

## BARWNIKI ROŚLINNE I ICH ZNACZENIE W ROZWOJU FITOPLANKTONU

*Przedstawiono rolę i znaczenie barwników roślinnych w procesie transformacji energii świetlnej na energię wiązań chemicznych oraz konsekwencje ekologiczne ich odmiennego składu u przedstawicieli różnych grup taksonomicznych fitoplanktonu.*

Zmiany rozwoju liczebnościowego organizmów roślinnych zasiedlających wody powierzchniowe są wynikiem oddziaływania szeregu fizycznych i chemicznych czynników środowiskowych. Parametrem najczęściej stosowanym w celu ustalenia powiązań pomiędzy wielkością rozwoju fitoplanktonu a czynnikami zewnętrznymi jest chlorofil „a”, stanowiący po względem jakościowym równoważną cechą dla całej populacji glonów.

Stosowanie tego barwnika jako estymatora biomasy całej populacji glonów, nie odzwierciedla jednak zmian koncentracji chlorofilu w komórkach roślinnych, związanych ze zmieniającą się strukturą gatunkową fitoplanktonu oraz nie odzwierciedla roli barwników towarzyszących w wydajności procesu transformacji energii świetlnej na energię wiązań chemicznych, a tym samym nie uwzględnia możliwości energetycznych komórki i intensywności jej metabolizmu w odmiennych warunkach świetlnych.

Celowe wobec tego wydaje się przedstawienie znaczenia i roli barwników roślinnych w procesie transformacji energii świetlnej oraz konsekwencji ekologicznych ich odmiennego składu u przedstawicieli różnych grup taksonomicznych.

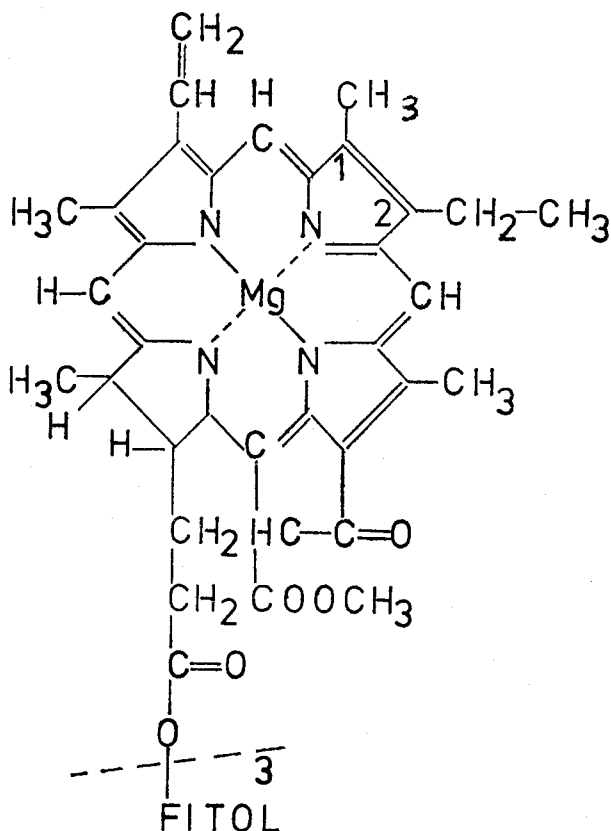
### Barwniki asymilacyjne – budowa i funkcje

Długotrwałe i szczegółowe badania procesu fotosyntezy oraz mechanizmu transformacji energii świetlnej na energię wiązań chemicznych doprowadziły do ustalenia budowy i funkcji związków chemicznych, odpowiedzialnych za przebieg tego procesu.

Wyodrębniono dwie grupy barwników. Pierwszą i najważniejszą tworzą związki zawierające w drobinie 4 pierścienie pirolowe — chlorofile i fikobliny. Drugą stanowią karotenoidy, zawierające karoteny i ksantofile.

Chlorofile — barwniki tej grupy zbudowane są z układu porfiryнового, zawierającego atom magnezu i łańcuchów bocznych, które w przypadku chlorofilu „a” utworzone są z fitolu i rodnika metylowego (rys. 1). Chlorofil „b”

różni się od poprzedniego rodnikiem karbonylowym, który wchodzi w miejsce rodnika metylowego (rys. 1, poz. 1). Chlorofil „c” jest pozbawiony fitolu [8], a chlorofil „d”, zamiast rodnika etylenowego posiada przy drugim węglu rodnik karbonylowy [9] (rys. 1, poz. 2). Dokładna budowa tych dwóch ostatnich chlorofilu jak i występujących jeszcze czterech odmian nie jest jeszcze w pełni poznana [3].



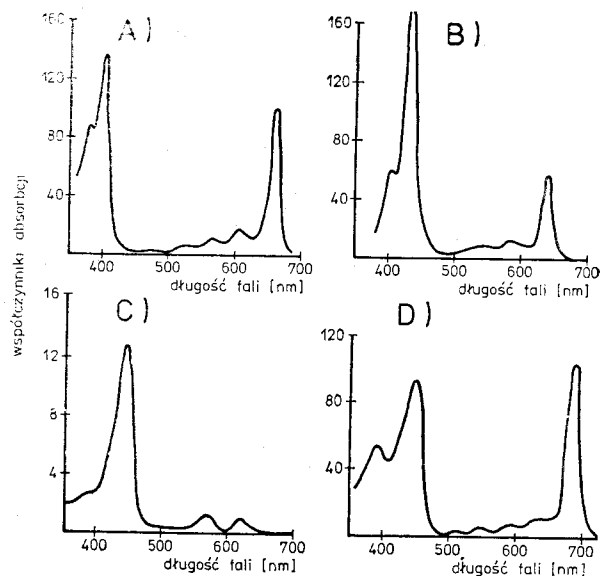
Rys. 1 Budowa chlorofilu „a” (za Goltermanem 1975)

Ze wszystkich barwników tej grupy jedynie chlorofil „a” ma zdolność kierowania zaabsorbowanej energii świetlnej na drogę przemian chemicznych a pozostałe barwniki pełnią rolę pomocniczą przekazując zaabsorbowaną energię świetlną na chlorofil „a”.

