

J. ZURZYCKI

## CYKL TAMIYA

Kultury jednokomórkowych glonów z rodzaju *Chlorella*, zastosowane po raz pierwszy do badań fizjologicznych przez Warburga (1919, 1920), są od lat prawie czterdziestu materiałem powszechnie używanym w licznych laboratoriach. Materiał ten, dając możliwość uzyskania czystej, jednolitej zawiesiny komórek w dowolnej ilości, wygodny do przeprowadzenia pomiarów gazometrycznych i analizy chemicznej, pozwolił uzyskać szereg cennych danych, dotyczących głównie zagadnień fotosyntezy a także innych problemów przemiany materii.

W ostatnich latach (1953) odkryto nowe własności glonu *Chlorella*, polegające na charakterystycznej, związanej z działaniem światła rytmice rozwojowej. Odkrycie cykliczności procesów rozwojowych tego glonu jest zasługą badaczy japońskich i zostało dokonane w laboratorium prof. Hiroshi Tamiya w Tokugawa Institute (Tokio). W nowszych publikacjach fizjologicznych zjawisko cykliczności rozwoju glonów określa się terminem cyklu Tamiya.

Znaczenie odkrycia szkoły Tamiya dla badań fizjologicznych polega głównie na dwóch momentach. Po pierwsze, przez zastosowanie odpowiedniej rytmiki oświetlenia można uzyskać zawiesinę glonów, w której prawie wszystkie komórki znajdują się w tym samym stadium rozwojowym. Daje to możliwość wygodnego studiowania składu chemicznego czy aktywności fizjologicznej komórek w ściśle określonej fazie ich rozwoju, co w wypadku normalnej populacji komórek jest na ogół niemożliwe do przeprowadzenia. Prócz tego odkrycie cyklu Tamiya pozwala na bliższe powiązanie wtórnej przemiany materii z fotosyntezą. Podczas procesów odżywiania zielonej rośliny przebiegają w jej komórkach reakcje związane ze światłem (fotosynteza) i nie zależny od światła szereg procesów, w których pierwotne produkty fotosyntezy przerabiane są na inne związki. Nasze wiadomości o korelacji tych dwu typów przemian metabolicznych są wciąż jeszcze bardzo skąpe. Odkrycie cyklu Tamiya stwarza możliwość bliższego zbadania wzajemnych stosunków panujących między obu wspomnianymi grupami procesów.

### PRZEBIEG CYKLU TAMIYA

Obserwacja mikroskopowa zawiesiny *Chlorella elipsoidea*, wyrosłej w stałym oświetleniu, wykazuje dużą zmienność wymiarów poszczególnych komórek. Średnice ich wahają się od 2 do 6  $\mu$ . Te uderzające różnice w wymiarach są wyrazem przechodzenia poszczególnych komórek przez różne fazy rozwojowe.

w obrębie takich płatów, niezależnie od całości, w której skład wchodziły. W tym samym zbiorowisku roślinnym (np. leśnym) zaczęto wyróżniać równocześnie „makroasocjacje“ (np. cały drzewostan wraz z podszyciem, runem, naziemną warstwą mszaków i porostów itd.) i „mikroasocjacje“ (np. skupienia epifitycznych mszaków i porostów na pniach drzew, skupienia mszaków i grzybów na butwiejących kłodach itd.). W rezultacie w układzie systematycznym zespołów znalazły się jednostki, które są ze sobą zupełnie nieporównywalne, lub nawet — co gorsza — stanowią elementy składowe tej samej biocenozy (np. las i jego epifity).

Niektórzy autorzy posunęli się jeszcze dalej, uwzględniając w swych badaniach tylko pewne grupy roślin zarodnikowych i wyodrębniając je w sposób zupełnie dowolny z całości biocenozy. Zaczęto np. mówić o „zespołach“ wątrobowców dna lasu lub o „zespołach“ grzybów, rozkładających drewno i ściótkę leśną. Było to oczywiście podyktowane względami natury praktycznej: przed badaczem, usiłującym poznać pełną listę florystyczną jakiegokolwiek fitocenozy piętrzą się ogromne trudności, które zwłaszcza w odniesieniu do roślin niższych są często nie do przewyciężenia. A cóż dopiero mówić o zrozumieniu roli poszczególnych gatunków w płacie i wzajemnych związków między nimi! Jednakże dzielenie naturalnej całości, jaką jest płat roślinności, na elementy składowe i rozpatrywanie ich w oderwaniu od tej całości nie może nas zbliżyć do zrozumienia życia zespołów, którego poznanie jest przecież naczelnym zadaniem fitosocjologii.

