

Ecology of Lake Balaton/ A Balaton ökológiája

MTA ÖK BLI Elektronikus folyóirata
2016. 3: 16-26.



A FITOPLANKTON SZEZONÁLIS DINAMIKÁJA A BALATONBAN 2016-BAN

Somogyi Boglárka*, Tugyi Nóra, Vörös Lajos

MTA Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, 8237 Tihany,
Klebelsberg Kuno u. 3.

*somogyi.boglarka@okologia.mta.hu

Kulcsszavak: pikoplankton, nanofitoplankton, mikrofítoplankton, abundancia, összetétel

Kivonat: A fitoplankton szezonális dinamikáját és területi változásait vizsgáltuk a Balatonban 2016-ban. Mértük a víz a-klorofill koncentrációját metanolos extrakcióval, spektrofotometriás módszerrel. A pikofitoplankton (<math><3\mu\text{m}</math>) vizsgálatát epifluoreszcens mikroszkóppal végeztük, a nano- és mikropilankton fordított planktonmikroszkóppal vizsgáltuk. A kapott eredmények alapján a tóban a fitoplankton mennyisége (a-klorofill koncentráció) a korábbi évekhez hasonlóan alacsony volt. A legproduktívabb területen (Keszthelyi-medence) a maximális érték $30 \mu\text{g l}^{-1}$ volt, ami kevesebb, mint fele a WHO fürdővizekre megállapított felső határértékének. A Siófoki-medencében a fitoplankton mennyisége jelentősen alacsonyabb volt, az a-klorofill koncentráció nem érte el a $10 \mu\text{g l}^{-1}$ értéket. A nyári időszakban a korábbi évekre jellemző nyugat-kelet irányú trofikus grádiens is megfigyelhető volt a tó hossz tengelyében, bár ennek mértéke a korábbiakhoz viszonyítva jelentősen csökkent. A pikoalgák mennyiségi viszonyai ($0,02-3,8 \times 10^5$ sejt ml^{-1}) és szezonális dinamikája a korábbi években tapasztaltakhoz hasonló volt, nyári pikocianobaktérium és téli pikoeukarióta dominanciával. A pikoplankton a teljes fitoplankton biomassza átlagosan mintegy 14%-át képezte. A fitoplankton a téli/tavaszi időszakban a Cryptophyta ostorosok illetve a pikoeukarióta zöldalgák dominanciája jellemezte. A tavaszi és őszi időszakban elsősorban a planktonikus kovamoszatok domináltak, mellettük azonban Cryptophyta ostorosok is előfordultak. A két vizsgált térség között elsősorban a nyári időszakban figyeltünk meg nagy különbséget: amíg a Siófoki-medencében a balatoni fecskemoszat uralkodott, addig a Keszthelyi-medencében a fonalas N_2 -kötő kéalgák dominanciáját figyeltük meg. A kapott adatok azt mutatták, hogy a 2013-2014-es évben a Keszthelyi-medencében megfigyelt változások (fecskemoszat dominancia a cianobaktériumok helyett) nem bizonyultak tartósoknak.

Bevezetés

A lebegő mikroszkópikus algák (fitoplankton) elsődleges szervesanyag termelése képezi a tó ökológiai rendszerének energetikai alapját. Az algák szaporodását a külső tápanyagterhelésen túlmenően az időjárási tényezők közvetlen és közvetett hatásai befolyásolják, de a vízgyűjtőn végzett beavatkozások pl. Kis-Balaton tározórendszer kibővítése is hatással van rá. Az 1970-es évektől az 1990-es évek második feléig tartó eutrofizáció, majd az azt követő fokozatos vízminőség javulás során a Balatonban a fitoplankton mind biomassza, mind fajösszetétel tekintetében jelentős változásokon ment keresztül (PÁLFFY & VÖRÖS, 2011 és hivatkozásai). Mindemellett az elmúlt években a Balaton legtermékenyebb területén (Keszthelyi-medence) a fitoplankton össztermege az a-klorofill mérés alapján tovább csökkent, 2012 és 2015 között a maximum érték $30 \mu\text{g l}^{-1}$ alatt volt. A Siófoki-medencében a maximális a-klorofill koncentráció $10 \mu\text{g l}^{-1}$ körüli volt.

Fontos ugyanakkor a fitoplankton mennyiségi változásainak nyomon követése (kiemelten nyáron, a produktív időszakban), valamint az algaösszetétel vizsgálata, különös tekintettel a fonalas, nitrogénkötésre (N_2) képes cianobaktériumok mennyiségére, amelyek tömegtermelése ökológiai kockázatot jelenthet vizeinkben. Az algaösszetétel vizsgálatát különösen indokoltá teszi az, hogy az elmúlt években jelentős változások történtek a tó algaközösségeinek összetételében. 2013 és 2014 nyarán ugyanis a cianobaktériumok (elsősorban a fonalas, N_2 -kötő fajok) helyett a páncélos ostoros algák domináltak a korábbi évektől eltérően, amely a vízminőség javulását mutatta, 2015-ben azonban újra a fonalas N_2 -kötő cianobaktériumok uralkodtak (SOMOGYI et al., 2015). Célunk volt éppen ezért a vízminőséget alapvetően meghatározó fitoplankton tér-idő változásainak megismerése a Balaton különböző területein 2016-ban.

Anyag és Módszer

Mintavételi helyek és időpontok

A fitoplankton mennyiségi és minőségi vizsgálatához a Balaton Keszthelyi- és Siófoki-medencéjében mederközépen, vízoszlop mintavevővel gyűjtöttünk vízmintát 2016. február 25 és november 28 között. A hidegebb időszakban havi gyakorisággal, a produktív időszakban (júniustól októberig) kétheti gyakorisággal történt vízmintavétel. Mindemellett 2016 áprilisában és júliusában a tó hossz tengelyében 5 mintavételi ponton végeztünk algológiai vizsgálatokat (**1. táblázat**).

