

Válasz Schmera Dénes az MTA doktora bírálataira

Tisztelettel köszönöm Schmera Dénes Bírálómnak az MTA doktori értekezésem alapos áttanulmányozását, a konstruktív bírálói véleményét és kérdéseit. Schmera Dénes opponensi véleménye a következő részekre tagolódik: „*általános megállapítások, apróbb megjegyzések, kérdések, a megfogalmazott tézisek illetve azok elfogadása, valamint összefoglalás*”. Válaszomat az alábbiakban ezek sorrendjében fejtem ki.

Általános megállapítások

Bírálóm jogosan veti fel, hogy a „sós víz” fogalom egyszerre két értelmezésben is megjelenik a dolgozatban, idézve: „*Általános értelemben magába foglalja a magas oldott ásványianyag-tartalmú vizeket ($> 1\text{g/L}$), szűkebb értelemben pedig a magas oldott ásványianyag tartalmú vizek azon részhalmazát, amely vizekben kloridion és/vagy a szulfácion dominál (1. oldal). Ugyan a pályázó már az értekezés első oldalán leírja, hogy a sós víz fogalmát az utóbbi értelemben fogja használni, ez azonban nem sikerült.*”

Elfogadom azt a kritikát, hogy a kétféle fogalomhasználat egyidejűleg előfordul az értekezésben, melyek részletesebb tisztázására nagyobb hangsúlyt kellett volna fektetnem. Sajnálatos módon ezek a fogalmak gyakran a nemzetközi irodalomban is keverednek, részben ezért is végeztük el a szikes vizek kémiai meghatározásának felülvizsgálatát egy eurázsiai léptékű elemzésben (Boros és Kolpakova, 2018), amely a doktori értekezés alapjául is szolgált.

A kétféle fogalomhasználat abból ered, hogy általános értelemben a magas oldott ásványianyag-tartalmú szikesek és a konyhasós vizek is egyaránt a kontinentális sósvizek közé tartoznak. Ugyanakkor a pontosabb szűkebb értelmű használatban a nem szikes összetételű magas oldott ásványianyag tartalmú vizeket nevezzük sósnak elkülönítve a szikesektől, melyeket pedig gyakran szódás megkülönböztetéssel is illetnek. Ennek megfelelően a szűkebb értelemben vett sós vizeket a dolgozat alapjául szolgáló, a szikesek kémiai definíciójának felülvizsgálatáról szóló közleményemben (Boros és Kolpakova, 2018) „*egyéb típusú sós vizeknek*” neveztem, elkerülve a sós fogalom kettős használatát. Valóban célszerűbb lett volna a doktori műben is egységesen ezt az egyértelműen megkülönböztetett szűkebb fogalomhasználatot alkalmazni, melyet viszont egyszerűsítési és stilisztikai okok miatt mellőztem. Mindemellett úgy gondolom, hogy a kétféle fogalomhasználat jelentése az adott szövegkörnyezetből kiderül, hogy éppen melyikről van szó, és a dolgozatban általánosan használt szűkebb jelentést a dolgozat címe is kifejezi, miszerint a kontinentális sós és szikes ásványianyag összetételű vizeket egyidejűleg tanulmányoztam. Tehát amikor a sós és szikes fogalom együtt szerepel – mint ahogy az értekezésemben is leggyakrabban előfordul - akkor egyértelmű, hogy a szűkebb fogalomhasználatról van szó.

A dolgozat célkitűzései 6 rövid pontban kerültek összefoglalásra. A célkitűzések megfogalmazásakor valóban a tömörségre törekedtem. Viszont, ahogy Bírálóm is megjegyezte, az értekezés későbbi fejezeteiben témakörönként találunk egy-egy „Áttekintés” alfejezetet, amelyek részletesen kifejtik az egyes célkitűzésekhez tartozó legfontosabb tudományos ismeretanyagot.

