

# Miként befolyásolja az élőhely mérete a fitoplankton aktuális diverzitását?

Görgényi Judit<sup>1</sup>, Bolgovics Ágnes<sup>2</sup>, Borics Gábor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MTA, ÖK, BLI, Tisza-kutató Osztály, 4026. Debrecen, Bem tér 18/c.

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem Hidrobiológia Tanszék, 4032. Debrecen, Egyetem tér 1.

**Kivonat:** Az élőhely mérete és az alga biomasza aktuális diverzitása közötti összefüggést vizsgáltuk fitoplankton esetén. Mintavételi területként a Nagyiván melletti bombázó lóteret jelöltük ki, ahol 36db.  $10^{-2}$  m<sup>2</sup> és  $10^2$  m<sup>2</sup> közötti mérettartományba eső habitatokat mintáztunk. A diverzitás mérőszámaként a taxonszámot alkalmaztuk. A teljes fajkészlet tekintetében az élőhely méret és az aktuális diverzitás – a mintában véletlenszerűen jelenlévő bentikus szervezetek miatt – nem mutatott szoros kapcsolatot. Ezzel szemben az euplanktonikus taxonok esetén a log.terület-fajszám kapcsolat szoros, exponenciális összefüggést mutatott. A görbe jellege arra utal, hogy a  $10^2$  m<sup>2</sup> méretű vizek esetén fajtelítődésről még nem beszélhetünk. Vizsgálatainkat nagyobb méretű állóvizekre vonatkozó adatokkal kiegészítve egy, az irodalomban ritkán megfigyelhető szinusz jellegű függvénygörbével leírható összefüggést találtunk, mely ~40 faj esetén mutat telítődést.

**Kulcsszavak:** töméret, euplankton, aktuális fajszám,

## Bevezetés

A faj-terület összefüggést több mint 100 éve kutatják az ökológusok (Arrhenius, 1921; Gleason, 1922, Preston, 1962; McArthur és Wilson, 1967; Williamson, 1989). Általános szabály, hogy minél nagyobb területet vizsgálunk, annál nagyobb a megfigyelt fajok száma. Az összefüggés matematikai leírására már a múlt század húszas éveiben sor került, s ezekről Báldi (1998) munkájában található áttekintést. Arrhenius (1921) a hatvány modellt ( $S=CA^z$ ) tartotta a legmegfelelőbb közelítésnek, ahol  $S$  a fajszám,  $A$  a terület,  $C$  és  $z$  pedig az adott élőlénycsoportra jellemző konstansok. A képletnek gyakran a logaritmus alakját használják:  $\log S = \log C + z \log A$ . Az exponenciális modellel történő megközelítés Gleason (1922) nevéhez fűződik, aki az alábbi képlettel írta le a fajszám-terület összefüggést:  $S = \log C + z \log A$ . A fajszám-terület görbéjének a leírására Connor és McCoy (1979) valamint Coleman et al. (1982) szerint a véletlenszerű elhelyezkedés, vagy passzív mintavétel modellje ( $s(\alpha) = S - \sum(1-\alpha)^{n_i}$ ) is alkalmazható, ahol  $s$  a várt fajszám,  $\alpha$  a relatív terület,  $n_i$  pedig az  $i$ -dik faj abundanciája. (A formula valójában egy  $S$ -fajszámú közösségből random mintavétellel becsült rarefaction fajszám becsült értékét adja meg végtelen nagy közösség esetén). Preston 1962-ben vetette föl annak lehetőségét, hogy a terület-fajszám görbe szigmoid jellegű is lehet, azaz a fajszám hirtelen növekedését, ill. tetőződését, egy csekély emelkedésű szakasz előzi meg. Jóllehet a szigmoid lefutású görbék egy neutrális modelltől levezethető, random mintavétel esetén elméletileg megalapozottak (Lomolino, 2000), terepi vizsgálatok azonban még nem támasztották alá. Jelen kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy van-e összefüggés a fitoplankton aktuális diverzitása és a vizek mérete között? Hipotézisünk az volt, hogy a szigmoid jelleg az aktuális diverzitás esetén is igazolható, amennyiben kellően kisméretű vizeket is bevonunk a vizsgálatokba.