1. táblázat. A mintavételi helyek koordinátái és a mintavétel gyakorisága.

Mintavételi hely	Koordináták	Mintavétel ideje és gyakorisága
Keszthelyi-medence	46°44'05.8"N; 17°16'32.0"E	2016.02.25. - 11.28. kétheti/havi
Szigligeti-medence	46°44'33.1"N; 17°26'18.5"E	2016.04.25 és 2016.07.29.
Szemesi-medence	46°50'40.3"N; 17°44'28.8"E	2016.04.25 és 2016.07.29.
Siófoki-medence (Tihany)	46°55'19.0"N; 17°55'53.6"E	2016.02.25. - 11.28. kétheti/havi

Az a-klorofill koncentráció meghatározása

Az a-klorofill koncentrációt az összes mintavételi időpont és helyszín esetén meghatároztuk. A mintavétel helyszínén először 200 µm pórusátmérőjű planktonhálón szűrtük át a vízmintákat az algákat fogyasztó zooplankton eltávolítása céljából. A mintákat tartósítás nélkül a mintavételt követő 2-3 órán belül sötétben a laboratóriumba szállítottuk, és azonnal megkezdtük azok szűrését GF/5 jelű üvegszálás membránfilteren. Ez a szűrőlap megfelelően kicsiny pórusméretű (0,4 µm) az algasejtek visszatartására és szerves oldószereknek ellenálló. A szűrőlapokat Millipore szűrőkészülékbe helyeztük, melyeken ismert térfogatú vízmintákat szűrtünk át. Az átszűrt víz mennyisége az alga koncentrációtól és a víz lebegőanyagoktól való zavarosságától függően 300 ml és 1000 ml között változott. A szűrőlapot a készülékből kivéve úgy hajtogattuk össze, hogy az algák a belső oldalon legyenek. Az összesodort filtereket csiszoldugós kémcsövekbe helyeztük, azokra 5 ml metanolt pipettáztunk, majd a kémcsöveket vízfürdőbe helyezve első forrásig (74 °C) melegítettük. A kihűlt extraktumot ezután asztali centrifugában megtisztítottuk a zavarosságot okozó lebegő részecskéktől és mértük a kivonat extinkcióját 750, 666 és 653 nanométeren Shimadzu 160A UV-VIS spektrofotométerrel 1 cm-es küvettában. Az egyes hullámhosszokra kapott extinkció értékekből rendre levontuk a 750 nm-en kapott úgynevezett zavarossági értéket és az a-klorofill koncentrációját a következő képlettel számítottuk ki (NÉMETH, 1998):

$$C_a = 17,12 * E_{666} - 8,68 * E_{653}$$

ahol:

C_a : az a-klorofill koncentrációja a pigment kivonatban mg/l mértékegységben

E_{666} : a pigment kivonat abszorbanciája 666 nm hullámhosszon

E_{653} : a pigment kivonat abszorbanciája 653 nm hullámhosszon

Ezt az eredményt egy liter víztérfogatra számítottuk át az átszűrt vízmennyiség és a pigment kivonat térfogatának ismeretében.

A fitoplankton mikroszkópi vizsgálata

A fitoplankton mikroszkópi vizsgálata során az autotróf pikoplankton (<2 µm) frissen gyűjtött rögzítetlen vízmintákból vizsgáltuk, a nano- és mikroplankton (2-20 µm és 20-200 µm) vizsgálatához Lugol-oldattal fixált mintát használtunk, amelyet a feldolgozásig hűtőszekrényben tároltunk 4 °C-on. A nano- és a mikroplankton tömegének és összetételének meghatározásához fordított planktonmikroszkópot használtunk (UTERMÖHL, 1958).

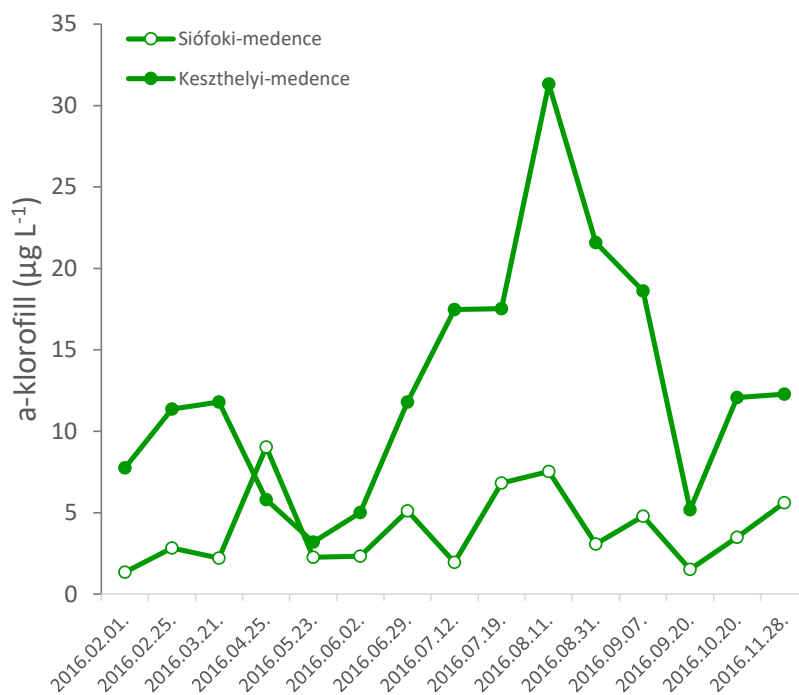
A pikoplankton mennyiségének és pigment típusának meghatározásához epifluoreszcens mikroszkópi eljárást használtunk. A frissen vett vízmintából 0,2-2 millilitert 0,45 µm pórusméretű fekete polikarbonát filterre szűrtünk, amelyet 50%-os glicerinbe ágyasztunk és immerziós objektívvel vizsgáltunk kékesibolya (U-MWBV2) és zöld (U-MWG2) gerjesztőfényvel Olympus BX51 epifluoreszcens mikroszkóppal. A preparátumokról digitális kamerával (Olympus DP71) felvételeket készítettünk, amelyek kiértékelésével meghatároztuk a pikoplankton abundanciáját és pigment típusát (MACISAAC & STOCKNER, 1993). A piko- a nano- és a mikroplankton egyes taxonjai

abundanciájának és térfogatának meghatározása után kiszámítottuk azok biomasszáját (nedves tömeg) a fajsúlyt 1-nek véve ($10^9 \mu\text{m}^3=1 \text{ mg}$).

