływały, wytwarzając wypadkowy

² Na podstawie: „Kolebatielnyje processy w biologičeskich i chimičeskich sistemach”, wyd. Nauka, Moskwa 1967 r., str. 22—41 (artykuł S. E. Szola) oraz wg pracy A. Sarwazjana, W. Pasiecznika i S. Szola pt. „Niskaja skorost' zwuka w gelach i protoplazmaticzeskich strukturach; wozmožnoje biologičeskoje znaczenie etoho jawlenija”, Biofizika, t. XIII, z. 4, str. 587—594, 1968.

przestrzenny rozkład gradientów akustycznych i niejako wspólny system sygnalizacji akustycznej. A to może już posłużyć jako podłoże np. dla procesów morfogenetycznych, których ewidentna geometryzacja nie daje się wytłumaczyć na drodze chemicznej.

Bezpośredniego dowodu na istnienie komórkowego pola akustycznego na razie nie podano. Autorzy jednak zwracają uwagę, że przyjęcie tej hipotezy okazałoby się niesłychanie pomocne w wyjaśnieniu jeszcze takich zagadnień jak mechanizm bezpośredniego oddziaływania dźwięku na tkanki żywe oraz mechanizm analizy dźwięków złożonych w narządzie Cortiego w uchu.

Walenty Moskwa

OBLICZENIE POTENCJALNEGO WZROSTU EWOLUCYJNEGO GĘSTOŚCI ROZMIESZCZENIA GATUNKÓW POLINEZYJSKIEJ FAUNY MRÓWEK*

Aktualny stan badań nad polinezyjską fauną mrówek stwarza możliwości porównania stanu organizacji dwóch jej grup zasiedlających wyspy archipelagu. Jedna z nich — to zespoły gatunków mrówek tzw. trampów, które obecnie przeżywają stadium montowania organizacji i reprezentują względnie niski stopień koadaptacji. Drugą grupę stanowią gatunki starej, tubylczej fauny mrówek, lepiej przystosowane do siebie i środowiska abiotycznego. Wilson i Taylor (1967) przeprowadzili klasyfikację tych gatunków i przedstawili sposób ich rozmieszczenia. Zadanie omawianej pracy — to opis specyficznych zjawisk dynamiki zasiedlania i pokazanie możliwości przewidywania perspektyw ewolucyjnego powiększania się gęstości rozmieszczenia gatunków polinezyjskiej fauny mrówek.

Badania nad dziejami migracji i sposobu rozmieszczenia pozwoliły autorom pracy na przedstawienie składu fauny mrówek i jej rozwoju w przestrzeni i czasie. Na ogólną pulę 83 gatunków mrówek znanych na archipelagu składają się 43 gatunki mrówek tubylczych, 38 gatunków trampów i 2 gatunki mrówek nieokreślonego pochodzenia. Tylko nieliczne gatunki mrówek tubylczych dotarły na wyspy archipelagu polinezyjskiego położone na wschód od Rotumy, Samoa i Tonga przed zamieszkaniem ich przez Melanezyjczyków. Podstawowa masa tych gatunków przybyła w te strony archipelagu razem z ludnością tubylczą, podejmującą akcję zasiedlania tych wysp. Gatunki mrówek tubylczych emigrowały z wysp basenu Indo-Australijskiego głównie z Melanezji, zasiedliły zachodnią część archipelagu wystarczająco długi okres czasu, aby osiągnąć względnie wysoki stopień przystosowania i wytworzyć gatunki endemiczne.

Natomiast gatunki trampów zostały zawleczone przez białego człowieka. Pochodzą one z tropikalnych obszarów Afryki i Nowego Świata, wielokrotnie wędrowały przez Ocean Indyjski i przybywają jeszcze w dalszym ciągu na okrętach, tworząc coraz to nowe fale imigracji. Gatunki mrówek wędrujących zaczęły osiedlać się na wyspach archipelagu nie wcześniej jak przed 400 laty, tj. od momentu odkrycia ich przez białego człowieka. Zajęły one głównie centralną i wschodnią część archipelagu, ale występują także w zachodniej części Polinezji po zewnętrznej stronie obszaru Pacyfiku.

Sposób rozmieszczenia gatunków mrówek tubylczych i trampów nie przejawia żadnych dowodów, potwierdzających jego ukształtowanie w wyniku konkurencji. Zamieszkują one bowiem dwa zupełnie odrębne tereny, co nie sprzyja powstawaniu sytuacji konfliktowych. Gatunki mrówek tubylczych żyją w lasach pierwotnych, a trampy osiedlają się na terenach zajętych pod uprawę rolną i ogrodową.

* Wilson E. O., and Taylor R. W., *An Estimate of the Potential Evolutionary Increase in Species Density in the Polynesian Ant Fauna*, *Evolution*, March, 1967, vol. 21, No 1, s. 1—10.

Natomiast analiza sposobu rozmieszczenia gatunków mrówek tubylczych i trampów w obrębie właściwych im środowisk pokazuje montowanie zespołów gatunków w wyniku działań konkurencyjnych. Autorzy pracy przytaczają wiele dowodów dla uzasadnienia swojej tezy. Powołują się oni głównie na sposób osiedlania się gatunków mrówek wędrujących. Do najbardziej przekonujących zaliczają oni dowody, stwierdzające występowanie komplementarnej, mozaikowej formy rozmieszczenia ekologicznie podobnych gatunków mrówek. Duże agresywne gatunki rozszerzają swój zasięg rozmieszczenia wypierając słabsze, mniej liczne. Konkurencja przejawia się najczęściej pomiędzy trzema ekologicznie podobnymi gatunkami, z których dwa silniejsze wypierają trzeci słabszy. Zajmują one pewien obszar na jednej lub kilku sąsiadujących ze sobą wyspach i raczej tylko sporadycznie występują na innych jako niewielkie populacje, skąd są zresztą najczęściej wypierane przez gatunki dominujące na tym terenie. W ten sposób kształtuje się uzupełniające się rozmieszczenie na poszczególnych wyspach i w obrębie różnych grup wysp archipelagu. Rozmieszczenie gatunków mrówek na całym terenie przedstawia się jako wynik działań konkurencyjnych wewnątrz dwu albo trzech zrelacjonowanych gatunków. Inne dowody, stwierdzające przejawianie się konkurencji, to występowanie gatunków sympatrycznych. Ponadto autorzy pracy podkreślają, że jeszcze w tym wieku notowano poważne fluktuacje populacji, które następowały na skutek nagłego wygaśnięcia. Przed samą katastrofą populacja taka osiągała przeważnie poważny sukces, wyrażający się w znacznym rozszerzeniu zasięgu i zdobyciu pozycji dominującej na zajmowanym terenie. Ostra konkurencja z silniejszym od siebie przeciwnikiem mogła być, zdaniem autorów pracy, jedną z głównych przyczyn katastrofy. Zaostrzenie konkurencji mogło wiązać się z nasileniem fali imigracji nowych gatunków mrówek.

Dynamikę zasiedlenia określają siły pochodzące z napływu imigracji nowych gatunków mrówek oraz warunki środowiska, ułatwiające osiągnięcie wyższego stopnia stabilizacji. Autorzy pracy przypuszczają, że w początkowym okresie migracji i osiedlania organizowanie nowej fauny mrówek odbywało się w sposób żywiołowy z gatunków przybywających przypadkowo na daną wyspę. Gatunki te mogły przybywać z różnych części świata i w związku z tym były słabo przystosowane do siebie. Żywiołowe narastanie fal imigracji mrówek w miarę ożywienia stosunków osiedleńczych i handlowych pomiędzy ludnością różnych części świata a wyspami prowadziło do wzrostu tempa wygasania gatunków, odznaczających się niskim stopniem przystosowania do nowych warunków. Dopiero pewne ustabilizowanie tempa i rozmiarów imigracji stworzyło sprzyjające warunki dla ewolucji. Działanie czynników ewolucyjnych prowadziło do koadaptacji osiedlających się gatunków. Tempo wygasania gatunków zaczęło spadać, a przy względnie ustabilizowanym tempie imigracji zaczęła wzrastać gęstość rozmieszczenia gatunków.

Osiągnięty obecnie stopień koadaptacji nowej fauny mrówek wędrujących przejawia się w uporządkowaniu rozmieszczenia populacji według rodzajów i gatunków oraz w osiągnięciu pewnego ustabilizowania gęstości rozmieszczenia gatunków, wyrażającego się w korelacji liczby gatunków zasiedlających jakąś wyspę i wielkości jej obszaru. Obliczono dane liczbowe tych korelacji dla wszystkich wysp archipelagu, zamieszkiwanych przez gatunki mrówek wędrujących. Wykres (rys. 2) sporządzony na podstawie tych danych, przedstawiony w skali logarytmicznej pokazuje ich nachylenie, wynoszące w przybliżeniu 0,22 dla gatunków mrówek wędrujących i wypadające bardziej korzystnie od osiągniętego przez gatunki mrówek tubylczych, dla których wynosi on tylko 0,14. Żadna z omawianych tu grup gatunków mrówek nie zdołała zasiedlić jakiegś wyspy w pełnym wymiarze osiągalnej dla niej puli gatunków. Maksymalne zasiedlenie grupy mrówek tubylczych na jakiegś wyspie stanowi 35 gatunków, natomiast dla grupy mrówek trampów stanowi ono tylko 22 gatunki.

Dlatego osiągnięta przez obydwie grupy równowaga gęstości zasiedlenia nie jest jeszcze w pełni ustabilizowana, ale stanowi quasi-równowagę. Główny trend ewolucji zmierza do obniżenia tendencji wygasania gatunków, a podwyższania koadaptacji nowych gatunków pochodzących z migracji. Równowaga ulega ciągłym zmianom i ustala się na coraz wyższym poziomie odpowiednio do nowych możliwości koadaptacji imigrujących gatunków mrówek. Z tych właśnie względów autorzy pracy uważają, że badania nad polinezyjską fauną mrówek dostarczają odpowiednich danych do podjęcia prób rozwiązania interesującego problemu wzrostu gęstości rozmieszczenia gatunków od momentu zadziałania czynników ewolucji. Badania te bowiem dostarczają odpowiednich danych dla opracowania sposobu obliczenia dalszego wzrostu gęstości rozmieszczenia gatunków polinezyjskiej fauny mrówek. W celu zobrazowania całego zagadnienia w sposób graficzny autorzy pracy wykorzystali wzór modelu równowagi opracowany przez MacArthura i Wilsona (1963).

Zastosowanie tego modelu do badań nad polinezyjską fauną mrówek było możliwe, ponieważ pula gatunków u obydwu grup tej fauny jest prawie jednakowa. Dzięki temu krzywe imigracji obydwu grup przecinają oś odciętych w miejscach położonych blisko siebie. Krzywe wygasania wychodzą także prawie z jednego miejsca. Przy takim układzie łatwo można określić ewentualne przemiany, jakie mogłyby wystąpić w ilości gatunków ustalających równowagę, gdyby nastąpiły zmiany w krzywych imigracji i wygasania.

Podstawą do obliczeń równowagi w modelu są dane dotyczące gęstości rozmieszczenia gatunków mrówek tubylczych. One bowiem zaczęły się rozwijać na tym terenie wiele wcześniej od mrówek trampów, przeszły dłuższą drogę ewolucji, mogą więc pokazać kierunek, w jakim będzie się rozwijać młoda dopiero organizująca się fauna. Autorzy pracy uznali, że maksymalna obecnie gęstość rozmieszczenia gatunków mrówek tubylczych w wysokości 33 gatunków może stanowić stan równowagi minimum, jaki w przyszłości mogą osiągnąć gatunki mrówek wędrujących, zamieszkując wyspę podobnych rozmiarów. Uzyskanie takiej równowagi będzie możliwe, jeżeli quasi-równowaga będzie stale się podnosić przy współczynniku 1,5. Natomiast stan równowagi maximum ustali się w momencie osiedlenia się pełnej puli gatunków osiągalnej dla obydwu omawianych tu grup fauny mrówek.

