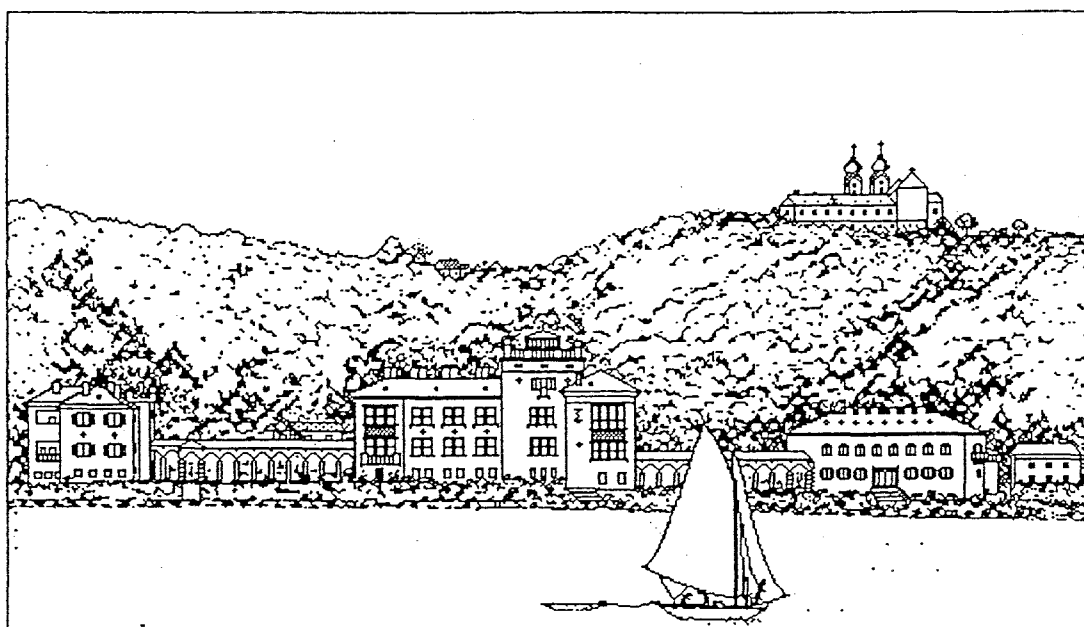


XXXVII. HIDROBIOLÓGUS NAPOK

Tihany, 1995. szeptember 20-22.

"BIOMONITOROZÁS - BIODIVERZITÁS"



Magyar Hidrológiai Társaság
Limnológiai Szakosztálya
Budapest

Magyar Tudományos Akadémia
Balatoni Limnológiai
Kutatóintézete, Tihany

Magyar Tudományos Akadémia
Veszprémi Területi Bizottsága
Veszprém

A *Gloeotrichia echinulata* N₂-kötô, kolóniás-fonalas kékalga foszfor felvételi és növekedési stratégiája

Istvánovics Vera és Padisák Judit

MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézete, Tihany

A *Gloeotrichia echinulata* bizonyos nyarakon 2-8 hétig a közép-svédországi Erken-tó domináns algája. A mezotróf Erken-tó területe 24 km², átlagos mélysége 9 m, a víz tartózkodási ideje 7,4 év. Július-augusztusban hőmérsékleti rétegzôdés alakul ki. Az epilimnion vizének hőmérséklete 20-22°C.

A *G. echinulata* fonalai kocsonyás anyaggal összetartott, gömb alakú kolóniákká szervezôdnek. Ezek mérete az 1-2 mm-t is elérheti. Tavasszal az Erken-tó 10 m-nél sekélyebb vize alatti üledék felsô 4 cm-es rétegében négyzetméterenként átlagosan $5 \cdot 10^5$ kolóniát találunk (1). Az üledéklakó kolóniák és akineták többsége télen is élônek tûnik.