Eredmények és értékelésük

A fitoplankton mennyiségi változása a Balatonban

A Siófoki-medencében (Tihany) az a-klorofill koncentráció $1,3$ és $9 \mu\text{g l}^{-1}$ között változott, átlagosan $4 \mu\text{g l}^{-1}$ volt (**1. ábra**). Az év során egy tavaszi ($9 \mu\text{g l}^{-1}$) és egy nyári ($8 \mu\text{g l}^{-1}$) a-klorofill csúcsot figyeltünk meg. A Siófoki-medence az a-klorofill értékek alapján az OECD osztályozás szerinti mezotróf kategóriába tartozott, az előző években tapasztaltakhoz hasonlóan (2. táblázat). A Keszthelyi-medencében az a-klorofill koncentráció $3,2$ és $31 \mu\text{g l}^{-1}$ között változott, átlagosan $12,8 \mu\text{g l}^{-1}$ volt (1. ábra). A Siófoki-medencéhez hasonlóan a Keszthelyi-medencében az év során egy kisebb márciusi ($12 \mu\text{g l}^{-1}$) és egy nagyobb nyári ($31 \mu\text{g l}^{-1}$) a-klorofill csúcsot figyeltünk meg. A mért adatok alapján 2016-ban a Keszthelyi-medencében a fitoplankton mennyisége (a-klorofill) az előző évekhez hasonlóan igen alacsony volt, maximum értéke csak éppen hogy meghaladta az OECD osztályozás szerinti mezotróf kategória felső határát (**2. táblázat**).



1. ábra. A fitoplankton biomassza (a-klorofill koncentráció) változása a Balaton Keszthelyi- és Siófoki-medencéjében 2016-ban.

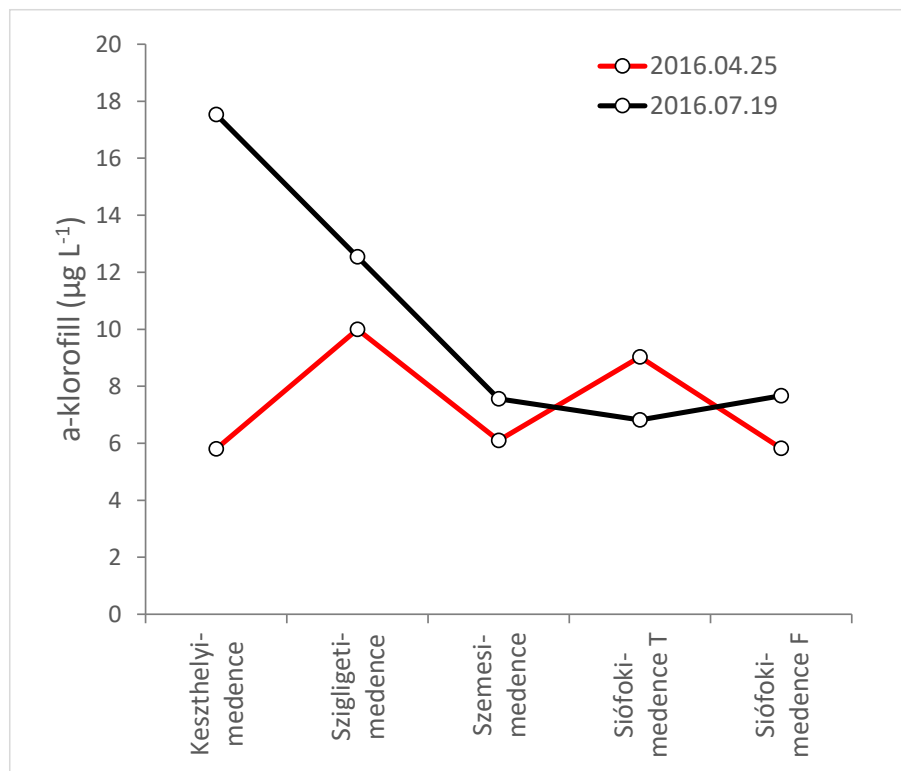
2. táblázat. A tavak trofikus osztályozásának (termőképességének) értékhatárai az OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development) szerinti kategóriarendszer alapján.

Kategória	TP (éves átlag; $\mu\text{g l}^{-1}$)	a-klorofill (éves átlag; $\mu\text{g l}^{-1}$)	a-klorofill (maximum; $\mu\text{g l}^{-1}$)
Ultra-oligotróf	$\leq 4,0$	$\leq 1,0$	$\leq 2,5$
Oligotróf	$\leq 10,0$	$\leq 2,5$	≤ 8
Mezotróf	10-35	2,5-8	8-25

A fitoplankton szezonális dinamikája

Eutróf	35-100	8-25	25-75
Hipertróf	≥ 100	≥ 25	≥ 75

A tó hossz tengelyében az áprilisi mintavétel során nem tapasztaltunk jelentős különbségeket, az a-klorofill koncentráció 6 és 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ között változott (**2. ábra**). Júliusban azonban megfigyeltük a korábbi években is jellemző nyugat-kelet irányú trofikus grádiens: az a-klorofill koncentráció a Siófoki-medencében és a Szemesi-medencében 6,8 és 7,7 $\mu\text{g l}^{-1}$ között volt, amíg a Szigligeti- és Keszthelyi-medencében magasabb értékeket (13 illetve 18 $\mu\text{g l}^{-1}$) mértünk (**2. ábra**). Ugyanakkor a különbség a tó hossz tengelye mentén a korábbi évekhez viszonyítva jelentősen kisebb volt (VÖRÖS *et al.*, 2009).

