



Dr. Batáry Péter (tud. tanácsadó)

HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont

Ökológiai és Botanikai Intézet

Lendület Táj és Természetvédelmi Ökológiai Kcs.

batary.peter@ecolres.hu

Bírálat

Dr. Lukács András Balázs

**“Invázióbiológiai és jelleg alapú növényökológiai kutatások felszíni vizekben”
című MTA doktori értekezéséről**

1. A téma jelentősége

Lukács András Balázs doktori értekezésének témája az öt globális környezeti változást előidéző tényező közül különösen a hazai vizes élőhelyek biológiai inváziójára fókuszál, ami kétségtelenül az egyik legfontosabb veszély, amely kifejezetten fenyegeti hazánkat. Az, hogy ezek a közösségek és az őket alkotó populációk hosszú távon milyen sorsra jutnak, jelentős részben attól függ, hogy tudományos ismeretekkel alapozzák meg a felügyeletet és monitorozást, hogy megfelelő kezelésekkel lehessen megakadályozni a további megtelepedést, meghonosodást és terjedést. Az értekezés, amellett hogy a vízinvázió-inváziót vizsgálja, komoly utat nyitott az endozoochór terjedés kísérletes vizsgálatára, és egy nem inváziós fejezet keretében mutatja be a folyóvízi növényközösségek jelleg alapú szerveződését.

2. Általános értékelés

Az értekezés három nagyobb téma köré csoportosul, amelyek nyolc cikk anyagán alapulnak. Mindegyik cikket referált nemzetközi folyóiratban publikálták, amelyek közül öt a Scimago D1 kategóriának felel meg, köztük a nyitó cikket, amely a rangos, multidiszciplináris PNAS-ban jelent meg. Emellett szerepel még két Q1-es és egy Q2-es cikk. A jelölt ezek közül három publikációban első, további ötben pedig utolsó szerző. Az értekezés témaköréhez további kilenc publikációt is felsorol, bár ezek nem kerültek részletes ismertetésre az értekezésben.

A bemutatott vizsgálatok mindegyike kiválóan kivitelezett munka. Bár a doktori szabályzat nem részletezi az összegzésre kerülő munkák pontos számát, megjegyzendő, hogy korábbi MTA doktori értekezések gyakran több cikket is bemutatnak. A jelölt további, a témakörhöz kapcsolódó munkái is lehetőséget kínálhattak volna további részletes bemutatásra. A bemutatott vizsgálatok első két része a halak és növények endozoochór terjedését vizsgálja, a következő részek a vízinvázió trendjeit és következményeit, míg a harmadik, viszonylag heterogén csoport, négy munkában a növényi jelleg vizsgálatán alapul. Külön említést érdemel az utolsó téma, amely a folyóvízi növényközösségek jelleg alapú szerveződését tárgyalja, és bár kissé eltér a fő irányvontól, a kutatások sokszínűségét és



alaposságát jól példázza. Ezt a szakaszt akár egy külön fejezet keretében is érdemes lett volna bemutatni. Összességében a jelölt munkája alapos, bár a fejezetek közötti kohéziót tovább lehetett volna erősíteni, és az összegzést talán kiegészíthette volna a jelenlegi vagy jövőbeli kutatásokra vonatkozó perspektívákkal.

3. Tudományos eredmények

Lukács András Balázs terepi és áttekintő kutatásai a következő kutatási eredményekre vezettek:

