

A morfológiai változatosság szerkezetének időbeli változása az *Aricia artaxerxes issekutzi* (Lepidoptera: Lycaenidae) két Kárpát-medencei populációjában

Bereczki Judit, Pecsénye Katalin és Varga Zoltán

Debreceni Egyetem, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék
4010 Debrecen, Egyetem tér 1, E-mail: juditb@delfin.klte.hu

Összefoglaló: Vizsgálatunk során a bükki szerecsenboglárka (*Aricia artaxerxes issekutzi*) Balogh, 1956 morfológiai jellegeinek változatosságát elemeztük két különböző populációban (Háçava, Bükk-fennsík). Az egyedek egyik csoportját az 1960–70-es években, másik csoportját 1999–2001-ben gyűjtöttük. A szárnyakon összesen 5 páros jelleget mértünk le, melyeket hierarchikus varianciaanalízisnek vetettünk alá. A morfológiai jellegek varianciájának legnagyobb hányadát a mintákon belül, az egyedek között tapasztaltuk. Az időpontok közötti komponens mindkét populációban kis hányadát tette ki a teljes fenotípusos varianciának. A két oldal közötti különbség mindkét populációban csökkent azoknál a jellegeknél, amelyek szignifikánsan változtak a két időpont között, vagyis a jelleg változásával párhuzamosan nőtt a szimmetria mértéke. A morfológiai változatosság mértéke csak néhány esetben különbözött szignifikánsan a két időpont között.

Kulcsszavak: *Aricia artaxerxes issekutzi*, morfológiai variabilitás, szárnyjellegek

Bevezetés

A variabilitás vizsgálatának fontossága

Az utóbbi időben a fokozottan jelentkező antropogén hatások a természetes életterek beszűkülését, a különböző fajok népességeinek csökkenését, a populációk fragmentálódását és izolációját eredményezték, aminek következtében a gyakorlati természetvédelem számára kiemelkedő jelentőségűvé váltak a konzervációbiológiai kutatások. Ezek egyik fontos részterülete annak a vizsgálata, hogy a veszélyeztetett fajok populációiban milyen evolúciós erők hatnak, s ezek hogyan befolyásolják a populációk genetikai variabilitását.

Vizsgálatunk során az *Aricia artaxerxes issekutzi* Balogh, 1956 (Bükki szerecsenboglárka) szárnyainak morfológiai variabilitását elemeztük.

A populációk varianciájának szerkezetét a különböző szinteken megnyilvánuló variabilitás összessége adja. A genetikai variabilitás vizsgálata során a variancia különböző szinteken történő megoszlásának feltárása a cél. A morfológiai vizsgálatok célkitűzése legtöbbször más jellegű, de történtek már olyan vizsgálá-

tok, amelyek a morfológiai variabilitás szerkezetét a genetikai variabilitásához hasonlóan tárták fel. Ilyen jellegű kutatások zajlottak az 1980-as években púposzúnyogokon (Snyder & Linton 1984), illetve csüngőlepkéken (Cesaroni & Allegucci 1989), valamint az 1990-es években szemeslepkéken (Porter *et al.* 1995). Az *Aricia* nemzetség fajai közti filogenetikus kapcsolatok feltárása során is hasonló módon elemezték, a genetikai variabilitás mellett, a morfológiai variancia szerkezetét (Aagaard *et al.* 2002). Mivel az *Aricia artaxerxes issekutzi* esetében a genetikai variabilitás szerkezetének feltárását már elvégezték (Pecsenye *et al.* 2002), ezért célszerűnek láttuk a morfológiai variabilitás szerkezetének hasonló módon történő elemzését.

Az *Aricia artaxerxes issekutzi* vizsgálatainkhoz történő kiválasztását az tette indokolttá, hogy ennek az alfajnak tipikus populációja Magyarországon él. Taxonómiai és biogeográfiai szempontból jelentős Kárpát-medencei endemizmus, amely ugyan konzervációbiológiai státusa alapján kevésbé veszélyeztetett, de kétségtelenül sebezhető. Megfelelő körülményekkel, a begyűjtésre vonatkozó korlátozások betartásával a mintavételek populációikat nem károsítják.