Wydaje się więc, że zagadnienie wyróżniania i klasyfikacji zbiorowisk roślin niższych w pełni dojrzało do dyskusji. Jest to tym bardziej aktualne, że w ostatnich latach obserwujemy u nas wyraźne ożywienie na polu badań fizjograficznych nad kryptogamami. Celem niniejszego artykułu, który nie rości sobie bynajmniej pretensji do wyczerpania tego rozległego i trudnego tematu, jest zwrócenie uwagi na bardziej interesujące wyniki dotychczasowych prac nad zbiorowiskami roślin zarodnikowych oraz naszkicowanie, w oparciu o zaczerpnięte z nich przykłady, pewnych kwestii spornych o ogólniejszym znaczeniu. Ograniczono się przy tym wyłącznie do zbiorowisk lądowych. Na pierwszy plan wysunięto zagadnienia systematyczne, rozpatrywane tutaj zgodnie z koncepcjami i terminologią fitosocjologicznej szkoły szwajcarsko-francuskiej, która, jak to podkreśla Sławiński (1950), zdołała wypracować najbardziej logiczną i przejrzystą klasyfikację zbiorowisk roślinnych.

## 2. Stosunek zbiorowisk roślin niższych do zbiorowisk roślin wyższych

Badania socjologiczne nad roślinami zarodnikowymi są o wiele trudniejsze i uciążliwsze, niż badania nad roślinami kwiatowymi. Już samo wyszukiwanie, rozpoznawanie i zbieranie drobnych, niekiedy bardzo trudnych do

zidentyfikowania kryptogamów nastrocza wiele kłopotów. Znacznie ważniejszą wszakże i bardziej zasadniczą trudnością jest konieczność każdorazowego określania, jaki jest stosunek pomiędzy badanym skupieniem roślin niższych a roślinnością wyższą, występującą w jego otoczeniu. Wydaje się, że główną przyczyną rozbieżności poglądów w dziedzinie socjologii kryptogamów i panującego tu do dziś pomieszania pojęć jest fakt, iż wielu badaczy przecho-  
dziło nad tym pytaniem do porządku dziennego lub rozwiązywało je w sposób bardzo powierzchowny i najzupełniej dowolny, przyznając rangę samodzielnych zespołów wszystkim obserwowanym w przyrodzie dobrze zindywidualizowanym florystycznie skupieniom roślin zarodnikowych i badając je w konsekwencji tego w oderwaniu od otaczającej roślinności.

Tymczasem wydaje się, że sprawa nie przedstawia się bynajmniej prosto; zachodzi tu mogą następujące ewentalności (por. Ochsner 1954):

A) Rośliny niższe wchodzą wprost w skład roślinności wyższej, nie tworząc w jej obrębie wyraźnych własnych skupień (np. mszaki w wyleżysku tatrzańskim *Salicetum herbaceae* — por. Pawłowski, Sokołowski, Wallisch 1928); w płatach takich panować mogą bądź to rośliny wyższe (np. we wspomnianym *Salicetum herbaceae*), bądź rośliny niższe (np. w zespole źródeł wysokogórskich w Tatrach granitowych — *Cratoneureto-Cardaminetum Opizii* — por. Pawłowski, Sokołowski, Wallisch l. c.)<sup>1</sup>.

