

Fluktuáló aszimmetria vizsgálata hüllőpopulációk életminőségének jellemzésére*

BELLAAGH MÁTYÁS¹, DEÁKNÉ LAZÁNYI-BACSÓ ESZTER ÁGNES² és KORSÓS ZOLTÁN³

¹Szent István Egyetem KTI Természetvédelmi Tanszék, H–2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

E-mail: bellaagh.matyas@yahoo.com

²Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék,
H–1114 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

³Magyar Természettudományi Múzeum, Állattár, H–1088 Budapest, Baross utca 13.

Összefoglalás. A fluktuáló aszimmetria a kétoldali szimmetriát mutató fajok esetében előforduló populáció szintű aszimmetrikus mintázat. A segítségével mért relatív morfológiai eltérések utalnak a populációk eltérő fejlődési instabilitására, és így következtethetünk az aktuális genetikai és/vagy környezeti stresszre. Munkánkban a fokozottan védett haragos sikló (*Hierophis caspius*) Magyarországon élő legnagyobb állományának életminőségéről, természetességi állapotáról kíséreltünk meg számszerű adatokat alkotni. A villányi-hegységi populációból gyűjtött adatsorokból kapott eredményeinket összehasonlítottuk a gyakori elterjedésű kockás sikló (*Natrix tessellata*) két populációján korábban végzett vizsgálatok eredményeivel. Az összetett indexek és két, az alsó ajakpajzsokat figyelembe vevő index értékei alapján a villányi-hegységi haragossikló-populáció állapota, a populáción belüli aszimmetriák előfordulási gyakoriságát tekintve, nem tér el szignifikánsan az ideálisnak tekinthető feltételek között élő balatoni kockássikló-populációtól.

Kulcsszavak: fluktuáló aszimmetria, interspecifikus összehasonlítás, *Hierophis caspius*, *Natrix tessellata*, életminőség.

Bevezetés

A kétoldali szimmetriát mutató fajok esetében előforduló aszimmetriák (fluktuáló, irányított és antiszimmetria) hátterében több tényező is állhat. Az egyes populációkban mérhető fejlődési instabilitás a populáció egyedeinek ontogenezise során fellépő egyedfejlődési zaj és az egyedekre, illetve a populáció genetikai potenciáljára jellemző fejlődési stabilitás eredője. A fluktuáló aszimmetria (FA) egy adott bélyeg nem irányított eltérése a teljes szimmetriától, mely egy populációban normál eloszlást mutat nulla átlaggal, viszont ezen felül populációnkénti eltérések figyelhetők meg (VAN VALEN 1962, PALMER 1994). Ezek a morfológiai eltérések visszavezethetők genetikai, valamint környezeti stresszre is (CADÉE 2000). Genetikai eredete lehet abban az esetben, ha egy populáció effektív egyedszáma a kritikus szint alá csökken, aminek következtében a fejlődési rendellenességek fenotípusos megnyilvánulása gyakoribbá válhat. Az egyes kis egyedszámú populációk beltenyésztettségének fokozódásával nemcsak az egyedeken megnyilvánuló karakterek fenotípusos aszim-

* Előadták a szerzők a 3. Szünzoológiai Szimpóziumon (Budapest, 2007. március 5-6.).

metriája növekedhet, hanem ezzel egyidejűleg az egyedek fitnessze is csökkenhet (ROLDAN et al. 1998, STIGE et al. 2006). Fluktuáló aszimmetriát indukáló környezeti tényező lehet a humán perturbációk hatására végbemenő közvetlen vagy közvetett élőhely-átalakítás okozta stressz is. Ez esetben a zavart élőhelyen előforduló egyed energiájának jelentős részét a környezeti stressz leküzdésére kell, hogy fordítsa, így a fejlődésre, növekedésre vagy felfenntartásra jóval kisebb hányad jut. Az egyedfejlődési potenciál jelentős része kihasználatlan maradhat, mely az adult egyedek csökkent testméretében is megnyilvánulhat (LEUNG et al. 1999). Itt kell megjegyezni, hogy egyes kutatók szerint a fluktuáló aszimmetriának az előbb említett stressz-tényezőkön kívül van egy genetikailag meghatározott és örökölhető háttere is, de ennek mértéke általában igen kicsi, és pontos mérése, meghatározása meglehetősen bonyolult feladat (LEAMY 1997, LEAMY & KLINGENBERG 2005). Az aszimmetriát mutató bélyegekből számított indexek alapján következtethetünk a vizsgált populációk fejlődési instabilitására.