Az *Aricia artaxerxes issekutzi* jellegzetességei

Az eurosibériai elterjedésű *Aricia artaxerxes* (Fabricius, 1793) Magyarországon sajátos alfaja az *Aricia artaxerxes issekutzi* Balogh, 1956, amely a Bükkben és az Aggteleki-karszt fennsíkján honos. Védett, endemikus alfaj, melynek tipikus populációja a Bükk hegységben él. Évente egy nemzedéke van, az imágók június közepétől augusztus elejéig, a tengerszint feletti magasságtól és az időjárástól függően rajzanak. Lárvális tápnövényei (*Helianthemum* spp., *Geranium* spp., *Erodium* spp.) révén száraz gyepekhez, sztyeprétekhez kapcsolódik. A nőstények petéiket levelek fonákára egyesével rakják le. Egy-egy növény különböző levelein általában csak egy-két pete van, növényenként három–öt, ritkán több. A peték fehéresek vagy halványzöldek, kicsik, legkönnyebben a levelek átvilágításával tűnnek fel (Varga Z. nem publikált megfigyelés). A fiatal hernyók a levélfonák epidermiszével táplálkoznak, később fakultatív mirmekofilek lesznek, tehát hangyagazda nélkül is felnevelhetők.

Célkitűzéseink

Vizsgálatunk során célul tűztük ki az *Aricia artaxerxes issekutzi* morfológiai változatosságának összehasonlítását két különböző időpontban, a fenotípusos variancia szerkezetének feltárását, a szimmetriaviszonyok elemzését, illetve a variancia legnagyobb részét megmagyarázó jelek megkeresését.

Módszerek

A minták származási helye

A mérésekhez felhasznált egyedek két populációból származtak: (1) Hačava (a Szádelői-fennsík keleti része) és (2) Bükk-fennsík (Nagymező, Kecskeláb-rét). Az egyedek egyik csoportját az 1960–70-es években (1. időpont), másik csoportját 1999–2001-ben (2. időpont) gyűjtöttük. Az (1) populációból az 1. időpontban 20 egyedet, a 2. időpontban 25 egyedet, míg a (2) populációból az 1. időpontban 20, a 2. időpontban 31 egyedet gyűjtöttünk.

Thomas Schmitt taxonómiaiilag közelebbi rokon boglárka (Schmitt & Seitz 2001a, Schmitt *et al.* 2002a, 2002b), illetve taxonómiaiilag távolabbi szerecsenlepke fajokon (Schmitt *et al.* 2000, Schmitt & Seitz 2001b) végzett a genetikai polimorfizmusra vonatkozó vizsgálatokat, amelyekben többnyire 20 és 40 közötti mintaszámot használt, így a vizsgálataink során felhasznált minta (Hačava: 45 egyed; Bükk: 51 egyed) reprezentativitása megfelelő.

Mérések

A szárnyakról videokamerával rögzített képet digitalizáltunk számítógép segítségével, amely alapjául szolgált a NIH Image analízátorral (Rasband & Bright 1995) történő méréseknek. A szárnyakon 5 páros jelleget mértünk (1. ábra), melyek mindegyike a bal és jobb oldalon szimmetrikusan helyezkedik el. Ezek a következők voltak: első szárny foltszám, hátsó szárny foltszám, első szárny bazális szög (α), első szárny apikális szög (β), hátsó szárny szög (γ). Az említett jellegek a korábbi vizsgálatokban mint taxonómiai értékű jellegek szerepeltek (részletesebben: Varga 1968).