Warto tu dodać, że układ krzywych na wykresie modelu równowagi pokazuje wpływ ewolucji na znaczne obniżenie poziomu wygasania gatunków mrówek wędrujących w porównaniu do poziomu uzyskanego przez gatunki mrówek tubylczych. Ilustrują to wektory E wykreślone dla obydwu grup na rysunku modelu równowagi (rys. 3). Świadczą o tym także przytoczone wyżej logarytmy liczb opracowane na podstawie danych korelacji liczby gatunków zasiedlających wyspy archipelagu i wielkości ich obszaru.

Według tych samych wytycznych obliczono potencjalny wzrost ewolucyjny gęstości rozmieszczenia gatunków na wszystkich wyspach archipelagu. Wyniki tych danych przedstawiono na wykresie (rys. 5), ilustrującym ogólny kierunek ewolucji gęstości rozmieszczenia gatunków mrówek i jego kąt nachylenia do płaszczyzny poziomej.

Dalszy rozwój gęstości rozmieszczenia gatunków mrówek będzie zależny od warunków zewnętrznych, sprzyjających osiąganiu wyższego stopnia stabilności. Autorzy pracy podkreślają, że tereny strefy podzwrotnikowej reprezentują środowiska o najwyższym stopniu stabilności. One właśnie stanowiły główne centrum powstawania i rozwoju największej ilości nowych gatunków w przebiegu dziejów ewolucji. W związku z tym należy przypuszczać, że polinezyjska fauna mrówek ma zapewnione warunki wytwarzania nowych gatunków i dalszego rozwoju gęstości zasiedlenia.

SELEKCJA I INWERSYJNY POLIMORFIZM W POPULACJACH EKSPERYMENTALNYCH *DROSOPHILA PSEUDOOBSCURA*, ZAPOCZĄTKOWANYCH Z CHROMOSOMALNĄ KONSTYTUCJĄ DZIKICH POPULACJI *

Autorzy pracy podjęli zrealizowanie podwójnego zadania. Punkt wyjściowy stanowiło założenie eksperymentalnych populacji *Drosophila pseudoobscura*, mających frekwencje kariotypów i genetyczne podłoże, analogiczne do much populacji dzikich tego samego gatunku. Na tej podstawie chcą przedstawić dodatkowe dowody o genetycznym zróżnicowaniu ras chromosomalnych. Ponadto przeprowadzili oni badania porównawcze nad obydwoima rodzajami populacji i stwierdzili, że równowagi polimorfizmu, powstałego w wyniku inwersji chromosomalnej, ustalizowane w populacjach eksperymentalnych, są całkowicie odmienne od równowag, wykrytych w analogicznych populacjach dzikich.

Sformułowanie takich zadań badawczych jest wynikiem i kontynuacją wieloletnich badań nad składem genetycznym populacji *Drosophila pseudoobscura*, żyjących na terenie Ameryki Północnej. W wyniku tych badań wykryto zależność różnych składów genów od nasilenia procesu inwersji od odziedziczonego po przodkach typu chromosomu. Na tej podstawie sformułowano wytyczne filogenezy typów chromosomalnych (Dobzhansky i Sturtevant, 1938). Ponadto zbadanie sezonowych zmian cyklicznych, występujących w niektórych miejscowościach, pokazało znaczenie działania doboru naturalnego w utrwalaniu inwersyjnego polimorfizmu (Dobzhansky, 1943).

Poprzednie badania nad populacjami dzikimi wykryły także labilność równowagi w frekwencji chromosomów oraz jej zmienność zgodną z kierunkiem zmian, zachodzących w środowisku zewnętrznym i w genetycznej kompozycji populacji. Okazało się, że przemiany we frekwencjach chromosomów mogą zachodzić według tego samego wzoru w populacjach, zamieszkujących duże obszary o powierzchni wynoszącej ponad tysiąc mil. Badania nad populacjami eksperymentalnymi, wyhodowanymi z populacji dzikich z jednego regionu pokazały, że półtoraroczny okres życia w warunkach laboratoryjnych wystarcza do osiągnięcia równowagi frekwencji składu genetycznego. Natomiast populacje eksperymentalne mieszanego pochodzenia geograficznego zachowywały się całkiem odmiennie. Nie można było przewidzieć kierunku selekcji, następne pokolenia tych populacji ulegały rozległej dywergencji.

Dokładna analiza przebiegu tych eksperymentów doprowadziła do wniosku, że geny zawarte w chromosomach w obrębie każdej populacji są skoadaptowane, tj. wzajemnie przystosowane przez selekcję naturalną (Dobzhansky, 1949). Można wyodrębnić geograficzne rozmieszczenia układów genowych trzeciego chromosomu na terenie, zasiedlonym przez *Drosophila pseudoobscura* (Dobzhansky, 1944). Wykryte dowody występowania różnic selekcyjnych pomiędzy różnymi składami genowymi pokazały, że rasy chromosomalne są prawdopodobnie produktami doboru naturalnego. Jednocześnie stwierdzono, że selekcja ta występuje na rozległych obszarach, działa na większą skalę geograficzną niż koadaptacja w obrębie lokalnych populacji.

Podstawę do przeprowadzenia obecnie relacjonowanych badań stanowiło jednociesienie populacji eksperymentalnych, wyprowadzonych z dzikich *Drosophila pseudoobscura*, pochodzących z poszczególnych regionów Ameryki Północnej i reprezentujących pewne zróżnicowanie geograficzne. Badania te trwały w ciągu dwóch

* Anderson W. W., Dobzhansky Th., and Kastritsis C. D., — *Selektion and Inversion Polymorphism in Experimental Populations of Drosophila pseudoobscura Initiated with the Chromosomal Constitutions of Natural Populations*, Evolution, December, 1967, vol. No. 4, s. 664 — 671.

i pół lat, zastosowano wypróbowane już metody badawcze, zapewniające osiągnięcie nowych informacji.

Najbardziej zastanawiający fakt — to wykrycie prawidłowości kształtowania się odmiennej równowagi frekwencji w populacjach eksperymentalnych w porównaniu do równowagi, kształtującej się w populacjach dzikich. Takie wyniki są sprzeczne z wynikami osiągniętymi w badaniach nad frekwencją kariotypów w populacjach eksperymentalnych *Drosophila subobscura*, przeprowadzonych przez Krimbasa (w druku). Badacz ten stwierdził występowanie tylko niewielkich różnic pomiędzy równowagami frekwencji, kształtującymi się w obydwu rodzajach populacji *Drosophila subobscura*. W oparciu o wyniki poprzednich badań i współczesnych autorzy omawianej tu pracy starają się wytłumaczyć rozbieżność pomiędzy wynikami tych dwóch eksperymentów, wysuwając koncepcję występowania odmiennych rodzajów polimorfizmu w populacjach wymienionych tu gatunków. Zgodnie z tą koncepcją populacje *Drosophila pseudoobscura* reprezentowałyby polimorfizm „elastyczny” (flexible), natomiast w populacjach *Drosophila subobscura* występowałby polimorfizm „sztywny” (rigid).

Argumentem przemawiającym na korzyść takiej koncepcji jest stwierdzony wpływ warunków zewnętrznych i genetycznej kompozycji populacji na skład chromosomalny i równowagę ich frekwencji, występujący w obydwóch rodzajach populacji *Drosophila pseudoobscura*. Natomiast w odniesieniu do populacji *Drosophila subobscura* Krimbas stwierdza, że w trakcie swoich badań nie wykrył większego wpływu zróżnicowanego środowiska zewnętrznego na wykształcenie się większych zmian w składzie chromosomów. Pogląd ten został zakwestionowany jednak przez Burla i Götzę (1965), którzy wykryli występowanie sezonowych, zależnych od wysokości i geograficznych zmian chromosomalnych w populacjach *Drosophila subobscura*. W toku dalszej dyskusji wyjaśniono, że nie można traktować polimorfizmu „sztywnego”, jako absolutnie obowiązującego. Istotne okazało się, że w populacjach eksperymentalnych *Drosophila subobscura* występują tylko niewielkie odchylenia od równowagi, kształtującej się w populacjach dzikich tego gatunku. Kontrast pomiędzy genetycznymi reakcjami, który zresztą odnosi się także do ogólnych właściwości koadaptacyjnych obydwóch gatunków jest, zdaniem autorów omawianej pracy, najbardziej interesującym faktem, jaki został wykryty w badaniach porównawczych, prowadzonych przez wielu biologów (Vetukhiv, 1953, 1954, 1956, 1957, i Brncic, 1954, z McFarquharem i Robertsonem, 1963).

Wyniki badań nad populacjami *Drosophila pseudoobscura* pokazały, że frekwencje układów genowych odzwierciedlają ich geograficzne pochodzenie. Ustalono, że frekwencja składu genów w trzecim chromosomie stanowi kryterium podziału wszystkich populacji dzikich tego gatunku na dwie duże grupy geograficzne. Jedną z nich to populacje, żyjące na wybrzeżu Pacyfiku, wyróżniające się wysoką frekwencją składu genów standard ST. Natomiast populacje z głębi kontynentu charakteryzują się niską frekwencją ST, a wysokimi frekwencjami składu genów albo AR, PP albo CH, tworząc dwie rasy chromosomalne. Populacje eksperymentalne odzwierciedlają różnice pomiędzy rasami chromosomalnymi.

Zasadniczą różnicę pomiędzy obydwoma rodzajami populacji stanowi wzrost frekwencji ST we wszystkich populacjach eksperymentalnych. Skład genów ST jest też najbardziej przystosowany, natomiast PP i AR jest eliminowany w populacjach, pochodzących z niektórych regionów kontynentalnych; heterokariotypy AR/PP były mniej przystosowane niż homokariotypy AR/AR. W późniejszych generacjach niektórych populacji eksperymentalnych nastąpił zupełnie nieoczekiwany wzrost frekwencji składu genów SC, jakkolwiek we wcześniejszych generacjach było ich tak mało, że pominięto je w klasyfikacji. Stwierdzono, że w poszczególnych populacjach eksperymentalnych zachowały się „rzadkie” składy ge-

nów, jakkolwiek normalnie są one eliminowane w warunkach życia laboratoryjnego. Na tej podstawie autorzy pracy podkreślają, że zrównoważona mieszanina chromosomów w dzikiej populacji stała się podstawą do wyjaśnienia ich zróżnicowanego sposobu zachowania się.

Ponadto autorzy pracy wyjaśniają sposób rozmieszczenia typów inwersyjnego polimorfizmu w dzikich populacjach *Drosophila pseudoobscura* przy pomocy hipotezy triad, sformułowanej przez Wallace'a (1953, 1954, 1959). Zgodnie z treścią tej hipotezy rozmieszczenie może zależeć od zdolności do seryjnego transferu genów od jednego typu do drugiego. Transfer genu może przełamać skoadaptowane kompleksy genów, o ile w trakcie filogenezy danej populacji pojawią się w linearnej sekwencji grupy trzech genów tzw. „triady”. Grupy AR—ST—TL i AR—PP—SC, występujące w populacjach eksperymentalnych nie są triadami, dlatego też mogły zachować skoadaptowane bloki w ramach inwertowanych segmentów trzeciego chromosomu. Natomiast grupa AR—ST—PP jest triadą, tutaj frekwencja ST i AR wzrasta, a PP obniża się. Autorzy pracy tłumaczą taki sposób zachowania się składów genów tym, że jako triada podlegają ujemnym wpływom selekcji. Jednocześnie podają inną możliwość wyjaśnienia. Mianowicie uważają oni, że kombinacja ST—AR mogła po prostu tak dobrze przystosować się do warunków laboratoryjnych, że wyeliminowała słabsze kombinacje, zawierające PP. W celu uzgodnienia zachowania się składów genów w populacjach *Drosophila pseudoobscura* z hipotezą Wallace'a autorzy analizują sposób zachowania się grupy ST—AR—CH, która nie jest triadą. W związku z tym, że nie podlega ona szkodliwym przemieszczaniom genów w trakcie przetasowywania się odcinków chromosomów, nie może ulec transferowi i jako całość znika z populacji kalifornijskich i meksykańskich.