Aktywność fotochemiczna chlorofilu „a” wynika z posiadania łatwo wzbudzalnych przez światło elektronów, mogących w procesie absorpcji światła przechodzić ze stanu podstawowego na orbitale o wyższych poziomach energetycznych, co w konsekwencji powoduje wytworzenie ciągu elektronowego, skierowanego do odpowiednich akceptorów, dostarczając tym samym energię do wytworzenia wysokoenergetycznego wiązania pirofosforanowego w ATP [3]. Jakkolwiek w procesie fotosyntezy źródłem energii jest promieniowanie słoneczne w całym zakresie promieniowania widzialnego, to w przypadku chlorofilu maksyma absorpcji obserwuje się w zakresie światła niebiesko-fioletowego i pomarańczowo-czerwonego, a stopień jego pochłaniania przez różne chlorofile cechuje się dużą zmiennością (rys. 2).

Fikobiliny należą do grupy chromoproteidów, składających się z dużej cząsteczki białkowej i małej ściśle z nią powiązanej, w stopniu uniemożliwiającej ekstrakcję rozpuszczalnikami organicznymi, drobiny pigmentu. Cały kompleks barwnika jest natomiast łatwo rozpuszczalny w wodzie. Fikobiliny są pochodnymi związków 4-pirolowych z tym, że nie tworzą zamkniętych pierścieni, jak to obserwuje się w przypadku chlorofilu, a jednostronnie otwarte [3].

W ich skład wchodzi fikoerytryny najsilniej pochłaniające barwy niebiesko-zielone (495 nm)



Rys. 2 Spektra absorpcji chlorofilu: A) chlorofil „a”, B) chlorofil „b”, C) chlorofil „c”, D) chlorofil „d” (według różnych autorów, za Górskim, 1962)

i zielono-żółte (565 nm) oraz fikocjaniny, mające maksimum absorpcji w zakresie barwy pomarańczowej (615 nm) rys. 3.

Zaabsorbowana energia jest przekazywana na chlorofil „a” i włączana w cykl przemian energii promienistej na energię wiązań chemicz-

(ciąg dalszy ze str. 40)

głośny już wypadek, który przed dwoma laty miał miejsce w Czechnicy. Ludzie, którzy korzystając z pięknej słonecznej pogody przebywali w swoich ogródkach, pracowali na polach czy na budowach ulegli silnemu zatruciu. Wielu osobom zaszkośliły owoce i warzywa z własnej działki. Choroba objawiła się nudnościami, torsjami, silnymi bólami głowy, wysoką temperaturą, osłabieniem. Zatruciu uległy także zwierzęta domowe, pszczoły, ptaki. Przyczyną licznych zachorowań były pestycydy, którymi, przy pomocy helikoptera opylono należącą do Zootechnicznego Zakładu Doświadczalnego plantację buraków. Pole to znajdowało się w bezpośrednim sąsiedztwie ogrodów działkowych, sadów i zabudowań mieszkalnych. Walka z powietrza ze szkodnikami roślin prowadzona jest kilka razy w roku. Nawet w okresie, gdy w pobliskich ogrodach dojrzewają owoce i warzywa. Ludzie nie zawsze mogą zbierać swoje własne plony. Za straty na ogół otrzymują odszkodowanie. Ale poszukiwane owoce i warzywa nie trafiają na rynek. W dziesiątkowanych pasiekach jest coraz mniej miodu.

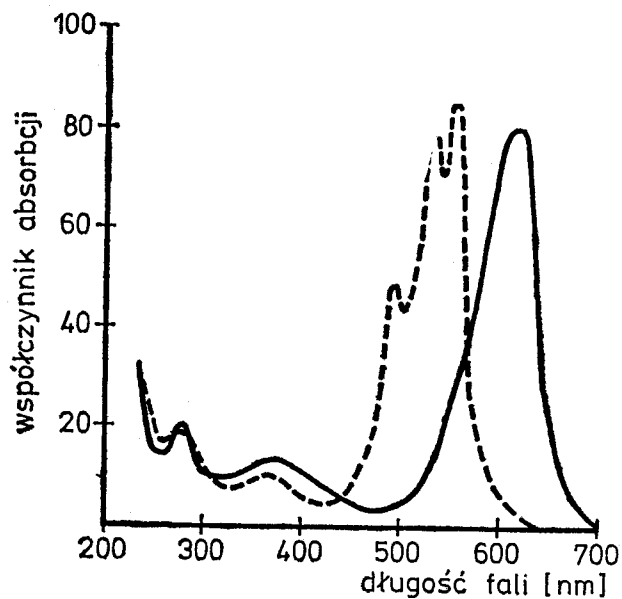
Przy silnych podmuchach wiatru opylanie pól środkami toksycznymi jest niebezpieczne nawet bez odrywania się od ziemi. W przypadku użycia samolotów