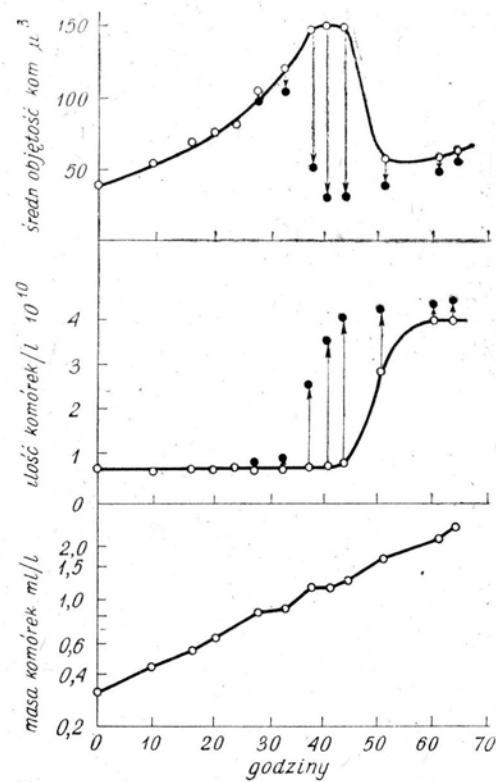
B) Rośliny zarodnikowe tworzą własne ugrupowania, przestrzenie i ekologicznie oddzielone od roślinności wyższej. Ich wzajemny stosunek może być wówczas trojaki:

a) Skupienia kryptogamów są, obok skupień roślin wyższych, istotnym i stałym elementem składowym fitocenozy, związanym ściśle z całością i odgrywającym ważną rolę w jej budowie i życiu — w takim przypadku najlepiej jest mówić o synuzjach roślin zarodnikowych w zespole (por. Gams 1918, Sukaczew 1926, 1938, 1950, Braun-Blanquet 1951). Synuzje mogą być umieszczone jedne ponad drugimi jako tzw. warstwy roślinności albo też mogą występować obok siebie, przeplatając się wzajemnie.

b) Skupienia roślin zarodnikowych występują w obrębie wysoko uorganizowanych zbiorowisk roślin wyższych na pewnych szczególnych „mikrosiedliskach“ (np. w lesie na pniach drzew, butwiejących kłodach, odsłonięciach gleby mineralnej, kamieniach itp), tworząc ugrupowania do pewnego stopnia odrębne, nie należące wprost do

<sup>1</sup> Podkreślić należy, że nawet i w tym przypadku mamy do czynienia z pewnego rodzaju oddzieleniem roślin niższych od wyższych, które ma charakter przede wszystkim ekologiczny (zasadniczo odmienny sposób pobierania wody i soli mineralnych przez rośliny kwiatowe i mszaki), ale do pewnego stopnia także i przestrzenny (części podziemne — Szwejkowski in litt.). Wydaje się jednak, że nie byłoby celowe używanie tutaj terminu „synuzje”, który winien być zarezerwowany tylko dla dobrze zarysowanych elementów przestrzennej struktury fitocenozy.

Rosnąc w temperaturze  $16^{\circ}$  i oświetleniu 15 klux, komórki te osiągnęły w ciągu około 45 godzin stadium dojrzałości L, czemu towarzyszył wzrost masy przy niezmienniej ilości komórek. Gdy jednak oświetlenie trwało nadal, nastąpiły liczne podziały powodujące wzrost liczby komórek a zmniejszenie ich średniej objętości. Powstałe nowe komórki typu D, znajdując się w dalszym ciągu w świetle, wchodzą od razu w następną fazę cyklu ( $D \rightarrow L$ ), co wyraża się dalszym wzrostem masy ogólnej. Jak z powyższego wynika okres ciemności nie jest czynnikiem bezwzględnie koniecznym do wywołania podziałów. Konieczne do tego jest osiągnięcie pewnego stadium dojrzałości L, możliwe do osiągnięcia tylko w świetle. Przeniesienie kultury do ciemności powoduje transformację typu L w typ D, ale tylko w tym wypadku, gdy komórki osiągnęły już dostateczny stopień dojrzałości. Na wykresie 2 przedstawiono przy pomocy strzałki i ciemnego punktu stan, jaki zostaje osiągnięty po przeniesieniu kultury znajdującej się w różnym stopniu rozwoju do ciemności na 70 godzin. Jak wynika z tego wykresu, zaciemnienie kultury, która rosła tylko 30 do 35 godzin w świetle, nie wywołuje w ogóle podziałów. Podziały następują tylko wówczas, gdy kultura była poprzednio oświetlona w ciągu co najmniej 40 godzin. Im czas oświetlenia był dłuższy, tym więcej komórek ulega następnie podziałowi