Teodozja Długokęcka

CYTOKININY: ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY STRUKTURĄ A AKTYWNOŚCIĄ *

Ostatnio, w pracowni profesora Skooga, stosując biotest tytoniowy, przebadano 69 związków, głównie pochodnych purynowych (z których 13 badano po raz pierwszy), w celu określenia zależności między strukturą chemiczną a aktywnością cytokinin. W poprzednich pracach, cytowanych przez Stronga, brak było danych ilustrujących zakres aktywności lub hamowania dla każdej badanej substancji. Zatem niektóre z nich badane były w stężeniach wyższych od ich stężeń optymalnych. Od czasu przeprowadzenia tych badań, opracowana została specjalna pożywka i wprowadzono inne modyfikacje, pozwalające na określanie poziomów minimalnych. W obecnym bioteście tytoniowym, rozróżnione być mogą różnice ilościowe aktywności cytokinin, rzędu 2 razy.

N⁶-adeniny alkilowe różnią się aktywnością w szerokim zakresie stężeń, w zależności od długości łańcucha alkilowego. Począwszy od adeniny, wykrywalnej przy $\geq 200 \mu\text{M}$, aktywność wzrasta wraz z długością łańcucha, poprzez 6-metylo-, i 6-etyloaminopurynę, osiągając optimum przy 6-pentyloaminopurynie, wykrywalnej przy około $0,001 \mu\text{M}$. Następnie zmniejsza się poprzez 6-heksylo-, i 6-heptyloaminopurynę, by osiągnąć ledwo wykrywalny poziom aktywności dla 6-decyloaminopuryny.

Inkorporacja grup polarnych w łańcuchu bocznym nie konieczne redukuje aktywność. Jedna grupa hydroksylowa jak np. w zeatynie, zwiększa aktywność

* Folke Skoog, Hamzi Q. Hamzi, Alicja M. Szweykowska, Nelson J. Leonard, Kermit L. Carraway, Toza Fuji, John P. Helgeson and Richard N. Loepky — *Cytokinins: Structure / Activity Relationships*, Phytochemistry, 1967, 6, 1169.

6-(γ , γ -dwumetyloallyloamino)puryny, jeżeli w ogóle miała jakiś wpływ. Natomiast obecność dwóch grup hydroksylowych, jak w 6-(2, 3-dwuhydroksy-3-metylobutyloamino)purynie, silnie redukowała aktywność.

Porównanie 6-izoamylaminopuryny z 6-(γ , γ -dwumetyloallyloamino)puryną oraz porównanie innych blisko spokrewnionych par substancji wykazało, że obecność podwójnego wiązania w łańcuchu bocznym znacznie zwiększa aktywność cytokinin.

Pochodne adeniny z podstawnikami cyklicznymi w pozycji N⁶ (benzyl-, cykloheksyl-, itd.), wykazały ten sam ogólny zakres aktywności jak pochodne alkilowe: wzrost aktywności w wyniku nienasycenia oraz różnice w aktywności w zależności od wielkości podstawnika. Obecność heteroatomów (w podstawnikach lub na nich) zmniejszała aktywność cytokinin (w wypadku N lub Cl) lub też wywierała mały wpływ (O zastąpiony S w furfurylu).

Z jedno-podstawionych adenin tylko N⁶ pochodne posiadały definitywnie aktywność cytokinin. 1-, 3-, lub 9-podstawione adeniny prawdopodobnie są nieaktywne, lecz mogą być aktywowane poprzez konwersję do N⁶-izomerów. Łatwość tej konwersji zmniejsza się w następującej kolejności 1 > 3 > 9.

Modyfikacja w adeninowym składniku cząsteczki obniżała aktywność cytokinin, często do 95% lub więcej. Podstawienie N w miejsce atomu 8-C w kinetynie i 6-benzylaminopurynie lub siarki w miejsce 6-amino N atomu w 6-(γ , γ -dwumetyloallyloamino)purynie drastycznie redukowało aktywność. Eliminacja grupy 6-aminowej bez podstawienia inną grupą, całkowicie usuwała aktywność: takie więc pochodne puryn jak 1-benzylpuryna i 1-(γ , γ -dwumetyloallylo)puryna były nieaktywne, w testach, w których pochodne 1-adeniny mogły być aktywowane, dając reakcję pozytywną.

Jak wiadomo, wprowadzenie dodatkowego podstawnika do N⁶-podstawionych aminopuryn, redukuje aktywność cytokinin. Wyniki przedstawione w tej pracy, potwierdzają wcześniejsze doniesienia i rozszerzają je, włączając 1-podstawione adeniny. Dodanie drugiego podstawnika do N⁶-podstawionych adenin, w 1- lub 3-pozycji, drastycznie redukowało lub eliminowało aktywność cytokinin. Sugeruje to, że pozycja 1 i możliwie również pozycja 3, muszą być wolne. Drugi podstawnik w N⁶-, 7-, lub 9-pozycji u N⁶-podstawionych pochodnych adeniny, obniża, lecz nie eliminuje aktywności. Również dwupodstawione pochodne 1-adeniny, 1,9-dwubenzyladenina i 1,7-dwubenzyladenina były aktywne, przypuszczalnie po przegrupowaniu do odpowiednich N⁶-podstawionych izomerów.

Z przedstawionych badań nad pochodnymi purynowymi wynika, że wysoka aktywność cytokininowa związana jest z N⁶-jednopodstawionymi pochodnymi adeniny, ale struktura, wielkość, kształt, skład, nasycenie i ładunek grup podstawnikowych, silnie wpływają na stopień aktywności cytokinin.

Janina H. Rogozińska

KSZTAŁT POLA ELEKTRYCZNEGO POWSTAJĄCEGO POD WPŁYWEM BIPOLARNEGO NEURONU *

Podczas badania reakcji komórki nerwowej w niektórych wypadkach niezbędna jest znajomość kształtu pola elektrycznego wytwarzanego przez tę komórkę w środowisku międzykomórkowym. Dane te mają szczególne znaczenie przy badaniu powolnie zmieniającego się potencjału na błonie ciała komórki lub wypustek oraz badaniu reakcji związanej z powolną zmianą potencjału działania.

* I. F. Podwigin — *Forma elektrycznego pola stwarzanego biopolarnym neuronem*, Biofizyka, 1968, t. 13, n. 2, s. 282.

Autorzy przeprowadzili badania z modelem bipolarnej komórki siatkówki, tj. neuronu posiadającego kilka dendrytów. Potencjał pola oznaczano w wannie elektrycznej. Jako elektrolit stosowano 0,001 M CuSO_4 , pomiary przeprowadzano izolowanymi elektrodami platynowymi. Model komórki składał się z 1/4 kuli ciała „bipolarnej” komórki wraz z pięcioma wypustkami, długość wypustek wynosiła 7–8 średnic ciała komórki, zaś ich średnica była 10–12 razy mniejsza niż średnica ciała komórki. Biegunem ujemnym było ciało komórki, natomiast wypustki stanowiły biegun dodatni.

Pomiar potencjału w odległości nie przekraczającej 8–9 promieni komórki od jej środka lub od punktu rozgałęzienia wypustek w dowolnym punkcie pola wykazywał tylko wartości ujemne potencjału, chociaż oba te punkty były przeciwnymi biegunami. Dodatni potencjał występuje w odległości przekraczającej 8–9 promieni komórki i to tylko w pobliżu dodatniego bieguna „wypustek”. Obszar pola, w którym występuje dodatni potencjał, rozszerza się od środka ciała komórki ku wypustkom przyjmując kształt stożka.

Na linii pomiaru równoległej do osi źródła znajdującej się w odległości nie przekraczającej 4–5 promieni występuje tylko potencjał ujemny. Maksymalne wartości ujemne potencjału występują w punktach znajdujących się na jednej osi z środkiem ciała komórki. Wartości większe występowały w pobliżu komórki.

Jeśli linia pomiaru znajduje się w odległości ponad 4–5 promieni „somy”, wówczas w obszarze rozgałęzienia wypustek występuje dodatni potencjał. Najwyższa dodatnia wartość występuje najbliżej wypustek, zaś maksyma ujemnego potencjału nie są wyraźnie zaznaczone. W miarę przesuwania elektrody pomiarowej wzdłuż linii równoległej do osi źródła znak potencjału się zmienia.

W dużych odległościach do źródła powierzchnie o jednakowym potencjale nie mają ściśle kulistego kształtu, przypomina ona spłaszczony elipsoid obrotowy, którego oś pokrywa się z osią źródła. Im większe są rozmiary elipsoidy, a więc mniejsze wartości potencjału, tym bardziej oddalony od ciała komórki jest środek symetrii.

Autorzy porównując uzyskane przez siebie krzywe dla powierzchni ekwipotencjalnych w małych odległościach od „bipolarnej” komórki (8–9 promieni) stwierdzili, że kształt pola odpowiada kształtowi pola źródła punktowego.

Jeśli odległość od „komórki” do elektrody pomiarowej przekracza 8–9 promieni ciała komórki, wówczas rozmieszczenie potencjałów odpowiada kształtowi pola źródła dwubiegunowego, tj. przy przesuwaniu elektrody pomiarowej w kierunku zgodnym z osią źródła występuje inwersja potencjału.

Doświadczenia wykazały, że neurony (dwupolarne komórki) jako źródła nie można uważać za dipole symetryczne, gdyż kształt pola w pobliżu wielowypustkowych komórek nie pokrywa się z polem symetrycznego źródła dipolowego.

Wyniki autorów potwierdzają również wyniki modelu matematycznego. Wyniki oznaczeń potencjału pola na modelach wykazują wszędzie znak ujemny, jeśli pomiary nie zostały przeprowadzone w odległościach większych niż 8 promieni ciała komórki. Autorzy przypuszczają, że konfiguracja rozgałęzień dendrytów nie ma zasadniczego znaczenia dla kształtu pola elektrycznego wokół neuronu. Znaczenie dla kształtu pola elektrycznego ma natomiast stosunek wielkości powierzchni wypustek i powierzchni ciała komórki.

Wyniki uzyskane z modelem komórki bipolarnej autorzy sprawdzili wprowadzając mikroelektrodę do warstw komórek siatkówki.

Przy podrażnieniu niewielkiej ilości komórek siatkówki (plamka świetlna o średnicy 50 μk) zmiany potencjału były podobne do zmian potencjału podczas jego pomiaru w sąsiedztwie komórki bipolarnej w wannie elektrycznej.

Jeśli przeprowadzano pomiary w odległości przekraczającej 8–9 promieni

„somy”, można było stwierdzić występowanie dodatniego potencjału. Doświadczeń z większą ilością modeli komórek w wannie elektrolitycznej ze względu na trudności nie przeprowadzano.

W siatkówce poszczególne rodzaje komórek występują warstwami. Warstwa komórek bipolarnych będzie posiadała potencjał ujemny, natomiast można przypuszczać, że dodatni potencjał będzie występował tam, gdzie występują wypustki komórek. W siatkówce taką warstwą jest warstwa utworzona z wielkiej ilości wypustek komórek bipolarnych znajdujących się w odległości 15–20 promieni somy.

Jeśli plamka świetlna na siatkówce jest dostatecznie duża (ponad 1 mm średnicy), wówczas podrażnieniu ulega znaczna ilość komórek bipolarnych. W tym wypadku podczas zagłębiania mikroelektrody do siatkówki polarność fal „b” i „d” IERG-intraelektroretinogramu się zmienia. Fale „b” i „d” wykazują dodatnią polarność w warstwie, gdzie występują synapsy, natomiast ujemną w warstwie gdzie występują ciała komórek bipolarnych.

Opierając się o wyżej przytoczone dane fakt inwersji fal „b” i „d” w miarę zagłębiania elektrody pomiarowej do siatkówki można wyjaśnić nie obecnością w niej symetrycznych źródeł — dipoli, lecz efektem przestrzennego, fizycznego zsumowania potencjałów wielkiej ilości wzbudzonych komórek bipolarnych, z których każda jest niesymetrycznym źródłem. Fale o dodatniej polarności notuje się tylko wówczas, gdy równocześnie wzbudzona jest wielka ilość bipolarnych komórek.

Tak więc prawidłowość zmiany amplitudy „b” i „d” w miarę zagłębiania mikroelektrody do siatkówki przy wszystkich wielkościach powierzchni plamki świetlnej można wytłumaczyć na podstawie danych konfiguracji pola elektrycznego pojedynczej komórki bipolarnej.

