

## Bírálat

Dr. Vörös Judit: „Kétéltűek klasszikus és molekuláris taxonómiája, filogeográfiája és populációgenetikája három kontinensen” című MTA doktori értekezéséről

A kétéltűek rendszertana és filogeográfiája az utóbbi évtizedekben ugrásszerű módszertani fejlődésen ment át: a klasszikus morfológiai megközelítések mellé a mitokondriális és nukleáris markereken alapuló genetikai, továbbá az integratív taxonómia teljes eszköztára társult. E kontextusban Vörös Judit értekezése széles földrajzi és tematikus ívet fog át, és a Kárpát-medencétől a Balkánon és Óceánián át Dél-Amerikáig mutat be újszerű, módszertanilag igényes és természetvédelmi szempontból is releváns eredményeket. A szerző érzékletesen írja le a filogeográfiai folyamatokat, geológiai értelmezésekkel is alátámasztva. A dolgozat emellett kiváló, igen alapos módszertani (terep, labor) összefoglalókat szolgáltat, különös tekintettel az állatvédelmi szabályok gondos betartására.

A disszertáció 14 (Q1: 5db) angol nyelven referált, nemzetközi szaklapban közölt cikkben közölt vizsgálatokon alapszik, melyekben a szerző 10 cikk esetében első, 3 közleményben pedig utolsó szerző, ami fémjelzi munkásságának kiemelkedő nemzetközi jelentőségét. Az értekezés 146 számozott oldalon a bevezetésen túl négy fő fejezetre tagolódik, melyek összesen 12 alfejezetet tartalmaznak és amelyek vizsgálatonként részletezik a kutatási módszereket, eredményeket és azok értékelését. A doktori mű 546, elsősorban rangos nemzetközi lapokban publikált, angol nyelvű szakcikket és neves kiadók által megjelentetett szakkönyvet vagy annak releváns fejezetét idézi, ami jelzi a szerző kiemelkedő szakirodalmi tájékozottságát.

A dolgozat négy nagy fejezetben tárgyalja a farkos kétéltűek Kárpát-medencei filogeográfiáját és populációgenetikáját, a barlangi vakgöte kimutatására és populációs vizsgálatára fejlesztett módszereket, két ausztrál levelibéka óceániai történetét és szisztematikáját, valamint öt új dél-amerikai faj leírását; az összegzés és a publikációs jegyzék a munka koherenciáját és bőséges szakirodalmi beágyazottságát erősíti. A Kárpát-medencei farkos kétéltűeket illetően, a *Triturus dobrogicus*, *Lissotriton vulgaris*, *Ichthyosaura alpestris* és *Salamandra salamandra* vizsgálata a nagy folyók (Duna–Tisza–Száva–Dráva) terjedési folyosóként vagy akadályként betöltött szerepét, valamint a legutóbbi eljegesedési maximum (LGM) alatti refúgiumok meghatározó jelentőségét hangsúlyozza. Kiemelkedő eredmény az *I. a. bakonyiensis* alfaj szabályszerű, a Zoológiai Nevezéktan Nemzetközi Kódexének (ICZN) megfelelő névhasználata és (újra)leírása, amely a Bakony–Őrség állományok mitokondriális elkülönülésén és korábbi morfológiai különbségeken alapul.

A barlangi vakgöte vizsgálatával kapcsolatosan az értekezés megvalósítja a faj környezeti DNS-en (eDNS) alapuló kimutatását barlangi vizekből, és kimutatja, hogy a szűrés hatékonyabb, mint a kicsapás, illetve új barlangokból is megerősítést nyer a faj jelenléte. Ezt egészíti ki tíz fajspecifikus mikroszatellita-marker fejlesztése, amelyekkel a horvátországi populációk hidrogeográfiai egységek szerinti genetikai elkülönülését, ugyanakkor alacsony populáción belüli diverzitását mutatja ki. A kapcsolódó vizsgálatok innovatív eleme egy kíméletes, víz alatti, in situ bőrtamponálási eljárás kidolgozása, amely barlangi környezetben is rövid idő alatt elegendő DNS-t szolgáltat genetikai vizsgálatokhoz.

Az Óceániában élő *Litoria aurea* és *L. raniformis* fajok esetében a mitokondriális adatok alapján a szerző feltárja az Új-Zélandra történt betelepítések forrásait, és bemutatja az *L. raniformis* két, genetikailag divergens evolúciós vonalát. A teljes elterjedést lefedő mintázás nyomán neotípusok kijelölésével rögzíti a törzsalakot (*L. r. raniformis*) és az alfajként kezelt déli vonalat (*L. r. major*), következetesen integrálva genetikai, (arche-)DNS-, morfológiai és bioakusztikai bizonyítékokat.

A szerző dél-amerikai fajokon alkalmazott integratív taxonómiai elemzése alapján az öt újonnan leírt faj (a braziliai *Phyllodytes amadoi* és négy ecuadori *Pristimantis* faj) leírása több adatforrást egyesít; a bemutatott élőhelyek és kis elterjedések a természetvédelmi kitettséget is érzékeltetik.