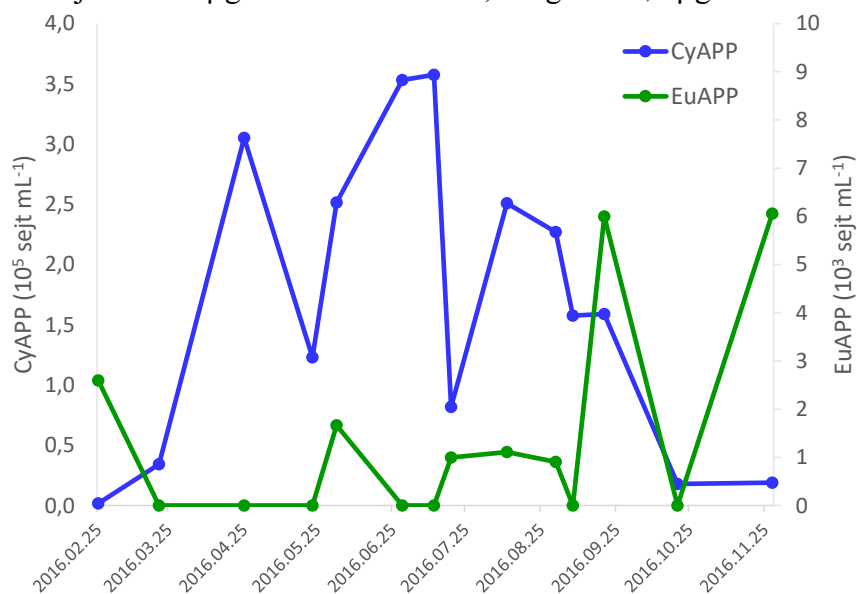


2. ábra. A fitoplankton biomassza (a-klorofill koncentráció) változása a Balaton hossz tengelyében 2016 áprilisában és júliusában.

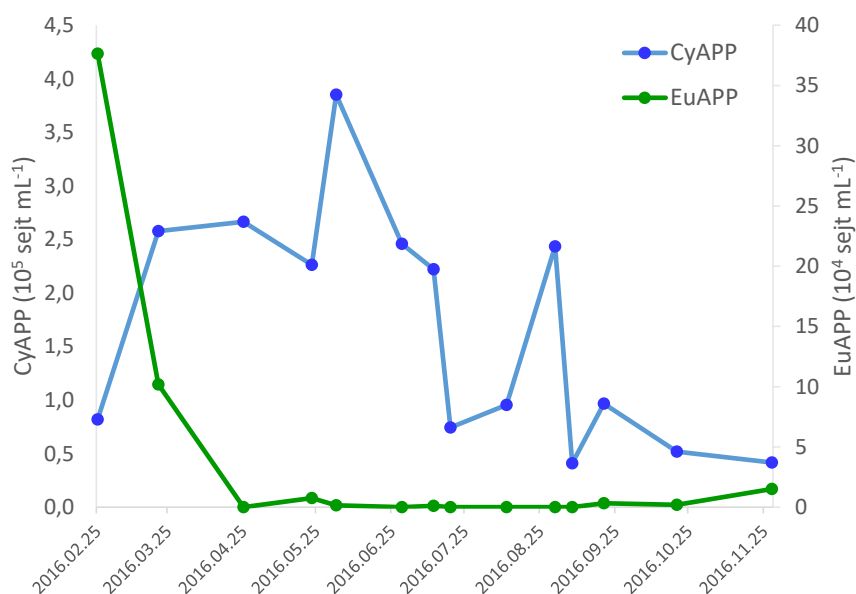
Az autotróf pikoplankton mennyisége és szezonális dinamikája a Balatonban

A Balatonban az autotróf pikoplankton szervezetek mindhárom típusát (fikoeritrin és fikocianin pigmentdominanciájú pikocianobaktériumok valamint pikoeukarióta algák) megfigyeltük, emellett magányos és kolóniás pikocianobaktériumokat és pikoeukariótákat egyaránt találtunk. A Siófoki-medencében (Tihany) a pikocianobaktériumok a teljes időszakban jelen voltak, abundanciájuk 0,02 és $3,6 \times 10^5$ sejt ml^{-1} között változott, átlagosan $1,7 \times 10^5$ sejt ml^{-1} volt (**3. ábra**). Biomasszájuk 1 és $185 \mu\text{g l}^{-1}$ között volt, átlagosan ez mintegy $87 \mu\text{g l}^{-1}$ értéket jelentett. A legalacsonyabb abundancia és biomassza értékeket a téli időszakban kaptuk, mennyiségük tavasszal növekedni kezdett, majd egy nyári maximum után ősszel újra csökkent (**3. ábra**). Kolóniás pikocianobaktériumokat elsősorban a nyári időszakban figyeltünk meg, abundanciájuk nyáron $0,8$ és $6,7 \times 10^4$ sejt ml^{-1} között változott. A pikoeukarióta algák

kizárólag a hidegebb (ősztől nyár elejéig tartó) időszakokban voltak megfigyelhetőek. A pikoeukarióták abundanciája 0 és $6,1 \times 10^3$ sejt mL^{-1} között változott, átlagosan $1,4 \times 10^3$ sejt mL^{-1} volt (3. ábra). Abundancia maximumukat februárban érték el. A pikoeukarióta algák biomasszája 0 és $12 \mu\text{g l}^{-1}$ között változott, átlagosan $2,8 \mu\text{g l}^{-1}$ volt.



