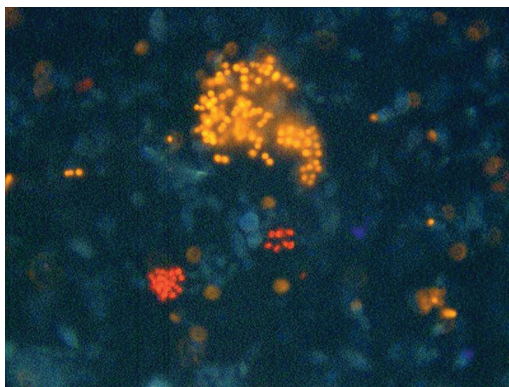


Doktori (PhD) értekezés tézisei

Pikoplankton a trofikus gradiens mentén

MÓZES ANDREA



ELTE Biológia Doktori Iskola (Dr. Erdei Anna)

Kísérletes Növénybiológia Doktori Program (Dr. Szigeti Zoltán)

Témavezető: Dr. Vörös Lajos

Belső konzulens: Dr. Ács Éva

Dr. Kiss Keve Tihamér

MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany

2008

1. Tudományos előzmények

A parányi pikoalga szervezetek vizsgálatát a fluoreszcens mikroszkópi technika tette lehetővé. A pikoalgák (APP) negyed évszázada léptek elő a tudományos érdeklődés palettáján, mikor két amerikai oceanográfiai laboratórium (az egyik a Rhode Island-i egyetemről a másik a Woods Hole-i Oceanográfiai Kutatóintézetből) körülbelül egy időben publikálta a kb. 0,5-1,0 x 1,0-2,0 μm nagyságú planktonikus algák széleskörű elterjedését a világóceánokban (JOHNSON & SIEBURTH 1979; WATERBURY *et al.*, 1979). Felfedezésük jelentőségét tovább növelték azon újabb eredmények, melyek szerint ez a korábban figyelembe nem vett algacsoport hozzájárulása a fitoplankton elsődleges szervesanyag termeléséhez egyes oligotróf tengeri területeken elérheti az össztermelés akár 90%-át is (STOCKNER & ANTIA, 1986). Tengeri felfedezésük után azonnal megindult a piko-méretű algák édesvizekben való kutatása is. Hamarosan kiderült, hogy előfordulásuk nem korlátozódik a tengerekre és óceánokra, sőt mi több szerves részét képezik a világ kisebb és nagyobb természetes és mesterséges állóvízi planktonegyütteseinek is. Az édesvizek esetében szintén igen magas pikoalga részesedésről olvashatunk az irodalomban, ahol az elsődleges termelés 20-70%-ért lehetnek felelősek (NAGATA *et al.*, 1994), a 95 %-os maximumot pedig a kanadai Little Round tónál figyelték meg (CRAIG, 1984).

A pikoplanktonnal kapcsolatos modern populációdinamikai és produkcióbiológiai kutatások Magyarországon az Európai mérésekkel egy időben, a nyolcvanas évek közepén kezdődtek meg. 1985-ben, Magyarországon elsőként, a MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézetében vezették be először az epifluoreszcens módszert a pikoalgák vizsgálatára. Ezen módszernek köszönhetően fény derült arra, hogy a Balaton vize nagyon gazdag 0,8-1,2 μm átmérőjű fikoeitritin és fikocianin pigment-dominanciájú kokkoid cianobaktériumokban. Az 1980-as években kapott eredmények rávilágítottak arra, hogy a pikoplankton maximális abundanciája a hipertróf Keszthelyi-medencében és a kevésbé eutrofizálódott Siófoki-medencében közel azonos ($7,8 \times 10^5$ sejt/ml illetve $6,1 \times 10^5$ sejt/ml). Ezzel szemben a tó e két medencéjében a nagyobb méretű algák mennyisége erőteljesen különbözött, a fitoplankton biomassa maximuma Keszthelynél 19 mg/l, Siófoknál, pedig 7 mg/l volt.