## Anyag és módszer

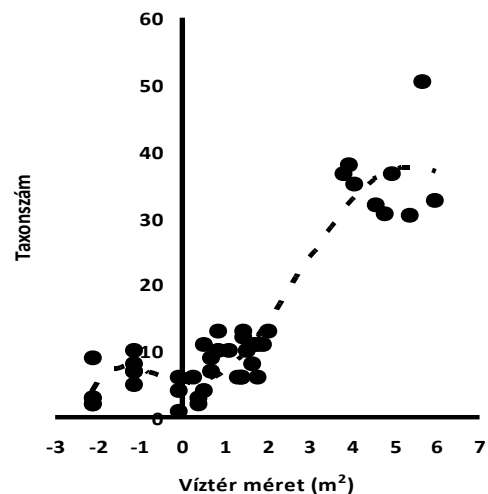
A mintavételi terület a Nagyiván melletti egykori bombázó lóter volt, ahol több ezer ( $10^0$ – $10^2$  m<sup>2</sup> kiterjedésű) bombakráter keletkezett, melyek mára kicsiny (0,5-2 m mély) tavacsökká alakultak. A terület közvetlen közelében az állatjársók miatt kisebb  $10^{-2}$ – $10^{-1}$  m<sup>2</sup> vizek is kialakulnak időszakos jelleggel. Munkánk során 36db  $10^{-2}$  és  $10^2$  m<sup>2</sup> közötti mérettartományba eső habitatokat mintáztunk. A fitoplankton mintákat úgy gyűjtöttük, hogy valamennyi mérettartományba legalább öt víztér kerüljön.

A terület időnként víz alá kerül, ami vizsgálataink szempontjából azért hasznos, mert a terület mikroflórája ezáltal homogenizálódik. A mintavételekre 2011 szeptemberében került sor. A mintavétel során rögzítettük a mintavételi helyek koordinátáit, meghatároztuk a vizek alakját és átmérőit. Az elektromos vezetőképesség és a pH mérését a hely-

színen végeztük. Fitoplankton vizsgálatokra 0,2 l vízmintát került begyűjtésre minden egyes víztérből. A mintákat a vizek felszínéről merítettük, és a helyszínen formalin oldattal rögzítettük, majd hűtőben tároltuk feldolgozásig. A fitoplankton minták feldolgozása során 400 egyed került megszámlálásra, majd azt követően a teljes kamrát átvizsgáltuk és feljegyeztük a még nem látott taxonokat. A terület fajszám összefüggés vizsgálata során csak az euplanktonikusnak tekinthető taxonok kerültek bevonásra. Egyrészt azért, mert a mintavétel során számos bentikus elem is a mintába került (bentikus kovaalgák, cianobaktériumok), másrészt pedig szembesülnünk kellett azzal a ténnyel, hogy az egyébként metafitikusnak tartott euglenofitonok a leggyakoribb víztérben is kialakíthatnak diverz közösségeket. Így a vizsgálatok során csak azon euplanktonikus szervezeteket vettük figyelembe, melyek a kamrák teljes átnézését követően kerültek rögzítésre. A diverzitás mérőszámaként a taxonszámot használtuk. A bombatéren mintázott vizek mérete  $10^{-2}$  és  $10^2$  közötti mérettartományba esett. Ahhoz azonban, hogy még nagyobb mérettartományt tekinthessünk át, kutatásunkba bevonunk néhány közelben lévő, nagyobb felületű,  $10^4$  ill.  $10^6$ -on nagyságrendű állóvíz fitoplankton vizsgálatának eredményeit is.

