

Válasz Dr. Buczkó Krisztina bírálataira

Köszönöm Dr. Buczkó Krisztinának az értekezéssel kapcsolatos pozitív értékelését, alapos kritikai észrevételeit és előremutató javaslatait. Az alábbiakban ezekre válaszolok.

Kritikai észrevételek:

1. Bevezetés: Valahogy mintha önálló életet élne, általánosságokat tartalmaz, nem kapcsolódik közvetlenül a dolgozat mondani valójához. Pl. a második mondat önmagában: "Ezeket az ökoszisztémaszolgáltatásokat két jelentős tényező veszélyezteti: a növényi tápanyag-túlkínálat (eutrofizáció) és a globális klímaváltozás." Ezeken kívül az sokrétű emberi hatások meghatározóak. Az elmúlt évtizedekben valóban a növényi tápanyag-túlkínálat vizsgálat volt középpontban (ld. Víz Keretirányelv indexei is erre fókuszálnak, de legalább ilyen gond a szalinizáció, toxikus anyagok vízbe juttatása...)

Válaszom: Egyetértek a bíráló észrevételével abban, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatásokat nem csak az eutrofizáció és a globális klímaváltozás veszélyezteti. A két tényezőt azért emeltem ki, mert értekezésem központi témájához ezek kapcsolódnak a legszorosabban. Ezeken kívül számos további stresszor jelentős módosíthatja az ökoszisztémák szolgáltatásait. Ilyenek többek között a szalinizáció, az idegenhonos inváziós fajok antropogén terjedése, az ezzel összefüggő biodiverzitás-csökkenés, a peszticidek vagy a nehézfémek toxikus hatásai.

2. A Célkitűzések fejezete rövid, és jelenlegi formájában inkább az eredmények, illetve azok értelmezése felől közelít; tézisszerű (Az értekezésben feltárom, áttekintem, bemutatom...) ebben a részben szerencsésebb lett volna a kutatási célok egyértelműbb megfogalmazása.

Válaszom: Köszönöm a bíráló észrevételét. A doktori mű előszavában szereplő „Célkitűzések” fejezetben kizárólag a dolgozat legátfogóbb kutatási céljait fogalmaztam meg, hogy ezzel keretet adjanak a teljes értekezésnek. Az egyes kutatási részek részletes célkitűzéseit az adott fejezetek bevezetőiben ismertettem, így nem tartottam fontosnak ezeket az előszóban az általános célkitűzések között is külön megadni.

3. A dolgozatban azt olvashatjuk, hogy 9 közleményen alapul a dolgozat. Szerintem 10 közleményen, amelyből 8-ban első szerző a Jelölt.

Válaszom: Egyetértek a bírálóval, a dolgozat valóban 10 közleményen alapul.

4. A dolgozat 7. oldala szükséztlenül az általánosan használt módszereket mutatja be.

Válaszom: Egyetértek azzal, hogy az értekezésben az általánosan alkalmazott módszerek ismertetése során éltem a tömörítés eszközeivel. Ennek oka az volt, hogy legfőképp a dolgozat szempontjából leggyakoribb módszereket mutassam be, hogy elkerüljem a széles körben ismert módszerek ismertetését.

5. Maga a szöveg nem mindenhol "Dolgozatszerű", inkább olyannak tűnik mintha a cikk fordításából jönne. Az egyes fejezetek felépítése egységes, de a kezdő mondatok sokszor ismétlik magukat, mintha állandóan nekifutnánk egy-egy hegynek és visszacsúsznánk, és a legelejétől kezdenénk. Az is igaz, hogy az alapgondolatok sokkal jobban súlykolódnak az olvasóba. Szinte minden DSc dolgozatnál felmerül a probléma, hogy a számos publikációban, amire alapoznak

a dolgozatok, a módszerek egyben vagy egy-egy cikkhez kapcsolódóan külön jelenjenek meg. Nekem valahogy úgy tűnik, hogy erre nincs jó megoldás. Ez esetben sem sikerült megtalálni.

