

CREȘTEREA ALGEI SCENEDESMUS ACUTIFORMIS ÎN CULTURI INTENSIVE ÎN DIFERITE ANOTIMPURI

Acad. ȘTEFAN PÉTERFI și FRANCISC NAGY-TÓTH

Alga *Scenedesmus acutiformis* a fost cultivată în vase planparalele de un diametru interior de 15 mm în diferite perioade ale anului (III, VII, X—XI, XI—XII) în aceeași soluție nutritivă (soluția Tamiya modificată), condiții de lumină (5000 lx) și temperatura ($24 \pm 3^\circ\text{C}$).

A fost determinată densitatea celulară, optică (E), constanta de creștere (k) și substanța uscată (g/l) a culturilor după 7—9 zile de creștere. Rezultatele sînt date în Fig. 1 și Tab. 1.

Ritmul de creștere exprimat prin $N-N_0/t$, densitatea celulară finală a culturilor, creșterea procentuală și gradul de multiplicare (N/N_0) în timpul dezvoltării culturilor prezintă variații în cele patru perioade studiate, comparabile cu periodicitatea sezonală a speciilor de *Scenedesmus* în fitoplanctonul apelor eutrofe. Aceste variații se explică prin păstrarea unei ritmicități interne ale dezvoltării algelor și în condițiile de cultivare în laborator.

Ritmul de creștere exprimat prin densitatea optică ($E=E_0/t$), densitatea optimă finală (E), densitatea optică procentuală și valorile gradului de multiplicare (E/E_0) nu sînt congruente, ceea ce arată influența metabolismului diferit asupra biogenezei clorofilei și mersului fotosintezei din cauza modificării chimice calitative și cantitative a mediului nutritiv în perioada dezvoltării algelor.

Densitatea optică finală și substanța uscată recoltată (g/l) prezintă valori congruente și comparabile cu acelea ale înmulțirii celulelor.

Dinamica sezonală a înmulțirii celulelor, a densității optice și a substanței uscate, practic nu influențează eficiența culturilor algelor, comparîndu-le cu alte plante de cultură, media anuală de substanță uscată pe unitate de suprafață de cultură.

Algele de apă dulce din apele noastre prezintă o periodicitate sezonală în creșterea lor în cursul unui an în funcție de cele patru anotimpuri. Studiile mai recente ecologice pun în evidență variații calitative

și cantitative semnificative în apariția sezonală și productivitatea fitoplanctonului de apă dulce. W. RODHE, R. A. VOLLENWEIDER și A. NAUWERCK [11] studiind succesiunea sezonală a speciilor planctonice în decursul anilor, stabilesc două perioade în apariția masivă a *Chlorophyceae*-lor inclusiv a speciei *Scenedesmus costata-granulatus*. Una coincide cu lunile V—VII, iar cealaltă cu sezonul autumnal. J. W. G. LUNG [6] constată modificări sezonale în abundența speciilor de *Scenedesmus* în lacurile din Windermere (Anglia) și găsește un maximum de densitate planctonică în luna septembrie. Mai târziu același autor [7] determinând productivitatea de biomasă a algelor verzi din aceste lacuri în cursul anilor 1956, 1957, 1958 și 1959, găsește un maximum de dezvoltare în lunile de primăvară și o perioadă de productivitate minimă între lunile septembrie și februarie. J. KRISTIANSEN și H. MATHIESEN [5] descriu două maxime — unul vernal și altul autumnal — în evoluția fitoplanctonului din lacurile eutrofe scandinave. Pentru *Scenedesmus armatus*, autorii susmenționați, constată deplasarea primului maximum spre vară (iulie), cel autumnal fiind în luna septembrie—octombrie.

Determinările comparative făcute de P. M. JONASSON și J. KRISTIANSEN [4] cu ajutorul metodelor ^{14}C , volumetrică și gravimetrică asupra producției primare a fitoplanctonului de apă dulce, arată în mod congruent cele două maxime — vernal și autumnal — urmate de minimele estivale și hibernale.