## Eredmények

Vizsgálataink során 148 taxon jelenlétét igazoltuk. Különösen gazdag csoportnak bizonyultak az Euglenophyta (57) és Chlorophyta (43) divíziók. A legkisebb vizeket bentikus szervezetek és euglenofitonok uralták. A vizek méretének növekedésével a mikroflóra euplanktonikus elemekben gazdagodott.



**Fig. 1.** A vizek mérete és a taxonszám közötti összefüggés. (Az összefüggés logisztikus jellegét a szaggatott vonal illusztrálja)

**Megfigyelt taxonok listája****Chrysophyceae***Chrysococcus cf. rufescens* Klebs*Chromonas* sp.**Xanthophyceae***Trachydiscus* sp.**Bacillariophyceae***Achnanthes* sp.*Amphora veneta* Kützing*Epithemia* sp.*Eunotia* sp.*Fragilaria* sp.*Gomphonema acuminatum* Ehrenberg*Gomphonema* sp.1*Gomphonema* sp.2*Navicula* sp.1*Navicula* sp.2*Nitzschia cf. acicularis* (Kützing)

W.Smith

*Nitzschia reversa* W.Smith*Nitzschia* sp.1*Nitzschia* sp.2*Nitzschia* sp.3*Nitzschia* sp.4*Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) Otto

Müller

*Surirella brebissonii* Krammer & Lange-

Bertalot

**Chlorophyta****Klebsormidiales***Klebsormidium* sp.*Mougeotia* sp.**Chlorococcales***Ankistrodesmus bibraianus* (Reinsch)

Korshikov

*Chlorella* sp.*Eutetramorus* sp.*Micractinium pusillum* Fresenius*Monoraphidium arcuatum* (Korshikov)

Hindák

*Monoraphidium contortum* (Thuret)

Komárková-Legnerová

*Monoraphidium minutum* (Nägeli)

Komárková-Legnerová

*Monoraphidium tortille* (West &

G.S.West) Komárková-Legnerová

*Oocystis* sp.*Scenedesmus acutus* Meyen*Scenedesmus arcuatus* Lemmermann*Scenedesmus cf. ecornis* (Ehrenberg)

Chodat

*Schroederia setigera* (Schröder)

Lemmermann

*Tetrastrum* sp.*Westella* sp.1*Westella* sp.2**Desmidiiales***Closterium* sp.2*Closterium* sp.1*Cosmarium* sp.1*Cosmarium* sp.2**Phytomonadina***Chlamydomonas metastigma* Stein*Chlamydomonas* sp.*Gonium pectorale* Müller*Lobomonas* sp.*Pandorina morum* (O.F. Müller) Bory*Phytomonadina* sp.*Scherffelia* sp.*Tetrasporales* sp.**Oedogoniales***Oedogoniales* sp.**Microsporaceae***Microspora* sp.*Microsporopsis* sp.**Zygnemales***Spirogira* sp.*Zygnema* sp.**Ulotrichaceae***Stichococcus* sp.*Ulothrix cf. tenuissima* Kützing*Ulothrix* sp.**Chaetophorales***Stigeoclonium* sp.**Cryptophyta***Cryptomonas* sp.1*Cryptomonas* sp.2*Cryptomonas* sp.3*Rhodomonas cf. minuta* Skuja**Cyanophyta***Anabaena* sp.1*Anabaena* sp.2*Anabaena* sp.3*Anabaenopsis elenkini* V.V.Miller*Aphanocapsa* sp.1*Aphanocapsa* sp.2*Aphanocapsa* sp.3*Cylindrospermum* sp.*Jaaginema metaphyticum* Komárek*Komvophoron skujae* Anagnostidis &

Komárek

*Microcystis* sp.*Nostocales* sp.*Oscillatoria cf. limosa* Agardh*Oscillatoria* sp.*Planktolyngbya* sp.*Planktothrix* sp.*Pseudanabaena cf. biceps* Böcher*Pseudanabaena limnetica*