Célkitűzés

Munkánkban két különböző hullófaj populációiban azonos morfológiai bélyegek alapján mért fluktuáló aszimmetria indexeket hasonlítottuk össze. Célunk a hazánk legnagyobb, fokozottan védett haragossikló-populációjának (*Hierophis caspius* [Gmelin, 1789]) életminőségéről, természetességi állapotáról, a populációt érő stresszhatásokról való számszerű adatok alkotása volt. Megjegyzendő, hogy a különböző populációkban számolt fluktuáló aszimmetria indexek összehasonlítása ideális esetben intraspecifikusan (például HERCZEG et al. 2005, STIGE et al. 2005, VLISICS et al. 2005) történik, de a haragos sikló ritka magyarországi előfordulása és a populációk kis egyedsűrűsége miatt ez jelen esetben nem volt megoldható. Úgy véljük, hogy egy másik, gyakori kígyófajjal való összehasonlítás is értékes információt adhat a szóban forgó különleges állomány helyzetéről.

Ismert, hogy a zavart és a természetközeli élőhelyeken található populációk egyedei eltérő mértékben mutathatnak fluktuáló aszimmetriát (LEUNG et al. 2000). Egy régi, nagy kiterjedésű, nagy egyedszámú, egyensúlyban lévő valamint a közelmúltban betelepült, rendszeres emberi zavarás alatt álló kockássikló-élőhelyeken gyűjtött adatok aszimmetriaértékét a jellemezni kívánt haragossikló-állományban mért értékek aszimmetriájával összevetve következtetni tudunk arra, hogy a villányi élőhelyen mutatkozó humán perturbáció mekkora hatással van az ott élő siklópopulációra.

Anyag és módszer

Vizsgálati helyszín

A jelen vizsgálataink fókuszában álló haragossikló-populáció Magyarország déli területén, Baranyában, a Villányi-hegység területén található. A lelőhely pontos koordinátáit a faj fokozott védettsége miatt nem közöljük. Az összehasonlítási alapként szolgáló két kockás-

sikló-populáció az ország északkeleti (Mád 48° 11' N, 21° 18' E) és a balatoni (Tihany 46° 55' N, 18° 53' E) régiójában helyezkedik el (SZABÓ 1999).

A Villányi-hegységben 1998 óta végzett folyamatos terepi adatgyűjtés során számos, a haragos siklóra jellemző bilaterális morfológiai karaktert [periocularis, supralabialis, sublabialis, lorealis nasalis pajzsok a test jobb (J) és bal (B) oldalán] rögzítettünk, összesen 56 példány megfigyelésével (BELLAAGH et al. 2000). A siklókat aktív keresés után kézzel, segédeszközök nélkül fogtuk be és a morfológiai adatok rögzítése után rövid időn belül a befogás helyén szabadon engedték. A kiválasztott bélyegeket minden egyes példányon egy alkalommal számoltuk le. Mérési hibával nem számoltunk, mivel a kiválasztott morfológiai jegyek jól láthatóak, egymástól élesen elkülönülnek, mennyiségi meghatározásuk még különösebb herpetológiai szakismeret nélkül is elvégezhető. Másrészt a haragos sikló fokozatosan védett státuszának megfelelően igyekeztünk a befogott állatokat a lehető leghamarabb szabadon engedni, így a mérés hosszabb-rövidebb idő utáni megismétlésére nem volt mód.