Periodicitatea sezonală a algelor a fost studiată și în culturi pure în condiții de laborator, pentru a găsi sezonul cel mai potrivit a unei productivități maxime în decursul anului. Din bogata literatură care discută această temă cităm în primul rând lucrarea lui H. TAMIYA [14], care vorbind despre recoltarea cea mai potrivită a algelor cultivate, a diferitelor specii și tulpini de *Chlorella*, arată că eficiența conversiunii energiei luminoase și recolta $\text{g/m}^2/\text{zi}$ variază în diferite perioade ale anului. H. TAMIYA este de părere că această variație este în funcție de temperatură — care nefiind reglată — prezintă variații sezonale în decursul anului. S. V. GORIUNOVA și M. V. NASONOVA [3] sînt de părere că speciile de *Scenedesmus* și *Ankistrodesmus* prezintă o periodicitate de creștere sezonală cultivate și în condițiile de laborator, menținându-se optimele vernale și autumnale. După J. SIMMER [13] maximum de dezvoltare estivală (iunie—iulie) observat la *Scenedesmus quadricauda* cultivat în laborator, este în funcție de variația luminii (culturi la lumină naturală) și temperaturii. La concluzii asemănătoare ajung M. G. VLADIMIROVA, M. I. TAUTS, O. I. FEOKTISTOVA și V. E. SEMENENKO [15] constatînd că în culturile de *Chlorella* se creează discordanțe calitative fiziologice (autoinhibiție, carență de azot), în funcție de gradul de dezvoltare (densitatea optică) a biomasei.

În condițiile culturilor masive de *Chlorella*, *Scenedesmus* și *Ankistrodesmus*, V. N. SHAPOSHNIKOV și colaboratorii [12] și O. I. FEOKTISTOVA [1] nu semnalează o variație sezonală, pentru că rapiditatea creșterii și schimbarea rapidă a generațiilor împiedică manifestarea periodicității.

Cercetările comparative arată că problema periodicității sezonale este mai complicată. G. E. FOGG [2], de exemplu, arată că temperatura

la care un organism este mai abundent în natură nu corespunde în mod necesar cu temperatura lui optimă stabilită în laborator. Astfel tulpina planctonică de *Chlorella pyrenoidosa* studiată de G. E. FOGG și J. H. BELCHER (cit. [2]) a fost izolată dintr-un lac din Laponia suedeză în care temperatura nu a fost mai mare de 7°C, iar optimul său în cultură a fost găsit în jurul temperaturii de 20°C.

Pentru a vedea dacă se manifestă sau nu, periodicitatea sezonală în creșterea algei verzi *Scenedesmus acutiformis*, pe care o cultivăm de mai mulți ani în condiții de laborator [8], am urmărit dezvoltarea ei în cele patru perioade ale anului, corespunzătoare anotimpurilor climatice.

Material și metodă de lucru

Alga verde *Scenedesmus acutiformis* Schroed. [8] a fost cultivată în soluția nutritivă Tamiya modificată de noi [10]. Am utilizat vase de cultură planparalele cu un diametru intern de 15 mm descrise în lucrarea noastră anterioară [9]. Culturile au fost iluminate (5000 lx) și recoltele evaluate ca în experiențele noastre anterioare [10]. Temperatura ambiantă a culturilor a fost de $24 \pm 3^\circ\text{C}$. Datele și duratele experiențelor, precum și rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 1 și figura 1.

Rezultate și discuții

Din compararea rezultatelor obținute reiese mersul asemănător al creșterii celor 4 serii de culturi, curbele creșterii sigmoidale fiind comparabile și în mare parte proporționale (fig. 1). O oarecare diferență se observă la începutul dezvoltării culturilor, în sensul că în perioada de primăvară (curba 11—19.III.) faza latentă pare a fi mai scurtă, respectiv trecerea la faza logaritmică este mai puțin pronunțată, deși densitatea inițială a culturilor practic a fost aceeași (Tab. 1). O creștere mai intensă se constată tot în cazul culturilor de primăvară, prezentîndu-se oarecum o „intensitate vernală“ a dezvoltării, care însă după a 5—6-a zi devine inferioară „creșterii hibernale“ din zilele a 6—8-a.