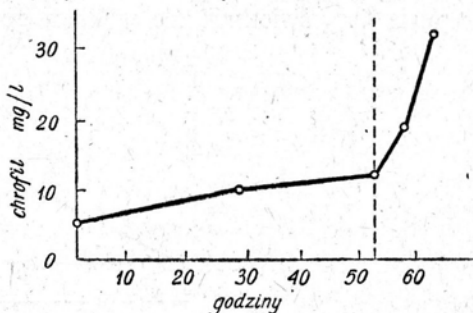
Ryc. 2. Zmiany ogólnej masy komórek, ilości komórek i średniej ich objętości, zachodzące podczas ciągłego oświetlenia kultury. Czarne punkty oznaczają stan osiągnięty po 70 godz. inkubacji w ciemności. (Wg Iwamura 1955)

w ciemności. Wreszcie zaciemnienie kultury złożonej z populacji nowych komórek, powstałych na drodze podziałów w świetle, znów nie powoduje zwiększenia ich ilości.

Interesujące jest twierdzenie, że podziały komórek wyrosłych (typu L) po przeniesieniu ich do ciemności następują tylko w warunkach tlenowych. W warunkach anaerobowych, mimo pełnej dojrzałości L, nawet w ciągu długotrwałego zaciemnienia ilość komórek nie ulega zwiększeniu.

## CYKL TAMIYA A FOTOSYNTENZA

Łatwo stwierdzić metodą prostej obserwacji mikroskopowej, że małe komórki typu D są ciemniej zielone i bogatsze w chlorofil niż wyrosłe organizmy typu L. Analiza ilościowa zmian chlorofilu przeprowadzona w ciągu cyklu rozwojowego potwierdza tę obserwację w zupełności. W fazie świetlnej przybywa wprawdzie chlorofilu, ale jest to przyrost nieproporcjonalny do wzrostu masy komórek. Powoduje to, że procentowa zawartość chlorofilu w komórkach typu L jest względnie niska. Dopiero w okresie podziałów w ciemności ilość chlorofilu wykazuje wyraźny wzrost, tak że nowo powstałe komórki typu D są procentowo znacznie bogatsze w chlorofil w porównaniu z komórkami macierzystymi, z których powstały. Jeszcze silniejsze zwiększenie stężenia chlorofilu możemy stwierdzić w komórkach typu D po kilkugodzinnym ich oświetleniu. Jest to moment największej aktywności fotosyntetycznej w cyklu rozwojowym. Stosunki te ilustruje tabelka I zaczerpnięta z pracy Tamiya i in. (1953), w której zestawiono zawartość chlorofilu w procentach suchej masy i względną intensywność fotosyntezy w punkcie wysycenia światłem.



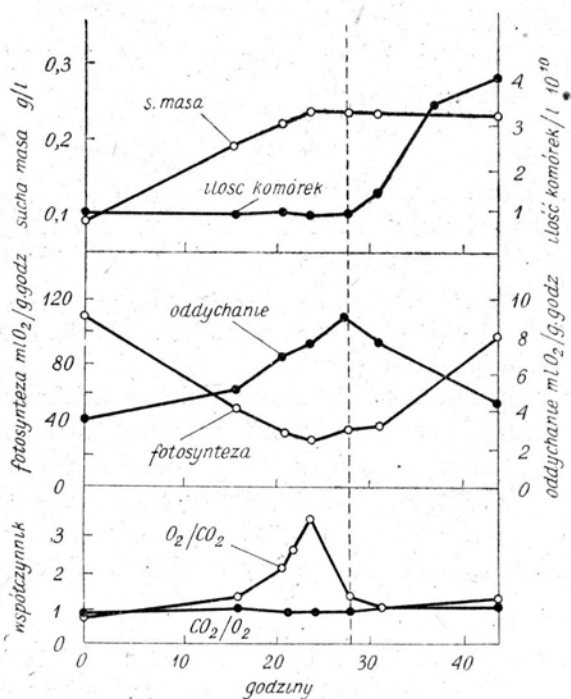
Ryc. 3. Zmiany stężenia chlorofilu w cyklu rozwojowym *Chlorella*. (Wg Tamiya i in. 1953)