Statistikai módszerek

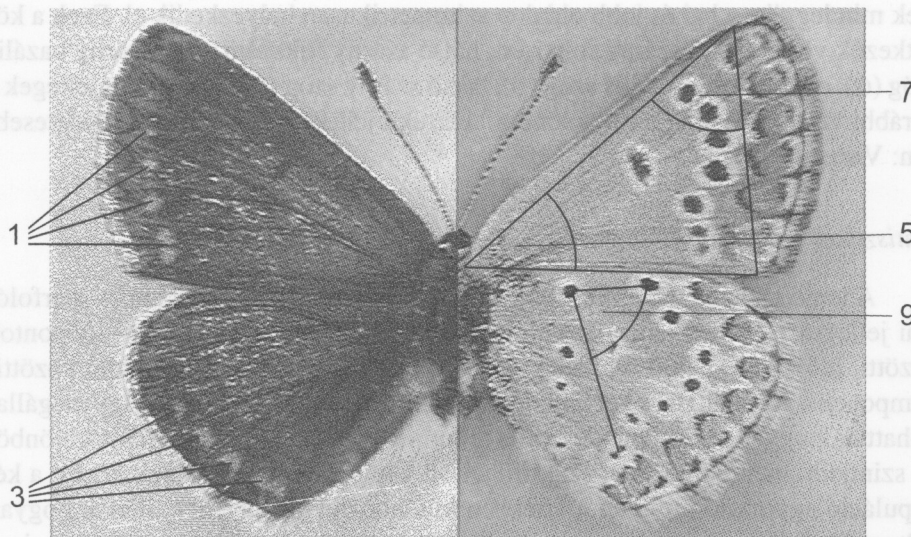
A lement adatokat hierarchikus varianciaanalízisnek vetettük alá. A morfológiai jellegek teljes varianciáját különböző komponensekre bontottuk: időpontok közötti, időponton belüli (egyedek közötti) és egyeden belüli (két oldal közötti) komponens. Az analízist a két populációban külön-külön végeztük el. Így megállapíthattuk, hogyan oszlott meg a totális fenotípusos variancia a hierarchia különböző szintjein, mennyire tért el szignifikánsan a mintavételi időpontok között a két populáció egymástól, milyen mértékben különböztek az egyedek, illetve hogyan változtak a szimmetriaviszonyok az idő előrehaladtával. A két populáció varianciájának a mintavételi időpontok között történt változását Levene-teszt segítségével

vel hasonlítottuk össze. A számításokat GLIM 4.0 (Francis *et al.* 1994) programcsomaggal végeztük.

A variancia legnagyobb hányadát megmagyarázó jellegek megállapítását főkomponens analízis segítségével végeztük el. Az analízis során a kiindulási változók közül elsőként a legnagyobb varianciához tartozó lefedő komponenst kerestük ki, ezt követően a megmaradó varianciát legjobban magyarázó másodikat, és így tovább. A főkomponens analízis segítségével tehát lecsökkentettük a változók számát, és a kevesebb változó által meghatározott úgynevezett faktortérben vizsgáltuk, hogy a populációk időben mennyire különböznek el egymástól. Az analízist R 4.0 programcsomaggal végeztük, amelyet sokváltozós és térbeli analízisre dolgoztak ki (Casgrain & Legendre 2001).

Eredmények és értékelésük

Vizsgálatunk során kimutattuk, hogy a morfológiai jellegek varianciájának legnagyobb része a mintavételi időpontokon belül, az egyedek között oszlott meg. Az időpontok közötti komponens mindkét populációban kis hányadát tette ki a teljes fenotípusos varianciának. Mind a hačavai, mind a bükki populációban szignifikáns különbséget tapasztaltunk az első szárny alakját tekintve a két különböző időpont között: a hačavai populációban a bazális (α) szögnek, a bükki populációban a



1. ábra. Mért jellegek: 1 = első szárny foltszám, 3 = hátsó szárny foltszám, 5 = első szárny α szög, 7 = első szárny β szög, 9 = hátsó szárny γ szög.

1. táblázat. A morfológiai jellegek időbeli analízisének eredményei. Időpontok: 1. 1960–70-es évek, 2. 1999–2001; Szignifikanciaszintek: *: $0,05 > p > 0,01$; **: $0,01 > p > 0,001$; ***: $p < 0,001$.