Bírálóm számos esetben hiányolta a módszertani részletek bemutatását, illetve a későbbi fejezetekben az ezeken alapuló eredmények részletes bemutatását. Tekintettel a doktori mű komplexitására, a vizsgált területek, a fizikai, kémiai és biológiai tényezők nagy számára, valamint az eurázsiai léptékű összehasonlító elemzésekre, a terjedelem keretei valóban nem tették lehetővé a részletes ismertetést. Ezért a vizsgálati területeket, a módszereket és az eredményeket csak kivonatosan mutattam be a megfelelő hivatkozásokkal. Indokolta ezt az is, hogy az értekezésben szereplő vizsgálati területek bemutatása és az eredmények részletezve megtalálhatók az értekezés alapját képező 12 db tudományos közleményben, melyek közül kettő kifejezetten módszertani témájú. Ezt a technikai megoldást a dolgozat szerkezetéről szóló 2.1-es fejezetben rögzítettem, ami igény szerint lehetőséget ad a módszerek és eredmények részletesebb megismerésére a felsorolt közleményekben. Szintén ez a magyarázata annak a észrevételnek is, miszerint „az „Eredmények” és az „Eredmények megvitatása” a doktori értekezésben nem különül el egymástól. A két fejezet szétválasztása, illetve az eredmények részletes - és nem csak kivonatos - bemutatása esetén sokkal könnyebben lehetett volna az új eredményeket azonosítani, illetve azt eldönteni, hogy a kapott eredmények milyen következtetések levonását teszik lehetővé.” Ugyanis az alfejezetek száma ebben a szerkezetben is elég nagy, és ezért úgy gondoltam, hogy az eredmények és azok megvitatásának összevonása inkább elősegíti az áttekinthetőséget, a gondolati koherenciát és megértést, amellet hogy jelentősen csökkenti a terjedelmet is. Mindemellett egyetértek Bírálómmal az általa példaként idézett esetekkel, ahol az alkalmazott módszerek, a kapott eredmények és a levonható következtetések nem voltak kellően részletezve, úgy mint például a felsorolásban szereplő szervesszén formák (DOC, CDOM) eredetére vonatkozó monitorozási és laboratóriumi módszerek, a lineáris kevert modellek alkalmazása, illetve a vízimadár guildek korrelációjának kérdése a szalinitással. Ugyanakkor a doktori mű minden lényeges ponton tartalmazza azokat a hivatkozásokat, melyek szükség esetén lehetővé teszik a felsorolt kérdések teljesebb megismerését a dolgozat alapjául szolgáló részletező közleményekből (pl. Boros et al., 2020, 2023).

Apróbb megjegyzések

Az apróbb megjegyzések tekintetében minden pontban egyetértek Bírálómmal, melyek a következők. A 13. oldalon a szalinitási kategóriák felsorolásánál valóban jobb lett volna relációjeleket használnom a kötőjelek helyett. A 3. táblázatban szereplő adatok az alapul

szolgáló Boros et al., 2017 közleményből származnak, ahol helyesen valóban nem korreláció értékek szerepelnek, hanem a főkomponens analízisben az egyes változók iránya/hozzájárulása (Loadings) a komponensekhez, tehát itt egy véletlen elírásról van szó. A 40. oldalon valóban nem közöltem az ANOVA eredménytáblázatot, hanem csak a szöveges leírását az eredményeknek, amely szintén az alapul szolgáló Boros et al., 2020 közleményből származik, ahol a módszertani részletek megtalálhatók. A 12. ábra valóban csak a magyarázott varianciát mutatja, ezt külön jelezhettem volna.