3. ábra. A pikocianobaktériumok (CyAPP) és a pikoeukarióták (EuAPP) abundanciájának változása a Balaton Siófoki-medencéjében 2016-ban.

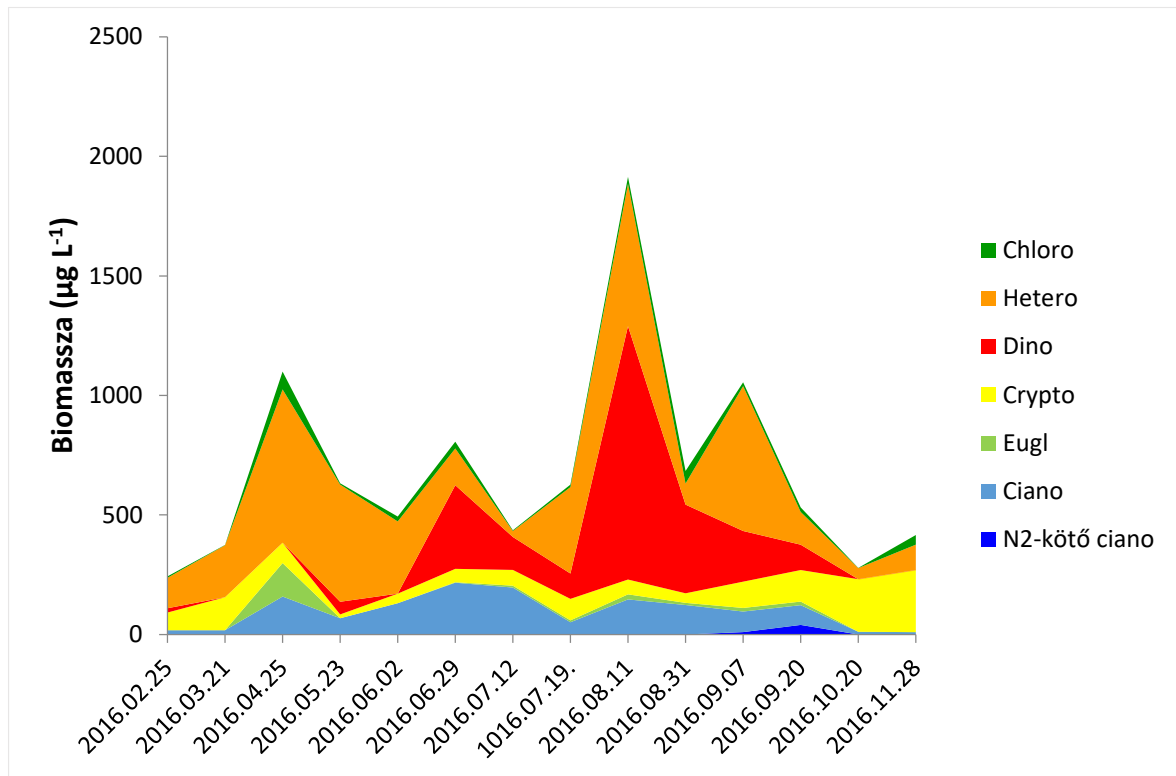


A fitoplankton szezonális dinamikája

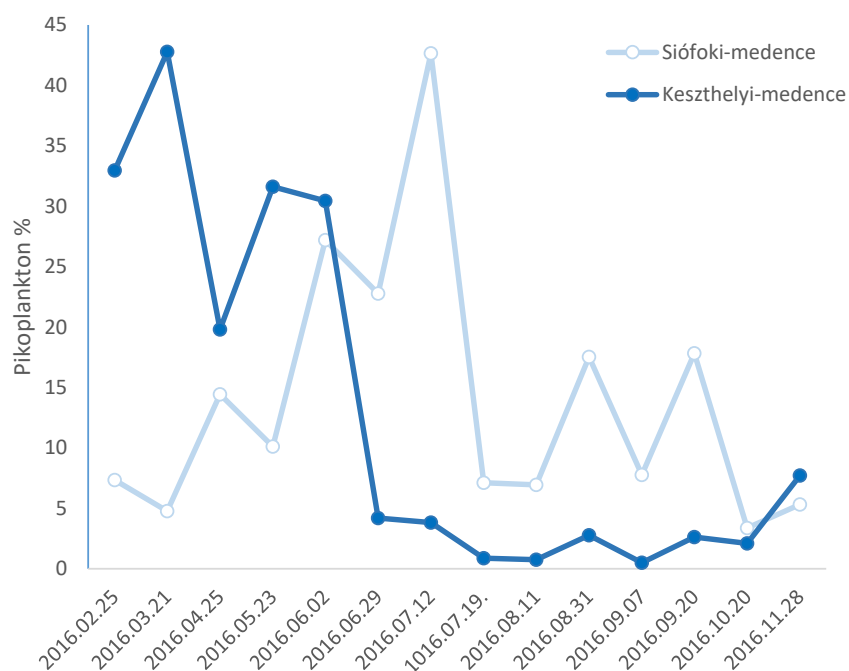
ezek abundanciája 0 és $6,6 \times 10^4$ sejt ml^{-1} között változott. A piko-eukarióta algák ebben a medencében is kizárólag a hidegebb időszakokban voltak megfigyelhetőek, abundanciájuk és biomasszájuk több, mint egy nagyságrenddel meghaladta a Siófoki-medencében kapott értékeket. A piko-eukarióták abundanciája 0 és $3,7 \times 10^5$ sejt ml^{-1} között változott, átlagosan $3,6 \times 10^4$ sejt ml^{-1} volt, abundancia maximumukat februárban érték el (**4. ábra**). A piko-eukarióta algák biomasszája 0 és $760 \mu\text{g l}^{-1}$ között változott, átlagosan $74 \mu\text{g l}^{-1}$ volt. A Balaton Siófoki- és Keszthelyi-medencéjében megfigyelt pikoplankton abundancia értékek, valamint a pikocianobaktériumok/piko-eukarióta algák szezonális dinamikája megfelelt a korábban megfigyeltnek (VÖRÖS et al., 2009).