- Közvetlen bizonyítékot szolgáltatott arra vonatkozóan, hogy a halembriók képesek túlélni egy vízimadár emésztőrendszerén történő áthaladást, ezzel lehetővé téve endozoochór terjedésüket.
- Az eredményeik szerint az idegenhonos növényfajok magjai magasabb átjutási arányt mutattak az őshonos fajokhoz képest, és a kontroll magok esetén magasabb csírázóképeséget is mutattak.
- A kutatás során 48 idegenhonos hínárfajt azonosítottak a hazai flórában, ebből hét faj új az európai idegenhonos inváziós fajok listáján Magyarország számára.
- Kimutatták, hogy a hévízi csatorna alvízi és felvízi szakaszain a környezeti paraméterek, valamint a vegetáció és a magbank fajösszetétele eltérő, és többféle összefüggést azonosított közöttük.
- Az idegenhonos és őshonos vízinövényfajok funkcionális jellemzőinek vizsgálata során azt találta, hogy elsősorban a levélfelület tekintetében különböznek, de hasonlóságot mutatnak a levélszárazanyag-tartalom és nitrogén-tartalom tekintetében. Az idegenhonos fajok nagyobb leveleket hoznak létre és gyorsabban növekednek, így dominánssá válhatnak.
- Az inváziós átokhínár fajokat vizsgálva megállapította, hogy az *Elodea canadensis* elsősorban a gyökérrendszerét és hajtáselágazásait növeszti, míg az újabb *Elodea nuttallii* inkább a hajtás csúcsára összpontosít a növekedésben, ami nagyobb előnyt jelent a fényért folytatott versenyben, még gyengébb fényviszonyok között is. Magasabb tápanyag ellátottság esetén az utóbbi faj gyorsabban képes sűrű elágazásokat létrehozni.
- Jellegelemzésekkel bemutatta, hogy az inváziós vízinövények nagyobb biomasszát termelnek, kisebb, tagolt levelűek és sűrűbb állományokat alkotnak, mint az őshonos fajok.
- A nem inváziós, jelleg alapú vizsgálat során kimutatta, hogy a hínár és folyóparti vízinövényközösségek funkcionális diverzitása eltér. A környezeti szűrés miatt szinte minden vizsgált gradiens mentén a funkcionális konvergencia érvényesült dominánsan.

A fentebb felsorolt eredményeket mind önálló kutatásokon alapuló, új tudományos eredménynek fogadom el.

Ezen túlmenően a bemutatott eredmények fő erősségének tartom a hiánypótló funkcionális jellegelemzések elvégzését inváziós fajoknál és közösségeknél, mind kísérletesen, mind terepen. Emellett Lukács András Balázs növényökológusként kilépett a megszokott tudományterületéről, és nemcsak a magterjesztéssel, hanem a halak potenciális endozoochór terjedésének kísérletes bizonyításával is hozzájárult a tudományos ismeretek bővítéséhez.

