

A pikoalgák előfordulása halastavakban

Koncz Zs.¹, Vörös L.², Németh B.² & Somogyi B.²

¹Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Pécs

²MTA Ökológiai Kutatóközpont, Balaton Limnológiai Intézet, Tihany

Kivonat:

A otoaotróf pikoplankton (<3 µm) előfordulását a Kárpát-medence természetes és mesterséges vizeiben már széleskörűen vizsgálták, de ezek a vizsgálatok halastavakra nem terjedtek ki. Ezért célul tűztük ki a pikoalgák előfordulásának és részese-
désének megismerését a Balaton déli vizgyűjtőjén található halastavakban (39 tó) 2013 nyarán. Meghatároztuk a tavak trofitá-
sát az összes foszfor koncentráció és a teljes fitoplankton biomassa (a-klorofill koncentráció) alapján, valamint epifluoreszcens
mikroszkóppal az autotróf pikoplankton abundanciáját, tömegét és pigment típusát. A pikoplankton részese-
dését a teljes
fitoplankton biomasszájából a nedves tömeg (biomassa) alapján becsültük. A kapott eredmények alapján a vizsgált halasta-
vak többsége hipertróf volt. Más sekély és mély tavakkal összehasonlítva a halastavak pikoalgáiban szegénynek bizonyultak:
mennyiségük 0 és 3,2 x 10⁶ sejt/ml között, a teljes fitoplankton biomasszából való részese-
désük 0 és 9 % között volt.

Kulcsszavak:

halastavak, trofitás, autotróf pikoplankton, abundancia, részese-
dés.

Bevezetés

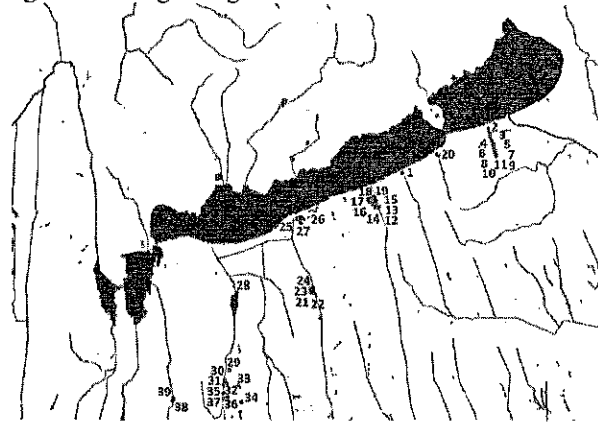
A fotoautotróf pikoplankton (APP) megnevezés olyan prokarióta és eukarióta mikroorganizmusokat foglal magába, amelyek mérete nem haladja meg a 2 (egy-
szeknél 3) mikrométert (Sieburth et al., 1978). A pikoal-
gák széleskörű tengeri és óceáni elterjedését az 1970-es
évek végén (Johnson & Sieburth, 1979; Waterbury et al.,
1979), édesvízi elterjedtségüket Európában pedig az
1980-as évek elején fedezték fel (Vörös, 1987-88). Rövi-
desen az is nyilvánvalóvá vált, hogy az autotróf piko-
plankton jelentős szerepet tölt be a fitoplankton elsőd-
leges szerves anyag termelésében (Stockner & Antia,
1986). Egyes becslések szerint a föld felszíni vizeiben az
elsődleges termelés mintegy 40 %-áért a pikoalgák a fe-
lelősek (Agawin et al., 2000). Oligotróf tengerekben és
óceánokban azonban a pikoplankton elsődleges termelése
az összes planktonikus produkció akár 90 %-át, oligo-
tróf tavakban pedig 70%-át is meghaladhatja (Platt et al.,
1983; Stockner & Antia, 1986). A Balatonban a pikoal-
gák az elsődleges termelés mintegy felét képezhetik (Vö-
rös et al., 1991; Somogyi et al., 2010).

