

Válasz Dr. Ódor Péter bírálatára

Köszönöm Dr. Ódor Péter részletes és konstruktív bírálatát, valamint az értekezéssel kapcsolatos pozitív megjegyzéseit. A felvetett kérdések és észrevételek több lényeges módszertani és értelmezési kérdésre is rámutatnak. Az alábbiakban ezekre reagálok.

Kritikai megjegyzések az egyes esettanulmányokra vonatkozóan

A dolgozat bevezetésében

1. Egyetértek bírálómmal abban, hogy a klasszikus invázióbiológiai definíciók az „inváziós” kifejezést elsősorban idegenhonos fajokra alkalmazzák, és Pyšek (1995) sem javasolja ennek kiterjesztését őshonos fajokra, hanem inkább az „*expanding*” terminust használja. A dolgozatban az „őshonos inváziós fajok” kifejezést abban az értelemben használtam, hogy bizonyos őshonos fajok is képesek gyors terjedésre és dominánssá válásra, hasonló ökológiai hatásokkal, mint az idegenhonos inváziós fajok. Ugyanakkor elfogadom, hogy terminológiailag pontosabb lett volna az „*expanzív*” vagy „*terjedő*” kifejezés használata.

A 4.2. „Idegenhonos hínarak inváziójának hatása az élőhely magbank összetételére” fejezetben

2. Egyetértek bírálómmal abban, hogy az ANOVA feltételeinek sérülése valóban felmerülhet a TN és TP változók esetében, ami heteroszkedaszticitásra utalhat. A boxplotok alapján itt valóban megfigyelhető eltérő variancia az alvízi és felvízi minták között, de hogy a magyarázó változók értékeivel párhuzamosan változik-e az értékük azt nem tudom ellenőrizni. A heteroszkedaszticitás általában akkor jelent problémát, ha a varianciák nagyságrendileg eltérnek és az eltérés szisztematikus, szerencsére ilyen mértékű különbség nem volt. Valószínűsítem, hogy a nem-paraméteres teszttel is hasonló eredményt kaptunk volna, numerikusan stabilnak vélem. A cikk fő eredményei szerencsére nem egyetlen statisztikai teszten alapultak, hanem több, egymást erősítő elemzésen, ezért a fő mintázatokat robusztusnak tartották a cikk bírálói is.

3. A korrelációs vizsgálatoknál a többszörös tesztelés problémája szintén releváns. A szignifikancia szinteket itt inkább feltáró jelleggel értelmeztem, nem pedig szigorú hipotézisvizsgálatként. Az RDA kapcsán így utólag olvasva az értekezésemet egyetértek azzal, hogy a háttérváltozók relatív fontosságát (például a magyarázott variancia arányával és annak szignifikanciájával) érdemes lett volna részletesebben bemutatni. A fő következtetések azonban az ordinációs tér szerkezetén és a változók konzisztens mintázatán alapultak.

Az 5.2. „A fenotipikus plaszticitás szerepe az invázióban: az Elodea fajok esete” részben

4. Köszönöm az észrevételeket, ezek jogos formai hibák. Az 1. táblázat esetében valóban szerkesztési hiba történt, és a fajnevek jelölése nem egyértelmű, ezt pontosítani kellett volna. Hasonlóan, a 2. ábra leírása sem teljeskörű, az N szintek jelentését egyértelműen fel kellett volna tüntetni. A terminológiára vonatkozó megjegyzéssel kapcsolatban is egyetértek, a „fenotípusos plaszticitás” a pontosabb kifejezés, célszerűbb lett volna a következetesebb szóhasználat.

Az 5.4. „Folyóvízi növényközösségek jelleg alapú szerveződése” részben

5. A jelölések közötti eltérések (pl. az LS és LA használata, illetve a 4. ábra jelölései) valóban szerkesztési pontatlanságok, amelyeket pontosítani kellett volna. Hasonlóan, az ábramagyarázatok és rövidítések egyértelműbb megadása is indokolt lett volna.

6. A CWM számítás kapcsán is egyetértek a bírálómmal, itt gépelési hiba történt. Az eredeti cikkből kimásolva a képletet rosszul illeszti be a word, ezt nem vettem észre. A képlet a standard megközelítést követte.

7. A PCA tengelyek értelmezésének hiánya valóban hiányosság, különösen azért, mert ez fontos az RDA eredmények interpretációjához. Ezt célszerű lett volna részletesebben bemutatni a főszövegben is, nem csak a függelékben.

8. Az eredmények tömör bemutatása kapcsán egyetértek azzal, hogy ez a rész nehezen követhető lehet. Ennek oka valóban az volt, hogy az eredeti publikációk szerkezetét követtem, de most már én is úgy gondolom, hogy a dolgozatban valóban indokolt lett volna részletesebb kifejtés.