A 13. ábra a címének megfelelően a nád (*Phragmites australis*) és sziki zsióka (*Bolboschoenus maritimus*) oldott szervesszén kibocsátását (DOC) mutatja be vizes közegben végzett lebontási kísérletben (Boros és mtsai., 2020), ahol az ábrán szereplő Michaelis–Menten egyenlet értelemszerűen a mérési pontokra illesztett görbét írja le. Egyetértve Bírálómmal itt valóban meg kellett volna magyarázni a képletben szereplő betűk jelentését, melyek a következők: $V_{\max}$ = maximális kibocsátási sebesség; K_M = Michaelis-konstans (az a koncentráció, ahol a reakciósebesség $\frac{1}{2} V_{\max}$), valamint a tengelyeknek megfelelően az X érték a kísérletben eltelt idő, az Y pedig a DOC koncentrációértékeket jelenti.

Bírálóm megállapítja, hogy az értekezés nyelvezete megfelelő, ennek ellenére egyetérték azzal a kritikával, hogy helyenként tartalmaz nem egyértelmű mondatokat is. A példaként említett 49. oldalon „Az eutróf vizekben a zooplankton és a fitoplankton nemlineáris módon kapcsolódik” helyett megfelelőbb lett volna például az hogy a zooplankton és fitoplankton mennyisége között az összefüggés nemlineáris. Az 58. oldalon hibaként említett: „elsődlegest termelés” egy gépelési elütés, amely helyett valóban az elsődleges termelés a helyes kifejezés.

Bírálóm szerint a 18. ábrán az X tengely számos feliratot tartalmaz (több szinten), azonban jelentésük nem egyértelmű. Itt a két sorban szereplő és vízszintes vonallal elválasztott számok a kísérleti kezelések különböző mennyiségi kombinációit jelentik, melynek jelentését a tengely alatt szereplő formulával próbáltam szemléltetni, de elfogadom, hogy ez a megoldás nem feltétlenül érthető, és célszerű lett volna ezt szövegesen is kifejezni egy jelmagyarázatban. Bővebben kifejtve a vízszintes tengelyfeliratot: a 0; 2,5; 5; 10 számok a NaHCO_3 (g/L), míg a vízszintes vonal alatt szereplő számok 0; 1; 2 (g/L) a madárürülék koncentrációját jelentik az egyes kezelési egységekben.

A 19. ábrán mind az X és az Y tengelyen az értékek logaritmikusan transzformáltak. Elfogadom, hogy szemléletesebb lett volna az ábra, ha logaritmikus skálájú tengelyek segítségével ábrázoltam volna az adatokat, mert úgy az eredeti értékek elhelyezkedése jobban szemléltették volna a két változó közötti nagyságrendi különbséget.

Kérdések

1. A jelölt a 6. ábrán a nyolc főion egyenérték-százalék szerinti eloszlását mutatja be háromszög ábrával. Milyen indokok vezettek arra, hogy az adatok bemutatására háromszögábrát használjon, mikor a háromszögábra 3 változó relatív részesedésének bemutatására optimális?

Válasz

A háromszögábra általánosan használatos a nemzetközi limnológiai gyakorlatban a nyolc főion relatív részesedésének egyszerűsített bemutatására (pl. Hammer, 1986; Williams, 1998). Ennek indoka az, hogy ebben az ábrázolási módban a kationok közül a nátrium és kálium, az anionok közül pedig a hidrogén-karbonát és karbonát összevonásra kerül, így a 3 kation és 3 anion jól bemutatható két háromszög ábrán. Ennek oka az, hogy a kálium a nátriumhoz, a karbonát pedig a hidrogén-karbonáthoz képest rendszerint kis mennyiségben fordul elő a felszíni vizekben, ezért az áttekinthetőség miatt szokás alkalmazni ezt az összevont ábrázolást. Emiatt választottam én is ezt az ábrázolási módot amikor 220 eurázsiai víztest ionösszetételét szemléltettem az általam meghatározott kémiai típusokban. Emellett főleg hazánkban használatos a Maucha-féle csillagábra, ahol mind a nyolc ion külön van ábrázolva, ugyanakkor ez nem alkalmas egyszerre egy összefoglaló ábrában nagy számú adat szemléletes megjelenítésére, mint ami a 6. ábrával a célom volt. Mindemellett az egyedi vonások, vagy átlagértékekből készített típusok bemutatására a Maucha-féle csillagábra szemléletesebb a háromszögábrához képest, melyet a megfelelő esetekben én is alkalmaztam, például a 2. ábra esetében.