Az első vizsgálatokat követően megkezdődtek a rendszeres pikoplankton vizsgálatok a Balatonban, illetve más hazai állóvizekben is (VÖRÖS, 1987-1988). 2000-

ben elkezdődött a Duna-Tisza közti szikes tavak pikoplankton együtteseinek vizsgálata is. Ezen különleges vízterek limnológiai kutatása közel félévszázados múlttal rendelkezik, de ezek elsősorban különleges kemizmusokra fókuszáltak így nem voltak korábbi mennyiségi adatok az ún. fehér-vízű szikes tavak planktonikus alga-együtteseiről. A 2002 előtti hazai pikoalga vizsgálatok elsősorban a jégmentes időszakra vonatkoztak, következésképp a jég alatti Balaton pikoalga együtteseiről nem rendelkezünk előzetes adatokkal. Éppen ezért jelen dolgozat egyik célja volt a pikoalgák téli előfordulásának megismerése.

Világviszonylatban így Magyarországon is igen szegényes ismeretekkel rendelkezünk a folyóvízi pikoplanktonról. A hazai illetve a nemzetközi pikoalga kutatás egyik hiányzó láncszeme ez. Szintén ismeretlen annak a ténynek a mögöttes oka miszerint a trofitás növekedésével párhuzamosan, csökken a pikoplankton részesedése a fitoplankton tömegéből és produktójából. Emellett a kivételek oka sem ismert, azaz a hipertróf szikes tavak rendkívüli pikoalga gazdagságának miéértje is megválaszolatlan kérdés.

2. Célkitűzés

Jelen tanulmány egyik célja a téli, jég alatti Balaton, eddig ismeretlen, pikoplankton együtteseinek megismerése, teljes évre kiterjedő vizsgálatosorozatok segítségével (1). Az eddigi hazai kutatásokból hiányzott a kolóniás és magányos APP formák elkülönítése, ezért célul tűztem ki a kolóniás formák szezonális dinamikájának meghatározását és a környezeti tényezők befolyásoló szerepének megismerését (2). A folyóvízi pikoplanktonra vonatkozó nagyfokú ismerethiányból kiindulva továbbá célul tűztük ki, hogy átfogó képet kapjunk a magyarországi folyóvizek pikoplanktonjáról (3). Továbbá célom a dunai pikoalgák szezonális dinamikájának megismerése, valamint az azt befolyásoló tényezők meghatározása (4). A számos hazai folyó- és állóvízből származó adatok alapján megvizsgáltam, hogy miként változik az APP mennyisége és részesedése a trofikus gradiens mentén, illetve magyarázatot kerestem a jellegzetes kivételek okaira (5). Végezetül célom volt annak megállapítása, hogy a pikoplankton pigment típusainak előfordulása miképpen használható fel a vízminőség (ökológiai állapot) indikálására (6).

3. Anyag és módszer

2003 és 2006 között folyamatosan vizsgáltam a Balatonban a pikoplankton abundanciájának és összetételének változását. Kétheti gyakorisággal vettünk mintákat a Siófoki- (N 46° 55' 19,6", E 17° 55' 38,9") és a Keszthelyi-medencében (N 46° 44' 05,8", E 17° 16' 32"). A pikoplankton vizsgálatokkal egy időben mértük a fotoszintetikusan aktív sugárzás intenzitásának változását a vízmélység függvényében LI-COR radiométerrel síkfelületű (2π) szenzorral. Minden mintavétel során meghatároztuk a vízhőmérsékletet, mértük a víz a-klorofill koncentrációját és lebegő anyag tartalmát is (FELFÖLDY, 1987).

2002 és 2005 között kétheti rendszerességgel mintákat vettünk a Duna gödi szakaszán a fő- és mellékágból. A főágból a mintavétel a 1669 fkm-nél a sodorvonalból történt, a 900 m hosszúságú mellékág esetében, pedig a felső negyedében található, több mint 30 éve épített keresztgát utáni kiszélesedő szakaszban történt a vízmintavétel. 2005 augusztusában 85 magyarországi víztérből történt egyszeri mintavétel, melyek közül 43 folyóvíz és 42 állóvíz volt.