A fitoplankton összetételének változása a Balatonban

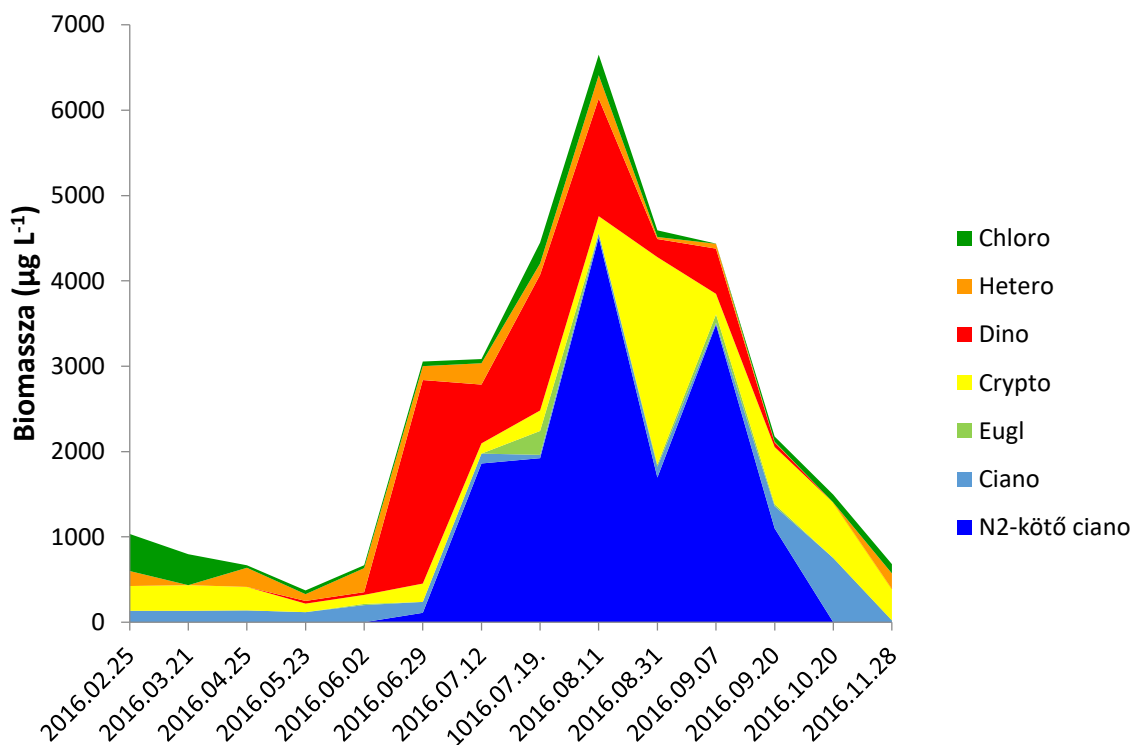
A Siófoki-medencében a teljes fitoplankton (piko- nano- és mikroplankton) biomassza 240 és $1900 \mu\text{g l}^{-1}$ között változott, átlagértéke $680 \mu\text{g l}^{-1}$ volt. A tavaszi biomassza csúcsot a planktonikus kovamoszatok (*Cyclotella* sp., *Nitzschia acicularis*, Heterokontophyta) alkották (**5. ábra**). Ez a csoport dominált a fitoplanktonon belül februártól egészen júniusig, mellettük azonban jelentős részesedés értéket (3-40%) képviseltek a Cryptophyta törzsbe tartozó ostoros algák is (*Rhodomonas* sp., *Cryptomonas* sp.). A nyári időszakban a balatoni fecskemoszat (*Ceratium hirundinella*, Dinophyta) alkotta a fitoplankton biomassza 55%-át, a fonalas kékalgák biomasszája ezen a téren elhanyagolható volt (**5. ábra**). Ősszel újra a Cryptophyta ostorosok dominanciáját figyeltük meg (**5. ábra**). A fitoplankton biomassza a-klorofill tartalma 0,3 és 1,4% között változott, átlagosan 0,7% volt. A magasabb értékeket elsősorban a tavaszi és az őszi/téli időszakban figyeltük meg. A fitoplanktonon belül a pikoplankton részesedése 3 és 43% között változott, átlagosan a biomassza mintegy 14%-át képezte. A magasabb részesedés értékeket nyár elején tapasztaltuk, majd a pikoplankton részesedése a nyári biomassza csúcs idején csökkent. Ősszel újra magasabb részesedés értékeket kaptunk (**6. ábra**).



5. ábra. A fitoplankton tömegének és összetételének változása a Siófoki-medencében 2016-ban. Rövidítések: Chloro, Chlorophyta; Hetero, Heterokontophyta; Dino, Dinophyta; Crypto, Cryptophyta; Eugl, Euglenophyta; Ciano, nem N₂-kötő cianobaktérium; N₂-kötő ciano, fonalas N₂-kötő cianobaktérium.



6. ábra. A pikoplankton (<3 µm) részesedésének változása a teljes fitoplankton biomasszából a Keszthelyi- és Siófoki-medencében 2016-ban.