2. A jelölt a dolgozatában használja a „karakterfaj” és az „indikátorfaj” kifejezést. Számomra nem volt világos, hogy a két fogalom egymásnak szinonimja, vagy pedig más jelentéssel bírnak. A módszertant bemutató fejezet nem tartalmazza ezeket a kifejezéseket. Mit ért a jelölt ezen fogalmak alatt?

Válasz

Elfogadom Bírálóm észrevételét, hogy a módszertani fejezetben ki kellett volna térnem a „karakterfaj” és az „indikátorfaj” meghatározására, ami egyértelműbbé tette volna az értekezés további részében a fogalmak használatát. Mindemellett véleményem szerint az értekezés szövegében való használatuk alapján egyértelműen kiderül, hogy nem szinonim fogalomként használok ezeket. Például a műben a „Sós és szikes élőhelyek karakter- és indikátor-növényfajai” című önálló fejezet is található. Ebben a részletező fejezetben az előzmények feldolgozása alapján leírtam, hogy a sós és szikes kémiai környezetet lehet tipizálni bizonyos karakter- és/vagy indikátor-növényfajok segítségével, ami az alapját képezte a sós és szikes indikátorfajok elkülönítésére vonatkozó hipotézisemnek. Erre a hipotézisre vonatkozóan az

eredményekben és a tézisekben egyaránt bemutattam, hogy a vizes élőhelyek ionösszetétele és a halofitonok előfordulása alapján eurázsiai léptékben három olyan növényfajt különítettem el, melyek csak a szikes élőhelyeken fordultak elő, valamint három olyan sós indikátor-növényfajt, melyek csak a szűkebb értelemben vett sós kémiai típusú élőhelyeken fordultak elő. Tehát a legtöbb halofiton a sós és szikes élőhelyek közös karakterfajainak tekinthető, míg 3-3 indikátor növényfaj viszont jelzi az eltérő ionösszetételt.

Ezek alapján kiderül, hogy a fogalom általánosan elterjedt alkalmazásának megfelelően a karakterfajt egy adott növénytársulásra, illetve élőhelyre kifejezetten jellemző, tipizáló értelemben használtam, melyek a vizsgált halofitonok tekintetében a sós és szikes élőhelyeken egyaránt előfordulhatnak. Ezzel szemben az indikátorfaj valamilyen környezeti tényezőre – például a szikesek esetében ilyen lehet a sziksó jelenlétére utaló lúgos pH - érzékenyen reagál. Az eredményeim szempontjából a két fogalom elkülönítése lényeges, mert ahogy az idézett tézisben összegeztem, csak 3-3 olyan növényfajt sikerült elkülöníteni, melyek az ionösszetétellel szemben a kizárólagos előfordulásuk alapján tényleges indikációs jelleget mutattak a sós és a szikes kémiai típusok között, tehát ezek az indikátorfajok, míg az összes többi bemutatott halofiton karakterfajnak tekinthető. A kérdésre vonatkozó további részletek szintén a disszertáció alapját képező erre vonatkozó közleményében megtalálhatók (Inelova et al., 2024).

3. A jelölt a vízi madarakkal kapcsolatos fejezetben megállapítja, hogy a vízimadár anyagforgalmi gildek kontroll funkciót gyakorolnak a zooplankton biomasszájára (29. ábra). A vizsgálat alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az egyes vízi madár anyagforgalmi gildek egymást kölcsönösen kizárva jelennek meg a víztesteken. Tényleg így van ez? Egy másik ezzel kapcsolatos kérdés az, hogy mi a garancia arra, hogy nem egy háttérváltozó (pl. vizek állandósága) határozza meg a zooplankton biomasszáját és a vízi madár gildek tömegességét is, így a következtetett kontroll funkció valójában egy látens háttérváltozó következménye?