Korábbi, meglehetôsen pontatlan, mert nem célirányos vizsgálataink szerint a *G. echinulata* nem képes foszfort (P) felvenni olyan koncentrációk mellett ($5-10 \mu\text{g P l}^{-1}$), melyek más mikroorganizmusok P felvételét már telítik. Ebbôl arra következtettünk, hogy ez az alga P-t raktároz és a felhalmozott tápanyagot használja növekedéséhez (2). Ha ez valóban így van, érthetô, hogy a bentikus kolóniáinak tömeges felvándorlása az üledékbôl az epilimnionba a belsô foszfor (P) terhelés fontos útvonala (3). Feltételezésünk bizonyítására a korábbinál pontosabban kellett vizsgálnunk a *G. echinulata* növekedését, P felvételi kinetikáját és felvándorlásának szerepét az Erken-tó belsô P terhelésében.

Az epilimnionban a kolóniák eloszlása rendkívül egyenlôtlen, mert számuk kicsi (literenként maximum 200 db), a felszín közelében gyûlnek össze, és már gyenge szél is elsodorja ôket a szél alatti part irányába. A tó teljes epilimnionját viszonylag jól reprezentálандó, 5 ponton hetente kétszer pumpáltunk fel 200-300 liter vizet. A kolóniákat 200 μm -es planktonhálón felfogva Whatman GF/F szûrôn átszûrt tó-vízbe tettük. A zooplanktont kézzel válogattuk szét az algáktól. Augusztusban kisebb kolóniákat is megfigyeltünk, ekkor a durva hálón áteresztett vizet 70 μm -es planktonhálón tovább szûrtük. Külön vizsgáltuk a $>200 \mu\text{m}$ (*G. echinulata* illetve zooplankton), a 70-200 μm (*G. echinulata*) és a <70 vagy $<200 \mu\text{m}$ (más mikroorganizmusok) csoportot. Mikroszkóppal ellenôriztük, hogy a *G. echinulata* sűrítmény 1%-nál kevesebb idegen algát tartalmazott. A kolóniák kocsonyás anyagában élô baktériumok szénfelvétele az algákénak csupán 0,5-2%-a volt.

A módszereket munkánkról megjelent (4) cikkünkben ismertettük részletesen. Megállapítottuk a fitoplankton faji összetételét és biomasszáját. Standard módszerekkel mértük a víz oldott reaktív P (ORP) és összes P (ÖP) koncentrációját. Meghatároztuk a csoportok formált P (FP), szén (FC) és nitrogén (FN) tartalmát, a klorofill-a (kl-a) és a raktározott P (RP) koncentrációját, valamint az alkalikus foszfatáz aktivitást (AFA). A csoportok fotoszintézisének fényfüggését fotoszintetronban mértük. A P felvételt izotópos és kémiai módszerrel vizsgáltuk, a felvételi kinetikához alkalmazkodó,