Ritmul de creștere exprimat prin numărul celulelor ($N-N_0/t$) prezintă valori mai mari în luna martie (29.911), valori care scad treptat la 23.663 în luna iulie, respectiv ajungînd la un minimum de 17.870 în timpul lunilor octombrie—noiembrie, ca apoi să se ridice din nou în lunile de iarnă (XI și XII) la numărul de 24.657 de celule. Această dinamică se reflectă și în numărul total al celulelor recoltate la sfîrșitul experienței (Tab. 1). Ritmul de creștere exprimat prin densitatea optică a culturilor ($E-E_0/t$) însă nu mai arată o proporționalitate sau congruență cu valorile extincției finale (E) obținute la sfîrșitul experienței, dar este în corelație directă cu variația substanței uscate ale recoltelor terminale. Variații mici prezintă valorile constantei de creștere

$$\left(k = \frac{2,303}{t} \cdot \log \frac{N}{N_0} \right), \text{ fără a arăta maxime sau minime.}$$

În acest fel nu găsim o concordanță între diferitele caracteristici cantitative ale culturilor și de aceea au mai fost calculate și valorile gradului de multiplicare a celulelor (N/N_0), adică numărul total de celule la recoltare: numărul celulelor inoculate. Aceste valori prezintă mari variații în funcție de cele patru anotimpuri (Tab. 1), diferențele

Tabel 1

CREȘTEREA ALGEI SCENEDESMUS ACUTIFORMIS ÎN CULTURI INTENSIVE ÎN DIFERITE ANOTIMPURI

Data și durata experiențelor	Densitatea celulară raportată la 1 mm ³		Densitatea optică exprimată în E		N/N ₀	E/E ₀	Constanta de creștere (k) raportată la		Substanța uscată, g/l
	inițială (N ₀)	finală (N)	inițială (E ₀)	finală (E)			nr. celular	extincție	
11—19.III.	1.170	270.375	0,010	1,680	231	168	0,602	0,568	5,62
2— 9.VII.	1.568	190.875	0,021	1,230	121	58	0,600	0,508	3,14
29.X—4.XI.	1.282	126.375	0,014	1,190	98	85	0,655	0,634	3,50
27.XI—5.XII.	1.958	223.875	0,032	1,720	114	53	0,524	0,441	6,08

dintre ele depășind chiar și 1000%. În acest fel în înmulțirea celulelor de *Scenedesmus acutiformis* cultivat în condiții regulate de temperatură și lumină se evidențiază un maxim vernal de dezvoltare, asemănător aceleia care a fost semnalat pentru *Scenedesmus armatus* de către J. KRISTIANSEN și H. MATHIESEN [5] din fitoplanctonul apelor eutrofe, res-