Válaszom: Egyetértek azzal, hogy a dolgozat szerkezete kevésbé emlékeztet egy hagyományos monográfiára. Ez abból adódik, hogy az értekezést tudatosan úgy építettem fel, hogy az alapjául szolgáló publikációk önálló fejezetekként is önmagukban értelmezhető egészet alkossanak. Ennek hatására nyilván az egyes fejezetek bevezetéseiben egyes alapgondolatok részben ismétlődnek. Ezt tudatos kompromisszumnak tekintettem annak érdekében, hogy az egyes fejezetek önállóan is követhetők legyenek, és az értekezés központi ökológiai koncepciói (pl. alternatív stabil állapotok elmélete) valamennyi résztémában megfelelő hangsúlyt kapjanak. Ugyanakkor elfogadom, hogy ez a megoldás a dolgozat olvasása során ismétlődés érzetét keltheti.

6. Kiemelem a Dolgozat erényeként, hogy az eredmények nagy számú laboratóriumi kísérleten és mérésen alapszanak.

Válaszom: Köszönöm a bíráló elismerő szavait.

7. A 3. és a 4. ábrán "A hibasávok az eredmények szórásai," ez csak a 3. ábra felső részén, a nitrogén esetében van megadva, a foszfor, a vas és a mangán esetében hiányzik az ábráról. Felmerül, hogy indokolt lenne-e az üledék elemtartalmának feltüntetése is. Nem helyes a 3. és 4. ábrán a 120%-os elemtartalom. Nem lehet több mint 100%. Egyébként ez a két ábra a négy elem koncentrációjának időbeli alakulását látványosan és didaktikusan mutatja be.

Válaszom: Egyetértek azzal, hogy a 100%-ra normalizált eloszlási diagram fő célja az elemek különböző frakciók közötti megoszlásának szemléltetése, nem pedig az egyes frakciók szórásának bemutatása. A hibasávok ábrázolása ebben az esetben nem szerencsés, mivel a felső frakcióhoz tartozó hibasávok óhatatlanul a 100%-os összmennyiség fölé nyúlnak. Ennek megfelelően a védési előadásban az ábrát hibasávok nélkül fogom bemutatni. Az üledék elemtartalmának feltüntetése valóban hasznos kiegészítés lehetett volna, ugyanakkor az ábra elsődleges célja az elemek növény-, alga- és vízfázis közötti időbeli mozgásának ábrázolása volt.

8. Hogy felmérjük, a korlátozó tényezők milyen mértékben gátolják a békalencsék növekedését, tápanyag-visszapótlásos kísérleteket végeztünk, melyek eredményeit az értekezés ötödik fejezete mutatja be. Ezen a ponton az olvasóban hiányérzet marad, mivel a gondolatmenet folytatása nem teljesen egyértelmű. Végül is nem annyira egyértelmű, hogy mindez hogyan viszonyul a négy "ezen alapuló" publikációhoz.

Válaszom: Egyetértek azzal, hogy a szöveg nem köti megfelelően össze a korábban ismertetett eredményeket a ráépülő ötödik fejezettel. Egy átvezető mondatral szerencsésebb lett volna jelezni, hogy az addigi eredményekből adódóan a korlátozó tényezők egyedi szerepének megállapításához további kísérletekre volt szükség: „Az egyes korlátozó tényezők önálló hatásának feltárásához további kísérleteket végeztünk, amelyek eredményeit az értekezés ötödik fejezete mutatja be.”

9. 21. oldal: "magas tápelem-koncentráció mellett hosszú távon a növények felülkerekednek az algákkal való versenyben." Csak a pontosság kedvéért: a zöldalgák is növények, igaz a kovaalgák és a cianobaktérium nem.

Válaszom: Egyetértek a bíráló javaslatával, pontosabb megfogalmazás lett volna a következő: magas tápelem-koncentráció mellett hosszú távon a szabadon úszó növények felülkerekednek az algákkal való versenyben.

10. 21. oldal: *tápelem-koncentráció mellet helyett: mellett.*

Válaszom: Köszönöm, hogy felhívta a figyelmemet a dolgozatban fellelhető elírási hibára.