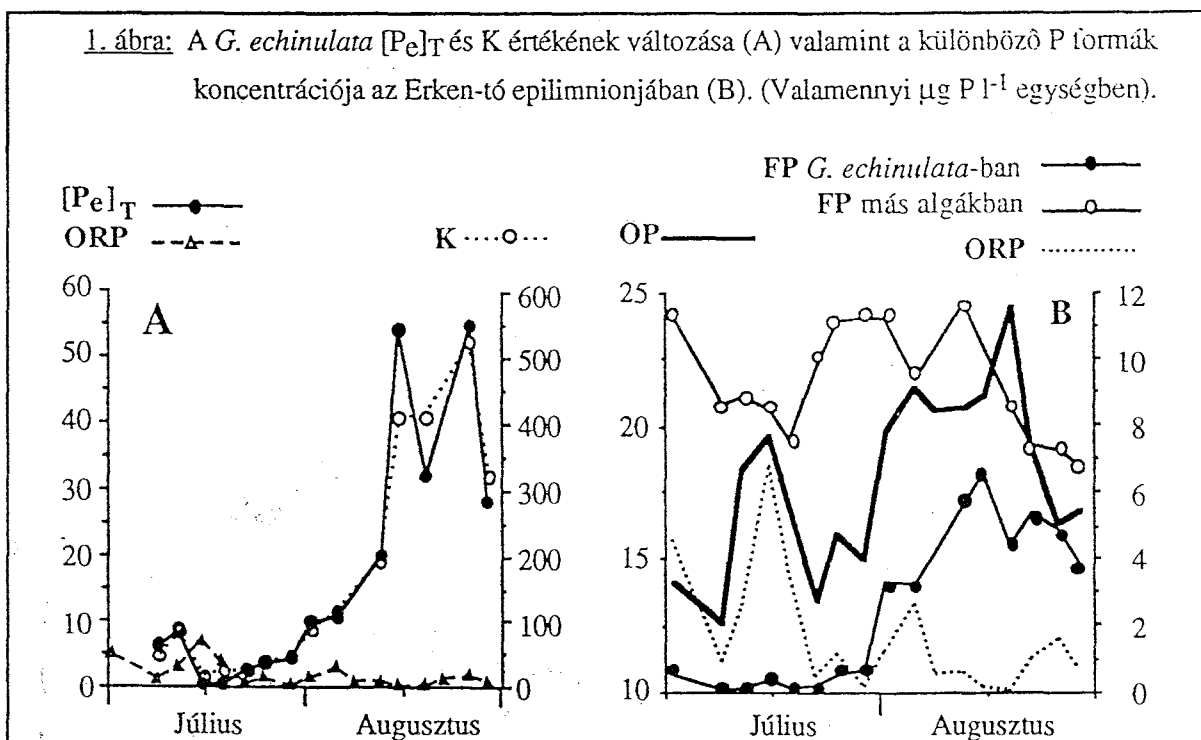
P hozzáadások mellett. A P felvételi sebesség (v , $\mu\text{g P (mg C)}^{-1} \text{óra}^{-1}$) koncentráció ($[P_e]$, $\mu\text{g P l}^{-1}$) függését kétféleképpen írtuk le: (i) a hagyományos Michaelis-Menten modellel (MM) valamint (ii) Falkner és mtsai. (5) elméleti P-felvételi modeljével. A MM-model állandói a maximális felvételi sebesség (V , $\mu\text{g P (mg C)}^{-1} \text{óra}^{-1}$) és a féltelítési állandó (K , $\mu\text{g P l}^{-1}$). Falkner modelje szerint a mikroorganizmusok csak valamely küszöbértéknél ($[P_e]_T$, $\mu\text{g P l}^{-1}$) nagyobb külső koncentrációnál képesek nettó P felvételre. Lévén a P felvétel energiaigényes folyamat, minél több energiát tud a szervezet P felvételre fordítani, annál kisebb lesz a küszöbe. Az egyenlet látszólag egyszerű:

$$v = L_p * (\log[P_e] - \log[P_e]_T),$$

ahol L_p ($\mu\text{g P (mg C)}^{-1} \text{óra}^{-1}$) a P felvételi rendszer állapotára jellemző arányossági tényező. A két modellt más cikkeinkben (4,6,7) összehasonlítottuk, az utóbbit értelmeztük és alkalmaztuk a természetes plankton P felvételének vizsgálatában.

Az Erken-tó fitoplanktonjában július elején az apró ostorosok (főleg *Rhodomonas lacustris*) voltak túlsúlyban. Az epilimnion fokozatos mélyülésével július közepétől a Centrales rend képviselőinek biomasszája növekedett, a hónap végére elérte a 40%-ot. A *G. echinulata* július elején jelent meg és augusztus közepéig nőtt a biomasszája. A kolóniák átlagos kl-a tartalma szénttartalmuk 1%-a volt. Augusztusban, amikor a *G. echinulata* biomasszája $12 \mu\text{g kl-a l}^{-1}$ -val tetőzött, más algák közül csak a *Ceratium hirundinella* biomasszája volt viszonylag állandó és nagy, az összes biomassza mintegy 20%-a.