pęd powietrza przenosi truciznę na znaczne odległości. Helikoptery dokonują zabiegów ze znacznych wysokości, a więc mają utrudnione pole manewru. Dlatego powinno się ich używać tylko na bardzo dużych przestrzeniach. W naszym kraju poza obszarami leśnymi, takich terenów właściwie nie ma. Prowadząc walkę ze szkodnikami, służba rolna nie zastanawia się czy zyski rzeczywiście przewyższają straty. Poważnych strat ekologicznych w najbliższym otoczeniu, nawet najlepszy rachmistrz nie byłby w stanie przeliczyć na pieniądze. W złotychkach nie można określić także stopnia utraty ludzkiego zdrowia. Podobnie jak antybiotyki w medycynie chemiczne środki ochrony roślin wywołały w rolnictwie wielki przewrót. Ludzkość otrzymała potężną i jak się okazało, obosieczną broń. Współczesny człowiek sięgnął po nią aby się chronić przed głodem. Był to kolejny krok w kierunku zwiększenia ilości żywności i pasz. Już od wieków jedynym celem oddziaływania rolnictwa na środowisko przyrodnicze było pomnażanie powierzchni uprawnej oraz plonów. Droga różnych krzyżówek wprowadzono coraz to nowe, coraz bardziej wydajne, a przy tym coraz mniej odporne na szkodniki odmiany roślin. Zabiegi te doprowadziły w końcu do nieodwracalnych zmian. Zmniejszyła się ilość wielu gatunków

dziko rosnących roślin oraz zwierząt. Rośliny uprawne, które coraz bardziej wypierały naturalną florę i faunę, doprowadziły w końcu do zachwiania samoregulacji środowiska. Zachwianie przyrodniczej równowagi spowodowało nienotowany przedtem rozwój szkodników roślin jednogatunkowych.

Pestycydy zapewniły początkowo wzrost plonów od 60 do 80 proc. Obecnie z wielu względów dają one już znacznie mniejszą 10 procentową zwyżkę ziemniopłodów. W wielu częściach świata zaobserwowano niebezpieczne zjawisko – jałowienie ziemi. Środki chemiczne zabijają w niej dżdżownice i inne mikroorganizmy, bez których gleba umiera. Rozwój chemii pestycydów zapoczątkował słynny biały proszek – DDT, który uznano za środek o właściwościach niemal cudotwórczych. Dzięki niemu własnie zwalczono plagę komarów – roznościei malarii oraz wielu innych chorób tropikalnych. DDT uratował 5 milionów ludzi, a dalszych 100 milionów ustrzegł od groźnych chorób. Za odkrycie białego proszku dokonane w 1940 r. Bernard Muller otrzymał pokojową nagrodę Nobla.

Przez wiele lat uważano, że preparat, który silnie działa na szkodniki jest dla człowieka zupełnie nieszkodliwy. Po latach doświadczeń okazało się, że ten pozornie niewinny, bo pozbawiony os-



Rys. 3 Spektra absorpcji fikocjanin (---) i fikoerytryn (—) (wg różnych autorów, za Heath, 1976)

nych [2], a wydajność tego procesu sięga 80—90% energii zaabsorbowanej przez fikobilyny [4].

Karotenoidy — termin ten obejmuje dwie grupy pokrewnych związków o zbliżonej budowie

chemicznej i właściwościach fizycznych. Pierwsze z nich karoteny należą do nielicznych związków organicznych, występujących w żywych organizmach, a złożonych tylko z węgla i wodoru. Z chemicznego punktu widzenia są one tetraterpenami o sumarycznym wzorze  $C_{40}H_{56}$  i budowie łańcuchowej o konfiguracji zygzakowatej.

Występują również formy posiadające na jednym lub obu końcach drobiny układ pierścieniowy jak to obserwuje się w przypadku izomerów, najszerszej rozprzestrzenionego przedstawiciela tej grupy związków — karotenu [1]. Barwniki te należą do nierozpuszczalnych w wodzie, natomiast łatwo można je ekstrahować takimi rozpuszczalnikami organicznymi, jak aceton czy eter. Maksyma absorpcji w roztworze obserwuje się w zakresie barw niebieskich i zielonych (rys. 4), a krzywe absorpcji poszczególnych izomerów są tak charakterystyczne, że umożliwiają ich identyfikację.

Drugą grupę stanowią ksantofile, w skład których obok węgla i wodoru wchodzi jeszcze tlen w postaci grup hydroksylonowych lub ketonowych.

Związki te są produktami utleniania różnych izomerów karotenu i występują jako wolne alkohole lub estry z kwasami tłuszczowymi. Są łatwo rozpuszczalne w alkoholach [1], a ich właściwości optyczne są analogiczne do właściwości karotenów (rys. 4).

trej toksyczności środek wywiera bardzo szkodliwy wpływ na całe środowisko biologiczne: zwierzęta lądowe i wodne, rośliny, organizmy ludzkie. Na prawdziwe oblicze DDT uwagę świata zwróciła Rachel Carson, autorka słynnej książki „Milcząca wiosna”. Opis upiornej, przyrody pozbawionej brzęczenia owadów, śpiewu ptaków, obecności istot żywych wywołał wielkie poruszenie.

Zabijając szkodniki biały proszek usmiercał także ptaki zjadające zatrute owady czy gryzonie. Wielka akcja Światowej Organizacji i Zdrowia w Borneo jest jednym z licznych przykładów reakcji łańcuchowej. W czasie walki z nosicielami chorób epidemicznych wytruto jednocześnie jaszczurki i ptaki, co spowodowało wyniszczenie kotów, które po prostu ginęły z głodu. W rezultacie nastąpiła inwazja szczurów — niszczycieli żywności, nosicieli dżumy i innych groźnych chorób. Pojawiły się epidemie i głód. Aby uporać się z tą nieoczekiwaną plagą, na zaatakowane tereny spuszczano z samolotów na spadach ogromne ilości kotów z importu.

Wyniszczenie dżdżownic w wielu krajach anglosaskich doprowadziło do pogorszenia sprawności gleby oraz wytrucia drożdów, dla których dżdżownice stanowiły codzienne menu.