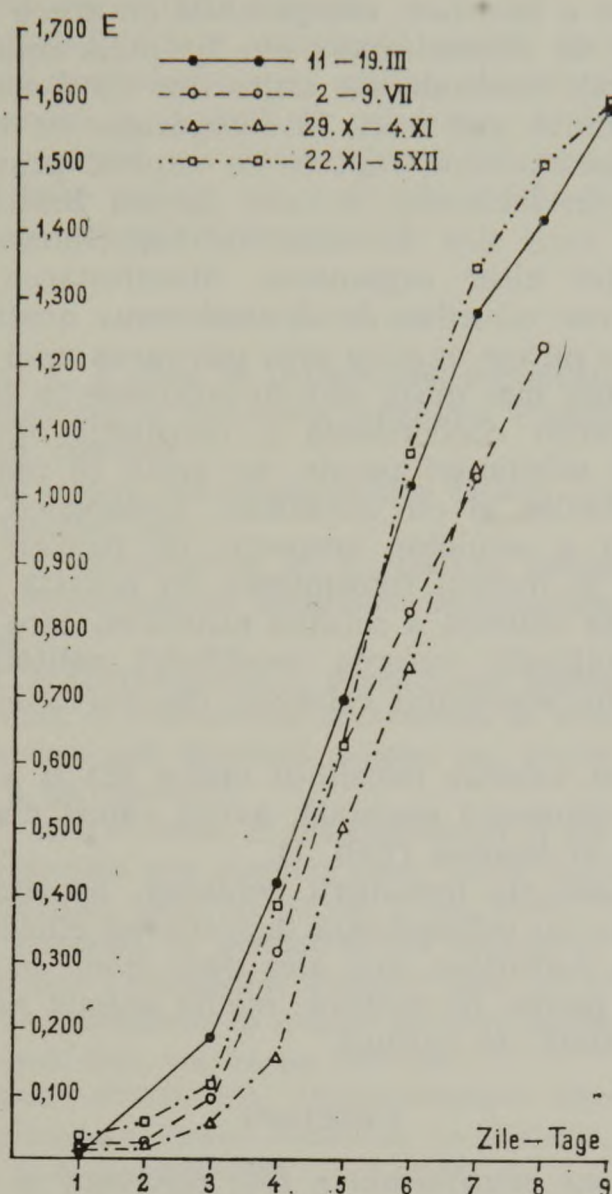


Fig. 1. Mersul creșterii algei *Scenedesmus acutiformis* în culturi pure intensive în diferite perioade ale anului.

pectiv de S. V. GORIUNOVA și M. V. NASONOVA [3] pentru *Scenedesmus quadricauda* cultivat în laborator la lumină naturală și artificială.

Creșterea din nou a valorii N/N_0 în perioada lunilor de toamnă și iarnă este comparabilă cu rezultatele lui J. W. G. LUND [6], care semnalează un maximum de toamnă în abundența speciilor de *Scenedesmus* pe solul subacvatic din lacurile Windermere din Anglia, de asemenea și cu ale lui W. RODHE și colaboratorii [11] care pentru mai multe specii de *Chlorophyceae* — între care și *Scenedesmus costata-granula-*

tus — din fitoplanctonul lacurilor din Suedia de sud stabilește două perioade de abundență, de primăvară și de toamnă.

Din concordanța datelor ritmului de creștere al celulelor cu numărul final al celulelor, valorile N/N_0 și calcularea procentuală a înmulțirii celulelor în culturile din diferite anotimpuri, se reliefează o dinamică diferită de înmulțire a talurilor, comparabilă cu aceea a periodicității sezonale ale speciilor de *Scenedesmus* din fitoplanctonul apelor dulci eutrofe. Desigur valorile sezonale ale culturilor de *Scenedesmus acutiformis* variază între limite mai mici, în comparație cu variațiile observate în abundența fitoplanctonului, fapt ce se explică prin reglarea, în condițiile de cultivare în laborator, a unor factori limitanți și valabili în condițiile naturale, cum sînt în cazul de față lumina, temperatura și excluderea influenței altor organisme. Manifestarea acestei dinamici sezonale în înmulțirea talurilor de *Scenedesmus acutiformis* și în condițiile de laborator o putem explica prin păstrarea unei ritmicități interne încă existente și după mai mulți ani cu cultivare în laborator.

Variația mai puțin concordantă a densității optice stabilită prin valoarea lui E și a substanței uscate, ne arată că mai avem de a face în dezvoltarea culturilor și cu modificări metabolice, legate mai mult de starea fiziologică a celulelor, respectiv de factorii care influențează biogeneza clorofilei și mersul fotosintezei. În această ordine de idei ne referim la compoziția chimică a soluției nutritive, care în decursul experienței nefiind stabilizată, suferă modificări calitative și cantitative importante pentru metabolismul celulelor din culturile celor patru anotimpuri.

Cu toate acestea valorile densității optice (E) și a substanței uscate (g/l) arată și ele o dinamică sezonală, avînd valori mai mari primăvara și mai scăzute vara și toamna (Tab. 1).

Variațiile sezonale ale înmulțirii celulelor, densității optice și substanței uscate practic nu influențează dezvoltarea eficientă în orice sezon din cursul anului a culturilor, mai ales dacă avem în vedere termen de comparație cu alte plante de cultură, media anuală de substanță uscată pe unitate de suprafață de cultură.