11. 21. oldal: *E folyamatok együttesen tovább gyorsíthatják a békalencsék növekedését, ami a növénycsoport dominanciájához, míg az algák teljes kiszorításához és pusztulásukhoz vezethet. --- nem hiszem, hogy van olyan, hogy az algák teljes kiszorítása.*

Válaszom: Egyetértek azzal, hogy a „teljes kiszorítás” megfogalmazás túl kategorikus. A békalencse-takaró alatt a planktonikus algák biomasszája a jelentős fényintenzitás-csökkenés következtében nagymértékben visszaeshet, azonban teljes eltűnésük nem következik be. Emellett a békalencse felszínén élő epifitikus algák is fennmaradhatnak. Ezért pontosabb megfogalmazás lett volna, hogy a békalencsék dominanciája az algák jelentős visszaszorulásához vezethet, nem pedig teljes kiszorításukhoz.

12. *“A Lemna-kultúrák növekedését az algák által okozott nitrogénhiány gátolta legerősebben” --- vajon természetes közegben hogy van ez, be tudnak-e lépni a N-kötő cianobaktériumok?*

Válaszom: Valóban a természetes vizekben a nitrogénkötő cianobaktériumok aktivitása részben mérsékelheti a nitrogénlimitációt. Figyelembe kell venni azt is, hogy a nitrogénkötés energiaigényes folyamat, amelynek mértéke függ a foszforellátottságtól, a fényviszonyoktól és az adott cianobaktérium-közösség összetételétől. Ezért nem valószínű, hogy egy gyorsan kialakuló nitrogén-limitációt képes lenne érdemben kompenzálni. Vizsgálataink során nitrogénkötő cianobaktériumok szerepét nem elemeztük, és jelenleg a békalencsék nitrogén-limitációjának ilyen módon történő enyhítéséről a szakirodalomban is csak egyetlen publikáció áll rendelkezésre.

13. 27. oldal: *“Az algakezelésnek kitett tápoldatokban a S-, K-, Ca-, Mg-, Zn-, Cu- és Mo-koncentrációja megfelelő volt a békalencsefajok optimális növekedéséhez. Ugyanakkor az algák által okozott tápelemhiány miatt a N-, P-, Fe- és Mn- szintje kritikusan lecsökkent a Lemna-alga-társkultúrákban.” - -- ez csak annyit jelent, hogy a táptalajban kevés a Mn, nem? A N-, P-, Fe tudjuk, hogy sokszor limitál, a Fe főleg tengerekben.*

Válaszom: Egyetértek abban, hogy a tápoldat Mn-koncentrációjának csökkenése önmagában még nem bizonyítja a mangán limitáló szerepét. Vizsgálataink azt mutatták, hogy az algák hatására a tápoldat Mn-koncentrációja a békalencsék optimális növekedéséhez szükséges tartomány alá csökkent. Ez potenciális mangán-limitációra utal, viszont annak növekedésgátló szerepét a mérés ezzel még nem igazolta.

14. 40. oldal *A klorofill ab meghatározásához ---- nem chl a?*

Válaszom: A békalencséből az etanolos kioldás után a klorofill a és b mennyiségét mértük meg (ld. 2.3. Analitikai módszerek).

15. 40. oldal: igaz-e hogy a N mérés azonos módszerrel történt Magyarországon és Hollandiában?

Válaszom: A magyarországi felszíni vizek adatai a hazai szabványos vízkémiai vizsgálatokból, míg a holland csatornák adatai a holland monitoringprogramok szabványos analitikai módszereiből származnak. A két országban alkalmazott laboratóriumi módszerek részletes összehasonlítását nem végeztem el. Az összehasonlítás alapját azonban mindkét esetben az összes nitrogén (TN) koncentrációja képezte, amelyet az adott országok nemzeti szabványai szerint határoztak meg.

16. *“Összességében, mind a laboratóriumi kísérleteink, mind a terepi felmérés eredményei összhangban vannak azzal az elmélettel, hogy a gyökér nélküli alámerült növények fenntarthatják dominanciájukat a szabadon úszó makrofítonok felett, amíg a tápelemterhelés túl magas nem lesz (27. ábra.)” --- szerintem inkább “alatt” (...a gyökér nélküli alámerült növények fenntarthatják dominanciájukat a szabadon úszó makrofítonok felett...)*

Válaszom: A mondatban a „felett” kifejezést nem térbeli értelemben, hanem az ökológiai dominanciaviszony kifejezésére használtam, vagyis arra utaltam, hogy a gyökér nélküli alámerült növények képesek dominanciájukat fenntartani a szabadon úszó makrofítonokkal szemben. Ugyanakkor elfogadom, hogy a megfogalmazás félreérthető lehet, ezért a védési előadásban ezt egyértelműbben fogom megfogalmazni.