1. ábra: A *G. echinulata* $[P_e]_T$ és K értékének változása (A) valamint a különböző P formák koncentrációja az Erken-tó epilimnionjában (B). (Valamennyi $\mu\text{g P l}^{-1}$ egységben).



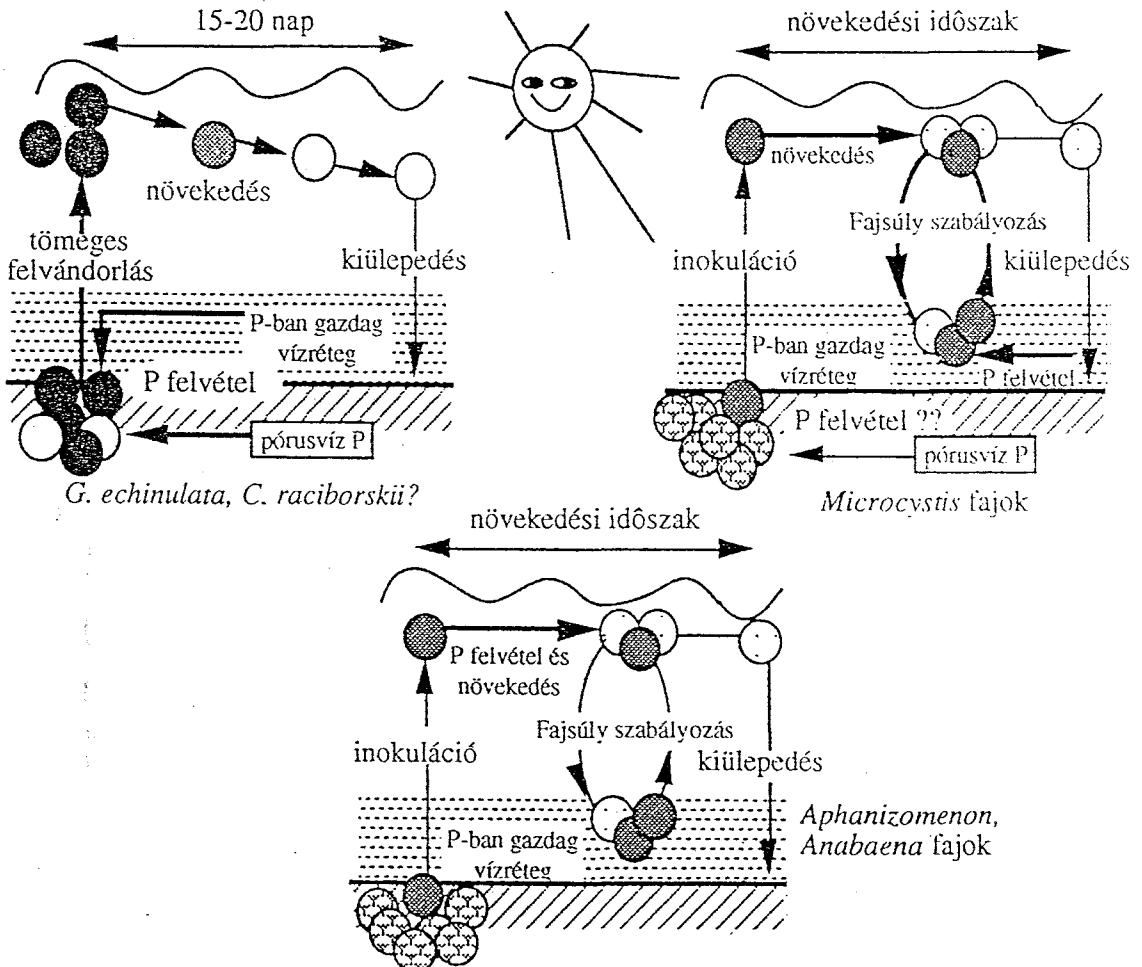
A P felvételi küszöb átlagosan tízszer nagyobb volt a féltelítési állandónál. Július elejétől eltekintve $[P_e]_T$ értéke állandóan annival magasabb volt, mint az epilimnion ORP koncentrációja, hogy a planktonikus kolóniák nem lehettek képesek P-t asszimilálni (1A. ábra). Az AFA és az oldott szerves P évszakos mintázata alapján nagy valószínűséggel kizárhatjuk, hogy a kolóniák szerves P-t