1. Wzbudzona bipolarna komórka jest niesymetrycznym dipolowym źródłem.
2. Uzyskane dane pozwalają przypuszczać, że jakiegokolwiek wzbudzone wielowypustkowe neurony, u których powierzchnia ogólna wypustek jest większa od powierzchni ciała komórki są niesymetrycznymi „dipolowymi” źródłami.
3. Wiadomo, że przy wielkiej liczbie czynnych neuronów (pod dużą powierzchnią plamy świetlnej) polarność fal IERG zmienia się w miarę zagłębiania mikroelektrody do siatkówki. Przy małej ilości czynnych neuronów (małą powierzchnią bodźca) polarność fal IERG podczas zagłębiania mikroelektrody nie zmienia się.

Dane o braku inwersji fal IERG przy zagłębianiu mikroelektrody nie można wyjaśnić za pomocą rozmieszczenia potencjałów i prądów w siatkówce, w których są wykorzystywane symetryczne dipolowe źródła. Jednak łatwo wytłumaczyć to zjawisko, jeśli przyjąć, że źródłem są niesymetryczne dipole.

Konstancja Jakutowicz

NOWE DANE O ENZYMATYCZNEJ AKTYWNOŚCI BŁON CYTOPLAZMATYCZNYCH PRZED I PO DZIAŁANIU ULTRADŹWIĘKÓW*

Wyjątkowe osiągnięcia współczesnej biologii w znacznym stopniu są związane z badaniem struktury cząsteczek i funkcji struktur submikroskopowych.

Badania te mają na celu lokalizację procesów biochemicznych w komórce

* E. F. Ajtowa, A. M. Bronskaja, G. Sz. Burbaewa, W. Z. Gorkin, I. E. Elpiner — *Nowyje dannyye o fermentatiwnoj aktywnosti cytologicheskikh membran i pośle wozdeystwiya ultrazvukowych voln*, Biofizyka, 1968, t. 13, n. 2 s. 380.

i wyjaśnienie cech budowy cząsteczkowej składników komórkowych, będących nośicielami tych lub innych funkcji biologicznych.

Poważne zagadnienie stanowią badania błon cytoplazmatycznych, którym się przypisuje poważną rolę w procesach życiowych komórki.

Autorzy postanowili zbadać właściwości struktury i swoiste funkcje błon cytoplazmatycznych wysokouorganizowanych komórek zwierząt. Do tego rodzaju badań postanowili użyć fale ponaddźwiękowe.

Należy podkreślić, że fale ponaddźwiękowe mogą być wykorzystywane nie tylko do wyodrębniania poszczególnych frakcji mikroskopowych organelli, lecz również mogą być stosowane do wykrycia ich właściwości strukturalnych, czemu często towarzyszy wykrycie potencjalnych biokatalitycznych właściwości badanych struktur komórkowych.

Po krótkim opisie sposobu wyodrębniania błon cytoplazmatycznych autorzy przeprowadzili badania nad ustaleniem aktywności Mg—ATP-azowej, która wzrastała w obecności Na i K o 27—30%. Dalsze badania były związane ze swoistymi właściwościami enzymatycznymi błon cytoplazmatycznych w porównaniu z błonami innych organelli. Należy podkreślić możliwość istnienia związku genetycznego między błonami cytoplazmatycznymi i mitochondrialnymi.

Dotychczas nie wiadomo było, czy aktywność aminooksydazowa występuje również w błonach innych struktur komórkowych oprócz mitochondrialnych. Autorzy wykryli 70—76% aktywności monoaminooksydazowej w błonach mitochondrialnych. Natomiast aktywność monoaminooksydazowa błon cytoplazmatycznych przewyższa znacznie aktywność błon mitochondrialnych komórek wątroby szczurów. W warunkach doświadczenia z nasyconymi roztworami tyraminy i serotoniny aktywność średnio wynosiła 16 i 6 mμ moli NH_3 na 1 min. i 1 mg białka. Podkreśla się, że zestaw monoaminooksydaz w błonach cytoplazmatycznych jest szerszy i bogatszy niż w błonach mitochondrialnych, na co wskazuje znacznie szerszy zestaw deaminowanych substratów, np. lizyna.

Pod doświadczeniach oznaczania aktywności monoaminooksydazowej na podstawie ilości uwalnianego amoniaku autorzy poddali błony cytoplazmatyczne działaniu ultradźwięków w atmosferze azotu w celu otrzymania fragmentów błon i zbadała rozmieszczenia aktywności enzymatycznej. Badania przeprowadzano na fragmentach błon nie większych niż 5S. Aktywność monoaminooksydazowa występowała nie tylko u tych fragmentów, lecz również u fragmentów nie opadających pod wpływem działania 105 000 g przed 120 min.

Konstancja Jakutowicz

CHEMILUMINESCENCJA TOWARZYSZĄCA FOTOUTLENIANIU TRYPTOFANU *

W literaturze wspomina się o opóźnionym słabym świeceniu tryptofanu wywołanym falami ultrafioletowymi. Na podstawie danych doświadczalnych można założyć, że świecenie tryptofanu związane jest z rekombinacją nadtlenkowych rodników powstających przy naświetlaniu roztworów w obecności tlenu.

Podczas badania chemiluminescencji roztworów tryptofanu autorzy stwierdzili ciekawe zjawisko spadku intensywności świecenia podczas przedłużonego okresu naświetlania, jeśli stężenie tryptofanu przekraczało 10^{-4} M.

Autorzy przeprowadzali doświadczenia na urządzeniu zapewniającym stały, nieprzerwany ruch cieczy. Roztwór tryptofanu naświetlano pełnym widmem lampy rtęciowej. Stosowano dwie prędkości przepływu cieczy. Na podstawie sporządzo-

* I. I. Sapieżinskij, W. A. Wołoszyn — O chemiluminescencji spowodowanej fotookisleniem tryptofanu, *Biofizyka*, 1968, t. 13, n. 3, s. 517.

nych wykresów autorzy wyróżniają dwie składowe świecenia tryptofanu: szybkozanikającą, której intensywność spada w miarę przedłużania czasu naświetlania i wolnozanikającą, której intensywność wzrasta w miarę przedłużania czasu naświetlania.

Autorzy proponują dla wyjaśnienia tego zjawiska następujący ciąg reakcji:

- 1) powstanie wolnych nadtlenkowych rodników tryptofanu,
- 2) reakcja rodników z wytworzeniem początkowych produktów fotochemicznej reakcji,
- 3) reakcja rodników z produktami reakcji i wytworzenie wtórnych rodników,
- 4) rekombinacja wtórnych rodników z utworzeniem następnego produktu reakcji.

O intensywności chemiluminescencji decydują reakcje 2 i 4.

Po zbadaniu krzywych kinetycznych opóźnionego świecenia okazało się, że przy stosowaniu czasu naświetlania 10–100 sek. występuje tylko szybko zanikające świecenie, przy dłuższych okresach naświetlania oprócz szybkiego spadku intensywności świecenia występuje również powoli zanikająca składowa świecenia opóźnionego.

Na podstawie badania chemiluminescencji roztworów tryptofanu stwierdzono, że proces świecenia ma charakter złożony, na który składa się szereg etapów. Dalsze badania pozwolą być może powiązać chemizm fotoutleniania z danymi uzyskanymi za pomocą metod chemiluminescencji.

Konstancja Jakutowicz

LUMINESCENCJA KWASU DEZOKSYRYBONUKLEINOWEGO I DEZOKSYRYBONUKLEOPROTEIDU W TEMPERATURZE POKOJOWEJ *

Badania właściwości luminescencji biopolimerów dostarczają cennych informacji dotyczących zmian struktury i poszczególnych etapów ich uorganizowania. Badania nad luminescencją kwasu dezoksyrybonukleinowego (DNA) i dezoksyrybonukleoproteidu (DNA), proteidów dotychczas nie przeprowadzano. Dzięki opracowaniu wyjątkowo czułej metody udało się autorom wykryć tę bardzo słabą luminescencję.

Preparaty DNA i DNA-proteid o odpowiedniej czystości przygotowywano z grascy cieląt. Badania przeprowadzano w temperaturze 20°C według metody już wcześniej opracowanej przez autorów. Roztwory służące do porównywania luminescencji DNA i DNA-proteid o stężeniu 0,02% przygotowywano w 0,7 M roztworze NaCl. W celu zdenaturowania roztworów ogrzewano je w temperaturze 100°C przez 20 minut, a następnie szybko oziębano.

Badania widm luminescencji i wzbudzenia preparatów DNA różnych serii wykazały, że niektóre świeżo otrzymane preparaty praktycznie nie wytwarzały widm. Widma można było stwierdzić po przetrzymywaniu ich przez okres 2–3 tygodni w temperaturze 2–4°C. Po denaturacji preparatów przez ogrzanie zjawiała się luminescencja, a u preparatów wyjściowych, u których występowała luminescencja, denaturacja powodowała bardzo silny wzrost zarówno przy wzbudzeniu $\lambda = 270$ m μ k (4–6 razy), jak również przy wzbudzeniu $\lambda = 310$ m μ k (8–10 razy).

Wyniki te świadczą o tym, że DNA w postaci nienaruszonej spirali w roztworze praktycznie nie wytwarza widma luminescencji.

* A. N. Pisarewskij, D. M. Spitkowski, S. N. Czierenkiewicz, W. T. Andijanow, N. W. Soszina, *Luminescentnyje svojstwa DNK i DNP pri komnatnoj temperaturie*, Biofizyka, 1968, t. 13, n. 3, s. 413.

Wzrost intensywności luminescencji po ogrzaniu najprawdopodobniej związany jest z naruszeniem struktury drugorzędowej. Luminescencję niektórych preparatów DNA należy prawdopodobnie tłumaczyć nieznacznym naruszeniem struktury mimo zachowania największej ostrożności podczas wyizolowywania preparatu. Stopień tej częściowej denaturacji waha się od preparatu do preparatu.

Widma wzbudzenia dla pasm luminescencji 300 i 385 m μ k zdenaturowanego przez ogrzewanie i rodzimego DNA są identyczne.

Wynika z tego, że na podstawie pomiaru intensywności luminescencji po zastosowaniu czynnika denaturującego można otrzymać informacje o stopniu despiralizacji DNA.

Ponieważ częściowo zdenaturowany DNA posiadał charakterystyczne widmo luminescencji, budziło zainteresowanie poznanie luminescencji DNA-proteid ze względu na wzajemną zależność składników.

Przy wzbudzeniu $\lambda = 270$ występowało szerokie pasmo luminescencji bez wyraźnie zaznaczonego maksimum w zakresie 300—320 m μ k, przy wzbudzeniu $\lambda = 290$ występowało pasmo luminescencji przy 326—330 m μ k, przy wzbudzeniu $\lambda = 310$ występowała luminescencja w maksimum przy 385 m μ k. Autorzy przypuszczają, że maksyma luminescencji można przypisać różnym składnikom: tyrozynie, DNA, tryptofanowi, guaninie. Zwracają oni uwagę, że przy wzbudzeniu $\lambda = 310$ brak w widmie DNA-proteid linii charakterystycznej dla DNA, co można by tłumaczyć ekranowaniem DNA w DNA-proteidzie.

Podczas ogrzewania występują wyraźnie zmiany w widmach luminescencji i wzbudzenia. Intensywność luminescencji przy 300 m μ k i wzbudzenia przy 270 m μ k ogrzewanego preparatu DNA-proteid wzrasta znacznie, przy czym zjawia się pasmo luminescencji charakterystyczne dla DNA.

Przy wzbudzeniu DNA-proteid przy $\lambda = 310$ m μ k luminescencja w maksimum 385 m μ k wzrasta również silnie. W widmie wzbudzenia dla tego pasma wyraźnie zaznacza się zakres 290—312 m μ k charakterystyczny dla DNA. Zmiany te autorzy przypisują denaturacji DNA.

Dalsze badania wykazały, że rodzime roztwory nukleoproteidu posiadają silniejszą luminescencję niż rodzime roztwory DNA, natomiast zdenaturowane przez ogrzewanie preparaty DNA niż roztwory rodzime i zdenaturowane nukleoproteidu.