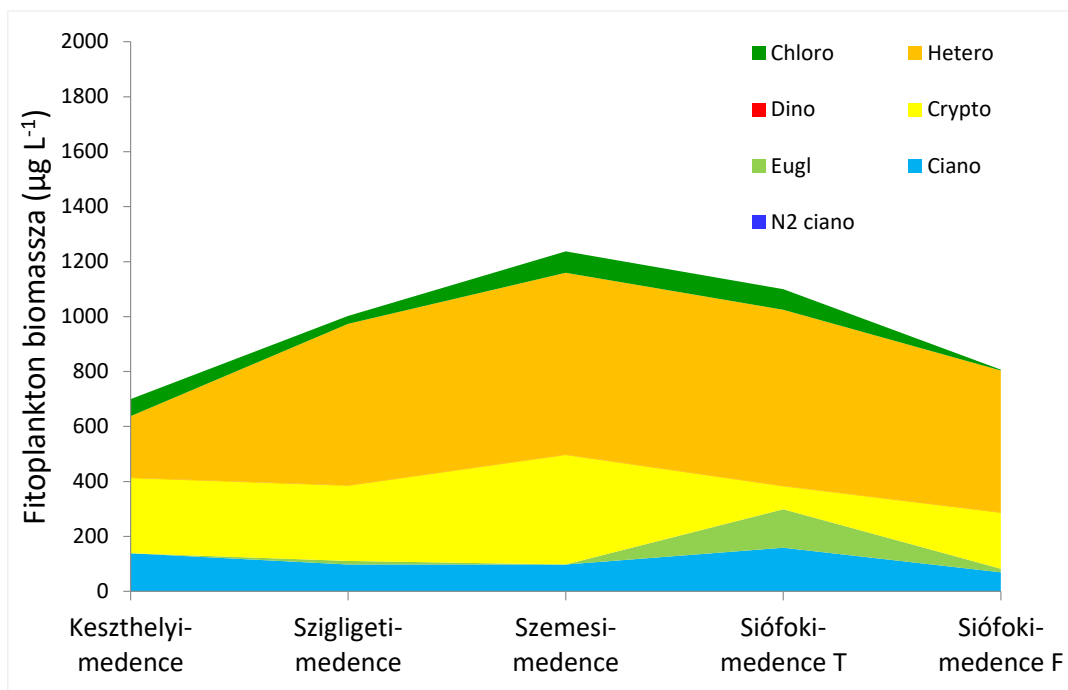
7. ábra. A fitoplankton tömegének és összetételének változása a Keszthelyi-medencében 2016-ban. Rövidítések: Chloro, Chlorophyta; Hetero, Heterokontophyta; Dino, Dinophyta; Crypto, Cryptophyta; Eugl, Euglenophyta; Ciano, nem N₂-kötő cianobaktérium; N₂-kötő ciano, fonalas N₂-kötő cianobaktérium.

Cryptophyta; Eugl, Euglenophyta; Ciano, nem N₂-kötő cianobaktérium; N₂-kötő ciano, fonalas N₂-kötő cianobaktérium.

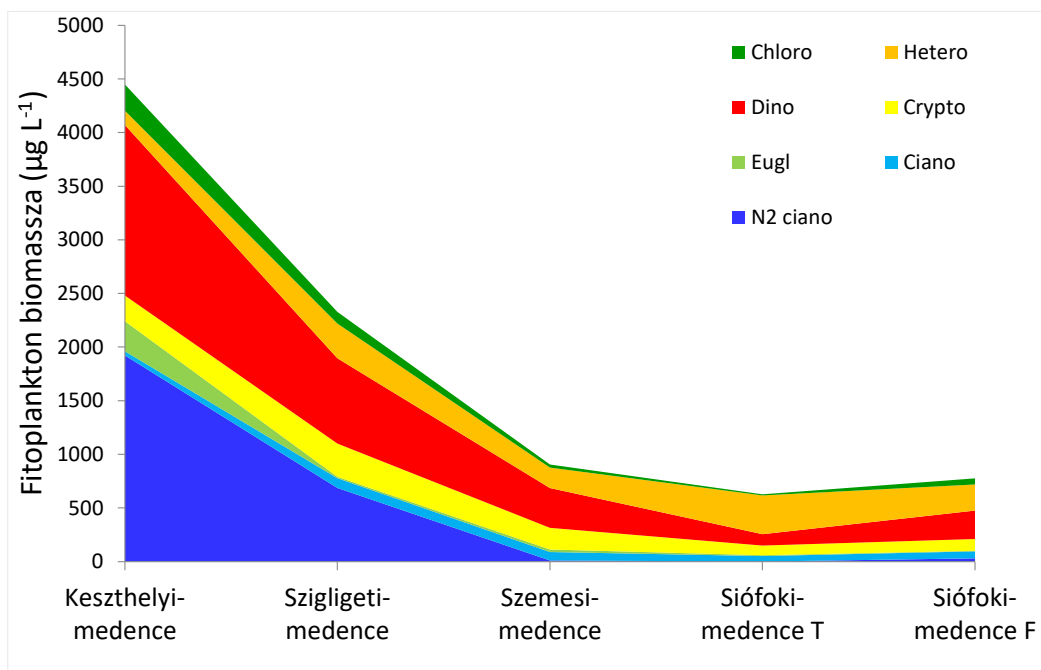
A Keszthelyi-medencében a teljes fitoplankton (piko- nano- és mikroplankton) biomassza 420 és 6650 µg l⁻¹ között változott, átlagértéke 2450 µg l⁻¹ volt (7. ábra). A biomassza éves változása az a-klorofill változásának megfelelő volt. A márciusi időszakban a zöldalgák (Chlorophyta) – *Monoraphidium contortum* és piko méretű eukarióta zöldalgák – uralták a fitoplankton, mellettük azonban a Cryptophyta törzsbe tartozó ostorosok (*Rhodomonas* sp., *Cryptomonas* sp.) részesedése is igen jelentős (28-38%) volt. A nyár közeledtével a zöldalgák részesedése csökkent, a fitoplanktont elsősorban planktonikus kovamoszatok (*Cyclotella* sp., Heterokontophyta), Cryptophyta ostorosok és pikocianobaktériumok alkották (7. ábra). Júniusban a balatoni fecskemoszat (*C. hirundinella*, Dinophyta) volt jelen magasabb biomassza értékekkel, majd augusztustól szeptemberig a fonalas nitrogénkötő kékalgák (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Aphanizomenon issatschenkoi* és *Cylindrospermopsis raciborskii*) dominanciáját figyeltük meg: részesedésük 40 és 80% között változott (7. ábra). Ősszel újra a Cryptophyta ostorosok domináltak (7. ábra). A fitoplankton biomassza a-klorofill tartalma 0,2 és 1,8% között változott, átlagosan itt is 0,7% volt. A magasabb értékeket a Siófoki-medencéhez hasonlóan itt is a tavaszi és az őszi/téli időszakban figyeltük meg. Ebben az időszakban a magasabb a-klorofill tartalom a fitoplankton fényszegény körülményekhez való alkalmazkodását mutatja (VÖRÖS et al., 2009). A fitoplanktonon belül a pikoplankton részesedése 0,5 és 43% között változott, átlagosan a biomassza mintegy 13%-át képezte. A magasabb részesedés értékeket a Siófoki-medencétől eltérően itt a téli/tavaszi időszakban figyeltük meg, majd a pikoplankton részesedése a nyári biomassza csúcs idején jelentősen csökkent (6. ábra).