A Balatonban és a Dunában a vízben oldott ammónia meghatározásához indofenol-kék módszert (MACKERETH et al., 1989) a nitrát meghatározáshoz pedig Cd-redukációs módszert (ELLIOTT & PORTER, 1971) az urea meghatározáshoz NEWELL *et al.* (1967) módszerét használtuk. Az ortofoszfát-P meghatározása ammónium-molibdátos eljárással (MURPHY & RILEY, 1962) történt. A nano- és mikropilankton vizsgálata Lugoldattal rögzített mintákból történt UTERMÖHL (1958) módszerével. A pikoalgák vizsgálata frissen vett vízmintákból Nikon Optiphot epifluoreszcens mikroszkóppal történt, kékesibolya (BV-2A) (gerjesztőszűrő: 395-500 nm, dikroikus tükör: 510 nm, zárószűrő: 520 nm) majd zöld (B-2A) gerjesztőfény (gerjesztőszűrő: 520-560 nm, dikroikus tükör: 580 nm, zárószűrő: 590 nm) alkalmazásával. A készített képpárok segítségével elkülönítettük a pikoalgák két csoportját: a pikoeukariótákat és a prokarióta pikocianobaktériumokat (MACISAAC & STOCKNER, 1993). Mivel munkám során előfordult, hogy nem állt módomban a friss minták néhány órán belüli mikroszkópos vizsgálata ezért kidolgoztam egy új eljárást a pikoalga minták tartósítására. Ennek lényege, hogy a friss vízmintát lehetőleg még a helyszínen le kell fagyasztani és a mikroszkópos vizsgálat bekövetkeztéig -20°C-on kell tárolni. Összegezve a fagyasztásos kísérletek eredményeit megállapítottam, hogy a fagyasztásos módszer a minták tartósítására alkalmasabb, mint a glutáraldehid fixálás mert:

- a mintákban a tárolás során bekövetkező abundancia csökkenés kisebb mértékű volt.
- a pigmenttípusok a fluoreszcencia színe alapján sokkal jobban felismerhetők voltak.
- a fagyasztásos módszerrel a minták akár három hétig is eltarthatók, a glutáraldehides fixálással viszont csupán 2 napig

4. Eredmények és következtetések

4.1. Megállapítottam, hogy a befagyott Balaton egész területén a téli pikoplankton együttes domináns tagjai a vörösen fluoreszkáló pikoeukarióták. A hőmérsékletnek meghatározó szerepe van a pikoplankton összetételének alakításában.

Munkám során a balatonkutatás történetében először dokumentáltam, hogy a téli hónapokban gazdag, eukarióta dominanciájú pikoplankton együttesek alakulnak ki a jéggel borított, fényszegény 0,5-1°C hőmérsékletű vízben. 2003 telén a Keszthelyi-medencében a pikoplankton abundanciája megközelítette a nyári időszakra jellemző értéket, $3 \cdot 10^5$ sejt volt milliliterenként, a biomasza pedig 510 µg/l. Ez a befagyott tóban jelentős mértékben elszaporodott vörösen fluoreszkáló pikoeukarióta sejteknek volt köszönhető. Az észlelt pikoeukarióta abundancia érték, eddigi ismereteink alapján, a legmagasabb közölt adatnak tekinthető. Évszakos dinamikájukat tekintve megfigyeltük, hogy a jégborítás megszűntével a pikoeukarióták fokozatosan eltűntek, a 6-7°C-nál melegebb vízből már csaknem teljes mértékben hiányoztak, helyüket pedig átvették az év túlnyomó részében domináns, fikocianin és fikoeittrin pigmentdominanciájú cianobaktériumok. Ősszel, a vízhőmérséklet 15°C alá süllyedése során a pikocianobaktériumok száma drasztikusan csökkent és újra a pikoeukarióta algák szaporodtak el.

4.2. A nyári N-limitáció elősegíti a pikoalga kolóniák képződését.

Megállapítottam, hogy a Balatonban illetve a Dunában egyaránt a kolóniás pikoalgák (KolAPP) nyáron jelennek meg, amikor a pikocianobaktériumok uralják a nyári pikoplankton együtteseket. Nyáron maximális részesedésük a pikoplankton együttesen belül a Siófoki medencében 86%, a Keszthelyi medencében pedig 85% volt, a Duna főágában pedig 23%. Télen ezzel szemben a magányos pikoeukarióták az uralkodó tagjai

a pikoplankton frakciónak, a kolóniás formák részesedése ekkor 5% volt a Balaton mindkét mintavételi helyén, a Dunában, pedig nem fordultak elő. Eredményeink szerint a Balatonban a kolóniaképződés szorosan összefügg a tápanyag limitációval. Itt mindkét vizsgált medencében azt tapasztaltuk, hogy az ammónia-N, a nitrát-N és az urea-N koncentráció növekedésével a kolóniás formák részesedése szignifikánsan csökken (Pearson-féle korrelációs koefficiens: -0,911; $p < 0,001$). Amint a fent leírt eredményekből is kitűnik a N- és P-ban gazdagabb Dunában a kolóniás formák részesedése jelentősen kisebb volt, mint a Balatonban. Ez arra enged következtetni, hogy a kolóniaképződés, illetve kocsonyakiválasztás a tápanyagokért folyó versengésben kompetitív előnyt jelent.