Autorzy przypuszczają, że połączenie DNA z białkiem powoduje takie zmiany w budowie DNA jak denaturacja przez ogrzewanie. Na podstawie dotychczasowych wyników autorów i innych badaczy przyjmuje się, że DNA w biostrukturach nabywa nowych właściwości i znajduje się w szczególnej postaci. Właściwością jej jest, z jednej strony częściowy brak wzajemnego oddziaływania między komplementarnymi zasadami, z drugiej pewne defekty w spiralizacji DNA.

Mimo to struktura DNA posiada określony stopień uporządkowania regulowany prawdopodobnie wzajemnym oddziaływaniem DNA i białka.

Częściowe usunięcie białka prowadzi do pojawiania się charakterystycznych dla DNA pasm luminescencji. Jeśli się przyjmie, że frakcja histonu bogatego w lizynę stanowi około 30% ogólnej ilości histonu i jeśli on najłatwiej dysocjuje od DNA-proteidu, to słuszne jest przypuszczenie, że dysocjacja jest odpowiedzialna za zmianę widma.

Porównanie wyników pozwala przypuszczać, że najprawdopodobniej składnikiem w widmie luminescencji w frakcji lizynowej histonu jest tryptofan. Ponieważ po usunięciu białka z nukleoproteidu zwiększa się intensywność w maksymach właściwych dla DNA, można przyjąć, że podczas deproteinizacji postępuje również denaturacja DNA niewykrywalna innymi metodami.

Autorzy stwierdzili również wzrost luminescencji wraz ze wzrostem stężenia

NaCl 0,7 do 2,0 M. Zmiana intensywności luminescencji nukleoproteidu, co potwierdzają dane z literatury, świadczy o istnieniu znacznego wpływu sił elektrostatycznych działających między DNA a histonem. Obniżenie intensywności nukleoproteidu przy 370—420 m μ k można zrozumieć, jeśli się uwzględni, że to pasmo w widmie pojawia się wskutek przejść elektronów $n \leftarrow \pi$ w zasadach. Być może ze zwiększeniem stężenia NaCl elektrony n ulegają blokadzie i związana z nimi luminescencja nie może wystąpić.

Konstancja Jakutowicz

BIOLOGICZNE ZNACZENIE CYTOCHROMU b_5 *

Stwierdzono, że pomiędzy biogenezą błonek siateczki endoplazmatycznej a biosyntezami białek, odgrywających znaczną rolę w procesach redoksowych, m.in. cyt b_5 — zachodzi ścisły paralelizm. Cyt b_5 wyosobniono po raz pierwszy z mikrosomów komórek wątroby cielęcia (Strittmatter i Vellick, 1956; Strittmatter, 1960; Strittmatter i Ozols, 1966), następnie z mikrosomów komórek wątroby świni (Garfinkel, 1957; Poltoratsky-Bois i Chaix, 1964) oraz dokładnie zidentyfikowano i scharakteryzowano pod względem biologicznym w ostatnich latach (Strittmatter, 1960; Strittmatter i Ozols, 1966, 1967).

Sargent i Vadlamudi (1968) uznali za najlepszą metodę wyizolowania cyt b_5 z mikrosomów zastosowanie: a) enzymów proteolitycznych (Phillips i Langdon, 1962; Poltoratsky-Bois i Chaix, 1964), b) fosfolipaz A (Strittmatter i Vellick, 1952; Strittmatter, 1960), zawartych np. w pankreatynie i niektórych jadach węzów (Long, 1961), oraz c) niektórych czynników chemicznych (np. deoksycholanu sodowego, Strittmatter i Ball, 1952), przy czym — obok cyt b_5 — uzyskano i drugi hemoproteid, cyt P-420, barwnik posiadający właściwości wiązania tlenku węgla oraz przechodzący w cyt P-450.

Zagadnienie biosyntezy cyt b_5 w mikrosomach nie jest jeszcze sprawą zamkniętą. Mianowicie stosując metodę izotopową (znakowana leucyna) stwierdzono, że cyt b_5 jest biosyntetyzowany w tzw. „szorstkiej” (rough) frakcji mikrosomów (na drodze przyłączania poszczególnych aminokwasów do rdzenia hemu), następnie zaś w postaci swoistego prekursora — przechodzi do drugiej frakcji tzw. „gładkiej” (smooth) już w ciągu kilku minut od momentu podania znakowanego aminokwasu, który ulega przyłączeniu do wiązania peptydowego cząsteczki hemoproteidu.

Dalsze badania wykazały, że cząsteczki nowo zsintetyzowanych cytochromów ulegają silnemu związaniu z rusztowaniem białkowym błonek mikrosomów; wiązanie to ulega przerwaniu jedynie pod wpływem aktywności enzymów proteolitycznych.

Interesujący jest fakt, że cyt b_5 jest mieszaniną dwóch odmian — cyt b_5F i cyt b_5S , różniących się pomiędzy sobą zawartością poszczególnych aminokwasów: odmiana F jest bogatsza o jedną cząsteczkę lizyny i jedną cząsteczkę seryny, a zarazem uboższa o jedną cząsteczkę kwasu asparaginowego i jedną cząsteczkę kwasu glutaminowego od odmiany S.

Wśród wielu związków białkowych, biosyntetyzowanych przez siateczkę endoplazmatyczną, wymienia się oprócz zespołu cytochromów również i niektóre enzymy: z grupy fosfataz — glukozo-6-fosfatazę, a z grupy reduktaz — oksydoreduktazę cytochromu c (Dallner i współpracownicy, 1966; Omura, Siekewitz i Palade, 1967).

Wiktor Janusz Pajor

* J. R. Sargent, B. P. Vadlamudi: *Characterization and Biosynthesis of Cytochrome b_5 in Rat Liver Microsomes*, The Biochemical Journal, vol. 107, 6, 839, 1968.

NOWA GRUPA ANTYBIOTYKÓW O WŁAŚCIWOŚCIACH PRZECIWNOWOTWOROWYCH*

Zespół badaczy radzieckich (Berlin i współpracownicy) stwierdził istnienie nowej grupy antybiotyków przeciwnowotworowych — pochodnych kwasu aureolowego. Skład antybiotyków grupy kwasu aureolowego przedstawia się następująco: a) podgrupa analogów — pochodnych kwasu aureolowego; b) antybiotyki z podgrupy chromomycyny oraz c) oliwomycyny. Na podstawie wyników analizy molekularnej ustalono budowę glikozydową nowych związków.

Wyżej wymienione antybiotyki różnią się pomiędzy sobą występowaniem swoich aglikonów oraz glikonów. Na przykład przedstawiciel tej grupy — kwas aureolowy, różni się od podgrupy chromomycyn wewnątrzcząsteczkowymi wędrownkami części cukrowej (oliwozy, oliozy, względnie diastereoizomeru oliwomykozy — D-mykarozy).

Natomiast aglikonem cząsteczki zarówno kwasu aureolowego, jak i szeregu innych antybiotyków: chromomycyn, aburamycyn, mitramycyn i niektórych bliżej nie zidentyfikowanych związków — jest chromomycynin.

Antybiotyki z podgrupy chromomycyn różnią się od oliwomycyn tylko homologicznymi aglikonami typu oliwinu. Skład cukrowy obu podgrup jest następujący: oliwomykoza, oliwomoza, oliwoza i olijoza.

Najnowsze, bardziej szczegółowe badania molekularne wykazały, że antybiotyki typu aburamycyn, chromomycyn, mitramycyn, oliwomycyn i niektóre inne nie są związkami homogenicznymi, lecz tworzą mieszaniny złożone z kilku odmian (A, B, C, D).

Oprócz wymienionych antybiotyków o właściwościach przeciwnowotworowych poznano również i szereg innych, dotychczas jeszcze niedokładnie zidentyfikowanych. Związki te oznaczono cyframi ewentualnie literami alfabetu.

Autorzy stwierdzili również, że niemal zbieżne właściwości nowych antybiotyków utrudniają w znacznym stopniu ich właściwą identyfikację.

Wiktor Janusz Pajor

ATYPOWA BUDOWA BIAŁEK DROBNOUSTROJÓW **

Nowsze badania szeregu antybiotyków peptydowych oraz niektórych białek, wyizolowanych z komórek drobnoustrojów, wykazały ich atypową budowę molekularną w porównaniu ze strukturą białek ustrojów wyżej zorganizowanych z następujących powodów:

a) biosynteza białek drobnoustrojów nie obejmuje genetycznego „kodu”, opartego na aktywizacji swoistych kwasów nukleinowych. Wyjątek stanowi fakt wyizolowania swoistego „messenger-RNA”, biorącego udział w biosyntezie gramicydyny S;

b) białka drobnoustrojów zawierają w swej cząsteczce aminokwasy prawoskrętne, które pochodzą z lewoskrętnych wskutek biokatalitycznej czynności racemazy (epimeryzacja typu alfa względnie beta).

Dla przykładu podano, że właśnie L-walina nadaje D-penicylaminie zdolność do wędrowek w obrębie cząsteczki penicyliny. Również D-walina, wchodząca w skład cząsteczki aktynomycyny, pochodzi z odmiany lewoskrętnej, analogicznie do D-ala-

* Yu. A. Perlin, O. A. Kiseleva, M. N. Kolosov, M. M. Shemyakin, V. S. Soifer, I. V. Vasina, I. V. Yartseva, V. D. Kutznetsov, *Aureolic Acid Group of Anti-Tumour Antibiotics*, Nature, vol. 218, 5137, 193, 1968.

** B. Bodanszky, D. Perlman — *Origin of D-Amino-acids in Microbial Peptides: Rule of α -Epimerization*, Nature, vol. 218, 5138, 291, 1968.

niny z błony komórki drobnoustroju. W cząsteczce antybiotyku stendomycyny występują dwie cząsteczki D-alloizoleucyny oraz dwie cząsteczki D-allotreony.

W wyniku badań składu aminokwasowego znanych antybiotyków peptydowych opracowano następującą teorię budowy molekularnej tych związków produkowanych przez drobnoustroje. Wszystkie cząsteczki izoleucyny, odznaczające się zdolnością do wędrówek wewnątrz-molekularnych, należą do serii L (np. w bacytracynach, destruksynach, polimyksynach, gramicydynie A i niektórych innych), natomiast wszystkie cząsteczki alloizoleucyny — do serii D (np. w aktynomycynie C, stendomycynie i innych).

Wiktor Janusz Pajor

ZAGADNIENIE ZMIAN WEWNĄTRZCZĄSTECZKOWYCH KWAŚÓW NUKLEINOWYCH I BIAŁEK POD WPLYWEM DZIAŁANIA NIEKTÓRYCH ZWIĄZKÓW MUTAGENNYCH I KARCINOGENNYCH *

P. D. Lawley (1968) podjął próby wyjaśnienia zagadnienia metylującego działania 3 nowych czynników mutagennych i karcinogennych: a) N-metylo-N-nitrozouretanu (w skrócie NMU), b) N-metylo-N-nitrozo-N'-metylogwanidyny (NNMG) oraz c) metanosulfonianu metylowego (MMS). Przypuszcza się, że proces metylowania wewnątrzcząsteczkowej struktury białkowej predestynuje do wystąpienia pierwszych zmian w genach oraz zdolnościach do reprodukcji białek komórkowych.

Na fakt metylowania komórkowych struktur białkowych zwrócili uwagę różni badawcze, a mianowicie według J. Rauego i F. Lingensa (1967) NNMG jest silnym czynnikiem metylującym nukleozydy, a ponadto polinukleotydy oraz cząsteczki RNA, natomiast według R. Schoental (1967) [¹⁴C]-metylo-NMU metyluje cząsteczkę DNA zarówno in vitro, jak in vivo z wytworzeniem 7-[¹⁴C]-metylogwaniny.

Badania P. D. Lawley'a (1968) potwierdziły wyniki poprzednio przeprowadzonych eksperymentów, a mianowicie, przy metylowaniu cząsteczki DNA powstają dwa główne produkty metylacji: 3-metyloadenina oraz 7-metyloguanina. Również wykazano, że natężenie procesów metylacji w roztworach zależy przede wszystkim od pH środowiska reakcji. Przy wzroście pH następuje znaczne skrócenie półokresu rozpadu NMU i NNMG.