tudnának hasznosítani (4). Más algák $[P_C]_T$ és K értékeivel összevetve (5.6.7.8) a *G. echinulata*-éi sokkal magasabbak, ez - többek között - jó P ellátottságára utal. A maximális felvételi sebesség ($0.056 - 0,3 \mu\text{mol P} [\text{mol C}]^{-1} \text{s}^{-1}$) a más kékalgákra jellemző tartomány ($0,068 - 5.44 \mu\text{mol P} [\text{mol C}]^{-1} \text{s}^{-1}$) (9) alsó értékeivel vág egybe. A *G. echinulata* a P raktározásra specializálódott algák között is különleges: P asszimilációja és növekedése térben és időben teljesen szétválik. A bentikus P felvételt az epilimnetikus növekedés követi.

Az epilimnion ÖP koncentrációja július 23. és augusztus 20. között megduplázódott (1B. ábra). Az epilimnion átlagos mélyse 8 m, így az ÖP növekedés, azaz a nettó belső P terhelés sebessége $3.8 \text{ mg P m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ volt. A *G. echinulata* kolóniák FP tartalma az ÖP-nak átlagosan ugyan csupán 30%-át tette ki, de az ÖP koncentrációval párhuzamosan emelkedett. A növekedés üteme $2.4 \text{ mg P m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ volt. Következésképp az üledékből felvándorló, P-ban gazdag kolóniák szállították az epilimnionba az Erken-tó nettó belső P terhelésének kétharmadát. Közvetett adatokon nyugvó becslésünk szerint adott időpillanatban az epilimnionban tartózkodó kolóniák közel fele az üledékből frissen érkeznek, másik fele pedig az epilimnionban keletkezik, szaporodás útján (4).

Irodalmi adatokat is felhasználva a leggyakrabban tömegprodukción okozó kékalgák életstratégiájának három fő típusát ismerhetjük fel (2. ábra).

2. ábra: A N_2 -kötő kékalgák életstratégiájának három fő típusa.



(i) A *G. echinulata* üledéklakó kolóniái nagy számban vonulnak az epilimnionba, a bentikus utánpótlás mértéke elérheti a 40-50%-ot. A planktonikus kolóniák mindig olyankor jelennek meg, amikor a vízben az ORP koncentrációja kicsi. Magas féltelítési állandójuk miatt a planktonikus kolóniák nem vehetnek fel P-t az epilimnionban. Az élő epilimnetikus kolóniák mindig könnyebbek a víznél, ezért nem tudnak lesüllyedni a P-ban gazdag, mélyebb vízrétegekbe sem. Arra a tápanyagra kell hagyatkozniok, amit korábban, bentikus életciklusuk során halmoztak fel. Ha ez a raktár kiürül, a kolónia sem növekedhet tovább - legvalószínűbben partközelségbe sodródik, elpusztul és kiülepedik. A P készlet 3-4 osztódásra elegendő, egy osztódáshoz 5-6 nap kell. Így optimális környezeti viszonyok sem teszik lehetővé, hogy egy frissen érkezett planktonikus kolónia 15-20 napnál hosszabb ideig tartózkodhassék az epilimnionban.