Ahhoz, hogy e morfológiai karakterek alapján jellemezzük a villányi-hegységi haragos-sikló-populáció életminőségét, mely magába foglalja a bevezetőben említett környezeti és belső populációs stresszorokat is, szükségünk volt összehasonlítási alapra. Magyarországon más, a villányi-hegységihez hasonló nagy egyedszámmal rendelkező haragossikló-állomány nem található, így a haragos siklók adatai alapján számított indexeket kockás siklótól (*Natrix tessellata* Laurenti, 1768) származó morfológiai adatok indexeivel hasonlítottuk össze. Ezek az adatok egy korábbi vizsgálat keretében egy kis kiterjedésű, erősen zavart élőhelyről (Mád község határában lévő halastó, Északkelet-Magyarország), valamint egy nagy kiterjedésű, természetközeli állapotú élőhelyről (Balaton) lettek begyűjtve (SZABÓ 1999, HERCZEG et al. 2005). Mind a haragos sikló, mind pedig a kockás sikló esetében azonos morfológiai bélyegeket vettünk be az elemzésbe (supralabialis, sublabialis, nasalis, periocularis pajzsok).

Az alapadatok vizsgálata során első lépésben a kiugró aszimmetriát mutató adatokat a Grubb-féle teszttel (GRUBB 1969) ejtettük ki (*Hierophis caspius* [n=27]: $z^*= 2,86$, *Natrix tessellata* Mád [n=33]: $z^*= 2,95$, *N. tessellata* Balaton [n=77]: $z^*= 3,29$). A kiugró értéket tartalmazó, kiugró aszimmetriát mutató, valamint a hiányos adatsorokat kivettük az elemzésből. Az aszimmetria indexek számítása során használt morfológiai bélyegek függetlenségét Chi-négyzet próbával ellenőriztük.

Az egyes morfológiai bélyegek méretfüggésének vizsgálatát lineáris regresszió-analízissel végeztük. Az adatok populációnkénti eloszlását az eloszlások csúcosságával és ferdeségével jellemeztük (PALMER & STROBECK 1992, PALMER 1994, LEUNG et al. 2000). Az aszimmetria irányítottságát, vagyis az egyes bélyegekre számított aszimmetria-értékek (J-B) átlagának a nullától való eltérését t-próbával vizsgáltuk (PALMER 1994).

A továbbiakban az aszimmetria-indexek közül az FA1 és FA5 (PALMER 1994) egy morfológiai karakteren alapuló, valamint az FA11 és FA12 több morfológiai bélyegen alapuló indexek értékeit határoztuk meg. Az FA1 index kiválasztásának fő szempontja az index egyszerű és széleskörű alkalmazhatósága, és a kettőnél több minta aszimmetria-értékeinek összehasonlítására való alkalmassága volt. Az FA5 index kiválasztása mellett szólt a kis mintaszám esetén való használhatósága valamint, hogy hatékonyabb a minták közötti kis FA-különbségek kimutatása során (PALMER 1994). Az összetett indexek – FA11 és FA12 – a különböző morfológiai karakterek kombinált összehasonlítását tették lehetővé.

Az egyes morfológiai karakterekre számított indexek populációnkénti összehasonlítását Kruskal-Wallis- és Scheffé-teszt alkalmazásával (ZAR 1984) végeztük el.

A három populációt egyedeik bélyegenkénti abszolút aszimmetriája – $|J-B|$ – alapján indexek számítása nélkül is megkíséreltük összehasonlítani. Ezzel az általunk használt bélyegek hatékonyságára (azaz aszimmetriajelző képességére) és egymásra hatására kívántunk következtetni. Az irodalomban általánosan elfogadott módszer erre a kétutas ANOVA (például PALMER & STROBECK 2003).

Abszolút aszimmetria-adataink, vagyis egy normál eloszlású adathalmaz abszolút értékei – az abszolút érték matematikai jelentéséből adódóan – nem felelnek meg a normál eloszlás kritériumának. Ezért ezt az elemzést nemparametrikus módszerekkel végeztük el.