Uzyskane metodą chromatografii kolumnowej i frakcjonacji produkty metylowania cząsteczki DNA zidentyfikowano ostatecznie jako 3-metyloadeninę oraz 7-metylogwaninę. Otrzymane wyniki są zgodne z teorią B. Pullmana i A. Pullmana, a mianowicie, N-7 cząsteczki gwaniny i N-3 cząsteczki adeniny stanowią główne centra aktywności biologicznej cząsteczki DNA. Ponadto reaktywność N-3 adeniny ulega zwiększeniu w przypadku związania cząsteczki DNA z jonami protonowymi.

Przypuszcza się, że wszelkie reakcje pomiędzy białkami a substancjami syntetycznymi (czynnikami alkilującymi) należą do typu reakcji powierzchniowych, zgodnie z hipotezą Krieka i Emmelota (1963, 1964, reakcja pomiędzy wodnymi roztworami kwasów nukleinowych a eterowymi roztworami diazoalkanów zachodzi na powierzchni styku dwóch faz: eter—woda).

Według badań J. A. Hainesa, C. B. Reesego, i A. R. Todda (1962), proces metylowania deoksygwanozyny przez diazometan z wydzieleniem 7-metylowej pochodnej można interpretować reakcją diazometanu z rzadko spotkanym tautomerem deoksy-

* P. D. Lawley — *Methylation of DNA by N-Methyl-N-nitrosouretane and N-Methyl-N-nitroso-N'-nitroguanidine*, Nature, vol. 218, 5141, 580, 1968.

gwanozyny, posiadającym grupę NH^+ w N—7. W analogiczny sposób wyjaśniono również proces metylowania reszty adeninowej cząsteczki DNA.

W konkluzji autor sugeruje słuszność hipotezy procesów metylacji cząsteczek DNA.

Zagadnienie procesów biosyntezy innych produktów metylacji cząsteczki DNA nie zostało ostatecznie rozwiązane.

Wiktor Janusz Pajor

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

XII MIĘDZYNARODOWY KONGRES GENETYKI

XII Międzynarodowy Kongres Genetyki odbył się w 1968 r. w Tokio i trwał od 19 do 28 sierpnia. W kongresie uczestniczyło około 1800 osób, w tym około 760 Japończyków, resztę stanowili przedstawiciele 54 państw. Najlichniesza była delegacja z USA — 503 osoby. Polska była reprezentowana tylko przez podpisanego, co jest zupełnie niewystarczającym absolutnym minimum (na przykład z Czechosłowacji było 10 osób.).

Japończycy zaimponowali wszystkim nie tylko ujmującą gościnnością i tętniącą życiem i błyskawicznie rozwijającą się ich stolicą — Tokio, ale wprost idealną organizacją kongresu i jego technicznej obsługi.

Obecny kongres był trochę inny od dwóch poprzednich, gdyż w układzie sympozjów i sesji kongresowych położono główny nacisk na te działy genetyki, które na ostatnich dwóch kongresach były jakby trochę w cieniu imponujących osiągnięć genetyki biochemicznej. Na kongresie w Tokio było więc w porównaniu z poprzednimi kongresami stosunkowo mało sympozjów poświęconych sprawie kodowania, biosyntezy białek czy też związanych ze strukturą kwasów nukleinowych czy białek. Organizatorzy kongresu wyszli z założenia, że te dziedziny stojące na pograniczu biochemii i genetyki, w których liczne prace oparte są głównie na metodyce badań biochemicznej czy biofizycznej, są dostatecznie omawiane i reprezentowane na licznych kongresach i sympozjach biochemicznych i że wobec tego nie jest konieczne uwydatniać je na kongresie genetycznym.

Wobec tego w Tokio położono wyraźny nacisk na genetykę roślin i zwierząt zwłaszcza w aspekcie hodowlanym i ewolucyjnym, na genetykę człowieka i genetykę populacyjną. Dużym zainteresowaniem na kongresie cieszyły się liczne sympozja i referaty dotyczące regulacji funkcji genów na różnym poziomie organizacyjnym, począwszy od wirusów i bakterii, a kończąc na ssakach i człowieku. Niewątpliwie zagadnienia regulacji funkcji genów i związane z tym u wyższych organizmów procesy różnicowania się komórek stają się dziś jednym z najaktualniejszych zagadnień w genetyce. O ile zasady funkcjonowania genów są w całym świecie ożywionym w zasadzie identyczne, to mechanizmy regulacji działalności genów wydają się być różne na różnych szczeblach drabiny ewolucyjnej.

Na kongres składało się 21 zaproszonych wykładów wiodących około 45-minutowych, wygłoszonych przez wybitnych przedstawicieli różnych dziedzin genetyki. Trudno je tu wszystkie wymieniać. Dwa zwłaszcza wybijały się świetną formą i błyskotliwym przedstawieniem tematu. Był to odczyt prof. Th. Dobzhansky'ego „Ewolucja ludzkości”, którego ideą przewodnią było podkreślenie, że gatunek ludzki, mimo nadzwyczaj szybkiej i skutecznej w opanowywaniu nowych środowisk ewolucji, opartej nie tylko na dziedziczeniu biologicznym, ale też na dziedziczeniu kulturowym, mimo wielkiego wzrostu liczebności i zróżnicowania kulturowego, zachowuje jednak zadziwiająco jedność gatunkową opartą o jednolity system genetyczny. Populacja ludzka nie wykazuje żadnych tendencji różnicowania na odrębne jednostki biologiczne.

Bardzo interesujący był również referat prof. S. Spiegelmana „Genetyczne układy *in vitro*” opisujący ostatnie osiągnięcia w replikowaniu DNA i RNA wirusowego *in vitro* i otrzymywaniu w warunkach kontrolowanego eksperymentu jednostek infekcyjnych w warunkach, gdzie zarówno matryca, jak i kopie były wy-

tworzone przy pomocy specyficznych wysoce oczyszczonych polimeraz. Mamy tu więc do czynienia po raz pierwszy z syntezą *in vitro* kwasów nukleinowych przenoszących sensowną biologicznie informację dziedziczną. Być może jest to wstęp do syntetyzowania w przyszłości różnych DNA czy RNA przenoszących określoną informację genetyczną.

Zaproszone wykłady przedstawiające postępy w różnych dziedzinach genetyki, z których tylko części mogłem sam wysłuchać, będą wydrukowane w całości w tomie trzecim „Proceedings” kongresu, który miał się ukazać przed końcem 1968 r.

Następnie w czasie kongresu zostało zorganizowanych 25 tak zwanych małych sympozjów z zaproszonymi 4–5 referentami. Aby zorientować Czytelników w tematyce obrad kongresu, warto podać tytuły tych sympozjów. Ilustrują one dobrze rodzaj zagadnień, na które położono specjalny nacisk na tym kongresie. Tematy tych sympozjów były następujące: kodowanie i transkrypcja, regulacja działania genów, genetyczna kontrola molekularnej „architektury”, lizogenia, budowa chromosomów, problemy isoenzymów, infekcyjne dziedziczenie u wyższych organizmów, genetyczna kontrola różnicowania komórkowego, badania chromosomowe nowotworów, B-chromosomy, molekularne podstawy mutacji, reperacja w procesie mutacji, rola epistazji i sprzężenia w ewolucji, utrzymywanie się zmienności białkowej i genetycznej w naturalnych populacjach, utrzymywanie się genów letalnych i szkodliwych w naturalnych populacjach, genetyka procesów migracji i izolacji, wywoływanie aberacji chromosomalnych przez promieniowania, molekularne podstawy chorób dziedzicznych, doświadczenia selekcyjne ze zwierzętami, dynamika ewolucyjna roślin, czynnik R i pokrewne czynniki, zastosowania genetyki mikroorganizmów do przemysłu, pleć i jej genetyczna kontrola u orzęsków, zastosowanie indukowanych mutacji w hodowli roślin.

Sądzę, że już sam przegląd tych tytułów sympozjów wskazuje, jak duży nacisk na ostatnim kongresie był położony na zastosowaniach genetyki w badaniach hodowlanych, populacyjnych i w medycynie. Niewątpliwie rola genetyki w poznawaniu struktury i funkcjonowania komórki była i jest podstawowa, stała się punktem wyjściowym wspaniałych osiągnięć biologii molekularnej. Oprócz jednak tych zagadnień, najbardziej podstawowych, przed genetykami stoi dziś niesłychanie palące zagadnienie przyspieszania produkcji nowych odmian roślin i zwierząt w związku z ekspansją demograficzną i walką z głodem dotykającym dziś już milionowe rzesze. Zwłaszcza gdy kongres odbywa się w Azji, gdzie w wielu krajach, jak Indie, czy Pakistan, problem ten jest specjalnie aktualny.

Wyrazem zrozumienia tych potrzeb przez genetyków było zawiązanie w czasie kongresu specjalnej organizacji międzynarodowej genetyków azjatyckich, której głównym zadaniem jest współdziałanie przy podnoszeniu poziomu hodowli roślin i zwierząt na terenie Azji.

W tym roku w Indiach i Pakistanie zebrano rekordowe plony pszenicy, które prawie uniezależniają te kraje od importu. Wynik ten osiągnięto głównie dzięki wprowadzeniu do tych krajów wyhodowanej przez ośrodki genetyczne w Meksyku nowej odmiany pszenicy Maxipac. Odmiana ta daje rekordowe plony przy intensywnej gospodarce i maksymalnym nawożeniu. Intensywna gospodarka na terenach glebowo i klimatycznie sprzyjających w tych krajach może całkowicie, a nawet z nadwyżką, pokryć zapotrzebowania zbożowe całych Indii i Pakistanu. Również intensywne badania genetyczno-hodowlane prowadzone przez licznych genetyków japońskich, które zostały pięknie zilustrowane na wystawie urządzonej w czasie kongresu doprowadziły do powstania licznych bardzo wydajnych odmian ryżu. Odmiany te rozprowadzane obecnie w różnych krajach kontynentu azjatyckiego mogą radykalnie zmienić poziom produkcji tego podstawowego źródła żywności dla całej Azji.

Aspekt zastosowania badań genetycznych w hodowli został przez organizatorów słusznie na kongresie podkreślony i uwypuklony, zwłaszcza że genetycy japońscy mają w tej dziedzinie imponujące osiągnięcia. Japonia ze swej stosunkowo niewielkiej powierzchni uprawnej nie tylko jest w stanie wyżywić 100 milionów swej ludności, ale jest jeszcze eksporterem środków żywnościowych do wielu krajów Azji i innych kontynentów.

Przed genetykami stoi nie tylko zagadnienie produkcji nowych odmian w celu żywienia ludzkości, ale także ochrona przyszłej ludzkości przed rozprzestrzenianiem się różnych defektów genetycznych i kierowanie w miarę możliwości składem genetycznym przyszłych pokoleń ludzkich.

Organizatorzy i uczestnicy kongresu oddali hołd zmarłemu w roku zeszłym wybitnemu genetykowi amerykańskiemu i laureatowi Nagrody Nobla prof. H. I. Mullerowi.

Zorganizowano wystawę dzieł i fotografii ilustrujących różne etapy jego burzliwego życia w USA, ZSRR i następnie znowu w USA. Na zakończenie kongresu prof. T. M. Sonneborn z Bloomington (USA), gdzie ostatnio pracował prof. Muller, wygłosił piękny odczyt „H. I. Muller — szermierz sprawy biologicznego udoskonalenia ludzkości”. W tym pięknym odczycie prof. Sonneborn wykazał, jak H. I. Muller konsekwentnie przez całe życie walczył o zastosowanie zdobyczy genetyki przede wszystkim do poprawienia składu genetycznego w populacji ludzkiej. Według Mullera człowiek powinien być pierwszym i jedynym organizmem naszej planety, który nie tylko będzie przedmiotem procesów ewolucyjnych, ale jest już obecnie zdolny do świadomego i aktywnego kierowania własną ewolucją. Jest to niezwykle odważna i trudna w realizacji idea, ale niewątpliwie przy obecnym niezwykle szybkim rozwoju naszej wiedzy o organizacji procesów życiowych i coraz bardziej wyraźnym pogarszaniu się składu genetycznego populacji ludzkich, w tej czy innej postaci będzie coraz bardziej aktualna. Idea ta, której szermierzem przez całe swe życie był H. I. Muller, została przekazana dalszym pokoleniom genetyków.