Tablica I

Faza rozwojowa	Chlorofil %	Intensywność fotosyntezy
D (młodociane)	0,9—2,0	1,0 —1,6
D (aktywne)	2,4—5,2	1,7 —1,9
L	0,8—1,3	0,26—0,32

Szczegółowe dane o zmianach aktywności fotosyntezy w ciągu cyklu rozwojowego *Chlorella* przynosi praca Nihei i in. (1954). Zgodnie z poprzednimi badaniami wstępnymi stwierdzono w fazie świetlnej bardzo wyraźny spadek aktywności fotosyntezy w okresie transformacji typu D w L (ryc. 4). Równocześnie wzrasta intensywność oddychania. W następnym okresie ciemności mamy do czynienia z odwrotnymi procesami. Powstawaniu nowych komórek typu D towarzyszy wzrost zdolności do fotosyntezy i zmniejszenie oddychania. Bardzo charakterystyczne są przy tym zmiany współczynnika fotosyntezy. Jeżeli współczynnik oddychania  $CO_2/O_2$  pozostaje w ciągu całego cyklu rozwojowego praktycznie równy jedności, współczynnik fotosyntezy  $O_2/CO_2$  wzrasta wybitnie w drugiej połowie fazy świetlnej, osiągając dla ko-

mórek w stadium dojrzałości L wartość mogąca dochodzić do 3,3, podczas gdy dla komórek typu D waha się ona około jedności. Oznacza to, że pod koniec fazy świetlnej komórki wydzielają prawie trzy razy więcej tlenu, niż wynosi ich konsumpcja  $\text{CO}_2$ . Ten stan największego współczynnika fotosyntezy i najmniejszej aktywności fotosyntetycznej osiąga kultura nie w ostatnim okresie fazy świetlnej, ale w kilka godzin wcześniej, kiedy prawdopodobnie



Ryc. 4. Zmiany intensywności fotosyntezy i oddychania oraz współczynników fotosyntezy i oddychania w ciągu cyklu rozwojowego *Chlorella*. (Wg Nihei i in. 1954)

następują istotne zmiany w procesach metabolicznych komórki. W okresie tym wydajność kwantowa fotosyntezy jest mniej więcej dwukrotnie mniejsza niż w fazie maksymalnej aktywności komórek D.

Od szeregu już lat wiadomo, że komórka żywa ma zdolność wiązania pewnej ilości  $\text{CO}_2$  także w ciemności. Ilości te są bardzo małe, uchwytnie dla pomiarów na ogół tylko przy zastosowaniu czułej techniki izotopowej ( $\text{C}^{14}\text{O}_2$ ). W odniesieniu do zielonych komórek glonu *Chlorella*, dokładniejsze dane na ten temat przyniosły prace Calvina i współpracowników, stwierdzające, że pobieranie  $\text{CO}_2$  w ciemności jest znacznie uaktywnione, jeśli przedtem komórki zostały oświetlone bez dostępu  $\text{CO}_2$ . Analogiczne pomiary wykonane przez Nihei wykazały, że zdolność do wiązania  $\text{CO}_2$  w ciemności jest zupełnie różna w komórkach typu D i typu L. Tablica II przedstawia wyniki tych

doświadczeń, wyrażone w radioaktywności nabytej w ciągu 30 min. przez niewielką masę komórek (0,1 ml) przy utrzymaniu stałej ciemności i przy oświetleniu wstępnym, przed zaaplikowaniem radioaktywnego  $\text{CO}_2$ .