Válasz

Igen, a vizsgálataimmal arra jutottam, hogy az importőr-exportőr és nettó exportőr gildekbe tartozó madárfajok (pl. récefélék és partimadarak) jelentős top-down kontrollfunkciót gyakorolhatnak a zooplanktonra. Emellett viszont a nettó importőr gildekbe tartozó nagytestű főként növényevő madárfajok guanotrofizációt okozhatnak, ami a planktonikus táplálékláncra nézve bottom-up kontrollfunkciót eredményez. Továbbá az importőr-exportőr gildekbe jelentős számú madárfaj (pl. récefélék) tartozik, melyek egyidejűleg gyakorolják a kettős kontrollhatást.

Az általam meghatározott és alkalmazott funkcionális vízimadár anyagforgalmi gildek egymáshoz viszonyított aránya időben és térben akár egy víztéren belül is igen jelentős szezonális változásokat mutat a madarak vonulási dinamikája és költőpopulációk eloszlása függvényében. Ebből kifolyólag a vizsgált két kontrollfunkció nem zárja ki egymást, de

jelentőségük igen eltérő lehet az egyes víztesteken belül. Például vizsgálataimban eurázsiai léptékben, nagy számú (N=90) víztest elemzése során a madárszámlálások és a madárfajok gildek szerinti besorolása alapján alacsony intenzitású bottom-up, vagy top-down kontrollfunkció, valamint egyidejűleg mindkettő nagy intenzitású jelenlétét sikerült elkülönítenem. Ezekben a gyakran igen sekély és időszakos víztestekben egyrészt a halak hiányában leegyszerűsödik a táplálékhálózat, másrészt megnövekszik a vízimadarak fajlagos (felület és térfogat arányos) egyedsűrűsége, amely egyidejűleg megnöveli a madárürülék importot és a madarak predációs nyomását, tehát „rövidre zárják” az anyagforgalmat. Ez utóbbi eset kifejezetten jellemző a sekély, időszakos sós és szikes vizekre, melyek gyakran a vízimadarak nemzetközi jelentőségű kontinentális vonuló és gyülekezőhelyei. Ezért ezeken a vizeken a madarak kettős ökoszisztéma-kontrollfunkciója egyaránt szignifikáns lehet, ami a negyedik tézisem egyik lényeges megállapítása. Mindemellett kivételes esetekben, illetve időszakosan lehetnek olyan esetek, amikor a vízimadaraknak szinte csak az egyik kontrollfunkciója van jelen egy víztérben, de ez esetben sem feltétlenül kizárólagos jelenségről van szó.

A háttérváltozók kérdését tekintve, a vizek állandósága, vagy éppen időszakos jellege nagymértékben kihat a teljes vízi ökoszisztémára, ezért ezt a változót kulcstényezőnek tekintettem az elemzéseimben, amellet hogy természetesen számos háttérváltozót is vizsgáltam (pl. pH). A kulcstényezőket tekintve például az időszakos kiszáradás mellett állandó halpopuláció nem tud kialakulni, ami kedvez a zooplankton elszaporodásának, és ez esetben részben a madarak helyettesíthetik a halak predációs kontrollfukcióját, tehát ilyen módon az időszakos jelleg összefügg a madarak táplálékláncban betöltött szerepével. Mivel több saját és számos más vizsgálat bizonyítja, hogy például a szűrő táplálkozású madárfajok ténylegesen direkt módon fogyasztják a zooplanktont, ezért ez nem látens háttérváltozókon alapuló indirekt következtetés, hanem komplex módon igazolt trofikus kapcsolatokról van szó, melyeken a negyedik tézis alapszik.