W latach sześćdziesiątych, w wielu krajach świata o wysoko rozwiniętym rol-

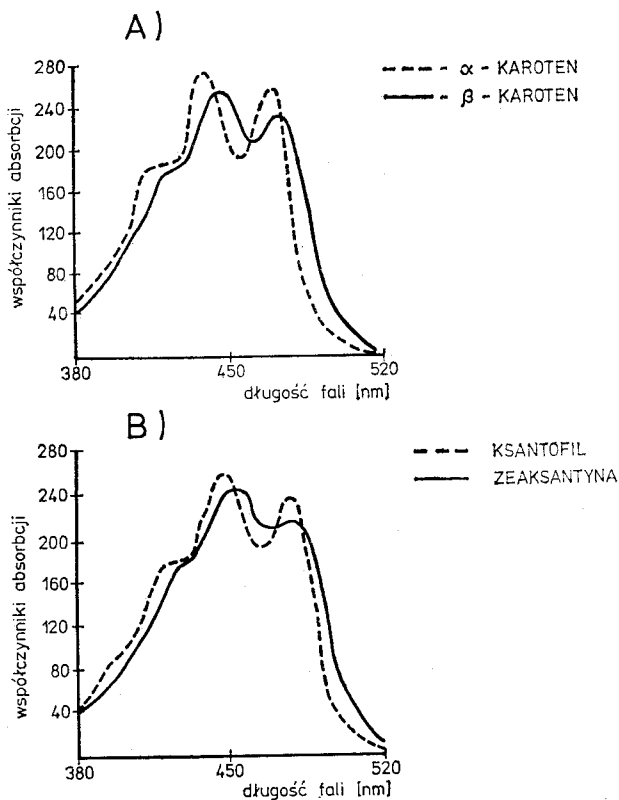
nictwie, m. in. w Polsce zauważono gwałtowny spadek ilości ptaków drapieżnych. Obserwacje ornitologów wykazały, że ptaki te znoszą jaja o zadziwiająco cienkiej skorupce, która pęka pod ciężarem wysiadującego je ptaka. To samo zjawisko zaobserwowano w koloniach ptaków rybożernych. I tym razem okazało się, że to właśnie biały proszek ponosi odpowiedzialność za gospodarkę wapniową w ptasich organizmach. Podobnie jak za zwiększoną liczbę potworkowatych piskląt, a także znacznie opóźnione uniemożliwiające rodzicom wychowanie piskląt.

DDT wywołuje także wiele groźnych chorób u ludzi. Posiada właściwości rakotwórcze. Działa szkodliwie na korę mózgową, uszkadza ośrodki ruchowe, hamuje przewodzenie impulsów nerwowych, obniża sprawność umysłową, powoduje utratę pamięci, napady urojeniowe. Obniża płodność, powoduje poważne zmiany genetyczne.

Mimo, że Światowa Organizacja Zdrowia wydała w 1972 r. zakaz stosowania DDT, środek ten nadal sięje spustoszenie. Ponieważ bardzo wolno ulega rozkładowi, wciąż jest obecny w wodzie, glebie, w tkankach roślin. Wraz z pożywieniem przedostaje się do organizmu zwierząt i ludzi. Z parą wodną i opadami atmosferycznymi trafia na tereny, gdzie nigdy nie był stosowany.

Można go znaleźć w ciałach fok, wielorybów i pingwinów, w oceanach, lodach i śniegach Arktyki i Antarktydy. Obecnie istnieje ponad 300 gatunków owadów i roztoczy, które uodporniły się zarówno na DDT jak i na inne stosowane obecnie insektycydy. Szkodniki te mnożą się znacznie szybciej od typów pierwotnych.

Aby uniknąć niespodzianek, jakie zgotował ludzkom DDT, nasz kraj, a ściślej Państw. Instytut Higieny prowadzi dokładne badania każdego nowego preparatu. Oczywiście jeszcze przed dopuszczeniem go do sprzedaży. Z powodzi produkowanych na świecie środków wybierane są te najmniej toksyczne. Zagraniczni producenci uważają i słusznie, że nasz polski rynek jest najtrudniejszy. Wydawałoby się więc, że się nie musimy obawiać o los naszego środowiska i swe własne zdrowie. Tym bardziej, że stosujemy znacznie mniejsze ilości pestycydów niż inne kraje. W NRD na 1 ha stosuje się 2 kg, w wielu krajach zachodnich po 6 kg, w Japonii 11 kg, a w Polsce zaledwie 0,5 kg substancji aktywnej czyli czystej trucizny. A tymczasem właśnie u nas zdarza się znacznie więcej niż gdzie indziej wypadków zatrucia świata zwierzęcego, roślin, gleby i ludzi. Świadczą o tym statystyki Wojewódzkiej Stacji Kwarantanny i Ochrony Roślin, doświad-



Rys. 4 Spektra absorpcji karotenów (A) i ksantofili (B) (wg różnych autorów, za Heath, 1970 i Devlin, 1971)

czenia służby zdrowia i stacji sanitarno-epidemiologicznych, coraz głośniejsze alarmy ekologów, głosy dalekowzrocznych rolników, zarówno naukowców jak i praktyków.

W myśl zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia, podobnie jak na całym świecie, i u nas wycofano z użytku środki rtęciowe, które stosowano do zaprawiania nasion oraz zwalczania chorób grzybowych. Okazało się bowiem, że tak jak DDT są one dla środowiska szczególnie niebezpieczne. Rtęć – jedna z najsilniej działających trucizn, podobnie jak DDT rozkłada się w glebie dopiero po upływie wielu lat. Jej toksyczne właściwości znane są nie od dziś. Już w starożytności pisano, że zsyłanie niewolników do kopalni rtęci jest równoznaczne z wyrokiem śmierci. W środowisku rtęć przeobraża się w jeszcze bardziej toksyczny związek – metylek rtęci, który powstaje pod wpływem bakterii działających bez dostępu powietrza. Do organizmu ludzkiego rtęć i jej związki przedostają się przez skórę, błonę śluzową, drogi oddechowe, przewód pokarmowy. Rtęć kumuluje się w organizmach zwierząt. Ryby pochodzące z zanieczyszczonych jezior i rzek były przyczyną zgonów mieszkańców Japonii, Kanady, Stanów Zjednoczonych, Szwecji. Rtęć podobnie jak DDT została wycofana z użytku. Według opinii FAO

nie można opuścić nawet do śladowych ilości tych substancji w środkach spożywczych. Tymczasem nasze stacje sanitarno-epidemiologiczne wciąż wykrywają duże ilości rtęci w zbożu i w warzywach. Duże stężenia rtęci w roślinach i to nawet szklarniowych świadczą o tym, że zaprawione są nią nasiona. Często aż dwukrotnie. W niektórych przypadkach stwierdzono obecność rtęci w ilości 5/100 mg/kg. Tak poważne ilości niebezpiecznych związków wykryto w kilku szklarniach we Wrocławiu, w Czechowicach i gdzie indziej.