(ii) A *Microcystis* fajok féltelítési állandója $40 \mu\text{g P l}^{-1}$ körüli, más algákkal ők sem vehetik fel a P-ért folyó versenyt (8). Ezt a hátrányt azonban a *G. echinulata*-étól gyökeresen eltérő módon hozzák be. Az élő kolóniáinak száma az üledékben ugyan nagy, a felvándorlás mértéke mégis kicsi (<10%). A bentikus kolóniák csak a planktonikus szaporodás inokulumát adják (10). A *Microcystis* fajok stratégiája az, hogy csak olyan tavakban nőnek, ahol a vízben elég magas az ORP koncentráció. (A Balatonban soha nincs *Microcystis* tömegprodukció, a Kis-Balatonon vagy a Velencei-tóban viszont van). Elegendő, ha csak a vízoszlop alsó rétegeiben sok az ORP, mert a *Microcystis* fajok nagyon finoman és hatékonyan képesek fajsúlyukat szabályozni (9). Így azután a planktonikus ciklusra áttérő kolónia addig szaporodik, amíg azt más környezeti tényezők megengedik. Eközben P raktárait szükségleteinek megfelelően sokszor feltölti.

(iii) Az *Aphanizomenon* és *Anabaena* fajok felvándorló fonalai a *Microcystis*-hez hasonlóan csak inokulumot szolgáltatnak a planktonikus növekedéshez (3,10). Alacsony féltelítési állandójuk ($\leq 2 \mu\text{g P l}^{-1}$) miatt jó eséllyel versenyezhetnek más algákkal a P-ért (8). Ha így mégsem jutnának elegendő P-hoz, fajsúlyukat is jól szabályozzák (9).

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a *G. echinulata* csak bentikus életciklusa során képes P-t asszimilálni. Ezt a hátrányt azzal ellensúlyozza, hogy a planktonikus növekedés és a bentikus utánpótlás szerepe közel egyforma. A tó szempontjából a P-ban gazdag üledéklakó kolóniák tömeges felvándorlása jelentős belső P terhelést eredményez. A Balatonban időnként domináns *Cylindrospermopsis raciborskii* a külső P terheléstől nyilvánvalóan függetlenül viselkedik. Ezt nullhipotézisként a *G. echinulata*-éhoz hasonló életstratégiával magyarázhatjuk (11,12).

- 1 - Pettersson, K., E. Herlitz, V. Istvánovics. 1993. *Hydrobiologia* **253**: 123-129.
- 2 - Istvánovics, V., K. Pettersson, D. Pierson. 1990. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, **24**: 231-245.
- 3 - Barbiero, R.P., E.B. Welch. 1992. *Freshwater Biol.*, **27**: 249-260.
- 4 - Istvánovics, V., K. Pettersson, M.A. Rodrigo, D. Pierson, J. Padisák, W. Colom. 1993. *J. Plankton Res.* **15**: 531-552.
- 5 - Falkner, G., R. Falkner, A.J. Schwab. 1989. *Arch. Microbiol.* **152**: 353-361.
- 6 - Istvánovics, V., J. Padisák, K. Pettersson, D. Pierson. 1994. *J. Plankton Res.* **16**: 1167-1196.
- 7 - Istvánovics, V., S. Herodek. 1995. *Limnol. Oceanogr.*, **40**: 17-32.
- 8 - Smith, R.E.H., J. Kalff. 1982. *J. Phycol.*, **18**: 275-284.
- 9 - Reynolds, C.S. 1989. *Tox. Assess.*, **4**: 229-255.
- 10 - Trimbee, A.M., G.P. Harris. 1984. *J. Plankton Res.* **6**: 897-918.
- 11 - Istvánovics, V., S. Herodek. 1994. *Proc. ILEC/UNEP Training Course, 1993. Oct.* 112-134.
- 12 - Padisák, J., V. Istvánovics. Jelen kötet.