Általánosan elfogadott, hogy a pikoalgák mennyisége
(abundanciája) a fitoplankton biomasszájának növekedé-
sével nő. Ezt a jelenséget sekély és mély tavak esetében
ugyanúgy megfigyelték, mint tengerekben és óceánok-
ban (Bell & Kalff, 2001; Callieri, 2008). A pikoalgák ré-
szese-
dése a fitoplankton biomasszából azonban a fito-
plankton biomassa növekedésével csökken (Bell &
Kalff, 2001; Callieri, 2008).

Az autotróf pikoplankton sekély tavakban való előfor-
dulásáról, összetételéről és produktivitasáról már számos
tanulmányt közöltek (Vörös, 1987-88; Vörös et al., 1991;
Mózes & mtsai, 2009). Hazai vizeinkben a pikoalgák ab-
undanciája meghaladhatja akár a 10⁷ sejt/ml értéket, ré-
szese-
désük pedig elérheti a 100%-ot is (Vörös és mtsai,
2005; Mózes és mtsai, 2007). A hazai álló- és folyóvizek
(mintegy 50-50 víztér) pikoplanktonjának összehasonlí-
tása során azt tapasztalták, hogy az állóvizek pikoalgá-
ban gazdagabbak (átlagosan 5 x 10⁵ sejt/ml abundancia
és 27 % részese-
dés értékekkel), mint a folyóvizek (átla-
gosan 2x10⁴ sejt/ml abundancia és 9 % részese-
dés érté-
kekkel; Mózes és mtsai, 2007). Annak ellenére, hogy a
pikoplankton előfordulását már számos hazai természe-
tes és mesterséges állóvizünkben vizsgálták, ezen algák
szerepét halastavakban nem ismerjük. Éppen ezért cé-
lunk volt a pikoalgák előfordulásának és részese-
désének megismerése a Balaton déli vizgyűjtőjén talál-
ható halas-
tavakban.

Anyag és módszer

Az autotróf pikoplankton vizsgálatához 2013 nyarán
összesen 39 halastóból vettünk mintát (I. ábra). A víz-
mintákat 4 órán belül a laboratóriumba szállítottuk, majd
meghatároztuk az a-klorofill és az összes foszfor kon-
centrációt, valamint elvégeztük a pikoplankton mennyi-
ségi és minőségi vizsgálatát.



I. ábra. A mintavételi helyek a Balaton déli vizgyűjtőjén

Az a-klorofill koncentráció meghatározását spektrofotometriás módszerrel végeztük. A vízmintákat Whatman GF-5 jelű (0,4 µm pórusátmérőjű) üvegszál membrán-
filteren tömörítettük, majd a pigment tartalmat forró me-
tanolban extraháltuk és mértük a kivonat extinkcióját
750, 666 és 653 nanométeren Shimadzu 160A UV-VIS
spektrofotométerrel (Németh, 1998). A vízminták összes
foszfor (TP) tartalmát kálium perszulfátos roncsolás (2
óra, 121 °C) után foszfát reagens (1,35 % aszkorbinsav;
7 % (v/v) H₂SO₄; 0,6 % (NH₄)₂MoO₄; 0,034 % C₄H₄KO₇
Sb) hozzáadásával határoztuk meg, Shimadzu 160A UV-
VIS spektrofotométerrel mérve az oldat extinkcióját 882
nm-en (Mackereth et al, 1989).

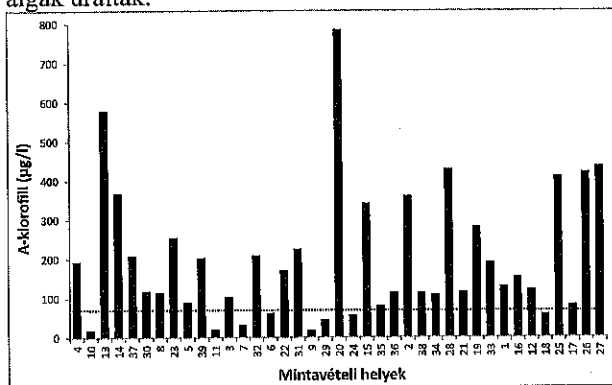
A különböző pigment típusú pikoalgák mennyiségi
meghatározását epifluoreszcens mikroszkóppal (Nikon
Optiphot 2) végeztük. A vízmintákból 0,5-1 millilitert
0,45 µm-es pórusméretű fekete cellulóz-acetát membrán-
filteren (Macherey-Nagel) tömörítettünk, majd a prepa-
rátumokat glicerinbe ágyaztuk. A pikoalgákat 1000 x-es
nagyítással vizsgáltuk. A preparátumokról digitális ka-
merával (Spot RT) felvételeket készítettünk és minimum
20 látótér kiértékelését végeztük el (400 sejt). A külön-
böző pigment típusú pikoalgák (fikoeritrines pikociano-
baktériumok, fikocianinos pikocianobaktériumok, piko-
eukarióták) elkülönítése kékesibolya (BV-2A) és zöld