17. 68. oldal *„A nitrogénterhelés csökkentése, amit a polimiktikus tavakban nyáron a nitrogénlimitáltság előidézése és a cianobaktérium-virágzások szabályozására javasoltak (Shatwell és Köhler 2019), megfelelő helyreállítási intézkedés lehet azon víztestek esetén is, amelyek a szabadon úszó növények dominanciájával küzdenek.”*

Válaszom: Nem találok az idézett szöveghez a bíráló változtatási javaslatát.

18. *Ki szeretném emelni, hogy a 11. Fejezet az “Epifitikus algák szerepe az úszó és alámerült hínarak közötti kölcsönhatásokban” címet viseli, a benyújtott pályázat jól kidolgozott része, számos meghatározó eredménnyel. A Konklúzió szintézis” fejezet jó összefoglalója a dolgozatnak, nagyon jónak tartom az indítást, a vizsgálatok korlátainak bemutatását. A végső következtetés, hogy lentikus rendszerekben egy tápelemgrádiens mentén a hínárnövényzet összetétele és stabilitása többé-kevésbé előre jelezhető tudományosan jól körüljárt, meggyőző eredmény.*

Válaszom: Köszönöm a bíráló 11-12. fejezetekkel kapcsolatos elismerő szavait.

19. **Tézisfűzethez:** *A 2. ábrán a 2 g Elodea kezelésnél hiányzik a szórás.*

Válaszom: Egyetértek bíráló észrevételével. Az adatsor szórása a doktori műben szereplő 16. ábra B paneljével azonos adatokat ábrázol, ahol a szórás helyes módon feltüntetésre került.

20. 11. oldal: *értelmetlen mondat: “Az Elodea békalencsék növekedésére gyakorolt gátló hatása szignifikánsan nagyobb volt magasabb, mint kisebb Elodea denzitás mellett.”*

Válaszom: Egyetértek azzal, hogy az eredeti mondat megfogalmazása nehézkes volt. Egyértelműbb megfogalmazás lett volna a következő: „Az *Elodea* denzitásának növekedésével szignifikánsan fokozódott a békalencsék növekedésére gyakorolt gátló hatás.”

23. Tézisek, Nem fogadom el tézisként:

Sikerült kifejlesztenem egy egyszerű módszert, amely nem steril körülmények között is alkalmas a békalencse-kultúrák nevelésére olyan vizsgálatokban, amelyekben el kell kerülni mind az algák gátló hatásait, mind pedig a békalencsék önárnyékolásának (intraspecifikus kompetíció) negatív hatásait. A módszer alkalmas hosszabb vizsgálati időt igénylő tesztek elvégzésére is.

Szellemes a kísérleti elrendezés, de nem tekintem tézisnek, ez csak a módszer nem az eredmény.

Válaszom: Egyetértek abban, hogy a módszerfejlesztés önmagában nem tekinthető hagyományos értelemben vett tudományos tézisnek. Ennek ellenére fontosnak tartottam kiemelni, mivel a kidolgozott kísérleti rendszer lehetővé tette az algák hatásának kontrollálását és a békalencsék intraspecifikus kompetíciójának jelentős csökkentését. A módszer így számos a későbbiekben elvégzett kísérletnek is az alapját képezte. Elfogadom ugyanakkor, hogy a bíráló szerint ez a módszertani eredmény nem tekinthető önálló tézisértékű megállapításnak.