4.3. Megállapítottam és dokumentáltam, hogy a Duna főágában úgy a pikoplankton abundanciája, mind a teljes fitoplanktonból való részesedése jelentősen kisebb, mint a Dunához hasonló trofitású Keszthelyi-medencében.

A Dunához hasonló trofitású Keszthelyi-medencében a pikoplankton abundancia lényegesen nagyobb volt, mint a Duna főágában, az előbbiben az átlagos érték $2,6 \cdot 10^5$ sejt/ml, utóbbiban $2,6 \cdot 10^4$ sejt/ml átlagos értéket detektáltunk, a mellékágban, pedig a főágnak a duplája $5 \cdot 10^4$ sejt/ml volt. A részesedés tekintetében a Duna gödi szakaszánál a főágban a pikoplankton részesedése mindvégig igen alacsony 0,03 és 4,35% közötti, átlagosan csupán 0,81% volt. Ezzel szemben a hasonló trofitású Keszthelyi-medencében az APP részesedése jóval magasabb volt, 1-24% között mozgott, átlagértéke pedig 8%-volt.

Az általunk vizsgált időszakban a Duna gödi szakaszán úgy a fő-, mint a mellékágban a pikoplankton frakció domináns komponensei a fikocianinban gazdag kokkoid $0,8-1,2 \mu\text{m}$ nagyságú cianobaktériumok (CyAPP) voltak. Fikoeritrines formákat egyetlen mintavétel alkalmával sem találtunk, sem a főágban, sem pedig a mellékágban. Ezen sejtek képezték a pikoalga együttesek mintegy 80-90%-át, kivéve a téli hónapokat. A pikoeukarióták részesedése a téli hónapokban, amikor a teljes APP abundancia igen alacsony volt, gyakran meghaladta a 30%-ot, nyáron viszont többnyire hiányoztak a pikoplankton együttesekből, ebben a tekintetben a pikoplankton viselkedése megegyezett a Balatonban és a Dunában.

4.4. Megállapítottam, hogy pikoplankton évszakos dinamikájára a Dunában a fizikai tényezők közül a vízhőmérséklet és a vízállás meghatározó szereppel bír.

A Dunában a nanoplankton túlnyomó részét alkotó *Centrales* rendbe tartozó kovamoszatok szaporodása már kora tavasszal megkezdődik, szorosan követik a víz felmelegedését. A lényegesen hőigényesebb pikocianobaktériumok szaporodása később következik be, amelybe erőteljesen beleszól a vízállásváltozás is. A vízállás hatását vizsgálva, eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a magas vízállás kedvezőtlen hatással van a pikoalgák egyedsűrűségére, azaz magas vízállás mellett a pikoabundancia mindig alacsony értéket mutat. A Dunára jellemző nyári magas vízállások, nagy vízhozamok esetén még a kedvező vízhőmérséklet ellenére sem tudnak a pikocianobaktériumok elszaporodni, csak az árhullám levonulása után. Ősszel, pedig a csökkenő vízhőmérséklet korlátozza szaporodásukat, abban az esetben is, ha a kis vízhozam kedvező lenne számukra. Mindezt egybevetve azt állapítottam meg, hogy a Dunában rövidebb az az idő, ami a pikocianobaktériumok számára kedvező, mint a nagyobb testű kovamoszatok számára, tekintettel a pikocianobaktériumok nagyobb hőmérséklet igényére.

4.5. Széles trofitási skálát átfogó és nagy számú hazai folyó- és állóvízből származó adataink alapján megállapítottam, hogy a pikoplankton abundanciája, és részesedése folyóvizekben jelentősen kisebb, mint az azonos trofitású állóvizekben.