(G-2A) gerjesztőfény segítségével történt (MacIsaac & Stockner, 1993).

A pikoalgák biomasszáját a sejtek abundanciája és térfogata (50-100 sejtet megmérve) alapján a fajsúlyt 1-nek véve ($10^9 \mu\text{m}^3=1 \text{ mg}$) számítottuk ki. A piko-frakció a-klorofill tartalmának becslése során az a-klorofillt a nedves tömeg 1 %-ának tételeztük fel (Vörös & Padisák, 1991).

Eredmények és értékelésük

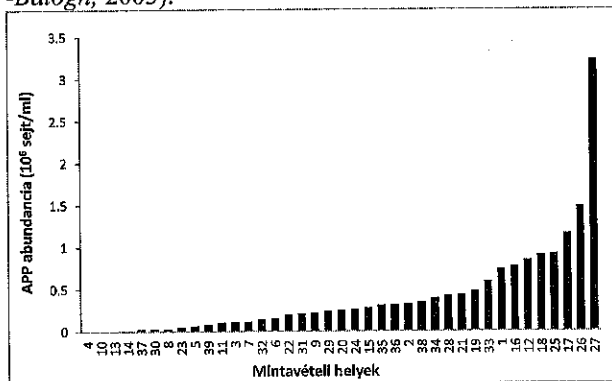
A vizsgált halastavakban az a-klorofill koncentráció 19 és 785 $\mu\text{g/l}$ között változott, átlagosan 201 $\mu\text{g/l}$ volt (2. ábra). Az összes foszfor koncentráció 73-875 $\mu\text{g/l}$, átlagosan 352 $\mu\text{g/l}$ volt. A mért értékek alapján a halastavak többsége hipertrofnak bizonyult (2. ábra). A fitoplankton a tavak többségében fonalas nitrogénkötő kékalgák uralták.



2. ábra. Az a-klorofill koncentráció a vizsgált halastavakban 2013 nyarán. A vízszintes egyenes az OECD szerinti hipertrof kategória (75 $\mu\text{g/l}$) alsó értékhatárát jelzi.

A halastavak közül négyben (4., 10., 13. és 14. tó) pikoalgát nem figyeltünk meg, a fitoplanktont kizárólag nagyobb méretű algák alkották (3. ábra). A többi halastó esetében a pikoalgák abundanciája $2,5 \times 10^4$ és $3,5 \times 10^6$ sejt/ml között változott, átlagosan $4,1 \times 10^5$ sejt/ml volt (3. ábra). Ez nagyságrendileg megfelel a hazai állóvizekben megfigyeltnek (Mózes & mtsai, 2007).

Egyes hipertrof tavakban ugyanakkor ennél sokkal magasabb abundancia értékeket is közöltek. A Duna-Tisza közti szikes tavakban például a pikoalgák abundanciája 2000 öszén elérte a 25 millió sejt/ml értéket (Vörös & V.-Balogh, 2003).