Kérdések:

Kérdés 1:

Az 50. oldalon írja, hogy a gyűjtést követően a növényeket csapvízzel öblítették le, hogy eltávolítsák róluk az epifitikus algákat és a törmeléket. Voltak-e ellenőrző vizsgálatok, hogy mennyire sikerült az epifitont eltávolítani? Mennyire tekinthető egységesnek a bevonat – máshogy fogalmazva, mekkora lehet a jelentősége annak, hogy a felszínhez közvetlenül tapadó fajok ott maradnak (Cocconeis). Mérték, becsülték, ellenőrizték, hogy mennyi bevonat maradt? Van-e adat arra vonatkozóan, hogy eredetileg mennyi volt a mennyisége a bevonatnak. A vizsgálat előrehaladtával becsülték a bevonat fejlődését?

Válaszom: A vízinövények felületéről az epifitikus algák teljes eltávolítása csapvizessal öblítéssel nem valósítható meg. Az öblítés célja nem a teljes epifiton eltávolítása volt, hanem a lazán tapadó algák és a felületi törmelék mennyiségének jelentős csökkentése, hogy jó növekedésű növényeket biztosítsunk a kísérlethez. A növényeken az epifiton kiindulási biomasszáját és fajösszetételét nem vizsgáltuk meg a kísérlet kezdeti napján, továbbá nem követtük nyomon azok biomasszájának időbeli változását. Vizsgálataink célja nem az epifiton-közösségek dinamikájának elemzése volt, hanem a különböző kezelések hatására kialakuló teljes algabiomassza és a makrofitonok közötti kölcsönhatások vizsgálata. Ezért a kísérlet végén az akváriumok teljes algabiomasszáját határoztuk meg.

Kérdés 2:

Az elemek mozgását tárgyaló főfejezetben azt írja, hogy “Az izolált algafajokat Allen-agaron (Allen 1968) tenyésztettük ki... “ majd ezzel dolgoztak tovább. Tudvalevő, hogy a planktonikus életmódra képes ill a rögzült formák teljesen más tenyészkörülményeket igényelnek. Végeztek-e olyan vizsgálatot, hogy milyen a szélesztett=eredeti vízben az algaösszetétel, milyenek a dominanciaviszonyok?

Válaszom: Köszönöm a bíráló kérdésfelvetését. A békalencsével részben vagy teljesen fedett szabadföldi mezokozmoszokban élő planktonikus és epifitikus algák dominanciaviszonyainak leírását még az algák izolálása előtt készítettük el (Szabó, 1998). Ebből a fajkészletből sikerült izolálnunk a kísérletekhez felhasznált algaörzseket.

1. Púpos békalelcsével részlegesen borított (<60%) mezokozmoszokban a víztestben az algák >99%-át *Auxenochlorella pyrenoidosa* egysejtű zöldalga alkotta. A vízfelszínen a *Chlamydomonas ehrenbergii* alkotott összefüggő réteget. A növények felületén az *Limnithrix redekei* fonalas cianobaktérium, továbbá a *Chlamydomonas ehrenbergii* alkotott élőbevonatot.

2. Békalelcséekkel teljesen fedett mezokozmoszokban a növények felületén a következő algafajok domináltak: *Auxenochlorella pyrenoidosa* (18%), *Chlamydomonas ehrenbergii* (8%), *Lemnicola hungarica* (31%), *Nitzschia palea* (15%), *Cocconeis placentula* (11%), *Limnithrix redekei* (6%), *O. limnetica* (7%). Kis dominanciával (>4%) megfigyelhető volt még *Navicula halophila*, *N. rynchocephala*, *Fragillaria fasciculata*, *Gomphonema augur*, *G. acuminatum*, *G. olivaceum*, *Melosira varians*, *Synedra ulna*, *Amphora* sp. A békalelcsé-hínárfelület alatti víztestben a következő fajok fordultak elő: *Auxenochlorella pyrenoidosa* (78%), *Chlamydomonas ehrenbergii* (6%), *Chlamydomonas kuteinikowi*, *C. reinhardtii*, *C. intermedia*, *C. noctigama*, *Chlorogonium elongatum*, *Pandorina morum*, *Euglena variabilis*, *E. pisciformis*, *E. clavata*, *Phacus curvicauda*, *P. skujae*, *Cocconeis placentula*, *Navicula halophila*, *N. rynchocephala*, *Gomphonema angustatum*, *G. parvulum*, *Oscillatoria tenuis*, *O. agardhii*, *O. amphibia*. Az öregedő békalelcséken főleg a kovaalgák domináltak. A fiatal, gyorsan osztódó növényeken viszont csak elvétve voltak algák megfigyelhetők.