W naszym kraju pestycydy znajdują się w wolnej sprzedaży. Rejestrowane są wyłącznie preparaty z grupy I klasy trucizn. Zezwolenia na stosowanie tych środków wymagane są wyłącznie od rolników indywidualnych. Wydaje je miejscowa służba rolna. Uzyskanie zezwolenia to zwykła formalność. Instytucje państwowe czy spółdzielcze w ogóle nie muszą się legitymować. Środki ochrony roślin można więc nabywać i stosować bez ograniczeń. Choć podobnie jak silnie działające leki powinny one być reglamentowane. I stosowane tylko wówczas, gdy jest to rzeczywiście konieczne. Liczne, często nawet drobne na pozór przykłady, z którymi spotykamy się na codzień, stanowią smutną ilustrację przy czyn polskich rekordów w zatrucaniu środowiska.

Karotenoidy w procesie pochłaniania światła pełnią dwie role. Jedną jest zabezpieczenie przed fotodynamiczną destrukcją katalizowaną przez chlorofil a polegającą na uczuleniu biologicznego systemu na światło, przez substancje absorbujące światło dla fotochemicznych reakcji, w których bierze udział molekularny tlen. Ponieważ jednoczesne działanie światła i molekularnego tlenu może nie tylko prowadzić do degradacji chlorofilu lecz również być letalnym dla komórki roślinnej, karotenoidy stanowią preferowany substrat w światłoczułych reakcjach oksydacji, pochłaniając energię i tworząc odwracalne związki epoksydowe a tym samym inhibując fotooksydację chlorofilu [2].

Drugą funkcją jest przekazywanie pobranej energii świetlnej na chlorofil „a”, który transformuje ją na energię wiązań chemicznych. Zdolność tą posiadają niektóre ksantofile jak: fukoksantyna, peridina, neoksantyna, wiola-ksantyna i luteina (ksantofil), [6] a wydajność tego procesu zawiera się generalnie w zakresie 20–70% energii otrzymywanej przez barwnik. W przypadku Bacillariophyceae ustalono, że ich podstawowy barwnik — fukoksantyna — przekazuje 100% zaabsorbowanej energii słonecznej na chlorofil „a” [2].

Przegląd budowy i funkcji barwników roślinnych, biorących udział w procesie transformacji energii świetlnej wskazuje na odmienne wykorzystanie różnych długości fal promienio-

Topole przy szosie Wrocław – Strzelin już od kilku lat umierają stojąc. Rosną one obok PGR-owskich pól, które opryskiwane są za pomocą samolotów. Dokonując zabiegów sanitarnych piloci nie mogą czy też nie umieją oszczędzić drzew. Po takich zabiegach na drzewach zasychają liście. Dzięki ogromnej sile vitalnej rośliny po jakimś czasie zaczynają się odradzać. A w następnym roku ponownie padają ofiarą chemii, czy raczej ludzkiej bezmyślności.

W gminie Ziębice, w jednym ze stawów zaczęły ostatnio masowo ginąć ryby. Początkowo sądzono, że zostały one zaatakowane przez jakąś chorobę. Okazało się jednak, że sprawcą wyniszczenia ryb był jeden z miejscowych rolników, który opryskiwał swoje pole pestycydami, po czym niezużyte resztki niefrasobliwie wylał do zasilającej staw rzeczki.

I jeszcze jeden obrazek. Tym razem z kroniki Stacji Kwarantanny i Ochrony Roślin we Wrocławiu. Traktorzysta spółdzielni produkcyjnej w Rybnicy, zgodnie z planem opryskiwał buraki przeciw mszycom. Dziś nie sposób ustalić czy szkodniki rzeczywiście wyginęły, bo po skrupulatnie wykonanym zabiegu z 15 hektarowej plantacji znikły buraki. Podobnie zresztą jak z pola jednego z bardziej zapobiegliwych rolników, który opryskiwał rośliny preparatem oka-

wania słonecznego przez pigmenty, występujące w komórce roślinnej co w istotny sposób warunkuje intensywność procesu fotosyntezy. Ustalono, że ze wzrostem dostarczanej energii świetlnej następuje początkowo proporcjonalny wzrost natężenia fotosyntezy a następnie coraz wolniejszy, aż do wartości maksymalnej stałej i niezależnej od dalszego wzrostu natężenia światła. Prawidłowość ta jest niezależna od długości fali świetlnej, natomiast przy tym samym natężeniu światła, wyrażonym w jednostkach energetycznych, obserwuje się odmienne natężenie procesu fotosyntezy dla różnych długości widma słonecznego [5]. Przyczyna tego leży w odmiennych wartościach energetycznych kwantów energii różnych długości fal, wykorzystywanych w procesie fotosyntezy. Największe wartości energetyczne posiadają kwanty promieniowania niebieskiego zakresu widma, a dwukrotnie mniejsze zakresu czerwonego. Wobec tego wydajność energetyczna fotosyntezy, czyli ilość drobin CO<sub>2</sub> zredukowana do poziomu heksoz, kosztem energii jednego kwantu jest największa dla krótkiego obszaru widma słonecznego, a wymóg kwantowy, czyli liczba kwantów koniecznych do redukcji 1 drobin CO<sub>2</sub> na heksozy, największa dla czerwonego obszaru widma słonecznego [5]. Tym samym intensywność procesu fotosyntezy glonów ściśle wiąże się z jakościowym składem promieniowania słonecznego, zmieniającym się

sezonowo i dobowo na powierzchni wody a w głębszych warstwach wód dodatkowo w wyniku odbicia, pochłaniania i rozpraszania promieniowania świetlnego.