Hasonló vizsgálatokban még nem használtak diszkriminancia-elemzést. E módszerekkel nem csak a populációk eltéréseit állapíthatjuk meg, hanem az általunk használt bélyegek hatékonyságára is vonhatunk le következtetéseket. Meg kell jegyezni, hogy jelen munkánkban e módszer használatának kritériumai is sérülnek, így a kapott eredmény szintén csak tájékoztató, gondolatébresztő jellegű.

Eredmények és megvitatásuk

A villányi haragossikló-populáció adatait vizsgálva a nasalis és a supralabialis pajzsok számában nem találtunk aszimmetriát, mivel ekkora mintaszám esetén a két oldal közötti legkisebb eltérés is kiugró adatnak minősült a teszt szerint.

A kiugró adatok, hiányos adatsorok valamint a kiugró aszimmetriát mutató bélyegek kiszűrése után a mádi kockássikló-populációból 33, a balatoni populációból 74, a villányi haragossikló-populációból 27 egyedről származó adatsorunk maradt, mely összesen két morfológiai jellemzőt (a továbbiakban: alsó ajakpajzsok = sublab., szem körüli pajzsok = perioc.) tartalmazott. Az így megmaradt két morfológiai bélyeg (sublab és perioc) a Chi-négyzet próba alapján egymástól függetlennek bizonyult ($\chi^2 = 10,27$, $\chi^* = 16,92$, $\alpha = 0,05$, $df = 9$).

Szignifikáns méretfüggést csak a haragos siklótól származó adatsorban a szem körüli pajzsok esetében találtunk (*H. caspius*: $r_{\text{sublab}}=0,0900$ $p_{\text{sublab}} = 0,652$, $r_{\text{perioc}}=0,7601$ $p_{\text{perioc}} < 0,001$, *N. tessellata*: $r_{\text{sublab}}=0,0673$ $p_{\text{sublab}} = 0,491$, $r_{\text{perioc}}= 0,0854$ $p_{\text{perioc}} = 0,3432$). Az adatpontok különleges eloszlása (kolinearitása) miatt e méretfüggés mégis műtermékek tekinthető, így a továbbiakban nem vettük figyelembe. Az alapadatok eloszlása minden mintában, minden egyes karakter esetében normál eloszlást mutatott (lásd: 1. táblázat).

Az aszimmetria irányítottságának vizsgálata során egyetlen morfológiai karakter esetében sem volt a középértékekben szignifikáns eltérést a nullától (*N. tessellata* Mád: $p_{\text{perioc}} = 0,136$, $p_{\text{sublab}} = 0,838$, *N. tessellata* Balaton: $p_{\text{perioc}} = 0,002$, $p_{\text{sublab}} = 0,829$, *H. caspius* Villány: $p_{\text{perioc}} = 0,326$, $p_{\text{sublab}} = 0,110$, $\alpha = 0,01$).

Az egyes populációkra kiszámított FA indexek főbb paramétereit a 2. és 3. táblázatban közöljük, egymáshoz való viszonyuk az 1. ábrán látható.

1. táblázat. Az egyes populációkban karakterenként mért aszimmetriák eloszlása (B = Balaton, M = Mád, V = Villány).

Table 1. Distribution of calculated asymmetry on morphological characters in the three populations (B = Lake Balaton, M = Mád, V = Villány).

Lokalizás	Mintaszám	Morf. karakter	Számolt ferdeség	Számolt csúcsosság	Platykurtosis $\alpha = 0,01$	Leptokurtosis $\alpha = 0,01$
V	27	sublab	-0,0068	-0,422	-1,28	2,29
V	27	perioc	0,545	2,093	-1,28	2,29
M	33	sublab	0,3532	-0,898	-1,19	2,18
M	33	perioc	0,3574	0,1221	-1,19	2,18
B	74	sublab	0,0134	0,5231	-0,91	1,6
B	74	perioc	0,6269	0,8977	-0,91	1,6

2. táblázat. A három populációra számított FA-indexek jellemző paraméterei.