Jelleg	Hačava		Bükk	
	χ^2	Tendencia	χ^2	Tendencia
Bal első szárny foltszám	0,780	1<2	6,511	1<2
Jobb első szárny foltszám	0,297	1<2	6,791	1<2
Bal hátsó szárny foltszám	0,183	1>2	0,172	1>2
Jobb hátsó szárny foltszám	0,635	1>2	3,738	1>2

	Hačava		Bükk	
	F	Tendencia	F	Tendencia
Bal első szárny α szög	12,465***	1>2	11,982*	1>2
Jobb első szárny α szög	46,680***	1>2	5,332	1>2
Bal első szárny β szög	0,089	1>2	28,523***	1>2
Jobb első szárny β szög	0,684	1>2	32,763***	1>2
Bal hátsó szárny γ szög	0,599	1<2	2,264	1<2
Jobb hátsó szárny γ szög	0,549	1>2	1,595	1<2

bal első szárny bazális (α) szögének, és az apikális (β) szögnek a nagysága csökkent szignifikánsan, vagyis mindkét populációban hegyesebbé vált az első szárny. A hátsó szárnyak mérete (a β szög nagysága) ezzel párhuzamosan nem szignifikánsan ugyan, de tendenciáját tekintve nőtt. A szárnyszínen elhelyezkedő narancsfoltok számában beálló változás sem volt szignifikáns, a változás tendenciájáról azonban elmondhatjuk, hogy mindkét populációban nőtt az első szárnyak foltjainak száma, míg csökkenést mutattunk ki a hátsó szárnyak foltszámait illetően (1. táblázat).

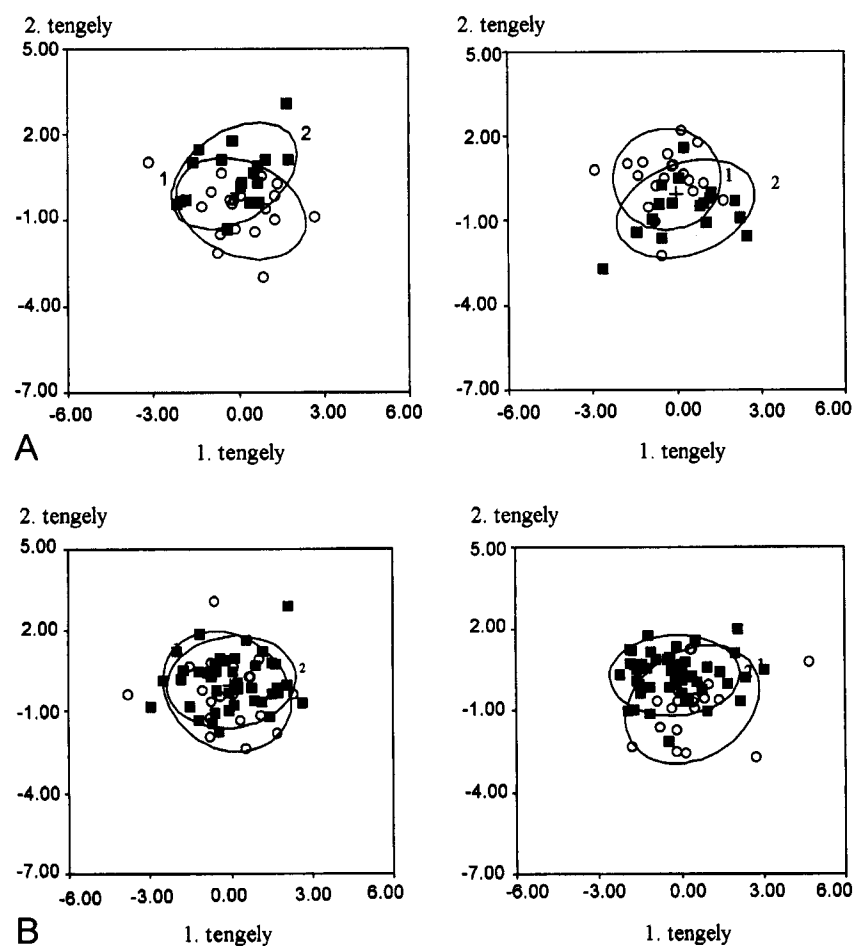
Az egyeden belüli varianciakomponens, amely a szimmetrikusan elhelyezkedő jellegek két oldal közötti különbségéből adódik, mindkét populációban csökkent az idő előrehaladtával azoknál a jellegeknél, amelyek szignifikánsan változtak a két időpont között, vagyis a jelleg változásával párhuzamosan nőtt a szimmetria mértéke (2. táblázat).