Oprócz sesji plenarnych dużych i małych sympozjów zgłoszono na kongresie około 800 doniesień na 15 równoległe obradujących sesjach, obejmujących wszelkie działy genetyki od struktury genu do genetyki ewolucyjnej. Oczywiście będąc jedynym przedstawicielem Polski na kongresie mogłem brać udział w obradach tylko jednej sekcji poświęconej funkcjonowaniu, a zwłaszcza regulacji funkcjonowania genu, gdzie wygłosiłem referat o naszych badaniach nad syntezą metioniny u *Aspergillus nidulans*.

Wszyscy wyjeżdżali z kongresu pod wrażeniem wzruszającej gościnności i uprzejmości gospodarzy oraz ich wspaniałych talentów organizacyjnych i wysokiego poziomu naukowego i technicznego ich placówek naukowych. Autor tego artykułu miał możność zwiedzenia Narodowego Instytutu Genetycznego w Misima, gdzie pod kierownictwem prof. H. Kihary pracuje wielki zespół genetyków we wszelkich dziedzinach genetyki od genetyki fizjologicznej i molekularnej bakterii i jedwabnika do genetyki i hodowli roślin oraz cytogenetyki i genetyki populacyjnej człowieka. Instytut mieści się w pięknym zespole budynków u stóp świętej góry Fudzi i ma chyba rzeczywiście wprost idealne warunki pracy: w pięknym otoczeniu z pełnym współczesnym wyposażeniem i trochę z dala od zbyt hałaśliwego i ruchliwego Tokio.

W Misima zastałem nadal jeszcze aktywną naszą rodaczkę p. K. Lilienfeld, uczennicę prof. Corrensa, która od kilkudziesięciu lat współpracuje z prof. Kiharą i jest jednym z najstarszych pracowników Instytutu Genetyki.

Niedawno powstałe Polskie Towarzystwo Genetyczne zostało podczas kongresu przyjęte do Międzynarodowej Unii Towarzystw Genetycznych (IUBS), a niżej

podpisany został członkiem Komisji Genetycznej przy IUBS jako reprezentant Europy wschodniej. Sekcja ta postanowiła się obecnie zreorganizować i znacznie poszerzyć zakres swej działalności, który dotychczas praktycznie ograniczał się do współdziałania przy organizowaniu Międzynarodowych Kongresów Genetyki co cztery lata. Sekcja postanowiła organizować między kongresami różne sympozja, zarówno regionalne, jak i tematyczne oraz wprowadzić inne formy działalności, jak np. ustalanie terminologii i oznaczanie genów, utrzymywanie i dokumentowanie kolekcji szczepów różnych organizmów itp.

Niewątpliwie XII Międzynarodowy Kongres Genetyczny mimo głosów krytycznych o celowości tego rodzaju imprez został przez olbrzymią większość uczestników oceniony jako bardzo udany i pożyteczny. Postanowiono kontynuować dalej w odstępach czteroletnich międzynarodowe kongresy genetyczne. Miejsce następnego kongresu nie zostało jeszcze ustalone.

Wacław Gajewski

V MIĘDZYNARODOWY KONGRES FOTOBIOLOGII (Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, USA)

W dniach od 26 do 31 sierpnia 1968 r. w miejscowości Hanover w stanie New Hampshire (USA) odbył się V Międzynarodowy Kongres Fotobiologii zorganizowany przez narodowy (USA) i Międzynarodowy Komitet Fotobiologii (CIP) pod patronatem Narodowej Akademii Nauk. Obrady Kongresu odbywały się w Dartmouth College, jednym z najstarszych uniwersytetów w USA. Zorganizowane na wzór starych uniwersytetów angielskich i położone na uboczu wśród pięknej przyrody Nowej Anglii uniwersyteckie miasteczko Dartmouth College stanowiło doskonałe miejsce dla obrad, umożliwiając zakwaterowanie uczestników w pobliżu sal wykładowych, stwarzając techniczną łatwość kontaktów osobistych poza sesjami oraz sprzyjając skupieniu uwagi na pracach Kongresu.

W Kongresie wzięło udział przeszło 600 czynnych i około 150 towarzyszących uczestników. W stosunku do liczebności poprzedniego Kongresu (Oxford, 1964) oznacza to wzrost o około 50%. Proporcjonalnie do liczby uczestników wzrosła również ilość zgłoszonych prac. Ze zrozumiałych względów najliczniejszą grupę stanowili na Kongresie gospodarze. Wygłosili oni prawie trzy czwarte wszystkich referatów. Wysokie koszty podróży ograniczyły ilość uczestników z krajów europejskich, a w większym jeszcze stopniu z innych części świata (zaledwie 5% wszystkich zgłoszonych prac). W rezultacie skład Kongresu nie odzwierciedlał rzeczywistego międzynarodowego podziału pracy w tej dziedzinie nauki. Podobnie rzecz się miała w odniesieniu do polskiego uczestnictwa w Kongresie. Jedynym oficjalnym delegatem był niżej podpisany. W pracach Kongresu brał jednak również udział prof. D. Shugar jako członek Komitetu Wykonawczego CIP. Niestety zabrakło przedstawiciela polskiej fotofizjologii roślin, cieszącej się uznaniem na świecie.

W czasie uroczystości otwarcia Kongresu wręczone zostały medale i nagrody im. Finsena (duński lekarz z przełomu XIX i XX wieku, prekursor współczesnej fotobiologii) przyznawane przez Komitet Wykonawczy CIP co cztery lata i wręczane tradycyjnie przy tej okazji. Tym razem otrzymali je: E. J. Bowen, profesor Uniwersytetu Oxfordzkiego, nestor angielskiej i światowej fotochemii, „za podstawowy wkład w rozwój badań nad chemicznymi skutkami działania światła”; A. Holleander, wieloletni kierownik Działu Biologii Narodowych Laboratoriów w Oak Ridge (USA) „za współudział w rozwoju wczesnych stadiów badań fotobiologicznych a w szczególności genetyki radiacyjnej” oraz W. S. Stiles (Anglia) „za podstawowy wkład w badania nad percepcją wizualną u człowieka”.

Problematyka Kongresu była bardzo szeroka i właściwie objęła wszystkie podstawowe kierunki współczesnej fotobiologii. Wyrazem tego była organizacja prac Kongresu w 13 sekcjach: Fotochemii, Działania fotodynamicznego, Fotosyntezy, Bioluminescencji, Fotochemii makrocząsteczek, Fotodermatologii i działania nowotworowego, Fotomorfogenezy, Fototropizmu i fototaksji, Widzenia, Rytmów biologicznych, Aparatury i widm działania, Mechanizmów usuwania uszkodzeń fotochemicznych oraz Biologicznych skutków działania promieniowania jonizującego i niejonizującego. W ramach tych sekcji zorganizowano 11 specjalistycznych sympozjów (42 referaty 30-minutowe), wygłoszono 7 plenarnych referatów oraz ponad 300 15-minutowych komunikatów. Referaty plenarne otwierały obrady sympozjów i pomyślane były jako informujące niespecjalistów o aktualnym stanie wiedzy w danej dziedzinie. I tak obrady Kongresu otwarte zostały referatem plenarnym G. Portera (Anglia) pt. „Fotochemia złożonych cząsteczek” oraz symposium poświęconym mechanizmom reakcji fotochemicznych; J. Turro (USA) — „Fotochemiczna izomerizacja cząsteczek związków organicznych”; J. G. Burr (USA) „Mechanizmy powstawania fotodimerów i fotohydratów pirymidyn” oraz M. Kasha (USA) — „Fizyka, chemia i biologia tlenu w stanie singletowym”. Pozostałe referaty plenarne wygłosili: R. A. Wheale (Anglia) — „Wykład wstępny o widzeniu”, Ph. C. Hanavalt (USA) — „Uszkodzenia wywołane promieniowaniem i ich usuwanie *in vivo*”, A. Wiskeman (NRF) — „Działanie promieniowania nadfioletowego na skórę”, H. Mohr (NRF) — „Fotomorfogeneza”, A. Avron (Izrael) — „Fotochemia i biochemia fotosyntezy” oraz C. S. Pittendrigh i C. S. Minis (USA) — „Zegary biologiczne”.

Równolegle przebiegające sesje poszczególnych sekcji umożliwiały w praktyce uczestnictwo w pracach niewielu z nich. Niżej podpisany brał udział głównie w pracach sekcji fotochemii i fotochemii makrocząsteczek oraz mechanizmu usuwania uszkodzeń fotochemicznych, przewodnicząc jednej z sesji oraz wygłaszając komunikat. Prof. D. Shugar przedstawił referat sympozjalny (Fotochemia makrocząsteczek) pt. „Fotochemia pochodnych kwasów nukleinowych i syntetycznych polinukleotydów” oraz dwa komunikaty z prac Zakładu Biofizyki IBB PAN.

Znakomita większość prac przedstawionych na tych sesjach, jak i referatów sympozjalnych dotyczyła podstawowej fotochemii kwasów nukleinowych i elementów ich budowy, biologicznych skutków pojawiania się określonych fotoproduktów (dimerów i hydratów pirymidyn) w DNA i RNA *in vivo* oraz mechanizmów usuwania uszkodzeń. W ostatnich latach w tej dziedzinie dokonał się duży postęp, dotyczy to zwłaszcza fotobiologii kwasów dezoksyrybonukleinowych.

Na zakończenie Kongresu odbyło się ogólne zgromadzenie uczestników, którzy po wysłuchaniu sprawozdania z działalności Międzynarodowego Komitetu Fotobiologicznego dokonali wyboru nowych jego władz na następne cztery lata. Przewodniczącym CIP wybrany został prof. G. Porter (Davy Faraday Research Laboratory, London), laureat nagrody Nobla w 1967 r. za prace w dziedzinie podstawowej fotochemii. Zdecydowano również powierzenie organizacji następnego Kongresu (1972 r.) NRF.

Kazimierz L. Wierzchowski

REGULAMIN NAUKOWYCH NAGRÓD WYDZIAŁU II PAN

§ 1.

1. Ustanawia się pieniężne nagrody naukowe Wydziału Nauk Biologicznych Polskiej Akademii Nauk za wybitne i twórcze prace w zakresie nauk biologicznych, przyczyniające się do rozwoju tych nauk.
2. Nagrody naukowe Wydziału II PAN przyznawane będą za prace opublikowane nie wcześniej niż w ciągu dwóch lat, poprzedzających rok, w którym wniosek o nagrodę zostanie zgłoszony do Wydziału.

§ 2.

1. Nagrody naukowe Wydziału II PAN będą przyznawane osobom bez względu na stopień i tytuł naukowy oraz miejsce pracy, jednakże ze szczególnym uwzględnieniem prac młodszych pracowników nauki (od nagród wyłączeni są członkowie PAN).
2. Nagrody naukowe Wydziału II PAN mogą być przyznawane corocznie.
3. Wysokość wydziałowej nagrody naukowej PAN ustala się na 20 000.— zł za prace opublikowaną pod więcej niż jednym nazwiskiem oraz 15 000.— zł za pracę indywidualną.
4. Nagroda Wydziału II PAN nie może być przyznana tej samej osobie przed upływem 5 lat od daty przyznania poprzedniej nagrody Wydziału.

§ 3.

1. Nagrody przyznawane będą przez Wydział II PAN na wniosek Komisji Nagród, wyłonionej przez sesję plenarną na dany rok.
2. Kandydatów do nagród ze wskazaniem konkretnej pracy, za którą ma być przyznana nagroda zgłaszają przez odpowiedni Komitet Naukowy PAN:

- 1) Członkowie Wydziału II PAN,
- 2) Samodzielni pracownicy nauki, Kierownicy Zakładów PAN oraz Zakładów Wyższych Uczelni.