(Lemmermann) Komárek

*Pseudanabaena* sp.*Pseudanabaena tenuis* Koppe*Spirulina* sp.**Dinophyta***Dinophyta* sp.*Glenodinium* sp.1*Glenodinium* sp.2*Gymnodinium* sp.*Peridiniopsis* sp.*Peridinium cinctum* (O.F.Müller)

Ehrenberg

*Peridinium* sp.*Peridinium umbonatum* Stein**Euglenophyta***Astasia cf. granulata* Pringsheim*Astasia cf. lagenula* (Skhewiakow)

Lemmermann

*Astasiacf. longa* Pringsheim*Colacium* sp.*Euglena acus* (O.F.Müller) Ehrenberg*Euglena caudata* Hübner*Euglena cf. allorgei* Deflandre*Euglena cf. polymorpha* Dangeard*Euglena cf. sanguinea* Ehrenberg*Euglena cf. sociabilis* Dangeard*Euglena clavata* Skuja*Euglena geniculata* Dujardin*Euglena korshikovii* Gojdic*Euglena limnophila* Lemmermann*Euglena limnophila var. minor*

Drezepolski

*Euglena oxyuris* Schmarda*Euglena palmelloid* állapot*Euglena pisciformis* Klebs*Euglena proxyma* Dangeard*Euglena* sp.*Euglena texta* (Dujardin) Hübner*Euglena variabilis* Klebs*Lepocincilis globula* Perty*Lepocinlis conica* Allorge & Lefèvre*Lepocinlis fusiformis* (Carter)

Lemmermann

*Lepocinlis ovum* (Ehrenberg)

Lemmermann

*Menodium cf. tortuosum* (Stokes) Senn*Menoidium pellucidum* Perty*Petalomonas* sp.*Phacus alatus* Klebs*Phacus caudatus* Hübner*Phacus cf. agilis* Skuja*Phacus cf. lismorensis* Playfair*Phacus cf. phyrum* (Ehrenberg) Stein*Phacus cf. plataleus* Drezepolski*Phacus cf. wettsteinii* Drezepolski*Phacus curvicauda* Swirensko*Phacus globosus* Pochmann*Phacus longicauda* (Ehrenberg) Dujardin*Phacus orbicularis* Hübner*Phacus pyrum* (Ehrenberg) Stein*Phacus* sp. Dujardin*Phacus suecicus* Lemmermann*Rhabdomonas* sp.*Strombomonas deflandrei* (Y.V. Roll)

Deflandre

*Strombomonas lanceolata* (Playfair)

Deflandre

*Trachelomonas cf. bernardiensis* Vischer*Trachelomonas* sp.1*Trachelomonas* sp.2*Trachelomonas* sp.3*Trachelomonas* sp.4*Trachelomonas* sp.5*Trachelomonas* sp.6*Trachelomonas* sp.7*Trachelomonas verrucosa* Stokes*Trachelomonas volvocina* Ehrenberg*Trachelomonas volvocinopsis* Swirensko**Proteobacteria***Chromatium* sp.

A vizsgálatainkba bevont vizek mérete között 8 nagyságrendnyi különbség volt.

A terület és a taxonszám kapcsolata szigmoid jellegű összefüggést mutatott (**Fig 1**). Kis mérettartományban a taxonszám mérsékelt növekedést mutatott, amit hirtelen emelkedés követett. A legalacsonyabb mérettartományban ( $10^{-2}$ – $10^0$  m<sup>2</sup>) a taxonszám kisebb ingadozást mutatott ( $N \sim 5$ – $10$ ). A már valóban kis tónak tekinthető vizekben ( $10$ – $10^2$  m<sup>2</sup>) többnyire 10 fölött volt az euplanktonikus szervezetek száma. A  $10^4$  és  $10^6$  m<sup>2</sup> nagyságrendű állóvizek fitoplanktonja többnyire 30–40 taxonnal volt jellemezhető. Ebben a mérettartományban taxonszám növekedés nem volt megfigyelhető, ide esett a görbe platója.

