



A HAZA SZOLGÁLATÁBAN

Opponensi vélemény

Csabai Zoltán Szabolcs: *Fejezetek a vízi makrogerinctelenek életéből – Elterjedés, szétterjedés, életmenet* c. MTA doktori értekezéséről

Általános értékelés

Csabai Zoltán Szabolcs értekezése egy három évtizedes, folyamatosan bővülő kutatói életmű szintézisét adja. Összefoglaló, szintetizáló mű, amely korábbi, referált folyóiratokban megjelent tanulmányokra épül, ezért a bírálónak könnyű dolga volt.

A munka középpontjában a vízi makrogerinctelenek – elsősorban a vízibogarak, vízipoloskák és szitakötők – elterjedésének, diszperziójának és életmenetének komplex vizsgálata áll. A szerző a hidrobiológia, az állatökológia és a természetvédelem metszéspontjában mozgó, interdiszciplináris kérdéskört dolgoz fel, amely a fajok térbeli mintázatait, terjedési mechanizmusait és életmeneti stratégiáit vizsgálja ökológiai, evolúciós és alkalmazott természetvédelmi megközelítésből.

Az értekezés három nagy fejezetre tagolódik:

1. *Elterjedés* – a vízi makrogerinctelenek faunisztikai és biogeográfiai feltárása a Kárpát-medencében és a Mediterráneumban,
2. *Szétterjedés* – a diszperziós viselkedés, repülési aktivitás és környezeti meghatározók vizsgálata,
3. *Életmenet* – a balkáni hegyiszitakötő (*Cordulegaster heros*) életciklusának és mikroélőhely-preferenciáinak feltárása.

A dolgozat egyszerre összegző és eredeti kutatásokra épülő munka: nem csupán adatsorokat mutat be, hanem ezek alapján új elméleti és alkalmazott keretrendszereket fogalmaz meg. A szerző a magyar hidrobiológia egyik meghatározó alakja, aki a makrogerinctelenek kutatásában nemzetközi szinten is elismert eredményeket ért el, s e munkában iskolateremtő szemléletet képvisel.

A témaválasztás rendkívül időszerű: az édesvízi biodiverzitás globális válságban van, a fajismereti kapacitások csökkenése pedig világszerte korlátozza a természetvédelmi döntéshozatalt. A szerző e problémakört nem elméleti síkon, hanem empirikus adatokkal, konkrét vizsgálatokkal közelíti meg, és ezzel pótolja a tudáshiány egyik legkritikusabb szeletét.



A kutatási háttér és tudományos kontextus

Az értekezés bevezető fejezete az édesvízi biodiverzitás hanyatlásának globális összefüggésébe ágyazza a vizsgálatokat. A szerző a „krízisek korát” nem pusztán retorikai motívumként használja, hanem koncepcionális alapként: a kutatás célja a vízi életközösségek működésének megértése és a fajismeret válságának enyhítése.

A munka jól illeszkedik a nemzetközi trendekhez – például a *DNAqua-Net*, az *European Freshwater Biodiversity Observatory* vagy a *Global Biodiversity Information Facility* kezdeményezéseihez –, és a szerző több esetben közvetlenül is hozzájárult e nemzetközi adatbázisok bővítéséhez. Az értekezésben megjelenő gondolkodásmód egyértelműen modern, integrált ökológiai szemléletet képvisel: a szerző a faunisztikai, molekuláris, viselkedés- és életmenet-kutatások összekapcsolásával törekszik az élőlények ökológiai szerepének átfogó értelmezésére.

Különösen értékes a dolgozatban az a kritikai szemlélet, amellyel a szerző reflektál a taxonómiai kompetenciák visszaszorulására és a morfológiai-molekuláris megközelítések ellentétét áthidaló integráció szükségességére. Az értekezés példát mutat arra, hogyan használhatók a DNS-alapú módszerek a klasszikus taxonómiai ismeretek megerősítésére, nem pedig helyettesítésére. Ez a gondolkodásmód – a technológiai eszközök tudatos, de kritikus alkalmazása – a biológiai sokféleség kutatásának egyik legfontosabb paradigmaváltását képviseli.

A cím és a disszertáció szerkezete

A cím – „*Fejezetek a vízi makrogerinctelenek életéből – Elterjedés, szétterjedés, életmenet*” – tartalmilag helyes, de túlzottan irodalmias, publicisztikus hangvételű. Egy MTA doktori értekezés esetében célszerű a tudományos súlyt és a koncepcionális egységet jobban tükröző megfogalmazás.