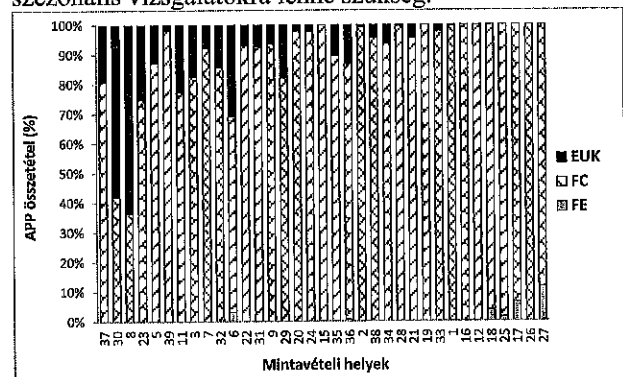
3. ábra. Az autotróf pikoplankton (APP) abundanciája a halastavakban 2013 nyarán a vizsgált halastavakban.

A tavak többségében a pikoplanktont fikocianinban gazdag cianobaktériumok uralták (4. ábra). A fikocianinos pikocianobaktériumok abundanciája 0 és $2,86 \times 10^6$ sejt/ml, biomasszájuk 0 és 1147 $\mu\text{g/l}$ között volt. Néhány

halastóban fikoeitribinben gazdag pikocianobaktériumokat is megfigyeltünk kisebb abundancia ($0-3,72 \times 10^5$ sejt/ml) és biomassza (0 és 101 $\mu\text{g/ml}$) értékekkel (4. ábra). A pikocianobaktériumok esetében magányos és kolóniás formákat egyaránt találtunk, azonban a tavak többségében a magányos formák domináltak.

A pikocianobaktériumok mellett a pikoeukarióta algák is többnyire jelen voltak, mennyiségük azonban jelentősen alacsonyabb volt, mint a pikocianobaktériumoké. A pikoeukarióták abundanciája 0 és $4,7 \times 10^4$ sejt/ml között, biomasszájuk pedig 0 és 197 $\mu\text{g/l}$ között változott. A pikoeukarióták részesedése a piko méretfrakción belül a pikoalgában szegényebb vizekben nagyobb volt, mint a magasabb abundancia értékekkel jellemezhető halastavakban (4. ábra).

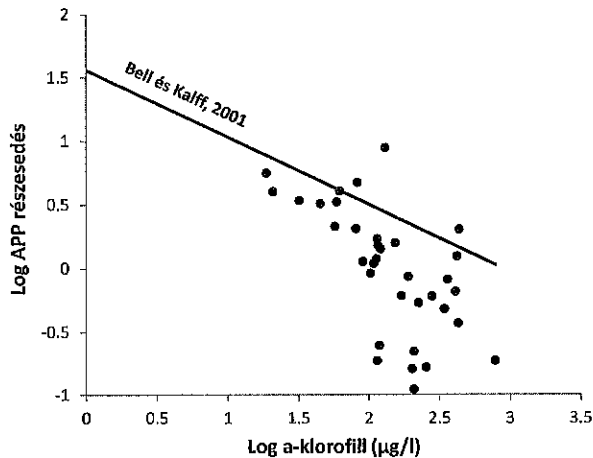
A vizsgált halastavak nyári pikocianobaktérium dominanciája megfelel a pikoplankton más tavakban megfigyelt szezonális dinamikájának (Pick & Agbeti, 1991; Malinsky-Rushansky et al., 1995). Hazai sekély tavaink (Balaton és a Duna-Tisza közti szikes tavak) pikoalga közösségeinek vizsgálata során ugyancsak a pikocianobaktériumok dominanciáját tapasztaltuk nyáron (Vörös et al., 2009; Somogyi et al., 2009). A kevésbé produktív időszakban (ősztől tavaszig) azonban a pikoeukarióta algák domináltak. A vizsgált halastavakban a pikoplankton viselkedésének részletesebb megismeréséhez további szezonális vizsgálatokra lenne szükség.



4. ábra. Az autotróf pikoplankton (APP) összetétele (EUK: pikoeukarióta, FC: fikocianinos pikocianobaktérium, FE: fikoeitribin pikocianobaktérium) a vizsgált halastavakban 2013 nyarán. A mintavételi helyeket az APP abundancia szerint növekvő sorrendben ábrázoltuk.