#### Diszkusszió

Florisztikai szempontból a vizsgált kisvizek meglepően fajgazdagnak bizonyultak. Az euglenofitonok taxonszáma a nagyobb vizek, láptavak, holtágak ill. egyéb tavak taxonszámához mérhető (Borics és mtsai 1998, 2008; Krasznai és mtsai. 2010, Padisák, 1992). A dinoflagelláták megjelenése a kis vizekben különösen érdekes, mert ezek a taxonok olyan vizekben gyakoriak, ahol a vízszlop stabilitásával kell számolni (Borics és mtsai 2011). Ezek a taxonok többnyire a  $>1$  m<sup>2</sup> méretű vizekben jelentkeztek, melyek jelentősebb mélységűek és az ezeket szegélyező helofitonok miatt szelektívul védettek, ami akár stabil vízszlopot is eredményezhet. A terület–fajsza szám kapcsolat jellege számos makroorganizmus csoport esetén ismert, a mikroszkopikus méretű élőlényekkel kapcsolatos vizsgálatok száma azonban csekély. A fitoplankton fajgazdagsága és a víztér mérete közötti kapcsolat összefüggését Smith és mtsai. (2005) vizsgálták. Munkájuk során  $10^{15}$  nagyságrendnyi mérettartományt fogtak át a kisméretű mesterséges aquakultúráktól az óceánokig. Véleményük szerint az összefüggés hatványfüggvényre írható le. Jelen vizsgálataink eredményei ezzel szemben azt a hipotézist igazolták, mely szerint az összefüggésnek logisztikus jellegűnek kell lennie. A legkisebb mérettartományba eső vizek esetén általunk is megfigyelt taxonszám ingadozás Brown és Lomolino (1998) szerint ún. kisméretű hatással magyarázható, azaz a kisméretű élőhelyek esetén a fajösszetételt a sztochasztikus (véletlentől függő) folyamatok jelentősen befolyásolhatják. Esetünkben az 1 m<sup>2</sup> körüli vizek taxonszáma volt a legalacsonyabb, ugyanis ezek felszínét úszólevélű hínarak is fedték, körülöttük pedig sűrű helofiton szegélynövényzet alakult ki, így a fitoplankton számára kedvezőtlen feltételek alakultak ki. Vizsgálataink azt igazolták, hogy a fitoplankton fajsza száma a  $10^4$ -en m<sup>2</sup> nagyságrendű vizek esetén már tetőzik, azaz ennél nagyobb vizek esetén már nem várható fajsza számnövekedés.

Olyan élőlénycsoport esetén, ahol számos eltérő fajkészletű asszociáció is kialakulhat egy év során a két kérdés megválaszolása más mintavételi stratégiát igényel. Aktuális fajsza szám tekintetében elmondható, hogy a nagyobb vizek irányába növekedés nem várható, hiszen a legnagyobb vizek esetén sem kell azzal számolnunk, hogy 30–50 taxonnál több fordulna elő az adott mintában (Kautsky és Kautsky, 1989). Vizsgálataink igazolták, hogy egyrészt a kis méretű vízfelszín nem jelent akadályt a benépesítés szempontjából, másrészt a mikroszkopikus méretű élőlények számára

már egy néhány négyzetméter kiterjedésű víztérben is változatos mikrohabitatok alakulhatnak ki (mind térben, mind időben).

Eredményeink természetvédelmi vonatkozásai úgy összegezhetők, hogy a mikroszkopikus méretű élőlények védelme szempontjából a kisebb méretű, eusztatikus vizek is jó fajmegtartóképességgel bírnak, így ezek esetén az élőhely méretének esetleges csökkenése nem jár olyan kockázattal, mint makroszkopikus taxonok esetén.

#### Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OTKA K 104279 támogatta. Köszönettel tartozunk dr. Tóthmérész Bélának a kéziratához fűzött kritikái észrevételeiért.

#### Irodalom

- Arrhenius, O., 1921: Species and area. *J. Ecol.* 9: 95–99.
- Báldi, A., 1998: Review of the models and theories of the species-area relationship. *Ornis Hungarica* 8 Suppl. 1: 41–48.
- Borics, G., Oldal I., Grigorszky I., Padisák J., Péterfi S. L., Momeu L., 1998: Adatok a Balata-tó algaflórájához. *Hidrológiai Közöny* 78: 276–278.
- Borics, G., Krasznai E., Várbiro G., Abonyi A., Grigorszky I., Szabó S., 2008: Néhány Tisza-menti holtág jellegzetes fitoplankton asszociációi. *Hidrológiai Közöny* 88:(6) 34–36.
- Borics, G., Abonyi A., Krasznai E., Várbiro G., Grigorszky I., Szabó S., Deák Cs., Tóthmérész B., 2011: Small-scale patchiness of the phytoplankton in a lentic oxbow. *Journal of Plankton Research* 33:(6) 973–981.
- Brown, J. H., Lomolino, M. V., 1998: *Biogeography*. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts.
- Coleman, B. D., Mares, M. A., Willig, M. R., Y.-H. Hsieh., 1982: Randomness, area, and species richness. *Ecology* 63: 1121–1133.
- Connor, E. F., McCoy E. D., 1979: The statistics and biology of the species-area relationship. *The American Naturalist* 113: 791–833.
- Gleason, H. A., 1922: On the relation between species and area. *Ecology* 3: 158–162.
- Kautsky, L., Kautsky, H., 1989: Algal species diversity and dominance along gradients of stress and disturbance in marine environments. *Vegetatio* 83: 259–267.
- Krasznai, E., Borics G., Várbiro G., Abonyi A., Padisák J., Deák Cs., Tóthmérész B., 2009: Characteristics of the pelagic phytoplankton in shallow oxbows. *Hydrobiologia* 639: 173–184.
- Lomolino, M. V., 2000: Ecology's most general, yet protean pattern: the species-area relationship. *Journal of Biogeography* 27: 17–26.
- MacArthur, R. H., Wilson E. O., 1967: *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- McGuinness, K. A., 1984: Equations and explanations in the study of species-area curves. *Biology Reviews* 59: 423–440.
- Preston, F. W., 1962: The canonical distribution of commonness and rarity: Part I. *Ecology*, 43, 185–215.
- Padisák, J., 1992: Seasonal succession of phytoplankton in a large shallow lake (Balaton, Hungary)—a dynamic approach to ecological memory, its possible role and mechanisms. *Journal of Ecology* 80: 217–230.
- Smith, V. H., Foster B. L., Grover J. P., Holt R. D., Leibold M. A., F. de Noyelles Jr., 2005: Phytoplankton species richness scales consistently from laboratory microcosms to the world's oceans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 102:(12) 4393–4396.
- Williamson, M., 1989: The MacArthur and Wilson theory today: true but trivial. *Journal of Biogeography* 16: 3–4.

**Abstract:** Actual diversity-area relationship was investigated for phytoplankton. The sites (36 bomb-craters and other small pools) of  $10^{-2}$ – $10^2$  m<sup>2</sup> were selected at a former shooting-ground in the proximity of Nagyván village. As diversity metric species number was used. There was no clear relationship between the log-area and the overall species pool. In the contrary, for euplankton taxa the relation was exponential. We supplemented our database with data of larger ( $10^4$ – $10^6$  m<sup>2</sup>) water bodies. For this extended range the species-log area curve appeared to be sigmoid. Saturation of the species number ( $N \sim 30$ – $40$ ) was observed even in the  $10^4$  m<sup>2</sup> range.