Table 2. Representative parameters of FA-indexes in the three populations.

Lokalizás	Minta-szám	Morf. karakter	(J+B)/2		(R-L)		R-L
			Átlag±SE	Átlag±SE	Skew±SE	Kurtosis±SE	Átlag
Villány	27	sublab	10,02	0,12	-0,0068	-0,422	0,33
Villány	27	perioc	5,12	0,23	0,545	2,093	0,29
Mád	33	sublab	9,5	-0,03	0,353	-0,898	0,64
Mád	33	perioc	6,3	0,18	0,357	0,1221	0,42
Balaton	74	sublab	9,5	0,01	0,013	0,523	0,28
Balaton	74	perioc	6,26	0,22	0,627	0,898	0,36

3. táblázat. Az egyes populációkban a két morfológiai bélyeg alapján számított aszimmetria-értékek.

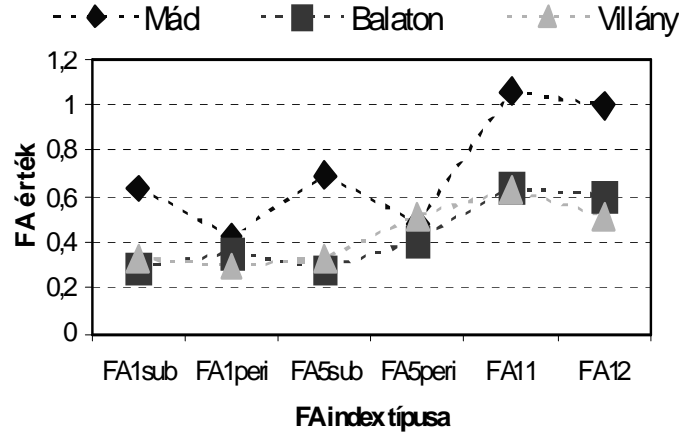
Table 3. Calculated FA values based on the morphological characters in the three different populations.

Lokalizás	Morfológiai karakter	Morfológiai			
		FA1	FA5	FA11	FA12
Villány	sublab	0,33	0,33		
Villány	perioc	0,2963	0,518	0,63	0,518
Mád	sublab	0,6364	0,696		
Mád	perioc	0,424	0,485	1,06	1
Balaton	sublab	0,2875	0,28		
Balaton	perioc	0,3553	0,408	0,64	0,603

Az egyes populációk FA-értékeinek összehasonlítása során szignifikáns különbségeket találtunk a mádi és a balatoni kockássikló-populáció között a sublabialis pajzsok adataiból számolt FA1 és FA5 értékek alapján. Szintén szignifikáns különbség mutatkozott a mádi kockássikló- és a villányi haragossikló-populációt jellemző értékek között. A balatoni kockássikló- és a villányi haragossikló-állományt jellemző adatok között nem volt szignifikáns az eltérés. Ezzel megegyező eredményt kaptuk az összetett indexek értékeinek összehason-

lításakor is. A periocularis pajzsok adatsoraiból képzett egyszerű indexek értékei nem mutattak szignifikáns eltérést az egyes hullópopulációk között (4. és 5. táblázat).

Az egyes populációt alkotó egyedek morfológiai karakterenként számított aszimmetriája alapján végzett kétutas ANOVA eredményeit a 6. táblázatban közöljük.



1. ábra. Az egyes siklópopulációkra számított aszimmetriaértékek grafikus összevetése.
Figure 1. Graphical comparison of calculated FA values of the three populations.

4. táblázat. az FA1 (Kruskal-Wallis-teszt) és FA5 index értékek összehasonlítása (Scheffé-teszt), és az FA11 és FA12 index értékeinek összehasonlítása (Kruskal-Wallis-teszt) (B = Balaton, M = Mád, V = Villány, * = szignifikáns, ns = nem szignifikáns).

Table 4. Comparison of FA1, FA11 and FA12 values (Kruskal-Wallis-test) (B = Lake Balaton, M = Mád, V = Villány, * = significant, ns = non-significant).