## Występowanie barwników asymilacyjnych w komórkach glonów

Rozmieszczenie podstawowych barwników roślinnych w komórkach glonów głównych grup systematycznych obrazuje tabela 1. W grupie chlorofili zaznacza się zdecydowana przewaga chlorofilu „a” nad pozostałymi barwnikami tej grupy i jest on podstawowym pigmentem wszystkich taksonów zasiedlających wody powierzchniowe. Ze znacznie mniejszą częstotliwością i w mniejszym procentowym udziale w stosunku do ogólnej ilości pigmentów występuje chlorofil „b” i „c”, a pozostałe (chlorofil „d” i „e”) występują u nielicznych przedstawicieli fitoplanktonu. Fikobiliny są charakterystyczne jedynie dla dwóch grup systematycznych. Z nich fikocerytryna daje typowe jasnoczerwone zabarwienie u Rhodophyta, a wspólnie z fikocjaniną niebieskie u sinic [4]. Z karotenów, we wszystkich jednostkach systematycznych występuje w znacznych ilościach B-karoten, będący prekursorem szeregu ksantofili i najistotniejszym barwnikiem grupy karotenów.

zyjnie kupionym od traktorzysty. Ten zupełnie nieoczekiwany finał nastąpił na skutek rozstarczenia magazyniera. Zamiast preparatu „Bi-58” przeciw mszycom wydał on jeden z herbicydów czyli środek do zwalczania chwastów.

Obecnie w sprzedaży znajduje się bardzo dużo preparatów chemicznych przeznaczonych wyłącznie do ściśle określonych upraw. Pestycydy stosowane do ochrony buraków cukrowych przed szkodnikami, działają toksycznie na bobik i odwrotnie. Dlatego właśnie, podobnie jak w medycynie we współczesnym rolnictwie obowiązuje szczególna ostrożność. Nie mając pod ręką odpowiedniego środka lub uważając, że między pestycydami przeznaczonymi do zwalczania tego samego szkodnika nie ma specjalnej różnicy, rolnicy pozwalają sobie na daleko idącą dowolność. W rezultacie zaturują i szkodniki, i same rośliny.

Pomyłki czy też niefrasobliwe sięganie po niezbyt dobrze znane środki ujawniane są tylko wówczas, gdy dochodzi do poważnych strat materialnych. W samym tylko województwie wrocławskim rocznie trafia do sądu kilkanaście spraw o odszkodowanie za zniszczone zasiewy oraz ponad 20 o wytrucie pszczół. Aby uniknąć rozgłosu i zbędnych kosztów większość spraw strony załatwiają między sobą.

Rolnicy coraz częściej zachodzą w głowę, dlaczego mnożą się im szkodniki i chwasty, mimo że opryskują swe pola środkami zalecanymi przez specjalistów. Często wynika to stąd, że SKR-y zalecone zabiegi wykonują z dużym opóźnieniem czyli wtedy, gdy środki chemiczne pasożytom i chwastom już nie szkodzą. Niszczą natomiast pożyteczne owady, ptaki, mikroorganizmy glebowe. Zresztą wiele pasożytów i chwastów zdążyło się już na niektóre pestycydy skutecznie uodpornić. A my te środki stosujemy nadal.

Na skutek powszechnego, a co najgorsze często nieumiejętnego stosowania pestycydów w Polsce, od lat notuje się dużą liczbę zatruc wśród ludzi.

Cyfrę tę nie odzwierciedlają stanu faktycznego. Nie obejmują bowiem przypadków przewlekłych, spowodowanych częstym spożywaniem żywności z domieszką pestycydów. Wczesną wiosną do przychodni pediatrycznych rokrocznie zjawia się duża liczba matek z chorymi dziećmi. Dziś już wiadomo, że przyczyną wymiotów, podwyższonej temperatury, bólów głowy i brzucha są nowaliki.

W czasach bałwochwalczego zapatrzenia w chemię zalecano stosowanie zabiegów sanitarnych 25 razy w roku. Obecnie specjaliści radzą sześciokrotnie,

najwyżej ośmiokrotnie spryskiwanie roślin. Tymczasem bardziej przedsiębiorczy rolnicy posypują i opylają swe uprawy bez opamiętania. Często niedługo przed sprzedażą owoców i warzyw. Aby ładniej wyglądały. We wzorcowych podwarszawskich sadach zabiegi sanitarne przeprowadzane są 35 razy do roku. W rezultacie „jabłuszka pełne snów” są bogatsze w truciznę niż w sole mineralne i witaminy.