Kérdések

A 4.2. „Idegenhonos hínarak inváziójának hatása az élőhely magbank összetételére” fejezetre vonatkozó kérdések:

1. *Okozhatja-e az idegenhonos fajok rosszabb megjelenését a magbankban az alacsonyabb genetikai diverzitás és az ebből fakadó alacsonyabb életképes magképzés?*

Elméleti alapon ez egy releváns és ökológiai értelemben megalapozott hipotézis lenne, azonban a dolgozat eredményei alapján valószínűleg nem az alacsonyabb genetikai diverzitás a domináns magyarázó mechanizmus.

Az idegenhonos fajok esetében gyakori a genetikai palacknyak hatás (founder effect), amely valóban csökkentheti a genetikai diverzitást. Ez potenciálisan vezethet alacsonyabb reproductív sikerhez és alacsonyabb magszámhoz. De az ivaros szaporodás háttérbe szorulását okozhatják a nem optimális környezeti viszonyok is. Ugyanakkor az inváziós fajokra jellemző, hogy a fitnesszben elszenvedett hátrányt gyakran klonális szaporodással „kompenzálják”, ami a hínarakra általánosan jellemző magasabb vegetatív növekedési rátával párosulva rendkívül sikeressé teszi őket. Ezt még tovább bonyolíthatja egy ismételt megtelepülési esemény (multiple introductions), ami szintén növelheti a genetikai variabilitást.

A magbankban mért alacsonyabb reprezentáltság véleményem szerint inkább ökológiai-stratégiai különbségekkel magyarázható, nem pedig kizárólag reproductív korlátokkal. Nem készült ilyen vizsgálat, ezért természetesen ezt nem tudom tudományos alapossággal állítani. Ezért ez inkább csak egy hipotézis lehetne, amit alátámaszt, hogy szinte minden faj virágzik a területen, és ezek közül is csak nagyon kevés (*Vallisneria*, *Egeria*, *Elodea*, *Hydrilla*) kétlaki faj található, ami esetleg még korlátozhatja az ivaros szaporodást.

Sokkal valószínűbb, hogy mivel az idegenhonos hínárfajok gyakran vegetatív dominanciájúak, rövid életű vagy tranziens magbankot képeznek, vagy nem adaptálódtak a lokális magbank-dinamikához. Termásvizes rendszerekben különösen igaz, hogy a stabil környezet csökkentheti a magbank jelentőségét, a populációfenntartás inkább vegetatív úton történik. Egy vizsgálatára lehet érdemes lehet.

2. *Vannak-e adatok a hazai idegenhonos hínárpopulációk genetikai diverzitására (pl. Hévízi-tó)?*

Az idegenhonos fajokra vonatkozóan természetesen fontos lenne tudni, hogy milyen a genetikai diverzitás, ez alapján jobban becsülni lehetne az inváziós kockázatokat is. Meg tudnánk vizsgálni,

hogy ezek a fajok főként ivaros, ivartalan vagy vegyes módon terjednek-e, ez meghatározhatná az ellenük alkalmazott kezelési stratégiát is. A molekuláris genetikai megközelítések a hazai taxonómiai és konzervációökológiai kutatásokban ugyanakkor sajnos nagyon alulreprezentáltak. Hínarakra akad genetikai, molekuláris taxonómiai vizsgálat (*Batrachium* és *Vallisneria*) de ezek sem nagy számban. Én összesen kettő olyan hazai kutatásról tudok, ami hínarakat érintő populációgenetikai vizsgálat, és ebből is csak egy foglalkozik idegenhonos fajokkal.

Poczai et al. (2011) a Hévízi-tóban és annak kifolyójában készített egy átfogó populációgenetikai vizsgálatot, ahol a *Nymphaea* nemzetség egyedeinek genetikai és morfológiai változatosságát vizsgálták, különös tekintettel egy kertészeti hibrid (*Nymphaea* × '*Panama Pacific*') terjedésére. A hibrid terjedése genetikai keveredést okoz, ami potenciálisan befolyásolja a természetes tündérróza állományok szerkezetét és az élőhelyet is.

A legfrissebb populációgenetikai vizsgálat pedig jelen válaszok írása közben jelent meg a Pannon-medence vízboglárkájának átfogó vizsgálatából (Dolejšek et al. 2026). Igaz nem idegenhonos fajokról szól, de tekintve, hogy a *Batrachium* nemzetség a vízinövények egyik legösszetettebb rendszertani csoportja, amit morfológiai redukció, nagyfokú fenotípusos plaszticitás, poliploidia és hibridizáció nehezít, ez a cikk igazi hiánypótló és példaértékű anyag, amit az inváziós fajokra is alkalmazni kellene.