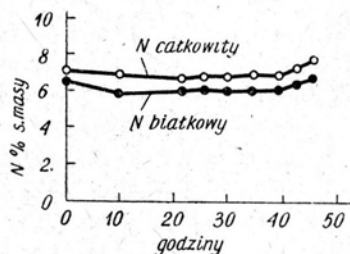
Tablica II

Faza rozwojowa	Ilość impulsów/min	
	Staća ciemność	Oświetlenie wstępne
D	17	132
L	40	55

Zdolność do wiązania  $\text{CO}_2$  w ciemności wzrasta więc wybitnie pod wpływem wstępnego oświetlenia, ale tylko w komórkach typu D, natomiast na komórki typu L oświetlenie ma wpływ znikomy. Zdolność do wiązania  $\text{CO}_2$  w ciemności zmniejsza się stopniowo w miarę transformacji typu D w typ L i osiąga minimum, podobnie jak poprzednio omówione właściwości aparatu fotosyntetycznego na kilka godzin przed ukończeniem fazy świetlnej. Wszystkie te dane zdają się wskazywać, że aparat fotosyntezy pracuje coraz mniej sprawnie w miarę wzrostu wymiarów i masy komórki, a u'ega reaktywacji po fazie podziałów.

## ASYMILACJA AZOTU W CYKLU TAMIYA

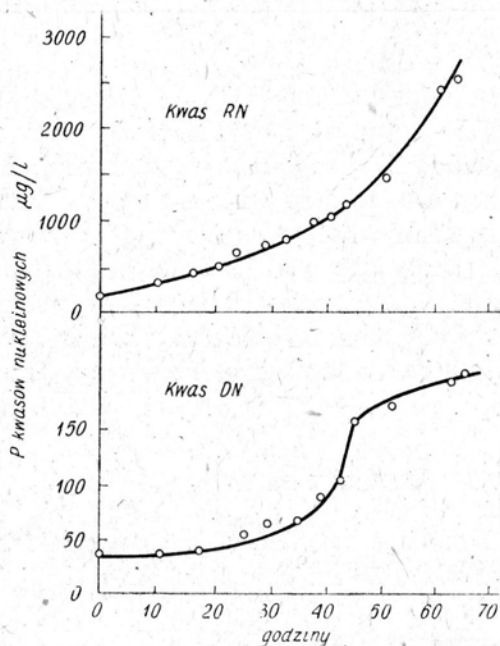
Analizy chemiczne masy glonów, wykonane z punktu widzenia gospodarki azotowej (Iwamura i in. 1955), wykazały, że zarówno azot całkowity jak i białkowy stanowi mniej więcej stałą, niezmienną procent suchej masy, niezależnie od fazy rozwojowej, w której znajdują się komórki. Zarówno w komórkach typu D, jak i typu L azot białkowy stanowi około 6% suchej masy. Wskazuje to na równoległy przebieg asymilacji azotu i pierwotnej nieazotowej asymilacji  $\text{CO}_2$ , gdyż tylko wówczas przyrost azotu może być wprost proporcjonalny do przyrostu ogólnej suchej masy komórek. Bardzo drobne odchylenia od tej równoległości przebiegu obu procesów można obserwować jedynie w pierwszych godzinach fazy świetlnej, kiedy ilość białkowego azotu wykazuje nieznaczny spadek, oraz w okresie sporulacji, gdzie, odwrotnie, następuje małe zwiększenie ilości związków białkowych (ryc. 5).



Ryc. 5. Zawartość azotu całkowitego i białkowego w suchej masie glonów *Chlorella* podczas ich rozwoju. (Wg Iwamura 1955)

## PRZEMIANY KWASÓW NUKLEINOWYCH

Analizy kwasów nukleinowych w różnych momentach wzrostu i podziału komórek są szczególnie interesujące ze względu na możliwość skorelowania tych procesów z przemianami kwasów typu rybonukleinowego (RN) i desoksyrybonukle nowego (DN). Ilość kwasu RN wzrasta w fazie świetlnej stale i mniej więcej proporcjonalnie do wzrostu masy komórek (ryc. 6). Przeniesienie kultury ze światła do ciemności, jeżeli nastąpiło w stadium, w którym