Ten alarmujący stan, do którego nasze władze rolne zdążyły się już przyzwyczaić, wynika z niskiego poziomu wiedzy i kultury rolnej, niefrasobliwości, a co najgorsze z bezkarnością ludzi, którzy na własnych i cudzych polach rozsiewają truciznę. Ten niespotykany gdzie indziej ogólny bałagan zawdzięczamy systemowi organizacyjnemu instytucji, którym uniemożliwiono skuteczną ochronę roślin i ludzkiego zdrowia. Stacje Kwarantanny i Ochrony Roślin, to liczne stazy o bardzo ograniczonych możliwościach. Obłożono je przede wszystkim pracą papierkową. Jednym z podstawowych obowiązków pracowników tych placówek jest kontrola niezliczonej ilości magazynów. Pracownicy jeżdżą po terenie. Stwierdzają, że magazyny są nieodpowiednie, środki ochrony roślin niewłaściwie przechowywane. Piszą są-

(dokończenie na str. 57)

Ksantofile występują w znacznym zróżnicowaniu form, z których tylko nieliczne odgrywają istotną rolę w procesie transformacji energii świetlnej na energię wiązań chemicznych i występują w większych ilościach w komórkach roślinnych. Obserwowane zróżnicowanie rozmieszczenia barwników roślinnych w komórkach glonów dało podstawy do wyróżnienia grup systematycznych o odmiennym składzie jakościowym barwników (tab. 2) a tym samym odmiennych możliwościach wykorzystania energii słonecznej.

### Konsekwencje ekologiczne zróżnicowania składu jakościowego barwników asymilacyjnych

Wydatność fotosyntezy przedstawicieli podstawowych grup systematycznych fitoplanktonu zmienia się w zależności od długości fali świetlnej (rys. 5). W przypadku Cyanophyta obserwuje się istotne zmiany wydajności fotosyntezy dla różnych obszarów widma. Najniższe wartości występują w rejonie 475 nm — obszarze pochłaniania światła przez nieaktywne fotosyntetycznie karotenoidy, z których najistotniejszymi w tej grupie są myksoksantyna i miksoksantofil [7]. W znacznie większym stopniu wykorzystywane są długości fal w zakresie 500—650 nm, czyli obszarze pochłaniania ener-

gii świetlnej przez barwniki fikobilinowe, przekazujące 80—90% zaabsorbowanej energii na chlorofil „a” [4]. Wydajność fotosyntetyczna sinic w tym obszarze widma może ulegać znacznym zmianom, wobec możliwości adaptacji chromatycznej organizmów tej grupy. W warstwach powierzchniowych wód, aktywnym barwnikiem pochłaniającym energię świetlną jest głównie fikocjanina, mająca maksimum absorpcji — około 650 nm. W głębszych warstwach wody zostaje uaktywniona fikoerytryna o maksimum absorpcji — około 565 nm, czyli w obszarze zielonego zakresu widma, spotykanego głównie na większych głębokościach [12].

Pyrophyta posiadają zbliżone właściwości do okrzemek [12]. Ich główny barwnik z grupy ksantofili — peridynina, stanowiący około 30% całkowitej ilości barwników absorbuje w 40% dochodzącą energię słoneczną, co umożliwia szerokie rozprzestrzenienie w zmiennych warunkach świetlnych przedstawicieli tej grupy. W grupie Bacillariophyceae praktycznie nie obserwuje się zmiany wydajności fotosyntezy w zakresie 520—680 nm, obniżenie natomiast występuje w niższych zakresach, czyli w obszarze nieaktywnych fotosyntetycznie barwników karotenowych. W zielonej części widma, gdzie głównym pigmentem absorbującym światło jest fukoksantyna, absorbująca około 40% energii pochłanianej przez barwniki roślin-

Tabela 1  
**PODSTAWOWE BARWNIKI ASYMILACYJNE GŁÓWNYCH GRUP GLONÓW**  
 (ZA STARMACHEM/1963/ i KADŁUBOWSKĄ/1975/, ZMIENIONE)

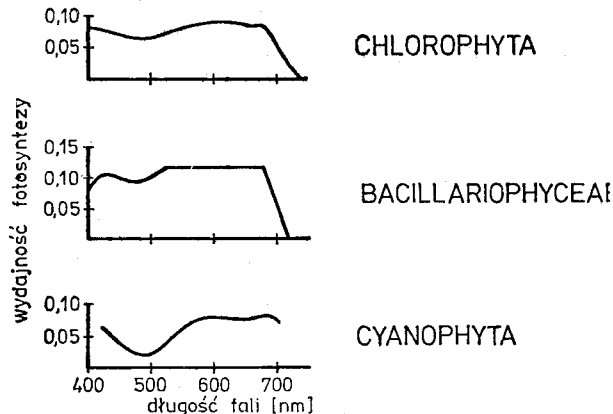
Grupa	Cyanophyta	Rhodophyta	Pyrophyta	Bacillariop.	Pheophyta	Chryso-phyceae	Xantho-phyceae	Euglenophyta	Chlorophyta
Rodzaj barwnika									
<b>Chlorofile</b>									
chlorofil a	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
chlorofil b	—	—	+	+	+	+	+	+	++
chlorofil c	—	+	—	—	—	—	—	—	—
chlorofil d	—	—	—	—	—	—	—	—	—
chlorofil e	—	—	—	—	—	—	+	—	—
<b>Fikobiliny</b>									
R-fikoerytryna	—	+++	—	—	—	—	—	—	—
B-fikoerytryna	?	+	—	—	—	—	—	—	—
C-fikoerytryna	+	—	—	—	—	—	—	—	—
R-fikocjanina	—	+	—	—	—	—	—	—	—
C-fikocjanina	+++	+	—	—	—	—	—	—	—
<b>Karoteny</b>									
β-karoten	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
α-karoten	—	+	?	?	?	—	?	+	+
γ-karoten	—	—	—	—	—	—	—	—	+
ε-karoten	?	—	?	+	—	—	?	+	—
<b>Ksantofile</b>									
luteina	?	++	—	?	?	+	?	?	+++
zeaksantyna	+	+	—	—	—	—	—	+	+
neoksantyna	—	+	—	—	+	—	?	+	+
wioloksantyna	?	—	—	—	+	—	+	+	+
fukoksantyna	—	?	?	++	++	+	—	—	—
neofukoksantyna	—	—	—	+	+	+	—	—	—
diadinoxantyna	—	—	+	+	—	+	—	+	—
diatoxantyna	—	—	+	+	—	+	—	—	—
dinoxantyna	—	—	+	—	—	—	—	—	—
miksoksantyna	++	—	—	—	—	—	—	—	—
miksoksantofil	++	—	—	—	—	—	—	?	—
peridynina	—	—	++	—	—	—	—	—	—
euglenanon	—	—	—	—	—	—	—	+	—