Index	Morf. jegy	Lelőhelyek	p	KW	Szign. $\alpha=0,05$
FA1	sublab.	M vs. V	0,004	10,831	*
		B vs. V			ns
		M vs. B			**
FA1	perioc.	M vs. V	0,356	2,062	ns
		B vs. V			ns
		M vs. B			ns
FA11		M vs. V	0,01	9,216	*
		B vs. V			ns
		M vs. B			*
FA12		M vs. V	0,006	10,09	*
		B vs. V			ns
		M vs. B			*

Az eredményekből kitűnik, hogy a három vizsgált siklópopuláció között valóban van olyan, amelynek a fejlődési stabilitása szignifikánsan eltér a többitől ($p = 4,72 \cdot 10^{-6}$). Ez a megállapítás az előbbieken közölt, a Scheffé-teszt alapján leírt eredményeinket erősíti meg.

Az általunk vizsgált két bélyeg fejlődési instabilitása egymástól szignifikánsan nem tér el ($p = 0,85$).

5. táblázat. FA5 index értékek populációk közötti összehasonlítása (Scheffé-teszt) (B = Balaton, M = Mád, V = Villány, * = szignifikáns, ns = nem szignifikáns).

Table 5. Comparison of FA5 values of the three populations (Scheffé-test) (B = Lake Balaton, M = Mád, V = Villány, * = significant, ns = non-significant).

Index	Morf. jegy	Lelőhelyek	$S_{\alpha=0,01}$	S	Szign
FA5	sublab	M vs V	2,41	2,53	*
		B vs V	2,41	0,36	ns
		M vs B	2,41	3,5	*
	perioc	M vs V	2,41	0,15	ns
		B vs V	2,41	0,54	ns
		M vs B	2,41	0,39	ns

6. táblázat. Az egyes populációkban előforduló aszimmetriák összehasonlításának eredményei (ANOVA).

Table 6. Results of the comparison of FA-values in the three different snake populations (ANOVA).

	négyzetösszegek	szabadságfok	középérték négyzet	F-érték	p-érték
Csoport	4,364	2	2,182	12,61	$4,72 \cdot 10^{-6}$
Oszlop	0,0062	1	0,0062	0,0357	0,85
Egymásra hatás	1,967	2	0,984	5,687	0,00365
Csoporton belül	75,77	438	0,173	–	–
Összesen	78,94	443	–	–	–

Az egyes minták számított fluktuáló aszimmetria értékei között mutatkozó különbség nagymértékben függ az index számításához kiválasztott morfológiai karaktertől.

A diszkriminanciaelemzés eredménye alapján megállapíthatjuk, hogy vizsgálatunkban a sublabialis pajzsok adatai az egyes populációkban mérhető aszimmetria értékét döntően (90% fölött) prediktálták. Tehát vizsgálatunkban csupán a sublabialis pajzsok számában mutatkozó aszimmetriaértékek kiszámítása is alkalmas lehet az egyes siklópopulációk fejlődési instabilitásának számszerűsítésére.

A két morfológiai karakter értékei nem mutatnak korrelációt ($r = 0,025$).

Konklúziók

A villányi-hegységi haragossikló-populációban általunk regisztrált összesen négy numerikus morfológiai karakter közül, azok populáción belüli varianciája, illetve aszimmetriájának eloszlása alapján csupán két bélyeg volt alkalmas fluktuáló aszimmetria számítására.

Az összetett indexek és az FA1_{sublab} valamint FA5_{sublab} értékei alapján a villányi-hegységi haragossikló-populáció állapota, a populáción belüli aszimmetriák előfordulási gyakoriságát tekintve, nem tér el szignifikánsan az ideálisnak tekinthető feltételek között élő balatoni kockássikló-populációtól. Tehát a Villányi-hegységben élő haragossikló-állomány a gyakori emberi zavarás, valamint az élőhelypusztítás ellenére is viszonylag nagy fenotípusos stabilitást mutat.