Ryc. 6. Zmiany zawartości kwasów rybo- i desoksyrybonukleinowych w ciągu rozwoju kultury *Chlorella* w stałym świetle. (Wg Iwamura 1955)

komórki są już zdolne do podziałów, powoduje zmniejszenie ogólnej ilości kwasu RN. Inaczej zachowuje się kwas DN. Ilość jego wzrasta w początkowych okresach fazy świetlnej stosunkowo nieznacznie, wykazuje natomiast raptowny wzrost w okresie sporulacji, po czym, po zakończeniu podziałów, przyrost jest znów bardzo powolny. Przeniesienie kultury do ciemności, o ile wywołuje podziały komórek, wiąże się ze wzrostem ilości kwasu DN (Nihei 1954). Interesujące jest wyliczenie ilości kwasu DN przypadającego na jedną komórkę (ryc. 7). Ilość ta prawie niezmienna w pierwszej połowie fazy świetlnej wykazuje szybki wzrost przed końcem tej fazy, co łączy się z pojawieniem się w komórkach zdolności do podziałów. Po podziale ilość kwasu DN spada do poprzedniej wartości. Podczas inkubacji w ciemności ilość kwasu DN może wzrosnąć tylko w komórkach typu L, zdolnych do sporulacji, nigdy w komórkach typu D.

Opisane zachowanie się kwasów nukleinowych wskazuje, że są one syntetyzowane w ciągu rozwoju glonu w sposób zasadniczo różny. Podczas gdy kwas RN tworzy się w czasie trwania fazy wzrostu, mniej więcej proporcjonalnie do przyrostu innych materiałów budulcowych komórki, przyrost kwasu DN jest wyraźny dopiero przed okresem sporulacji. Względna stałość kwasu RN i białek przemawia za rolą tego kwasu przy syntezie białek. Natomiast stała ilość kwasu DN przypadającego na komórkę zgodna jest z tezą o stałej zawartości tego kwasu w jądrze komórkowym. Wydaje się, że podział



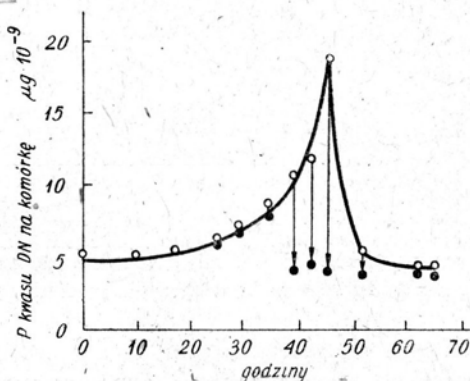
jest możliwy dopiero wówczas, gdy ilość kwasu DN osiągnie poziom wystarczający dla normalnego zaopatrzenia jąder komórek potomnych.

Z obserwowanego przyrostu kwasu DN a ubytku kwasu RN podczas inkubacji w ciemności można wreszcie przypuszczać, że zachodzi tu przemiana jednego kwasu w drugi. Analiza ilościowa zmian kwasów nukleinowych, zachodzących we wspomnianych warunkach, nie daje jednak bezspornego potwierdzenia tego przypuszczenia. Pojawiająca się ilość kwasu DN jest tylko w pewnych granicach proporcjonalna do ubytku kwasu RN.

\*

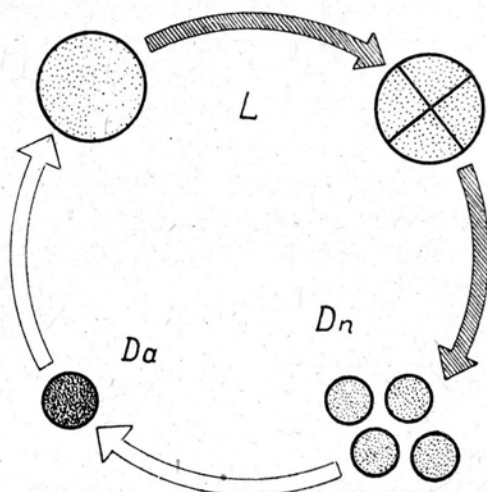
Całość cyklu rozwojowego komórki *Chlorella* przedstawia schemat na ryc. 8. Komórki młodociane, dopiero co powstałe w procesie sporulacji (Dn), nabywają w świetle maksymalnej aktywności fotosyntetycznej, co związane jest z wyraźnym zwiększeniem w nich stężenia chlorofilu. Powstałe w ten sposób aktywne komórki (Da) podlegają w dalszym ciągu w świetle stopniowemu wzrostowi i przechodzą przemianę w typ L. Przemianie tej towarzyszy wzrost suchej masy i mniej więcej równolegle biegnący przyrost azotu całkowitego i białka, fosforu i kwasu RN. Równocześnie następuje stopniowe zmniejszanie aktywności aparatu fotosyntetycznego i wydajności procesu fotosyntezy. Następuje osiągnięcie stadium L, któremu towarzyszy raptowny wzrost ilości kwasu DN. Dalszy rozwój jest już niezależny od światła i może przebiegać zarówno w świetle, jak i w ciemności. Następuje sporulacja i związana z nią redukcja ilości kwasu DN do normalnego poziomu stałego dla każdej komórki, zwiększenie ilości chlorofilu i reaktywacja aparatu fotosyntetycznego. Powstają młodociane komórki typu Dn, od których zaczęliśmy omawianie cyklu.