+++ barwnik główny  
 ×× barwnik występujący w ilości ok. 50%  
 innych barwników  
 × barwnik wyst. w niewielkiej ilości  
 ? małe ilości barwnika, trudne do zidentyfikowania  
 — brak barwnika

Tabela 2

ZESTAWIENIE GŁÓWNYCH GRUP FITOPLANKTONU Z ODPOWIADAJĄCYMI IM SPECYFICZNYMI BARWNIKAMI (WG. HAXO/1960 I HALLEGRAEFF/1977)

Grupa systematyczna	Rodzaje barwników
Chlorophyta Euglenophyta	Chlorofil a, b, luteina
Bacillariophyceae Chrysophyceae	Chlorofil a, c, fukoksantyna
Pyrrophyta	Chlorofil a, c, peridininina
Cyanophyta	Chlorofil a, fikobiliny, miksoksantofil



Rys. 5. Wydajność fotosyntezy, jako funkcja długości fali — objaśnienia w tekście (za Steemann-Nielsen, 1975)

ne [6] i przekazująca pobraną energię w całości na chlorofil „a” [2] obserwuje się wydajność fotosyntezy w zasadzie w takim zakresie, jak dla chlorofilu „a”.

Właściwości te umożliwiają okrzemkom występowanie w różnych partiach wód o odmiennym składzie promieniowania, co pozwala na szerokie rozprzestrzenienie w wodach powierzchniowych przedstawicieli tej grupy.

Analiza wydajności fotosyntezy przedstawicieli zielenic, dla zakresu promieniowania widzialnego wykazuje zbliżone wartości na całym jego obszarze. Jedynie w rejonie 50 nm czyli w zakresie intensywnego pochłaniania przez karotenoidy obserwuje się jej niewielkie obniżenie, co sugeruje, że w przypadku organizmów tej grupy energia świetlna absorbowana przez karotenoidy jest w mniejszym stopniu wykorzystywana w procesie fotosyntezy [12] i nie jest w całości przekazywana na chlorofil „a”. Podstawowy barwnik karotenoidowy — luteina absorbuje 30—40% dochodzącej energii [6], a udział barwników (luteiny, wiolaksantyty, neoksantyny) zwiększa się z upływem czasu do około 15% w fazie wzrostu eksponentyjnego do około 40% w starych komórkach. Tymi właściwościami można wyjaśnić mniej liczne występowanie Chlorophyta w głębszych partiach wód penetrowanych, głównie przez zielony zakres promieniowania świetlnego jak i znaczne ilości chlorofilu w komórkach organizmów tej grupy rekompensujące małą absorpcję zielonego zakresu promieniowania przez chlorofil „a” [12].

## Podsumowanie

Z przedstawionych danych wynika, że jakkolwiek głównym źródłem energii niezbędnej dla procesów metabolicznych komórki jest czerwony zakres promieniowania słonecznego, absorbowany przez chlorofil „a”, to pozostałe obszary widma stanowią istotne uzupełnienie bilansu energetycznego komórek, a stopień ich wykorzystania zależy od składu barwników towarzyszących chlorofilowi „a”, tym samym od struktury gatunkowej rozwijającej się populacji glonów. Właściwość ta umożliwia organizmom roślinnym rozwój w zmieniających się sezonowo warunkach świetlnych oraz zasiedlanie różnych partii wód o odmiennym reżimie świetlnym. Może jednak również prowadzić do niewłaściwej oceny powiązań pomiędzy składem chemicznym wód a wielkością produkcji pierwotnej, czy rozwojem fitoplanktonu, mierzonymi jedynie koncentracją chlorofilu „a” bez uwzględnienia struktury gatunkowej populacji glonów, zmieniającej się sezonowo i w odmiennym stopniu wykorzystującej promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni wód.

## LITERATURA

1. K. BLAIM: Swoiste substancje roślin uprawnych. PWRiL, Warszawa 1965.
2. R. M. DEVLIN, A. V. BARKER: Photosynthesis. Van Nostrand Reinhold Company, New York 1971.
3. B. FILIPOWICZ, W. WIĘCKOWSKI: Biochemia. PWN, Warszawa 1971.
4. H. L. GOLTERMAN: Physical limnology. Elsevier Sci. Pub. Comp. New York 1975.
5. F. GÓRSKI: Fizjologia roślin. PWN, Warszawa 1962.
6. G. M. HALLEGRAEFF: Pigment diversity in freshwater phytoplankton. I A comparison of spectrophotometric and paper chromatographic method. Int. Revue ges. Hydrobiol., 1976, 61 (2), 149—168.
7. Pigment diversity in freshwater phytoplankton. II Summer — succession in three Dutch lakes with different trophic characteristics. Int. Revue ges. Hydrobiol., 1977, 62 (1), 19—39.
8. F. T. Haxo: The wavelength dependence of photosynthesis and the role of accessory pigments. in M. B. Allen (ed.), Symposium on comparative biology. V I Comparative biochemistry and photo-reactive systems. New York, Academic Press. 1960, 339—360.
9. O. U. S. Heath: The physiological aspects of photosynthesis. Heinemann Educational Books. LTD, London 1970.
10. J. Z. KADŁUBOWSKA: Zarys algologii. PWN, Warszawa 1975.
11. K. STARMACH: Rośliny słodkowodne. PWN, Warszawa 1963.
12. E. STEEMANN-NIELSEN: Marine photosynthesis with special emphasis on the ecological aspects. Elsevier Sci. Publ. Comp. Amsterdam 1975.