Szignifikáns pozitív korrelációt találtunk a pikoalgák abundanciája és az összalga-biomassza (a-klorofill) koncentráció között úgy a folyó, mint az állóvizekben (Pearson-féle korrelációs koefficiens: 0,588, illetve 0,520; $p < 0.001$). A pikoplankton abundanciája a 0,2 és 332 $\mu\text{g l}^{-1}$ a-klorofill koncentrációjú tavakban egy nagyságrenddel nagyobb volt, mint a hasonló trofitású folyóvizekben.

Nem csak a pikoplankton abundanciája, de részesedése is jelentősen alacsonyabbnak bizonyult folyóvizekben, mint sekély tavakban, előbbieknél 0-6% között változott átlagosan, pedig 1,8% volt, az utóbbiaknál 0-100% között változott és átlagértéke 31% volt. A folyóvizektől eltérően az általunk vizsgált sekély tavak összességében a pikoplankton részesedése nem mutatott csökkenő tendenciát a trofitás növekedésével.

Ez a szélsőségesen sekély (<0,5 m) és turbid szikes tavakban még hipertróf viszonyok között is kialakuló pikoplankton dominanciának (akár 100%-os részesedés) volt köszönhető. A szikes tavaktól eltekintve a többi sekély tó esetében elmondható, hogy a pikoalgáknak a teljes biomasszából való részesedése jelentősen csökken a trofitás növekedésével.

Az általunk kapott empirikus összefüggéseket összehasonlítva a mély tavakra kifejlesztett modellel (BELL & KALFF, 2001) látható, hogy a folyóvizekből származó APP abundancia részesedés értékek a mély tavakra kifejlesztett modell szerinti várható érték alatt helyezkednek el. Ezzel szemben a sekély tavainkból származó adatok jelentősen meghaladják a mély tavi értékeket. Eredményeink azt sugallják, hogy a pikoplankton abundancia összefügg a vízmélységgel, hiszen sekély tavakban nagyobb volt, mint a mély tavakban, az utóbbiakban pedig nagyobb, mint a tengerekben.

4.6. Megállapítottam, hogy sekély tavakban a pikoalgák abundanciáját illetve részesedését a lebegő anyagok koncentrációja jelentősen befolyásolja.

Hazai sekély tavakban, ahol a lebegő anyagok maximális koncentrációja elérte a 37000 mg l⁻¹ értéket szignifikáns pozitív korrelációt találtunk a lebegő anyag koncentráció és pikoalgák abundanciája illetve a teljes biomasszából való részesedése között (Pearson-féle korrelációs koefficiens: 0,623, illetve 0,515; p <0,001). Ez az összefüggés megmagyarázza a fehér vízű szikes tavak rendkívüli pikoalga gazdagságát. A kapott empirikus összefüggés azonban nem ad magyarázatot a hatásmechanizmusra. Ezek a fehér vízű szikes tavak igen sajátos kémiai és fizikai paraméterekkel jellemezhetők, magas lebegőanyag koncentrációjuk miatt kis vízmélységük ellenére is fényszegény viszonyok uralkodnak bennük. A szikes tavak nagy pikoalga gazdagságát két tényező okozhatja: az egyik a magas lebegőanyag koncentráció miatti fénylimitáció a másik lehetséges ok, pedig a magas lebegőanyag koncentráció miatti csökkent zooplankton „grazing”.

Az eddigi kutatási eredmények nem nyújtanak kielégítő magyarázatot a megfigyelt összefüggésekre a pikoalgák abundanciája, részesedése valamint a trofikus státusz és a lebegőanyag koncentráció között. A kapott összefüggések megértéséhez további terepvizsgálatok és kontrollált körülmények közötti kísérletes megközelítés szükséges.

4.7. Megállapítottam, hogy a pikocianobaktériumok pigment összetétele fontos vízminőségi indikációs értékkel bír.

Baltoni adataim alapján összefüggést állapítottam meg a pikocianobaktériumok pigment típusa és a víz alatti fény spektrális összetétele között. A vizsgált időszakban megfigyeltük, hogy a PE-ben gazdag sejtek részesedése a teljes pikocianobaktérium frakcióból szignifikáns negatív korrelációt mutatott a Kd értékekkel (Pearson-féle korrelációs koefficiens: -0,536; $p = 0,008$), míg a PC-APP részesedése pozitívan korrelált a vertikális extinkciós koefficienssel (Pearson-féle korrelációs koefficiens: 0,586; $P = 0,001$). Eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy a Kd növekedésével párhuzamosan a fikocianinban gazdag pikocianobaktérium sejtek (PC-APP) részesedése jelentősen nő, majd egy bizonyos érték felett uralkodóvá válnak. A PE-APP viselkedése ezzel ellentétes. Összességében elmondhatjuk, hogy a pikoplankton összetétele vízminőségi indikációs értékkel bír.