W cyklu rozwojowym możemy zatem wyróżnić fazy zależne od światła i fazy niezależne. Długość przebiegu pierwszych związanych jest, obok innych czynników hodowli, w pierwszym rzędzie z intensywnością światła. Temperatura ma wpływ na przebieg obu faz, ale wpływa na nie w niejednakowy sposób. Faza niezależna od światła ma znacznie wyższy współczynnik termiczny od fazy świetlnej. Znajomość tego faktu jest bardzo cenna dla wyjaśnienia wzrostu glonów poddanych rytmicznym zmianom oświetlenia i temperatury (Tamiya i in. 1955).



Ryc. 7. Zawartość kwasu desoksyrybonukleinowego przypadająca na jedną komórkę *Chlorella*. Czarne punkty oznaczają stan osiągnięty po 70 godz. inkubacji w ciemności. (Wg Iwamura 1955)

Na zakończenie zadajmy sobie pytanie, czy ciekawa ta fazowość rozwoju jest typowa tylko dla glonu *Chlorella*, czy też jest zjawiskiem szerszej rozpowszechnionym? Niestety brak dotąd w literaturze danych na ten temat. Jednakże w jednym z laboratoriów holenderskich stwierdzono ostatnio cha-



Ryc. 8. Schemat cyklu Tamiya. Strzałki białe oznaczają fazę świetlną, kreskowane — niezależną od światła. Intensywność zaciemnienia komórek proporcjonalna do ich aktywności fotosyntetycznej

rakterystyczny cykl Tamiya u glonu *Scenedesmus* (Bongers — nie opublikowane). Są zatem dane, aby przypuszczać, że cykl Tamiya jest zjawiskiem bardziej rozpowszechnionym, może więc stanowić podstawę do wyciągnięcia cennych wniosków o fizjologii wzrostu i rozwoju roślin zielonych w ogólności.

#### LITERATURA

- Iwamura T. 1955. Change of nucleic acid content in *Chlorella* during the course of their life-cycle. Journ. of Biochem. **42**. 557—589.
- Iwamura T., E. Hase, Y. Morimura and H. Tamiya. 1955. Life-cycle of the green alga *Chlorella* with special reference to the protein and nucleic acids contents of cells in successive formative stages. Biochemistry of Nitrogen. Helsinki. Ser. A. II. **60**. 89—103.
- Nihei T., T. Sasa, S. Miyachi, K. Suzuki and H. Tamiya. 1954. Change of photosynthetic activity of *Chlorella* cells during the course of their normal life-cycle. Arch. Mikrobiol. **21**. 156—166.
- Suzuki K., S. Miyachi and H. Tamiya. 1952. Change of the capacity of dark reduction of carbon dioxide during the normal growth cycle of *Chlorella elipsoidea*. Ann. Reprt of the Research Committee on the Application of the Artificial Radioactive Isotopes in Japan **2**. 67—70.
- Tamiya H., T. Iwamura, K. Shibata, E. Hase and T. Nihei. 1953. Correlation between photosynthesis and light independent metabolism in the growth of *Chlorella*. Biophys. Biochem. Acta **12**. 23—40.
- Tamiya H., T. Sasa, T. Nihei and S. Ishibashi. 1955. Effect of variation of day length, day and night temperatures and intensity of daylight upon the growth of *Chlorella*. J. Gen. Appl. Microbiol. **4**. 298—307.