Szabó S. 1998. Fotoautotróf mikroorganizmusok és a *Lemna gibba* közötti kölcsönhatások békalelcsés szennyvíztisztító tavakban. Doktori értekezés (p 1-105). Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen.

Kérdés 3:

A kapott eredmények szerint az egysejtű zöldalgák fejtik ki a legnagyobb gátlást a *Lemna* növekedésére. Általánosságban a cianobaktériumokról tartják, hogy káros hatásúak, sokszor toxint termelőek a vizeinkben. Mi a véleménye, milyen irodalmi adatok vannak, a cianobaktériumok mekkora gátlást gyakorolnak a különböző vízi makrofítonokra?

Válaszom:

A szakirodalom alapján a toxintermelő cianobaktériumok vízinövényekre gyakorolt hatása jelentősen függ a kísérlet körülményeitől, mivel nagy különbséget mutatnak az izolált cianotoxinok laboratóriumi teszteredményei a természetes cianobaktérium-virágzások lebomlása során felszabaduló anyagok hatásaitól. Természetes körülmények között kimutatták, hogy toxintermelő cianobaktérium-virágzások jelentős károsodást okozhatnak alámerült makrofítonokon. A magyarországi Bárdos-tóban például a mikrocisztin-termelő cianobaktériumok virágzása során a *Ceratophyllum submersum* felhalmozta a toxinokat és jelentős károsodást szenvedett ugyanazon tó nem szennyezett egyedeihez képest (Ujvárosi et al. 2012). Más vizsgálatok is feltárták, hogy a cianobaktériumok bomlástermékei jelentősen gátolják a *Vallisneria spiralis* és a *Myriophyllum verticillatum* állományok növekedését (Zhang et al. 2021). Ugyanakkor több laboratóriumi vizsgálat semmilyen közvetlen gátló hatást nem talált az izolált cianotoxinok esetén. A *Microcystis aeruginosa* által termelt mikrocisztin-LR egyáltalán nem mutatott gátló hatást a *Lemna gibba* növekedésére (LeBlanc et al. 2005), a cilindrospermopszint termelő *Raphidiopsis raciborskii* pedig csak alig kimutatható mértékben (5%) gátolta a *Lemna trisulca*-t (Duchnik et al. 2021). A *Microcystis aeruginosa* kivonata nem károsította közvetlenül a *Ceratophyllum demersum* -ot, csak gyengítette annak zöldalgákkal szembeni allelopatikus védekezését (Sha et al. 2026). Ezek alapján megállapítható, hogy legnagyobb károsító hatásokat döntően a természetes virágzások és azok lebomlása során

figyelhetünk meg, az izolált cianotoxinokra pedig a makrofitonok meglepően toleránsak. A legkorábbi vizsgálatainkban izolált algafajok sejtmentes víz- és éteroldékony kivonatainak egyikével sem tudtuk igazolni, hogy azok szignifikánsan gátolják a *L. gibba* növekedét (Szabó 1998).

Irodalmak:

- Duchnik K, Bialczyk J, Chrapusta-Srebrny E, Bober B. 2021. Inhibition of growth rate and cylindrospermopsin synthesis by *Raphidiopsis raciborskii* upon exposure to macrophyte *Lemna trisulca* (L). *Ecotoxicology*, 30, 470-477.
- LeBlanc S, Pick F. R, Aranda-Rodriguez R. 2005. Allelopathic effects of the toxic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* on duckweed, *Lemna gibba* L. *Environmental Toxicology: An International Journal*, 20, 67-73.
- Sha Y, Yan Z, Dong J, Bai J, Tang Y, Chen G, ... & Zhu P. 2026. Disruption of macrophyte-induced algal defence by a cyanobacterial competitor through metabolic shifts and microbiome dysbiosis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 321, 120384.
- Szabó S. 1998. Fotoautotróf mikroorganizmusok és a *Lemna gibba* közötti kölcsönhatások békälencsés szennyvíztisztító tavakban. Doktori értekezés (p 1-105). Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen.
- Ujvárosi A. Z, Riba M, Garda T, Gyémánt G, Vereb G, M-Hamvas M, ... & Máthé C. 2019. Attack of *Microcystis aeruginosa* bloom on a *Ceratophyllum submersum* field: Ecotoxicological measurements in real environment with real microcystin exposure. *Science of The Total Environment*, 662, 735-745.
- Zhang W, Gu P, Zheng X, Wang N, Wu H, He J, ... & Zheng Z. 2021. Ecological damage of submerged macrophytes by fresh cyanobacteria (FC) and cyanobacterial decomposition solution (CDS). *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123372.