4. Kérdések és megjegyzések az értekezés fejezeteihez



10. o.: „Ezen kívül nem tisztázott még kellőképpen az sem, hogy az emésztőrendszerben uralkodó biológiai (pl. kórokozók), fizikai (pl. hőmérséklet) és kémiai (pl. savasság) körülmények hogyan befolyásolják a halak ikráinak életképességét vagy a posztembrionális fejlődését.” Ezzel egyetértek, és ez egyben azt is jelenti, hogy itt még számos kutatási irány lehetséges, például más globális környezeti változást előidéző tényezőkkel való interakció vizsgálatára (pl. klímaváltozás, vízszennyezés). Milyen további reális kísérletes vizsgálatok lehetségesek ezen interakciókra?
11. o.: „Egy ikránál azonban 4–6 órányi átjutási időt mértünk, ami egy madárnak akár 360 km megtételére ad lehetőséget.” Ez a mérés, de jogosan említett extrapoláció feltételezi a halikra jelenlétét akkor, amikor a madarak nagyobb vonulást tesznek meg. A tőkés réce részleges vonuló hazánkban, télen kifejezetten sok érkezik hozzánk. Felmerül bennem, hogy mennyire van átfedés a réce hosszabb távú repülése és a vizsgált halfajok szaporodása között?
11. o.: „Mindazonáltal az, hogy az általunk itt bizonyított endozoochór terjedési események milyen eséllyel vezetnek új inváziós édesvízi halpopulációk sikeres létrejöttéhez, jelenleg egy jövőben tisztázandó kérdés.” Számos további kapcsolódó kérdés merülhet fel itt. Például mennyiben járulhat hozzá az endozoochória ritka és/vagy védett őshonos halfajok terjedéséhez, meta-populációik fenntartásához? Terjeszthetnek-e a vízimadarak más gerincteleneket vagy gerinceseket, például kétélűeket? Mi a helyzet abban az esetben, ha a „vektorszervezet” maga is egy inváziós faj, mint például a nílusi lúd Nyugat-Európában?
22. o.: A vízinövények endozoochór terjedésének vizsgálata bőséges és jó adatsoron alapul, ami elméletileg lehetővé tenné egy másfajta elemzést is, kifejezetten arra, hogy a terjedés különböző szakaszait jobban össze lehessen vetni, illetve azok kumulatív hatását vizsgálni. Ehhez a meta-analízis technikáját lehetne használni, ui. a 8 fajpár és a 4 fázis elegendő (32) hatásméret (pl. log response ratio) számítását teszi lehetővé, és fázisonként, illetve összegezve is lehetne ún. „fixed-effect” meta-analíziseket végezni. Amennyiben ez megoldható, akkor a log response ratio hatásméret transzformációjával megtudhatjuk, hogy hány százalékban járulnak hozzá a terjedéshez az egyes fázisok, és így jobban láthatjuk, hogy melyik a kritikus fázis.
23. o.: „Azonban a csírázási időben elszenvedett késedelem akár versenyelőnyt jelenthet az idegenhonos fajok számára...”. Ez számomra nem teljesen intuitív, hogy miért.
28. o.: Az 1. táblázat magyarázatában nincs kifejtve, hogy az egyes inváziós státuszok mit is jelentenek. Illetve visszautalva az előző fejezetre, az utolsó oszlopról az jutott eszembe, hogy mely fajokról képzelhető el egyáltalán az endozoochór terjedés. Feltételezem, hogy van köztük olyan, amelyről viszonylag biztosan feltételezhető, illetve olyan is, amiről tudható, hogy kizárt?
30. o.: „...a nem termál (hideg) vizekhez alkalmazkodott idegenhonos fajok ... sokkal veszélyesebbek (vagy később azok lesznek), mint a termálvizekből még ki nem jutott fajok.” Mekkora potenciális veszélyt jelent a hazai nagy tavainkra a Nemzeti Botanikus Kert hidegvízű Nagy-tavában sikeresen megtelepített lótusz?
37. o.: A vizsgált Hévízi-csatornánál, vagy más hasonló élőhelyeken a folyásirány szerinti csökkenő hőmérséklet és további graduálisan változó környezeti paraméterek mennyire lehetnek gyakorlóterei az idegenhonos fajok (akár növény, akár állat) hidegvízre váltásának? Hogyan lehetne ezt tovább vizsgálni, illetve létezhet-e módszer, technológia ennek megakadályozására?



46. o.: „A TRY adatbázisból gyűjtöttünk vízinövényekre vonatkozó jellegadatokat, amelyek 20 északolaszországi víztestből származtak (KATTGE et al. 2011). Ezt egészítettük ki a Hévízi-csatornából és a Tapolca-patakából származó saját, mért adatainkkal. Összességében 69 faj (50 olaszországi, 19 magyarországi, amiből kilenc faj közös) jellegadatait tartalmazó adatsor jött létre.” Hogyan történt a hazai fajok kiválasztása, ui. a 4. fejezetből tudjuk, hogy a hévízi csatornában jóval több faj fordulhat elő. Mi volt a cél a kilenc közös faj „újramérésével”?
49. o.: „Összesen 35 őshonos és 18 idegenhonos vízinövény jellegadatait gyűjtöttük össze.” Ez ellentmond az adatbázisnak, ahol 69 faj került említésre a 46. oldalon.
69. o.: A két átokhínárfaj kísérletes vizsgálatának eredményei némileg ellentmondanak annak, hogy az inváziós fajok erősíthetik egymás jelenlétét (<https://doi.org/10.1023/A:1010086329619>).
72. o.: „A funkcionális gazdagság (functional diversity, FD) a fajok által kitöltött jellegtér, vagyis a fajok funkcionális térben elfoglalt területe. Értékét erősen befolyásolja a fajszám.” Ebben az esetben nem lett volna érdemes kovariánsként bevenni a fajszámot a funkcionális gazdagságot elemző statisztikai modellbe, és így kontrollálni rá?
74. o.: 2. táblázat. Ezzel kapcsolatban arra lennék kíváncsi, hogy ez nem túl kevés faj-e az ilyen jelleg alapú vizsgálatokhoz, hiszen egy-egy faj jelenléte vagy hiánya komoly hatással lehet a különböző funkcionális diverzitási indexekre?
82. o.: A 3. bekezdés írja le a vízfolyások csoportosítását méretkategória szerint, és a következő bekezdés eleje csak részben részletezi a mintaszámokat. Tájékológusként azonnal felmerül bennem, hogy egy térkép (ld. pl. <https://doi.org/10.1890/12.WB.015>) nagyban segíthetné a vizsgálati terület áttekintését, illetve megállapíthatnánk, hogy van-e közöttük valamiféle térbeli autokorreláció. Továbbá, hiányolom a pontos méretkategóriák szerinti esetszámokat, amelyből látható lenne, hogy ebből a szempontból mennyire kiegyensúlyozott a vizsgálati elrendezés.
83. o.: Az 1. táblázatban hasznosnak találtam volna, ha ezek a különböző környezeti változók a vízfolyás kategóriák alapján is fel lennének osztva.
84. o.: A statisztikai elemzéseket kissé erőltetettnek találom, azáltal hogy PCA-k készültek, amikből az első két tengely ment tovább RDA-ákba. Igazából nem került bemutatásra, hogy a 2. tengelyek egyáltalán mennyit magyarázta a teljes varianciából (feltehetőleg kicsit)? Ehelyett praktikusabbnak tartottam volna a legfőbb változók kiválasztását a PCA-ák alapján, és azok továbbvitelét, ami könnyebb „cause-causality” magyarázatot tesz lehetővé. Szintén furcsáltam kissé, hogy a jellegek súlyozott átlagai is bekerültek az RDA-ákba. Ehelyett az egész helyett, illetve a jövőbeni munkákhoz sokkal praktikusabbnak és célravezetőbbnek találnám az RLQ elemzést, mely lehetővé teszi a környezeti tényezők, a fajok közösségi szerkezete és a fajok ökológiai tulajdonságai közötti kapcsolatok átfogóbb és integrált megértését.