A disszertáció szerkezete nem követi a hagyományos IMRaD-modellt (vagyis nem a klasszikus Introduction, Material and methods, Results and Discussion szerkezetű) hanem fejezetenként önálló kutatási egységeket mutat be. Ez a forma a dolgozat életmű-jellegét tekintve indokolt és olvasható. A három nagy fejezet logikusan kapcsolódik, a bevezető rész világosan kijelöli az összefüggéseket, a záró fejezet pedig összekapcsolja a különböző témakörök eredményeit. A szöveg stílusa tudományosan fegyelmezett, ugyanakkor olvasmányos; a bibliográfia átfogó, több mint kétszáz tételt tartalmaz, köztük számos magas impaktfaktorú nemzetközi forrást.



A HAZA SZOLGÁLATÁBAN

Módszertani megközelítések

A dolgozat egyik fő erőssége a módszertani sokszínűség. A szerző közel három évtizedes terepi és laboratóriumi adatgyűjtést integrált, a hagyományos faunisztikai módszerektől a DNS-alapú technikákig.

- Az *Elterjedés* fejezetben több mint 3000 gyűjtőhelyről, mintegy 100 000 előfordulási adat alapján készült a Kárpát-medence és a Földközi-tenger keleti medencéjének makrogerinctelen-faunáját összegző elemzés. A szerző a morfológiai azonosítás mellett molekuláris (vonalkód-) adatokat is használt, és a hiányelemzés módszerével feltérképezte az európai DNS-lefedettséget.
- A *Szétterjedés* fejezet módszertani apparátusa példaértékű: terepi és laboratóriumi megfigyeléseket, csapdázási adatokat, polarotaktikus kísérleteket és multiváltozós statisztikai elemzéseket integrál. Az így kidolgozott „szűrőrendszer-modell” (Képesség-, Aktiváló-, Időzítő-, Tájékozódási- és Kolonizációs szűrők) mechanisztikus keretet ad a diszperzió értelmezéséhez.
- Az *Életmenet* fejezetben a balkáni hegyiszitakötő populációinak többéves vizsgálata szerepel: a lárvális fejlődési stádiumok, mikroélőhely-választás, kirepülési időzítés és kiszáradás-tolerancia részletes kísérletes feltárása.

A módszertani apparátus a hidrobiológiai kutatás modern normáinak megfelelő, és jól demonstrálja a szerző adatkezelési, statisztikai és terepi kompetenciáit. A különböző módszerek integrálása révén az értekezés mind a klasszikus, mind a molekuláris ökológia szempontjából modellértékű.

Tudományos eredmények és újdonságok

A dolgozat új tudományos eredményei három nagy tematikus egységbe rendezhetők:

1. Elterjedés és faunisztika
 - A Kárpát-medence vízi makrogerinctelen faunájának eddigi legteljesebb feldolgozása, 700 fajra és több mint 100 000 adatra kiterjedően.
 - 62 faj első magyarországi, több további faj első regionális előfordulásának közlése.
 - A vízibogarak kutatástörténetének és trendjeinek feldolgozása, a DNS-vonalkód adatbázis lefedettségének pán-európai elemzése (1537 faj, 33 család).



A HAZA SZOLGÁLATÁBAN

- A BOLD-rendszer lefedettségi különbségeinek okait feltáró és fejlesztési irányokat kijelölő munka, amely nemzetközileg is referenciává vált.
2. Diszperzió és szétterjedés
- A vízibogarak és vízipoloskák diszperziós viselkedésének első, részletes, többéves leírása.
- Az ún. „szűrőrendszer-modell” megalkotása, amely hierarchikus, több szintű megközelítést kínál a repülési aktivitás, a mozgási ingerek és a kolonizációs siker értelmezésére.
- Az elméleti modell empirikus alátámasztása terepi és laboratóriumi adatokkal; az eredmények közvetlenül hasznosíthatók a metapopulációs és klímaváltozási kutatásokban.
3. Életmenet-ökológia
- A balkáni hegyiszitakötő életmenetének, mikro- és mezoélőhely-preferenciájának, valamint kiszáradás-toleranciájának első részletes leírása.
- A lárvális stádiumok és a kirepülési dinamika többéves idősorokon alapuló vizsgálata, amely a faj természetvédelmi értékelését is megalapozza.