A dolgozat erőssége a módszertani pluralizmus (mtDNS-szekvenciák, mikroszatelliták, eDNS, in situ mintavétel, bioakusztika, morfológia), és az ezek közötti következetes logikai híd megteremtése. A *Proteusra* vonatkozó fejezetekben a markerfejlesztés és a terepi protokollok példamutató részletességgel dokumentáltak, ami a replikálhatóságot és a gyakorlati alkalmazást is támogatja. A szerkesztés áttekinthető, illetve a tartalomjegyzék és az összegzés világosan kijelöli a fő üzeneteket.

### **Észrevételek, fejlesztési javaslatok**

Hasznos lett volna egy szinoptikus módszertani összefoglaló, például a modelleket, változókat és transzformációkat áttekintő táblázat: a fejezetenként alkalmazott genetikai markerek, mintavételi stratégiák, statisztikai eljárások egy lapon való összefoglalása megkönnyítené az összehasonlítást és a gyakorlati átvételt. Az *I. a. bakonyiensis* alfaji státuszának indoklásánál a morfológiai diagnózis és a mtDNS-adatok összhangja meggyőző; érdemes lenne röviden megvitatni, hogy a jövőbeli, nagy felbontású nukleáris adatok esetén milyen kritériumok vezetnének fajszintű revízióhoz vagy annak elvetéséhez. A *S. salamandra* perempopulációinak elemzésénél a peremállományok LGM végi fragmentációja jól alátámasztott; célszerű lenne jelezni, hogy az észlelt struktúra arányát milyen mértékben magyarázhatja sodródás kontra lokális szelekció, például környezeti korrelátumok

feltárása révén. A *Proteus* eDNS-elemzése esetében, a 3.1 alfejezetben a szűrés előnye világos; egy rövid kiegészítés a hamis negatív/pozitív arányokról tovább növelné a módszertani fejezet gyakorlati értékét. Itt az in situ bőrtamponálás és állatjólét viszonyrendszerében az eljárás gyorsnak és eredményesnek bizonyul; egy rövid hivatkozás (stressz-indikátor, mortalitás-kontroll) még teljesebbé tenné a protokollt, mivel a módszer láthatóan szélesebb körben is alkalmazható.

A *Litoria*-vizsgálat esetében az alfaj vs. faj szintet tekintve a két evolúciós vonal alfaji kezelése jól indokolt a hibridizációs zónák fényében; itt érdemes lenne röviden jelezni, hogy mely divergens tulajdonságok (genom-, hang-, morfológiai határértékek) teljesülése esetén lenne indokolt fajsziint mérlegelése.

Az új dél-amerikai fajok természetvédelmi státuszánál a nagyon szűk ismert elterjedések alapján hasznos volna egy rövid, IUCN-keretű előzetes kitettség-értékelés és mintavételi hiátusok kijelölése, ami hasznos lehet a nemzetközi természetvédelmi döntéshozás számára.

#### **Kérdések:**

1. Az *Ichthyosaura alpestris bakonyiensis* és a *Litoria raniformis* leszármazási vonalai esetén milyen integratív küszöbök (genomikai divergencia, bioakusztika, morfológiai diagnózis, szaporodási izoláció) tekinthetőek mérvadónak?
2. Hogyan lett definiálva az accessible area (M) a folyóvölgyi fajoknál és a felszín alatti terület a *Proteus* esetén?
3. Mennyire lehetnek érzékenyek a refúgium- és folyosókövetkeztetések a használt cirkuláris modell (GCM) megválasztására?
4. Milyen konkrét kezelési döntéseket (területkijelölés, monitoring, folyosóvédelem) indokolnak az SDM és genetikai eredmények a Kárpát-medencei farkos kétéltűeknél és a *Proteus*-nál?
5. Az új, kis elterjedésű trópusi fajoknál (pl. *Pristimantis*) milyen előzetes IUCN-kategória javasolható? Mely adat-hiányok a legégetőbbek a kategória pontosításához?

Az értekezés tudományos hozzájárása több szinten is számottevő: (i) koherens filogeográfiai leírást ad a Kárpát-medence farkos kétéltűiről és az LGM/posztglaciális folyamatokról; (ii) módszertani innovációt valósít meg a *Proteus anguinus* eDNS-alapú kimutatásában és nem-invazív, víz alatti mintavételében; (iii) nagy léptékű, integratív revíziót ad a *Litoria raniformis* rendszertanáról; (iv) öt új faj leírásával gyarapítja a tudományt. A dolgozat gondos szerkesztésű, a fejezetek jól tagoltak, az összegzés világos jövőképet ad a további genomikai és természetvédelmi kutatási irányokról. A munkát a szerző széles nemzetközi együttműködésekben, nagy terepi és laboratóriumi befektetéssel valósította meg. Az MTA doktori cím követelményeit az értekezés

elsőrangúan teljesíti. Összegzésképpen, dr. Vörös Judit tudományos eredményeit messzemenően kielégítőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, melyek jelentősen hozzájárulnak a vizsgálatok által lefedett tudományterület fejlődéséhez. Javaslom az értekezés elfogadását és a nyilvános védés kitűzését.

Debrecen, 2025-11-13

Dr. Végvári Zsolt

az MTA doktora