Concluzii

Alga *Scenedesmus acutiformis* a fost cultivată în vase planparalele de un diametru interior de 15 mm în diferite perioade ale anului (III, VII, X—XI, XI—XII), în aceeași soluție nutritivă (soluția Tamiya modificată), condiții de lumină (5000 lx) și temperatura ($24 \pm 3^\circ\text{C}$).

A fost determinată densitatea celulară, optică (E), constanta de creștere (k) și substanța uscată (g/l) a culturilor după 7—9 zile de creștere. Rezultatele sînt date în fig. 1 și tabel 1.

Ritmul de creștere exprimat prin $N-N_0/t$, densitatea celulară finală a culturilor, creșterea procentuală și gradul de multiplicare (N/N_0) în timpul dezvoltării culturilor prezintă variații în cele patru perioade studiate, comparabile cu periodicitatea sezonală a speciilor de *Scenedesmus* în fitoplanctonul apelor eutrofe. Aceste variații se explică prin păstrarea unei ritmicități interne ale dezvoltării algelor și în condițiile de cultivare în laborator.

Ritmul de creștere exprimat prin densitatea optică ($E-E_0/t$), densitatea optică finală (E), densitatea optică procentuală și valorile gradului de multiplicare (E/E_0) nu sînt congruente, ceea ce arată influența metabolismului diferit asupra biogenezei clorofilei și mersului fotosintezei, din cauza modificării chimice calitative și cantitative a mediului nutritiv în perioada dezvoltării algelor.

Densitatea optică finală și substanța uscată recoltată (g/l) prezintă valori congruente și comparabile cu acelea ale înmulțirii celulelor.

Dinamica sezonală a înmulțirii celulelor, a densității optice și a substanței uscate, practic nu influențează eficiența culturilor algelor, comparîndu-le cu alte plante de cultură, media anuală de substanță uscată pe unitate de suprafață de cultură.

BIBLIOGRAFIE

1. FEOKTISTOVA, O. I., *A study of the seasonal periodicity of Chlorella development as dependent on cultivation conditions*. Fiziologhia Rastenii, 1965, vol. 12, nr. 5, pp. 888—893.
2. FOGG, G. E., *Algal culture and phytoplankton ecology*. The Athlome Press, University of London, 1965.
3. GORIUNOVA, S. V., NASONOVA M. V., *Iavlenie sezonnoi periodichnosti rosta i razvitia u odnokletocinih vodoroslei*. Mikrobiologhia, 1955, vol. 24, nr. 2, pp. 193—198.
4. JÓNASSON, P. M., KRISTIANSEN, J., *Primary and secondary production in lake Esrom. Growth of Chironomus anthracinus in relation to seasonal cycles of phytoplankton and dissolved oxygen*. Int. Revue gen. Hydrobiol., 1967, vol. 52, nr. 2, pp. 163—217.
5. KRISTIANSEN, J., MATHIESEN, H., *Phytoplankton of the Tystrup-Bavelse lakes. Primary production and standing crop*. Oikos. Acta Oecologica Scandinavica (Copenhagen), 1964, vol. 15, nr. 1, pp. 1—43.
6. LUND, J. W. G., *Buoyancy in relation to the ecology of the freshwater phytoplankton*. British Phycological Bulletin, 1959, nr. 7, pp. 1—17.
7. LUND, J. W. G., *The periodicity of μ -algae in three English lakes*. Verh. Internat. Verein. Limnol., 1961, vol. 14, pp. 147—154.
8. PÉTERFI, ȘT., NAGY-TÓTH, FR., *Untersuchungen über Massenkulturen von Süßwassergrünalgen*. Revue Roumaine de Biologie, série Botanique, 1967, vol. 12, nr. 2—3, pp. 199—206.
9. PÉTERFI, ȘT., NAGY-TÓTH, FR., BARNA, ADRIANA, *Das Wachstum der Alge Scenedesmus acutiformis in Abhängigkeit von der Schichtdicke der Suspension*. Revue Roumaine de Biologie, série de Botanique, 1968, vol. 13, nr. 1—2, pp. 93—101.
10. PÉTERFI, ȘT., NAGY-TÓTH, FR., BARNA, ADRIANA, *Der Wachstumsverlauf von Scenedesmus acutiformis in periodisch verdünnten intensiven Kulturen*. Studia Universitatis Babeș-Bolyai series Biologia, 1969, nr. 1, pp. 73—82.
11. RODHE, W., VOLLENWEIDER, R. A., NAUWERCK, A., *The primary production and standing crop of phytoplankton*, in A. A. Buzzati-Traverso (edited by), *Perspectives in Marine Biology*. Berkeley and Los Angeles, 1958.
12. SHAPOSHNIKOV, V. N., PIMENOVA, M. N., MAXIMOVA, I. V., JDANNIKOVA, E. N., RAMENSKAYA A. A., *On sesonal periodicity in the development of*