Meg kell jegyeznünk, hogy ez a jelenség nem az ember fokozódó térhódító magatartásának áldásos következménye, mivel a csökkenő élőhelyméret egy idő után már nyilvánvalóan nem lesz elegendő e néhány száz egyedből álló, Magyarország egyik legértékesebb hullópopulációjának tartós fennmaradásához.

A bélyegekről: mind a négy bilaterális karakter értéke könnyen, gyorsan és hiba nélkül rögzíthető akár terepen is, ezért használatuk mindenképpen ajánlott. Jelen vizsgálatban két morfológiai karakter értékei nem mutattak kellő gyakoriságú aszimmetriát, ezért azokat az indexek számításához nem használhattuk fel. Nagyobb stressznek kitett populációk esetében valószínűleg ezek a karakterek is informatívak lesznek. A felhasznált másik két bélyeg aszimmetriája egymástól eltérő mértékű volt, mely megerősíti azt az elképzelést, mely szerint a fluktuáló aszimmetria karakterspecifikus lehet (CLARKE, 1995). Ezt számszerűen az egy bélyegen alapuló indexek eredményeinek eltérése, majd a kétutas ANOVA eredményei is bizonyítják, illetve a CVA is jósolja. Annak ellenére, hogy esetünkben a sublabialis pajzszok értékei mellett a pericularis pajzszok információtartalma elhanyagolhatónak tűnik, mérése mégis feltétlenül ajánlott, a fenti okfejtést követve.

Mind a négy morfológiai bélyeg diszkrét, könnyen, hiba nélkül mérhető, így a szakirodalom szerint (PALMER, 1994) ideális lenne fluktuáló aszimmetria mérésére. Egy elvárásnak azonban nem felelnek meg: sajnos nagyon kevés értéket vehetnek a fel az egyes oldalakon, illetve az oldalak közötti eltérés is nagyon kicsi lehet (leggyakrabban csak három értéket vehet fel: (-1; 0; 1)). Ilyen eloszlás mellett korlátozott az adatok statisztikai értékelhetősége, például nemparaméteres kétutas ANOVA-ra van szükség. Nagyobb populációs stressz növelheti az adatmennyiséget, ami megkönnyíti az elemzést. A probléma megoldására fontos a jövőben újabb kétoldali bélyegek beépítése, illetve az eredmények összevetése egyéb, a populáció állapotára utaló életmenet-jellemzőkkel [például: testméreteloszlás (HERCZEG et al., 2005)].

Köszönetnyilvánítás: Munkánk során felhasznált adatok egy részének rendelkezésünkre bocsátásáért köszönet illeti SZABÓ KRISZTIÁNT (SZBK Szeged) és HERCZEG GÁBORT (Helsinki Egyetem). Munkánkat a Duna-Dráva Nemzeti Park engedélyével végeztük.