Apróbb észrevételek

4. o.: A legelső bevezető mondat az öt globális környezeti változást előidéző tényező közül négyet említ (a fajok túlhasználata, például túlhalászat, kimaradt, bár ez a legkevésbé releváns hazánkban). Az említett élőhelypusztulás és intenzív földhasználat pedig a „land use and land cover change” alatt említhető, amiről nemrég számos kollégával az Ökológiai Kutatóközpontból írtunk egy cikket (<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127252>).



5. o.: A 2. bekezdésben a definíciók tisztázását fontosnak és jónak tartom.
5. o.: Az utolsó két bekezdés utolsó mondatai túlságosan hasonlóak.
6. o.: Az első bekezdés végén említi, hogy a doktori értekezés az invázióbiológia kérdéseit vizsgálja, de ez az utolsó bemutatott (8.) munkára nem igaz.
7. o.: A 2. sorban említett fogaspontyfajok latin neve esetén nem „sp.” a rövidítés, mert több fajra utal, hanem „spp.”, azaz „species pluralis”.
21. o.: 2. bekezdés utolsó sora: ... figyelembe vettük-e...
32. o.: Ez a munka egy Q2-es folyóirat cikken alapul, azonban ezt jogos választásnak tartom, mert passzoló, egyedi komparatív vizsgálat.
35. o.: 2. bekezdés utolsó mondata: nemzetség (így egész mást jelent).
48. o.: A modelleket AIC vagy AICc alapú modellszelekcióval is lehetett volna egyszerűsíteni és átlagolni? (dredging a MuMIn R csomaggal).
63. o.: Az 1. táblázat 3. és 5. oszlopai valószínűleg az E. nuttallii-re vonatkoznak.

5. Összefoglaló vélemény az értekezésről

Összegzőképpen, Dr. Lukács András Balázs tudományos eredményeit megfelelőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, melyek jelentősen hozzájárulnak a vizsgálatok által lefedett tudományterület fejlődéséhez. A fentebbieket összegezve megállapítható, hogy az értekezés rangos nemzetközi folyóiratokban közölt tudományos eredményeket mutat be. A prezentált munka több területen kínál további kutatási lehetőségeket a tudományterület fejlődése érdekében.

Javaslom az értekezés elfogadását és a nyilvános védés kitűzését.

Vác, 2025. december 30.

Batáry Péter

MTA doktora