A vizsgált jellegek varianciájának szintje (a morfológiai változatosság mértéke) csak néhány esetben különbözött szignifikánsan a két időpont között. Ezek a különbségek arra utaltak, hogy a variancia időbeli változása nem volt tendenciózus.

A főkomponens analízis eredményeként azt kaptuk, hogy a két különböző időpontban mind a hačavai, mind a bükki populáció egyedei legnagyobbbrészt átfedésben vannak egymással mindkét testfél vonatkozásában, a variabilitás egyik esetben sem csökkent jelentősen. Mindkét oldal esetében vannak azonban peremhelyzetű egyedek is, s valószínűleg ezekre vezethetők vissza azok a populációk

2. táblázat. A szimmetriaviszonyok időbeli változása. Időpontok: 1. 1960–70-es évek, 2. 1999–2001;
 Δ : az időpont átlagától számított egyedi eltérések (Levene-változó) átlagos értékei.

Jelleg	Hačava		Bükk	
	Δ		Δ	
	1. időpont	2. időpont	1. időpont	2. időpont
Első szárny foltszám	1,177	0,113	1,008	1,149
Hátsó szárny foltszám	8,971	0,266	14,217	0,492
Első szárny α szög	37,079	19,696	45,081	9,466
Első szárny β szög	6,544	12,227	31,105	6,257
Hátsó szárny γ szög	14,000	12,021	18,313	14,836



2. ábra. A főkomponens analízis eredményei. A bal oldalon a bal oldali testfél, a jobb oldalon a jobb oldali testfél esetében kapott eredmények láthatók. Időpontok: 1 = 1960–70-es évek, 2 = 1999–2001.
 A = hačavai populáció, B = bükki populáció.

közötti szignifikáns különbségek, melyeket az egyváltozós analízisek során kimutattunk (2. ábra).

Eredményeink alapján különösen a kis méretű bükki populáció vonatkozásában vonhatunk le fontos konzervációbiológiai következtetéseket. Megállapítottuk, hogy a morfológiai változatosság nem csökkent nagyobb mértékben ebben a populációban, mint a nagyobb méretű hačavaiban. A kis populációméret egyik következménye a variabilitás csökkenése, ami viszont a populáció evolúciós potenciáljának a beszűkülését, a rátermettség csökkenését eredményezi. A fluktuáló aszimmetria hipotézise szerint a rátermettség csökkenésével az aszimmetria mértéke nő (Palmer & Strobeck 1986). A bükki populáció esetében láthatjuk, hogy a két mintavételi időpont között szignifikáns eltérést mutató jellegek szimmetrikusabbakká váltak, vagyis a populáció létszáma nem az egyedek alkalmazkodóképességének romlása miatt csökken, hanem a populáció egyedei számára alkalmas élőhelyek fogyatkoztak meg, illetve darabolódtak fel.

Összességében megállapítható, hogy az *Aricia artaxerxes issekutzi* két Kárpát-medencei populációjában az idő előrehaladtával történtek változások, de ezek nem befolyásolták kedvezőtlenül a variabilitást, sem a szimmetriaviszonyok alakulását. A levont konzervációbiológiai következtetések fényében elmondható, hogy ennek a Magyarországra nézve endemikus alfajnak és élőhelyeinek védelme a jövőben is indokolt.