A megfogalmazott tézisek, illetve azok elfogadása

„Sajnálatos módon a Doktori értekezés nem tartalmazza az új tudományos eredmények pontokba szedett, röviden megfogalmazott felsorolását (értelmezésem szerint ezek lennének a tézisek). Így bírálóként kényszerültem az új tudományos eredmények megfogalmazására.”

A doktori értekezés valóban nem tartalmazza az új tudományos eredmények pontokba szedett, röviden megfogalmazott felsorolását, amely ténylegesen a téziseket jelenti. Az MTA Doktori Szabályzatának 23. § 4) bekezdése szerint „A doktori mű bármely formájához téziszfüzetet kell mellékelni. A téziszfüzetnek a kérelmező önálló, új tudományos eredményeit kell összefoglalnia.”

Ezt a szabályt alapul véve az új tudományos eredményeim pontokba szedett, röviden megfogalmazott felsorolását a tézisfüzetben mellékeltem a doktori műhöz, melyet nem ismételt meg az értekezésben, mivel erre semmilyen szabály és gyakorlat nem vonatkozik.

Összefoglalás

Az összefoglalásban Bírálóm egyrészt a doktori értekezés szerkezetére vonatkozó bizonyos kritikai megállapításait emeli ki, mint például a módszerek rövidített bemutatása, az eredmények és következtetések összevont taglalása, mely észrevételeket a válaszaimban az elfogadásuk mellett részletesen indokoltam. Emellett azt az észrevételt miszerint „*az értekezés nem tartalmazza az új tudományos eredmények pontokban szedett, röviden megfogalmazott felsorolását.*”, megindokoltam az MTA Doktori Szabályzatával, amely konkrétan rendelkezik arról, hogy az új tudományos eredményeket a tézisfüzetben kell összefoglalni, melyet a doktori pályázatom kötelező részeként benyújtottam.

Idézett irodalom

Boros, E., Inelova, Z., Lánosz, Z., Végvári, Z., 2023. Waterbird guilds predict environmental attributes of inland saline aquatic ecosystems on multi-spatial scales. *Science of the Total Environment* 855, 158845. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158845>.

Boros, E., Kolpakova, M., 2018. A review of the defining chemical properties of soda lakes and pans: an assessment on a large geographic scale of Eurasian inland saline surface waters. 1–20. *PLoS One* 13(8), e0202205. <https://doi.org/10.1371/journal>.

Boros, E., V.-Balogh, K., Csitári, B., Vörös, L., Székely, A.J., 2020. Macrophytes and groundwater drive extremely high organic carbon concentration of soda pans. *Freshwater Biology* 65(9), 1555–1568. <https://doi.org/10.1111/fwb.13521>.

Boros, E., V.-Balogh, K., Vörös, L., Horváth, Zs., 2017. Multiple extreme environmental conditions of intermittent soda pans in the Carpathian Basin (Central Europe). *Limnologica* 62, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.10.003>.

Hammer, U.T., 1986. *Saline lake ecosystems of the World*. Dr W. Junk Publishers, The Hague.

Inelova, Z., Zapparina, Ye., Mile, O., Boros, E., 2024. Large-scale assessment of characteristic plant species on Eurasian saline and alkaline soda ecosystems. *Ecological Indicators* 166, 112431. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112431>.

Williams W.D., 1998. Guidelines of lake management. Volume 6. Management of Saline Waters. International Lake Environment Committee – United Nations Environment Programme.

Végezetül tisztelettel újra köszönöm Schmera Dénes Bírálómnak a körültekintő opponensi munkáját, építő jellegű kritikai észrevételeit, tudományos eredményeim elismerését, az értekezés nyilvános vitára bocsáthatóságára tett javaslatát, valamint ezúton kérem a bírálatra adott válaszom elfogadását.

Budapest, 2025. február 10.

Tisztelettel:



Boros Emil