A baltoni mérési eredmények alapján az EU Vízkeret Irányelv szerinti minősítés kategóriáit alkalmazva a Balatonban valamint más, huminanyagokban szegény és nem szélsőségesen turbid vizekben a kiváló ökológiai állapot akkor ítéltető meg ha a PE-APP részesedése 100-90% között változik, 90 és 50% közötti részesedés mellett jónak mondható a rendszer, míg 50-20%-os részesedésnél már csak közepes illetve 20-10% között tűrhető, az alatt pedig rossznak ítéltető a vízminőség. Azonban fontos megjegyezni, hogy az általunk javasolt EU VKI szerinti minősítési kategória beosztás nem univerzális, csak megszorításokkal érvényes. Természetes barna vizekben és természetes zavaros vizekben nem használható, ott egyébként fikoeritrines formák egyáltalán nem is fordulnak elő.

5. Hivatkozások

- BELL, T. and J. KALFF, 2001: The contribution of picoplankton in marine and freshwater system of different trophic status and depth. – *Limnol. Oceanogr.* **46**: 1243-1248.
- CRAIG, S. R., 1984: Productivity of algal picoplankton in a small meromictic lake. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **22**: 351-354.
- ELLIOTT, R. J. and A. G. PORTER, 1971: A rapid cadmium reduction method for the determination of nitrate in bacon and curing brines. *The Analyst*, **96**: 522-527.

- FELFÖLDY, L., 1987: A biológiai vízminősítés (4. javított és bővített kiadás). – Vízügyi hidrobiológia. **16**, 1-2258. VGI, Budapest.
- JOHNSON, P. W. & J. McN. SIEBURTH, 1979: Chroococcoid cyanobacteria in the sea: a ubiquitous and diverse phototrophic biomass. *Limnol. Oceanogr.* **24**: 928-935.
- MACISAAC, E. A. and J. G. STOCKNER, 1993: Enumeration of Phototrophic Picoplankton by Autofluorescence Microscopy. – In: KEMP, P. F., B. F. SHERR, E. B. SHERR and J. J. COLE (Eds.): Handbook of methods in aquatic microbial ecology, Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo: pp. 187-197.
- MACKERETH, F. J. H., J. HERON and J. F. TALLING, 1989: Water analysis: Some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association Scientific Publication No. **36** (Ambleside).
- MURPHY, J. & J. P. RILEY, 1962: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. – *Anal. Chem. Acta* **27**: 31-36.
- NAGATA, T., K. TAKAI, K. KAWANOBE, D. S. KIM, R. NAKAZATO, N. GUSELNIKOVA, N. BONDARENKO, O. MOLOGAWAYA, T. KOSTRNOVA, V. DRUCKER, Y. SATOH and Y. WATANABE, 1994: An southern Lake Baikal: Autotrophic picoplankton abundance, growth and grazing mortality during summer. – *Journal of Plankton Res.* **16**: 945-959.
- NEWELL, B. S., B. MORGAN and J. CANDY, 1967: The determination of urea in seawater. *Journal of Marine Research*, **25**: 201-201.
- STOCKNER, J. G., N. J. ANTIA, 1986: Algal picoplankton from marine and freshwater ecosystems: a multidisciplinary perspective. – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol. **43**: 2472-2497.
- UTERMÖHL, H., 1958: Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. *Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.* **5**: 567-596.
- VÖRÖS L. (1987-88) Bakteriális méretű fotoautotrófikus szervezetek néhány sekély tóban. *Botanikai Közlemények* **74-75**: 141-151.
- WATERBURY, J. B., S. W. WATSON, R. R. GUILLARD & L. E. BRAND, 1979: Widespread occurrence of a unicellular, marine, planktonic cyanobacterium. *Nature* **277**: 293-294.