Irodalomjegyzék

- Aagaard, K., Hindar, K., Pullin, A. S., James, C. H., Hammarstedt, O., Balstad, T. & Hanssen, O. (2002): Phylogenetic relationships in brown argus butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae: *Aricia*) from north-western Europe. – *Biol. J. Linn. Soc.* **75**: 27–37.
- Casgrain, P. & Legendre, P. (2001): The R package for multivariate and spatial analysis, version 4.0 d5-. User's Manual. Département de sciences biologiques, Université de Montréal. – *Web site* <<http://www.fas.unmontreal.ca/BIOL/legendre/>>
- Cesaroni, D. & Allegrucci, G. (1989): Allozymic and morphometric analysis of populations in the *Zygaena purpuralis* complex (Lepidoptera, Zygaenidae). – *Biol. J. Linn. Soc.* **36**: 271–280.
- Francis, B., Green, M. & Payne, C. (1994): GLIM 4. *The statistical system for generalized linear interactive modeling*. – Oxford University Press, New York.
- Palmer, A. R. & Strobeck, C. (1986): Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. – *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **17**: 391–421.
- Pecsénye, K., Bereczki, J., Szilágyi, M. & Varga, Z. (2002): Structure of variation in Hungarian populations of *Aricia artaxerxes issekutzi*: Genetic and morphometric analysis. – *Fourth Intern. Conf. Biol. Butterflies*, Leiden (előadás).
- Porter, A. H., Schneider, R. W. & Price, B. A. (1995): Wing pattern and allozyme relationships in the *Coenonympha arcania* group, emphasising the *C. gardetta-darwiniana* contact area at Bellwald, Switzerland (Lepidoptera, Satyridae). – *Nota lepid.* **17**(3/4): 155–174.

- Rasband, W. S. & Bright, D. S. (1995): NIH image a public domain image processing program for the Macintosh microbeam. – *Analysis Society Journal* **4**: 137–149.
- Schmitt, T. & Seitz, A. (2001a): Allozyme variation in *Polyommatus coridon* (Lepidoptera: Lycaenidae): identification of ice-age refugia and reconstruction of post-glacial expansion. – *J. Biogeogr.* **28**: 1129–1136.
- Schmitt, T. & Seitz, A. (2001b): Intraspecific allozymatic differentiation reveals the glacial refugia and the postglacial expansions of European *Erebia medusa* (Lepidoptera: Nymphalidae). – *Biol. J. Linn. Soc.* **74**: 429–458.
- Schmitt, T., Varga, Z. & Seitz, A. (2000): Forests as dispersal barriers for *Erebia medusa* (Nymphalidae, Lepidoptera). – *Basic and Applied Ecology* **1**: 53–59.
- Schmitt, T., Gießl, A. & Seitz, A. (2002a): Postglacial colonisation of western Central Europe by *Polyommatus coridon* (Poda 1761) (Lepidoptera: Lycaenidae): evidence from population genetics. – *Heredity* **88**: 26–34.
- Schmitt, T., Varga, Z. & Seitz, A. (2002b): Genetic versus life history traits: are *Polyommatus hispana* and *Polyommatus slovacus* bivoltine *Polyommatus coridon* (Lepidoptera: Lycaenidae). – *J. Evol. Biol.* (benyújtott kézirat).
- Snyder, T. P. & Linton, M. C. (1984): Population structure in black flies: allozymic and morphological estimates for *Prosimulium mixtum* and *P. fuscum* (Diptera: Simuliidae). – *Evolution* **38**(5): 942–956.
- Varga, Z. (1968): Bemerkungen und Ergänzungen zur taxonomischen Beurteilung und Ökologie der im Karpatenbecken vorkommenden Populationen von *Aricia artaxerxes* Fabr. (= *A. allous* G. – Hb., *A. montensis* Vrtý., Lep. Lycaenidae). – *Acta Biol. Debrecina* **6**: 171–185.

Changes in the structure of variation of morphometric traits
in two populations of *Aricia artaxerxes issekutzi*
(Lepidoptera: Lycaenidae) in the Carpathian Basin

Bereczki, J., Pecsénye, K. and Varga, Z.

Department of Evolutionary Zoology and Human Biology, University of Debrecen
H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1, Hungary

Abstract: Morphological traits were analysed in two populations (Hačava and Bükk Mts) of *Aricia artaxerxes issekutzi* Balogh, 1956. In both populations, the individuals were collected in two time periods: in 1960–70 and in 1999–2001. Five symmetrical traits were measured on the wings of each individual. The data were analysed by hierarchical analyses of deviance. The highest portion of variation was observed among the individuals within the samples. The differences between the two collecting periods within a population only accounted for a small portion of the total phenotypic variation. The differences between the two sides within the individuals decreased for those traits, which differed significantly between the two collecting periods. That is, the symmetry of those traits improved that were changing in time. The level of morphological variation did only differ for a few traits between the two collecting periods.

Key words: *Aricia artaxerxes issekutzi*, morphological variation, traits of wing