Kérdés 4: Felszíni vizeinkben egyre több a nitrogén/nitrát. Mi a prognózis ha a nitráterhelés tovább nő? Milyen változások várhatók a felszíni vizek állapotában a nitráterhelés további növekedése esetén különös tekintettel a vegetáció összetételére nézve? Egyre több a kiszáradó víztest. Földrajzilag távolabbi területeken mi várható a nitrát terhelés növekedésével lokális és globális skálán?

Válaszom: Az irodalmi adatok alapján a felszíni vizek nitráterhelése globális szinten tovább növekszik a népességnövekedés, az urbanizáció és a mezőgazdasági termelés fokozódása miatt (Wang et al. 2023). Az emelkedő nitráterhelés elősegíti a fitoplankton, az epifitikus algák és a szabadon úszó makrofitonok elszaporodását. Az általuk okozott árnyékolás révén az alámerült makrofitonok fénylimitált állapotba kerülnek, ezért állományuk fokozatosan pusztul (Kosten et al. 2009; Phillips et al. 2016). A hullámszásmentes védett kisebb kiterjedésű vízterekben ezzel párhuzamosan az úszólevelű és a felszínen szabadon úszó makrofitonok dominanciája válik gyakoribbá (Netten et al. 2010; Akter et al. 2025). A klímaváltozás várhatóan tovább erősíti ezeket a folyamatokat. A magasabb vízhőmérséklet és a növekvő nitrogénterhelés együttesen kedvez a fitoplankton elszaporodásának (De Senerpont Domis et al. 2014; Lind et al. 2022).

Emellett az egyre gyakoribb aszályok miatt a víztestek szalinizációjával a makrofiton-közösségekben a sóérzékeny fajok visszaszorulnak (*Nuphar lutea*, *Potamogeton trichoides*, *M. spicatum*), míg a sótűrőbb fajok (*Stuckenia pectinata*, *Elodea nuttallii*) válhatnak gyakoribbá.

Irodalmak

- Akter S, Asselberghs J, Kibor S, De Boeck G, Schoelynck J. 2025. Interactive effects of nitrate pollution and heatwaves on the aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*, 852, 5089-5104.
- De Senerpont Domis LN, Van De Waal DB, Helmsing NR, Van Donk E, Mooij WolfM. 2014. Community stoichiometry in a changing world: combined effects of warming and eutrophication on phytoplankton dynamics. *Ecology* 95:1485-1495.
- Kosten S, Kamarainen A M Y, Jeppesen E, van Nes E H, Peeters ET, Mazzeo N, ... & Scheffer M. 2009. Climate-related differences in the dominance of submerged macrophytes in shallow lakes. *Global Change Biology*, 1510, 2503-2517.
- Lind L, Eckstein R L, Relyea R A. 2022. Direct and indirect effects of climate change on distribution and community composition of macrophytes in lentic systems. *Biological Reviews*, 97, 1677-1690.
- Netten J.J., Van Zuidam, J., Kosten, S, Peeters E. T. 2011. Differential response to climatic variation of free-floating and submerged macrophytes in ditches. *Freshwater Biology*, 569, 1761-1768.
- Phillips G, Will N, Moss B. 2016. Submerged macrophyte decline in shallow lakes: What have we learnt in the last forty years? *Aquatic Botany* 135:37–45.
- Wang J, Liu, X, Beusen A H, & Middelburg J J 2023. Surface-water nitrate exposure to world populations has expanded and intensified during 1970–2010. *Environmental Science and Technology*, 57, 19395-19406.

Nyíregyháza, 2026. augusztus 04.

Dr. Szabó Sándor