A tó hossz tengelye mentén 2016 áprilisában a planktonikus kovamoszatok (elsősorban *Cyclotella* fajok) és Cryptophyta ostorosok (*Rhodomonas* sp., *Cryptomonas* sp.) fordultak elő jelentősebb biomassza értékekkel (8. ábra). A kovamoszatok részesedése a Keszthelyi-medencétől (32%) a Siófoki-medence (64%) felé haladva nőtt, a Cryptophyta ostorosok részesedése ezzel szemben csökkent (Keszthelyi-medence: 39%, Siófoki-medence: 25%). 2016 júliusában jelentős változásokat figyeltünk meg a tó hossz tengelye mentén. A Siófoki-medencében a balatoni fecskemoszat (Dinophyta, 17-34%) mellett kovamoszatok (Heterokontophyta, 31-58%) domináltak a fitoplanktonban (9. ábra). A Szemesi-medencében ugyanezen két csoport mellett (Dinophyta: 41%, Heterokontophyta: 21%) Cryptophyta ostorosok (22%) voltak jelen. A Szigligeti-medencében a fitoplankton biomassza mintegy a háromszorosa, a Keszthelyi-medencében pedig ötszöröse volt a Szemesi-medencéhez képest (9. ábra). A szigligeti-medencében a balatoni fecskemoszat (Dinophyta) képezte a biomassza 34%-át. Mellettük fonalas nitrogénkötő cianobaktériumok (*A. flos-aquae* és *A. issatschenkoi*) fordultak elő jelentősebb (29%) részesedéssel. A Keszthelyi-medencében a balatoni fecskemoszat részesedése hasonló (36%), a nitrogénkötő cianobaktériumoké (*A. flos-aquae*) ezzel szemben jelentősen magasabb (43%) volt.

Összegzésül elmondhatjuk, hogy 2016 nyarán újra a fonalas nitrogénkötő kékalgák domináltak a tó nyugati területein (Keszthelyi- és Szigligeti-medence), mennyiségük azonban alacsony volt, a fitoplankton biomassza (a-klorofill koncentráció) jelentősen alatta maradt a fürdővizekre érvényes magyar határértéknek (50 µg l⁻¹). A tó különböző trofitású területein az alga biomassza változása az elmúlt években megfigyeltekhez hasonlóan alakult, ugyanakkor úgy tűnik, hogy a 2013-2014-es évben megfigyelt változások (fecskemoszat dominancia a cianobaktériumok helyett) nem bizonyultak tartósnak.



8. ábra A fitoplankton tömegének és összetételének változása a Balaton hossztenge-lyében 2016 áprilisában.



9. ábra A fitoplankton tömegének és összetételének változása a Balaton hossztenge-lyében 2016 júliusában.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönettel tartoznak Németh Balázsnak, Szabó Tímeának és Dobos Gézá-
nak a mintavétel és a laboratóriumi mérések során nyújtott segítségükért. A kutatást az
OTKA PD112449 pályázat támogatta.

Irodalom

- MACISAAC, E. A. & J. G. STOCKNER, 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: 187–197.
- NÉMETH, J., 1998. A biológiai vízminősítés kérdései. Vízi természet és környezetvédelem 7. KGI. Budapest 303 pp.
- PÁLFFY, K. & L. VÖRÖS, 2011. A fitoplankton diverzitása a Balatonban: a fajösszetételtől a funkcionális diverzitásig. A Balaton ökológiája **1**: 61-75.
- SOMOGYI, B., K. PÁLFFY & L. VÖRÖS, 2015. A Kis-Balaton hatása a Keszthelyi-medence (Balaton) fitoplanktonjára. LVII. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2015. október 7-9. (Konferencia kiadvány: p. 25.)
- UTERMÖHL, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. Mitteilungen. Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie **9**: 1–38.
- VÖRÖS, L., A. MÓZES & B. SOMOGYI, 2009. A five-year study of autotrophic winter picoplankton in Lake Balaton, Hungary. Aquatic Ecology **43**: 727-734.

Érkezett: 2016. november 02

Javítva: 2016. december 01

Elfogadva: 2016. december 05