A vizsgált halastavakban a teljes piko-frakció (pikocianobaktériumok és pikoeukarióták együttesen) a-klorofill tartalma 0 és 11,5 $\mu\text{g/l}$ között volt. A pikoalgák részesedése a teljes fitoplankton biomasszából (a-klorofill koncentráció) 0-9 % között változott, átlagosan 1,57 % volt. A teljes fitoplankton biomassza növekedésével a pikoalgák részesedése csökkent, amely megfelel a más vizekben (tengerek és óceánok, valamint sekély és mély tavak) megfigyeltnek (Bell & Kalff, 2001; Callieri, 2008). A pikoalgák részesedése a fitoplankton biomasszából a vizsgált halastavakban sokkal alacsonyabb volt, mint amit a hazai folyó- és állóvizekben (átlagosan 9 és 27 %) megfigyeltnek (Mózes & mtsai, 2007). A Balaton Keszthelyi-medencéjében például a pikocianobaktériumok a teljes fitoplankton biomasszájának akár 35 %-át, a Siófoki-medencében pedig 16 %-át is alkotják (Vörös, 1987-88; Vörös, 1991). A halastavakban meghatározott pikoplankton részesedés értékeket összevetve Bell &

Kalff (2001) sekély és mély tavakra leírt empirikus összefüggésével megállapítottuk, hogy az jelentősen kisebb volt, mint a világ tavainak többségében (5. ábra).



5. ábra. Az autotróf pikoplankton (APP) részesezése a teljes fitoplankton biomasszából az a-klorofill koncentráció függvényében 2013 nyarán.

Összegzőképpen megállapíthatjuk, hogy a vizsgált ha-lastavak a nyári produktív időszakban pikoalgában szegények voltak. Ennek legvalószínűbb oka az lehetett, hogy a pikoalgák (akik nem képesek a légköri N₂ fixálására) nem versenyképesek a fonalas nitrogénkötő cianobaktériumokkal szemben.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0038 pályázat támogatta. Köszönet illeti Bodó Ivánt és Dobos Gézát a terepi mintavételezés során nyújtott segítségéért, valamint Tóth Viktort a térkép elkészítéséhez nyújtott segítségért.

Irodalom

- Agawin, R. S. N., Duarte, M. C. & Agustí, S. (2000) Nutrient and temperature control of the contribution of picoplankton to phytoplankton biomass and production. – *Limnol. Oceanogr.*, **45**:591–600.
- Bell, T. & Kalff, J. (2001) The contribution of picophytoplankton in marine and freshwater systems of different trophic status and depth. – *Limnol. Oceanogr.*, **46**:1243–1248.
- Callieri, C. (2008) Picophytoplankton in freshwater ecosystems: the importance of small-sized phototrophs. *Freshwater Reviews*, **1**:1–28.
- Johnson, P.W. & Sieburth, J.McN. (1979) Chroococcoid cyanobacteria in the sea: a ubiquitous and diverse phototrophic biomass. – *Limnol. Oceanogr.*, **24**:928–935.