Irodalom

- BELLAAGH, M., ÚJVÁRI, B., BAKÓ, B. & KORSÓS, Z. (2000): Peremre szorult haragos siklók. V. Magyar Ökológus Kongresszus. *Acta Biologica Debrecina, Oecologia Hungarica* 11: 193.
- CADÉE, N. (2000): Genetic and environmental effects on morphology and fluctuating asymmetry in nestling Barn Swallows. *Journal of Evolution Biology* 13: 359–370.
- CLARKE, M. G. (1995): Relationship between developmental stability and fitness: Application for conservation biology. *Conservation Biology* 9: 18–24.
- GRUBB, F. E. (1969): Procedure for detecting outlying observations in samples. *Technometrics* 11: 1–21.
- HERCZEG, G., SZABÓ, K. & KORSÓS, Z. (2005): Asymmetry and population characteristic in Dice Snake (*Natrix tessellata*): an interpopulation comparison. *Amphibia–Reptilia* 26: 422–426.
- LEAMY, L. J. (1997): Is developmental stability heritable? *Journal of Evolution Biology* 10: 21–29.
- LEAMY, L. J. & KLINGENBERG, C. P. (2005): The genetics and evolution of fluctuating asymmetry. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36: 1–21.
- LEUNG, B., FORBES, M. R. & HOULE, D. (1999): Fluctuating asymmetry as a bioindicator of stress: Comparing efficacy of analyses involving multiple traits. *American Naturalist* 155: 101–115
- PALMER, A. R. (1994): Fluctuating asymmetry analyses: A primer. In: MARKOW, T. A. (ed.): *Developmental instability: Its origins and evolutionary implications*. Kluwer, Dordrecht, Netherlands, pp. 335–364.
- PALMER, A. R. & STROBECK, C. (2001): Fluctuating asymmetry analyses revisited. In: POLAK M. (ed.): *Developmental instability (DI): Causes and consequences*. Oxford University Press, pp. 279–319.
- RAZETTI, E., FAIMAN, R. & WERNER, Y. L. (2006): Directional asymmetry and correlation of tail injury with left-side dominance occur in Serpentes (Sauropsida). *Zoomorphology*. DOI 10.1007/s00435-007-0028-2
- ROLDAN, E. R. S., CASSINELLO, J., ABAIGAR, T., & GOMENDIO, M. (1998): Inbreeding, fluctuating asymmetry, and ejaculate quality in an endangered ungulate. *Proceeding of Royal Society London* 265: 243–248.
- STIGE, L. C., HESSEN, D. O., & VØLLESTAD, L. A. (2005): Fitness, developmental instability, and the ontogeny of fluctuating asymmetry in *Daphnia magna*. *Biological Journal of the Linnean Society* 88: 179–192.
- SZABÓ K. (1999): Két kockásikló-populáció (*Natrix tessellata*) összehasonlítása: a fluktuáló aszimmetria vizsgálatának egy példája. Diplomadolgozat, Állatorvos-tudományi Egyetem, Budapest, 30 pp.
- VAN VALEN, L. (1962): A study of fluctuating asymmetry. *Evolution* 16: 125–142.
- VILISICS, F., SÓLYMOS, P. & HORNING, E. (2005): Measuring fluctuating asymmetry of the terrestrial isopod *Trachelipus rathkii* (Crustacea: Isopoda, Oniscidea). *European Journal of Soil Biology* 41: 85–90.
- ZAR, J. H. (1984): *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, pp. 185–198.

Fluctuating asymmetry as a character to life quality in three different snake populations

MÁTYÁS BELLAAGH¹, ESZTER ÁGNES DEÁKNÉ LAZÁNYI-BACSÓ² and ZOLTÁN KORSÓS³

¹ Szent István University, Department of Nature Conservation, Péter Károly u. 1., 2100 Gödöllő, Hungary
E-mail: bellaagh.matyas@yahoo.com

² Eötvös Loránd University, Department of Zoosystematics and Ecology,
Pázmány Péter sétány 1/C., 1114 Budapest, Hungary

³ Hungarian Natural History Museum, Department of Zoology, Baross utca 13., 1088 Budapest, Hungary

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2007) 92(2): 27–36.

Abstract. Fluctuating Asymmetry (FA) is a special type of asymmetry in the populations of bilaterally symmetrical organisms. Several calculated FA indexes are suitable to demonstrate the developmental instability of the populations and to refer to the supposed genetic and environmental stress. In this paper we tried to give numerical data of the life quality of the highly protected Caspian Whip-snake (*Hierophis caspius*) populations in Hungary. We compared calculated FA indexes of the morphological data from the Villány populations with the calculated indexes of two different [stressed (Mád) and stress-free (Lake Balaton)] populations of Dice Snake (*Natrix tessellata*). Based on the values of the multiplex and the simple indexes that were calculated on the basis of the number of sublabials, we concluded that life quality of the highly protected Caspian Whipsnake population do not deviate significantly from that of the Dice Snake population in the Lake Balaton.

Keywords: fluctuating asymmetry, interspecific comparison, *Hierophis caspius*, *Natrix tessellata*, life quality.