Poczai, P., Mátyás, K. K., Szabó, I., Varga, I., Hyvönen, J., Cernák, I., Gorji, A. M., Decsi, K., & Taller, J. (2011). Genetic Variability of Thermal *Nymphaea* (Nymphaeaceae) Populations Based on ISSR Markers: Implications on Relationships, Hybridization, and Conservation. – *Plant Molecular Biology Reporter*, 29(4), 906–918. <https://doi.org/10.1007/s11105-011-0302-9>

Dolejšek, V., Mesterházy, A., Lučanová, M., Brožová, V., Kaplan, Z., Košnar, J., Prančl, J., & Koutecký, P. (2026). Hidden diversity of *Ranunculus* sect. *Batrachium* in the Pannonian Basin: A Mediterranean trace in central Europe? – *Preslia*, Praha, 98(1), 105–125. <https://doi.org/10.23855/preslia.2026.105>

Kérdés az 5.1-es, őshonos és idegenhonos fajok funkcionális jellegeinek különbségeit feltáró, fejezethez:

3. *Végzett -e olyan vizsgálatokat, ahol adott lokalitásban konkrétan együtt élő idegenhonos és őshonos fajok funkcionális jellegeit veti össze, ezeket a lokalitásokat külön elemelve? Hasonló eredményeket várna ezektől a vizsgálatoktól?*

A dolgozatban bemutatott vizsgálat elsősorban adatbázis-alapú összehasonlításra alapult, amely lehetővé tette általános mintázatok feltárását különböző növekedési formák között. Azonos lokalitásban együtt élő fajokra fókuszáló, kis fajszerű összehasonlítást nem végeztem. Ennek oka, hogy ilyen összehasonlítást valamilyen funkcionális egységen belül illik végezni, hogy ne almát a körtével hasonlítsunk össze. Lokális léptékben nehéz elegendő számú, funkcionálisan is összehasonlítható fajokat találni, és a lokális környezeti heterogenitás is erősen torzíthatja az eredményeket. De egy hipotézisnek szerintem megfelelő lehet, nehéz megmondani mi várható. Hipotetikusan én hasonló eredményt várnék, mivel a jelleg alapú és az invázióbiológiai összefüggések is alapvetően kis térléptékben érvényesülnek igazán. Másrészt az általunk kapott eredmények nagyon összecsengenek a teresztris vizsgálatok eredményeivel, ezzel is megerősítettük egy általános összefüggést. Lokális skálán ezen kívül még erősebb a környezeti szűrés is, és erősebbek a kompetíciós kölcsönhatások is, ami mind hatással lehet az eredményekre, szélsőséges esetben ezek a jellegbéli különbségek csökkenhetnek vagy el is tűnhetnek, ha a fajok hasonló niche-ben élnek.

A fentebb felsorolt, lokális léptékben adódó nehézségekre megoldás lehet a filogenetikai kontrol. Talán itt meg kell említeni, hogy a mi vizsgálatunkban is illett volna ilyen végezni, ez 2017-ben is már módszertani standardnak számított, a szükséges adatbázisok is rendelkezésre álltak, a taxonómiai lefedettség és felbontás korlátai miatt azonban ezek alkalmazása erős kompromisszumokat igényelt volna és igényelne még ma is, különösen fajsztű összehasonlítások esetén. A fajaink között akkor is volt több faj (pl. *Batrachium*), amelyeknek a taxonómiája nagyon zavaros, és van sok olyan faj is amelyről nem volt használható szekvencia adat. Ezeket kiszűrve csökkent volna a relatíve amúgy is alacsony fajsztű. Mi ezért ezt ott akkor elvetettük.

Az invázióbiológiai szakirodalomban sokkal gyakoribb megközelítés a közelrokon (főképp kongenerikus) fajok jelleg alapú összehasonlítása, mivel ez csökkenti a filogenetikai különbségekből eredő torzítást, és lehetővé teszi, hogy az inváziós sikerhez kapcsolódó funkcionális és ökológiai eltérések pontosabban azonosíthatók legyenek. Ilyen vizsgálatokat azóta már én is végeztem, ezeket az eredményeimet most értékeljük, ezzel sajnos 2 éve el vagyok maradva.

Kérdés az 5.2. „A fenotipikus plaszticitás szerepe az invázióban: az *Elodea* fajok esete” fejezethez:

Miért nem próbálták meg a két növény együttes nevelését is a vizsgált fény és N gradiensek mentén? Milyen eltéréseket vár a növekedési változókban, a külön nevelt körülményekhez képest?

A kísérlet célja kifejezetten a fajok fenotípusos plaszticitásának vizsgálata volt, ezért indokolt volt az izolált nevelés. Az együtt-nevelés összemosta volna a plaszticitás és a kompetíció hatását, és megnehezítette volna annak elkülönítését, hogy a megfigyelt változások környezeti válaszok vagy biotikus kölcsönhatások eredményei. Populációökológiai értelemben a külön nevelés a fajok potenciális, a fundamentális niche-hez közelebb álló válaszát tükrözi, míg az együtt-nevelés már a realizált niche és a kompetíciós viszonyok vizsgálatát jelentené.

Együttes nevelés esetén várhatóan aszimmetrikus kompetíció alakulna ki, amelyben az *Elodea nuttallii* (a nagyobb plaszticitása miatt) dominálna, különösen limitáló körülmények között. Emellett a mért jellegekben is eltolódásokat várnék, például csökkenő biomasszát, módosuló hajtáshosszt és levélmorfológiát. Ezek a változások már nemcsak a környezeti válaszokat, hanem a kompetíciós kölcsönhatások hatását is tükröznék.

Debrecen, 2026. április 13.

Dr. Lukács Balázs András