- Malinsky-Rushansky, N., T. Berman & Z. Dubinsky (1995) Seasonal dynamics of picophytoplankton in Lake Kinneret, Israel. – *Freshwater Biol.* **34**:241–254.
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. & Talling, J.F. (1989) *Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists*. Freshwater Biological Association Scientific Publications 36 (Ambleside), pp. 84–90.
- MacIsaac, E.A. & Stockner, J.G. (1993) Enumeration of Phototrophic Picoplankton by Autofluorescence Microscopy. – In: Kemp, P.F., Sherr, B.F., Sherr, E.B. & Cole, J.J. (eds.): *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*, Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, pp. 187–197.
- Mózes, A., Présing, M. & Vörös, L. (2004) Pikocukarióták és pikocianobaktériumok a Balaton fitoplanktonjában. – *Hidrológiai Közönlöny*, **85**:97–99.
- Mózes, A., Kiss, K. T. & Vörös, L. (2009) A pikoplankton szezonális dinamikája a Dunában. *Hidrológiai Közönlöny*, **89**:43–45.
- Mózes, A., Kiss, B. & Vörös, L. (2007) Feltűnő pikoplankton szegénység folyó vizekben. – *Hidrológiai Közönlöny*, **87**:101–103.
- Németh, J. (1998) A biológiai vízminősítés kérdései. *Vízi természet és környezetvédelem 7.* – KGLI, Budapest, pp. 1–303.
- Pick, F. R. & D. M. Agbeti (1991) The seasonal dynamic and composition photosynthetic picoplankton communities in temperate lakes in Ontario, Canada. – *Int. Revue ges. Hydrobiol.* **76**:565–580.
- Platt, T., Subba Rao, D.V. & Irwin, B. (1983) Photosynthesis of picoplankton in the oligotrophic ocean. – *Nature*, **301**:702–704.
- Sieburth, J.M., Smetacek, V. & Lenz, J. (1978) Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. – *Limnol. Oceanogr.*, **23**:1256–1263.
- Somogyi, B., Felföldi, T., Vanyovszki, J., Ágyi, Á., Márialigeti, K. & Vörös, L. (2009) Winter bloom of picocukaryotes in Hungarian shallow turbid soda pans and the role of light and temperature. – *Aquat Ecol.*, **43**:735–744.
- Somogyi, B., Felföldi, T., Dinka, M. & Vörös, L. (2010) Periodic picophytoplankton predominance in a large, shallow alkaline lake (Lake Fertő, Neusiedlersee). – *Ann. Limnol.*, **46**:9–19.
- Stockner, J. G. & Antia, N. J. (1986) Algal picoplankton from marine and freshwater ecosystems: a multidisciplinary perspective. – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **43**:765–775.
- Vörös, L. (1987–1988) Bakteriális méretű fotoautotrófik szervezetek néhány európai sekély tóban. – *Bot. Közlem.*, **74**–75.
- Vörös, L. & V.-Balogh, K. (2003) Fotoautotróf pikoplankton Duna-Tisza közti szikes tavakban. *Természetvédelmi Közönl.*, **185**–189.
- Vörös, L., V.-Balogh, K. & Boros, E. (2005) Pikoplankton dominancia szikes tavakban. – *Hidrológiai Közönlöny*, **85**:166–168.
- Vörös, L. (1991) Importance of picoplankton in Hungarian shallow lakes. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **24**:984–988.
- Vörös, L. & Padisák, J. (1991) Phytoplankton biomass and chlorophyll *a* in some shallow lakes in central Europe. – *Hydrobiologia*, **215**:111–119.
- Waterbury, J.B., Watson, S.W., Guillard, R.R. & Brand, L.E. (1979) Widespread occurrence of a unicellular, marine, planktonic cyanobacterium. – *Nature*, **277**:293–294.

Photoautotrophic picoplankton in Hungarian fish ponds

Koncz Zs.¹, Vörös L.², Németh B.² & Somogyi B.²

¹University of Pécs, Faculty of Science, Pécs

²Balaton Limnological Institute, Centre for Ecological Research of the HAS, Tihany

Abstract: Photoautotrophic picoplankton (<3 µm) has been extensively studied in freshwater lakes of the Carpathian Basin, but there is no information about their presence and role in fish ponds. Our aim was, therefore, to study the occurrence and contribution of picoplankton in 39 fish ponds in the south part of the catchment area of Lake Balaton (Hungary) in summer 2013. Trophic state of the fish ponds was characterized on the basis of chlorophyll *a* and total phosphorus concentration. Abundance and biomass of phycocyanin-rich picocyanobacteria, phycoerythrin-rich picocyanobacteria and picocukaryotes were determined by epifluorescence microscopy. The contribution of the picoplankton to the total phytoplankton biomass was estimated on the basis of their wet weight (biomass). Based on the biomass of the phytoplankton and the total phosphorus concentration, the majority of studied fish ponds had hypertrophic character. The abundance of the picoplankton ranged between 0 and 3.2×10^6 cells/ml and their contribution to the total phytoplankton biomass varied between 0 and 9%. Comparing these abundance and contribution values with other results from deep and shallow lakes, the studied fish ponds proved to be poor in picophytoplankton.

Keywords: Fish ponds, trophic state, autotrophic picoplankton, abundance, contribution