Do wniosków zgłaszanych do Komitetów Naukowych PAN muszą być dołączone: trzy egzemplarze pracy proponowanej do nagrody, opinia wnioskodawcy oraz jedna recenzja specjalisty spoza danego zakładu. Komitet obowiązany jest dokonać oceny przesłanych wniosków i wraz ze swoimi opiniami przesyłać Komisji Nagród przy Wydziale II PAN. Komisja Nagród rozpatruje otrzymane z Komitetów wnioski i ma prawo w miarę potrzeby powoływać dodatkowych recenzentów.

3. Wnioski o nagrody wraz z pełną dokumentacją składać należy do odpowiednich Komitetów Naukowych PAN do 1 stycznia każdego roku (w 1969 r. do 31 III 1969 r.). Komitety przekażą zaopiniowane przez siebie materiały Komisji Nagród najpóźniej do dnia 1 marca (w 1969 r. do dnia 1 maja).
4. Komisja Nagród Wydziału II PAN w głosowaniu tajnym wybiera spośród otrzymanych wniosków kandydatów do nagrody i przedstawia te kandydatury wraz z uzasadnieniem do zaakceptowania sesji plenarnej Wydziału II. Dla ważności uchwały wymagana jest kwalifikowana większość głosów uczestników sesji plenarnej.

§ 4.

Niezależnie od wydziałowych nagród naukowych określonych niniejszym regulaminem utrzymany zostaje dotychczasowy system nagród PAN dla pracowników nauki ustalony uchwałą nr 119/55 Sekretariatu Naukowego Prezydium PAN z dnia 25 X 1955 r. ze zmianami wynikającymi z uchwały nr 123/60 Sekretariatu Naukowego PAN z dnia 22 XI 1960 r.

§ 5.

Wykaz osób nagrodzonych publikowany będzie z urzędu w „Nauce Polskiej”.

§ 6.

Regulamin niniejszy wchodzi w życie z dniem powzięcia uchwały.

KOMUNIKAT

Komitet Organizacyjny IX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Zoologicznego zawiadamia, że zgodnie z decyzją plenum Zarządu Głównego, Ogólnopolski Zjazd PTZool. odbędzie się w dniach 22 do 25 września 1969 r. w Lublinie.

Szczegółowe dane odnośnie Zjazdu zostaną przesłane w niedługim czasie wszystkim Członkom Towarzystwa. Ponieważ ostateczny termin nadsyłania tytułów i streszczeń referatów został ustalony na dzień 31 stycznia 1969 r., Komitet Organizacyjny prosi uprzejmie o przygotowanie już referatów, jak i dokumentacji fotograficznej (uwaga! wyłącznie znormalizowane diapozytywy).

*Komitet Organizacyjny
IX Zjazdu PTZool.*

СОДЕРЖАНИЕ

Януш Славиньски — Биолуминисценция морских организмов	3
Кристина Кшысько — Абсцизин — новый регулятор роста	27
Якуб Мовшович, Марцин Плиньский — Увеличение числа лепестков венчика у видов лютика (<i>Ranunculus</i> L.)	35
Ядвига Скерчинская — Электрические явления в растительных клетках	43

ДИСКУССИЯ И КРИТИКА

Веслав Ставиньски — По вопросу преподавания биологии в общеобразовательном лицее	57
Здзислав Раббе — По вопросу преподавания биологии в общеобразовательном лицее	58

РЕЦЕНЗИИ

Хенрик Шарски — Wahlert G. v.: Latimeria und die Geschichte der Wirbeltiere. Eine evolutionsbiologische Untersuchung	61
В. Х. — Bauer L., Weinitschke H.: Landschaftspflege und Naturschutz	64
Станислав Грабец — Введение в субмолекулярную биологию	65

НАУЧНАЯ ХРОНИКА

Здзислав Ильчук — Симпозиум на тему техники стерилизации инструментов и материалов в связи с исследованиями в космосе; Станислав Грабец — О проекте программы биофизики в Медицинских Институтах СССР; Ирена Зубкевич — Объективность и реальность высших таксономических категорий; Ежи Ю. Липа — Связи между насекомыми-фитофагами и кормовыми растениями как форма межвидовых отношений; Валенты Москва — Новые идеи относительно нехимических интеграционных механизмов в живых организмах; Теодозия Длугокенцка — Селек-Вычисление потенциального эволюционного повышения видовой плотности полинезийской фауны муравьев; Теодозия Длугокенцкая — Селекция и инверсионный полиморфизм в экспериментальных популяциях *Drosophila pseudoobscura*, начавшихся с хромосомовым составом диких популяций; Янина Г. Рогозиньска — Зависимость активности цитокининов от их структуры; Констанция Якутович — Форма электрического поля, создаваемого биполярным нейроном; Констанция Якутович — Новые данные о ферментативной активности цитоплазматических мембран до и после воздействия ультразвуковых волн; Констанция Якутович — О хемилюминесценции, сопровождающей фотоокисление триптофона; Констанция Якутович — Люминесцентные свойства ДНК и ДНП при комнатной температуре; В. Й. Пайор — Биологическое значение цитохрома b_5 ; В. Й. Пайор — Новая группа антитуморных антибиотиков; В. Й. Пайор — Атипичная структура пептидов микроорганизмов; В. Й. Пайор — Проблема внутримолекулярных изменений

неклеиновых кислот и протеинов стимулированных некоторыми мутагенными и карциногенными соединениями	67
---	----

СОБРАНИЯ, СЪЕЗДЫ И НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ

<i>Вацлав Гаевски</i> — XII (Двенадцатый) Международный Конгресс Генетики	99
<i>Казимеж Л. Вежховский</i> — V Международный фотобиологический конгресс	102

MISCELLANEA

Новые правила присуждения премий Отделения Биологических Наук ПАН	105
Сообщение	106

CONTENTS

<i>Janusz Stawiński</i> — Bioluminescence of marine organisms	3
<i>Krystyna Krzyśko</i> — Abscisin — a new growth regulator	27
<i>Jakub Mowszowicz, Marcin Pliński</i> — An excessive number of petals in some species of crowfoots	35
<i>Jadwiga Skierczyńska</i> — Electrical phenomena in plant cells	43

DISCUSSION AND CRITIQUE

<i>Wiesław Stawiński</i> — Some aspects of teaching biology at colleges	57
<i>Zdzisław Raabe</i> — Some aspects of teaching biology at colleges	58

BOOK REVIEW

<i>Henryk Szarski</i> — Wahlert G. v.: Latimeria und die Geschichte der Wirbeltiere. Eine evolutionsbiologische Untersuchung	61
<i>W. Ch.</i> — Bauer L., Weinitschke: Landschaftspflege und Naturschutz	64
<i>Stanisław Grabiec</i> — Introduction to a submolecular biology	65

SCIENTIFIC CHRONICLE

Zdzisław Ilczuk — Symposium on the theme of methods of sterilization of equipment and samples in space investigation; *Stanisław Grabiec* — On the proposal of the biophysics program in the Soviet-Union Medical Institutes; *Irena Zubkiewicz* — Objectivism and reality in higher taxonomic categories; *Jerzy J. Lipa* — Interactions between phytopagous insects and their host plants as an example of interspecific relations; *Walenty Moskwa* — New ideas about non-chemical integrating mechanisms in living systems; *Teodozja Długokęcka* — An estimate of the potential evolutionary increase in species density in the polynesian ant fauna; *Teodozja Długokęcka* — Selection and inversion polymorphism in experimental populations of *Drosophila pseudoobscura* initiated with chromosomal constitutions of natural populations; *Janina H. Rogozińska* — Cytokinins: structure /activity relationships; *Konstancja Jakutowicz* — The shapes of electric field formed by bipolar neuron; *Konstancja Jakutowicz* — New data on enzymatic activity of cytoplasmic membranes before and after ultrasonic wave effect; *Konstancja Jakutowicz* — On chemiluminescence accompanying tryptophane photooxidation; *Konstancja Jakutowicz* — Luminescent properties of DNA and DNT at room temperature; *Wiktoria J. Pajor* — Biological significances of cytochrome b_5 ; *Wiktoria J. Pajor* — A new group of anti-tumour antibiotics; *Wiktoria J. Pajor* — Atypical structure of bacterial peptides; *Wiktoria J. Pajor* — A problem of intramolecular changes in nucleic acids and proteins induced by some mutagenic and carcinogenic compounds;

SESSIONS, MEETINGS AND SCIENTIFIC CONFERENCES

<i>Waclaw Gajewski</i> — Twelfth International Congress of Genetics	99
<i>Kazimierz L. Wierzchowski</i> — Vth International Congress on Photobiology . .	102

MISCELLANEA

Regulations of the scientific prizes of the Biological Department at the Polish Academy of Sciences	105
Comunique	106

SPIS TREŚCI

Janusz Sławiński — Bioluminescencja organizmów morskich	3
Krystyna Krzyśko — Abscysyna — nowy regulator wzrostu roślin	27
Jakub Mowszowicz, Marcin Pliński — Występowanie nadliczbowych płatków u niektórych gatunków jaskrów <i>Ranunculus</i> L.	35
Jadwiga Skierczyńska — Zjawiska elektryczne w komórkach roślinnych	43

DYSKUSJA I KRYTYKA

Wiesław Stawiński — W sprawie nauczania biologii w liceum ogólnokształcącym	57
Zdzisław Raabe — W sprawie nauczania biologii w liceum ogólnokształcącym	58

RECENZJE

Henryk Szarski — Wahlert G.v.: Latimeria und die Geschichte der Wirbeltiere. Eine evolutionsbiologische Untersuchung	61
W.Ch. — Bauer L., Weinitschke H.: Landschaftspflege und Naturschutz	64
Stanisław Grabiec — Wstęp do biologii submolekularnej	65

KRONIKA NAUKOWA

Zdzisław Ilczuk — Sympozjum na temat techniki sterylizacji urządzeń i tworzyw w związku z badaniami w Kosmosie; Stanisław Grabiec — O projekcie programu biofizyki w Radzieckich Akademii Medycznych; Irena Zubkiewicz — Obiektywność i realność wyższych kategorii taksonomicznych; Jerzy J. Lipa — Współzależność między roślinożernymi owadami a ich roślinami żywicielskimi jako forma stosunków międzygatunkowych; Walenty Moskwa — Nowe koncepcje odnośnie niechemicznych oddziaływań sterujących w ustrojach żywych; Teodor Długokęcka — Obliczenie potencjalnego wzrostu ewolucyjnego gęstości rozmieszczenia gatunków polinezyjskiej fauny mrówek; Teodor Długokęcka — Selekcja i inwersyjny polimorfizm w populacjach eksperymentalnych *Drosophila pseudoobscura*, zapoczątkowanych z chromosomalną konstytucją dzikich populacji; Janina H. Rogozińska — Cytokininy: zależność między strukturą a aktywnością; Konstancja Jakutowicz — Kształt pola elektrycznego powstającego pod wpływem bipolarnego neuronu; Konstancja Jakutowicz — Nowe dane o enzymatycznej aktywności błon cytoplazmatycznych przed i po działaniu ultradźwięków; Konstancja Jakutowicz — Chemiluminescencja towarzysząca fotoutlenianiu tryptofanu; Konstancja Jakutowicz — Luminescencja kwasu dezoksyrybonukleinowego i dezoksyrybonukleoproteidu w temperaturze pokojowej; Wiktor J. Pajor — Biologiczne znaczenie cytochromu b_5 ; Wiktor J. Pajor — Nowa grupa antybiotyków o właściwościach przeciwnowotworowych; Wiktor J. Pajor — Atyпова budowa białek drobnoustrojów; Wiktor J. Pajor — Zagadnienie zmian

wewnątrzcząsteczkowych kwasów nukleinowych i białek pod wpływem działania niektórych związków mutagennych i karcinogennych . . .	67
--	----

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

<i>Wacław Gajewski</i> — XII Międzynarodowy Kongres Genetyki	99
<i>Kazimierz L. Wierzchowski</i> — V Międzynarodowy Kongres Fotobiologii . .	102

MISCELLANEA

Regulamin naukowych nagród Wydziału II PAN	105
Komunikat	106

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>Bruzelles 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 IXe</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, Drottninggatan 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
- Księgarnie „Domu Książki”
- 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. 1. s. 1—112, Warszawa 1969.

Indeks 36417