Eredményei nem csupán adatközlések, hanem új koncepcionális modellek: az elterjedés-, diszperzió- és életmenet-kutatás integrálása a vízi makrogerinctelenek ökológiai megértésében új távlatokat nyit.

Kritikai észrevételek, fejlesztési javaslatok

A dolgozat összességében kiemelkedő, a kritikai megjegyzések inkább fejlesztési lehetőségek, semmint hiányosságok:

- A három fő fejezet közötti kapcsolatok még erőteljesebben hangsúlyozhatók lennének, például egy összegző, vizuális ábrával, amely a terjedés-életmenet-dinamika ökológiai hálózatát szemlélteti.
- A diszperziós modell empirikus validálása statisztikai úton vagy szimulációs kísérletekkel tovább növelhetné a koncepció általánosíthatóságát.
- Az életmenet-fejezet egyetlen fajra koncentrál, így az ökológiai következtetések általánosítása korlátozott; ennek explicit megfogalmazása növelné a fejezet tudományos súlyát.
- Formai szempontból a latin fajnevek és az auctor-évszámok egységesítése, valamint néhány ábra- és táblázathivatkozás finomítása javasolt.
- A tézisfüzetben a sorszámozott új eredmények mellé rövid, kulcsszavas címkék (pl. *faunisztikai bővítés*, *diszperziós modell*, *életmenet-ökológia*) beillesztése javítaná az áttekinthetőséget.



A HAZA SZOLGÁLATÁBAN

E megjegyzések a dolgozat tudományos értékét nem csökkentik, inkább további fejlődési irányokat jeleznek.

Kérdéseim

- 1) A szerző hangsúlyozza, hogy a nagy globális adatbázisok (pl. GBIF, BOLD) adatminősége torzításokat és azonosítási hibákat tartalmaz, amelyek a biodiverzitási mintázatok értékelését befolyásolhatják. Milyen módszertani megközelítésekkel lehetne statisztikai vagy modellezési szinten csökkenteni az ilyen adathibák hatását a vízi makrogerinctelenek elterjedési és diverzitási mintázatainak elemzésekor, különösen regionális (Kárpát-medencei) léptékben?
- 2) Az értekezés új, hierarchikus „szűrőrendszer-modellt” vezet be a vízibogarak és vízipoloskák diszperziós viselkedésének magyarázatára. Milyen empirikus vagy szimulációs kísérletekkel lehetne validálni ennek a szűrőrendszer-modellnek az általánosíthatóságát más vízi rovarcsoportokra (pl. kérészek, szitakötők), és milyen ökológiai korlátokat kellene figyelembe venni az adaptálás során?
- 3) Hogyan illeszthetőek be az életmenet-adatok (pl. fejlődési idő, kirepülési időzítés, mikroélethely-választás) a klímaváltozási modellekbe a faj jövőbeni elterjedésének előrejelzése céljából, és milyen statisztikai modellek lennének a legalkalmasabbak e célra?

Összegzés és ajánlás

Csabai Zoltán Szabolcs MTA doktori értekezése a magyar és közép-európai hidrobiológia egyik legátfogóbb és legnagyobb léptékű munkája. A szerző a klasszikus faunisztikai alapkutatás, a molekuláris ökológia és a viselkedésbiológia integrációjával példamutató tudományos szintézist hozott létre.

A munka elméleti, módszertani és gyakorlati szempontból egyaránt jelentős:

- új adatokat szolgáltat a makrogerinctelen fauna elterjedéséről,
- koncepcionálisan új modellt ad a diszperziós folyamatokra,
- konkrét természetvédelmi következtetéseket von le a fajszintű életmenetek vizsgálatából.

A dolgozat tudományos minősége, a publikációs háttér, a nemzetközi együttműködések és az adatkezelés transzparens, FAIR-elvű megvalósítása mind megfelel az MTA doktori címhez elvárt szintnek.



A HAZA SZOLGÁLATÁBAN

Javaslat

A disszertációt és a tézislevelet nyilvános vitára bocsátásra alkalmasnak tartom, és a szerzőt az MTA doktora cím elnyerésére teljes mértékben ajánlom.

Budapest, 2025. január 12.

Prof. Dr. Ács Éva
az MTA doktor