green algae under laboratory conditions. Mikrobiologhia, 1964, vol. 33, nr. 2, pp. 221—223.

13. SIMMER, I., *Rezultati sezonnoi kulturî vodoroslei Scenedesmus quadricauda v otkritih ustanovkah v usloviah iujnoi Ceheii (g. Trjeboni)*. Izucenie Intensivnoi Kulturî Vodoroslei. Dokladi III Koordinacionnogo Soveščania po Probleme 9.9. Naucino-Tehnicoskogo Sotrudicestva SEV. Praga, 1965, pp. 28—32.
14. TAMIYA, H., *Mass culture of algae*. Annual Review of Plant Physiology, 1957, vol. 8, pp. 309—334.
15. VLADIMIROVA, M. G., TAUTS, M. I., FEOKTISTOVA, O. I., SEMENENKO, V. E., *Physiological properties of Chlorella as related to its prolonged intensive cultivation*. Transactions of the Moscow Society of Naturalists, 1966, vol. 24, pp. 142—153.

DAS WACHSTUM DER ALGE SCENEDESMUS ACUTIFORMIS IN INTENSIVEN KULTUREN ZU VERSCHIEDENEN JAHRESZEITEN.

Zusammenfassung

Die Alge *Scenedesmus acutiformis* wurde in planparallelen Gefäßen mit einem inneren Durchmesser von 15 mm zu verschiedenen Jahresperioden (III, VII, X—XI, XI—XII) in derselben Nährlösung (abgeänderte Tamiya-Lösung) und unter den gleichen Licht- (5000 lx) und Temperaturbedingungen ($24 \pm 3^\circ\text{C}$) gezüchtet.

Bestimmt wurden die optische (E) und Zellendichte, die Wachstumskonstante (k) und das Trockengewicht der Kulturen nach 7—9 Tagen. Die Ergebnisse sind in Fig. 1 und Tabelle 1 dargestellt.

Der durch $N-N_0/t$ ausgedrückte Wachstumsrhythmus, die Zelldichte am Versuchsende, das prozentuelle Wachstum und der Multiplikationsgrad (N/N_0) während der Entwicklung der Kultur weisen zwischen den untersuchten Zeitperioden Variationen auf, die mit der jahreszeitlichen Periodizität der *Scenedesmus*-Arten im Phytoplankton der eutrophen Gewässer vergleichbar sind. Diese Variationen können dadurch erklärt werden, dass die innere Rhythmizität in der Algenentwicklung auch unter den Züchtungsbedingungen im Laboratorium aufrechterhalten wird.

Die Wachstumsrhythmen, die durch die optische Dichte ($E-E_0/t$), die optische Enddichte (E), die prozentuelle optische Dichte und die Werte des Multiplikationsgrades (E/E_0) sind nicht übereinstimmend, was darauf hinweist, dass sich der Einfluss des Stoffwechsels auf die Chlorophyll-Biosynthese und auf den Ablauf der Photosynthese dank der qualitativen und quantitativen Veränderung der Nährlösung während der Algenentwicklung verschieden auswirkt.

Die optische Enddichte und das erzielte Trockengewicht (g/l) zeigen übereinstimmende Werte, die mit denjenigen der Zellvermehrung vergleichbar sind.

Die jahreszeitliche Dynamik von Zellvermehrung, optischer Dichte und Trockengewicht beeinflusst im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen praktisch den Ertrag und das jährliche Mittel der Trockensubstanz pro Flächeneinheit nicht.