6. A tézisek alapján szolgáló közlemények listája

6.1. Referált tudományos folyóiratban megjelent teljes cikkek

MÓZES, A., PRÉSING, M., VÖRÖS, L., 2006: Seasonal Dynamics of Picocyanobacteria and Picoeucaryotes in a Large Shallow Lake (Lake Balaton, Hungary). – *Int. Rev. Hydrobiol.* **91**: 38-50.

MÓZES A., B. SOMOGYI, B. KISS and L. VÖRÖS, (submitted): The contribution of autotrophic picoplankton in lowland rivers and shallow lakes - *Int. Rev. Hydrobiol.*

ÁCS, É., A., K. BORSODI, J. MAKK, P. MOLNÁR, **A. MÓZES, A. RUSZNYÁK, M. N. RESKÓNÉ, K. T. KISS** 2003: Algological and bacteriological investigations on reed periphyton in Lake Velencei, Hungary. – *Hydrobiologia* **506-509**:549-557.

TÓTH, N., L. VÖRÖS, **A. MÓZES** & K. V.-BALOGH, 2007: Biological availability and humic properties of dissolved organic carbon in Lake Balaton (Hungary). - *Hydrobiologia* **592**: 281-290.

VÖRÖS L., **MÓZES A.**, SOMOGYI B., (submitted): A five-year study on the winter picoplankton in a large shallow lake (Lake Balaton, Hungary). First International Symposium of Winter Limnology, Kilpisjärvi, Finland, 24-28 May, 2008. *Aquatic Ecology*.

MÓZES, A., KISS B., VÖRÖS, L., 2006 - Low abundance of picoplankton in rivers. (In Hungarian with English Summary) - *Hidrológiai Közlöny*. **87**: 101-103.

MÓZES A., PRÉSING M.& VÖRÖS L., 2005: Planktonic picoeukaryotes and picocyanobacteria in Lake Balaton. (In Hungarian with English Summary) - *Hidrológiai Közlöny* **85**: 97-99.

MÓZES, A. and L. VÖRÖS, 2004: Unusual picoplankton communities in the frozen Lake Balaton. (In Hungarian with English Summary) - *Hidrológiai Közlöny*. **84**: 85-87.

VÖRÖS L., BOROS E., SCHMIDT A, V.-BALOGH K., NÉMETH B. SOMOGYI B. és **MÓZES A.**, 2006: A fitoplankton fizikai és kémiai környezete fehér vizű szikes tavakban. - *Hidrológiai Közlöny*. **86**: 139-141.

6.2. Konferencia kiadványok, konferencia összefoglalások, intézeti évkönyvek

MÓZES, A., VÖRÖS, L., 2004: Seasonal changes of picoplankton abundance and composition in Lake Balaton. 14th Hungarian Algological Meeting, Göd, 6-9 April 2004.

VÖRÖS L., KISS B., **MÓZES A.**, 2007: Low picoplankton abundance in rivers. 30th Congress of the International Association of the Theoretical and Applied Limnology, Montreal, Canada 12-18 August, 2007.

TABA, G., KISS, K. T., **MÓZES, A.**, ÁCS, É., 2003: Long-term changes in the biodiversity of the algae of a Hungarian shallow lake, Lake Velencei. Third European Phycological Congress 21-26 July 2003, Queens University Belfast, Book of Abstracts, p. 100.

TÓTH, N., V.-BALOGH, K., VÖRÖS, L., and **MÓZES, A.**, 2004: Humic properties and biological availability of dissolved organic substances in Lake Balaton. 29th Congress of the International Association of the Theoretical and Applied Limnology, Lahti, Finland 8-14 August, 2004.

VÖRÖS L., KOVÁCS W.A., **MÓZES A.**, PÁJER Gy., 2004: A Balaton planktonikus és üledéklakó algaegyütteseinek szerepe és szabályozó tényezői. - In: A Balaton kutatásának 2003. évi eredményei. (Szerk.: Mahunka S., Banczerowski J.), Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 7-15.

VÖRÖS L., KOVÁCS W. A., **MÓZES A.**, BÁNYÁSZ D., NÉMETH B., 2005: A Balaton planktonikus és üledéklakó algaegyütteseinek szerepe és szabályozó tényezői. - In: A Balaton kutatásának 2004. évi eredményei. (Szerk.: Mahunka S., Banczerowski J.), Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.