

## A fluktuáló aszimmetria vizsgálata két magyarországi kockás sikló (*Natrix tessellata*) populációban\*

SZABÓ KRISZTIÁN<sup>1</sup>, LIKER ANDRÁS<sup>2</sup> és KORSÓS ZOLTÁN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék,  
H-4010 Debrecen, Pf. 3. Email: szabok@dragon.klte.hu

<sup>2</sup> Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar, Ökológiai Tanszék, H-1400 Budapest, Pf. 2.

<sup>3</sup> Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, H-1088 Budapest, Baross u. 13.

**Összefoglalás.** Két magyarországi kockás sikló populációt hasonlítottunk össze a populációstruktúra és a fluktuáló aszimmetria tekintetében. A nagyobb és stabilnak tekinthető balatoni populáció kiegyenlített koreloszlást mutat, míg a mádi halastóban élő, feltételezhetően nemrégiben alapított, valószínűleg még kialakulatlan kis populációban sok juvenilis egyed mellett csak kevés kifejlett állat található. A fejen található négy vizsgált pajzstípus (praeocularia, postocularia, supralabialia, sublabialia) fluktuáló aszimmetriáját hasonlítottuk össze a két populáció között két különböző index alapján. A statisztikailag szignifikáns eredmények azt mutatják, hogy Mádon a legtöbb pajzs esetében az aszimmetria mértéke nagyobb, mint a balatoni populációban. E jelenség mögött a következő lehetséges okok állhatnak: (1) valamilyen környezeti stresszhatás (kémiai vagy mikrobiológiai szennyezettség, stb.) vagy (2) a heterozigótaság fokának csökkenése beltenyésztés vagy „bottleneck”-hatás következtében. A jelenség pontos genetikai hátterének kiderítése csak valamilyen molekuláris technika alkalmazásával lenne lehetséges, és a környezeti tényezők felderítése is további vizsgálatokat igényel. A vizsgálat megmutatta, hogy egy kígyófaj kisebb populációjában az aszimmetria nagyobb mértékű, mint ugyanazon faj nagyobb népességében. Ezenkívül rámutattunk a pikkelyszám-különbségen alapuló fluktuáló aszimmetria-mérés populáció-összehasonlításban való alkalmazhatóságára. A kockás sikló Magyarországon nem veszélyeztetett, ennek ellenére – vagy éppen ezért – ideális modellfajként szolgálhat a populációkra ható stresszfaktorok terepi vizsgálataiban. A fejlődési stabilitás vizsgálata – a fluktuáló aszimmetria mérésével – sikeresen alkalmazható lehet más herpetológiai tanulmányokban is, mert a veszélyeztetett hullófaj populációk állapotának becslésére egy könnyen alkalmazható biomonиторozó módszert ad a kezünkbe.

**Kulcsszavak:** fluktuáló aszimmetria, fejlődési stabilitás, kockás sikló, populáció-összehasonlítás.

### Bevezetés

A fluktuáló aszimmetria – az egyébként bilaterálisan szimmetrikus morfológiai tulajdonságokban a test jobb- és baloldala között mérhető, nem feltűnő, sokszor igen apró különbség – mérése elég megbízható módszernek tűnik a természetes populációk fejlődési stabilitásának közvetett becslésére (LUDWIG 1932, VAN VALEN 1962, PALMER & STROBECK 1986, ZAKHAROV 1992, CLARKE 1995). A fejlődési stabilitás az egyed azon képessége, hogy adott feltételek mellett a környezeti és genetikai zavaró hatásoknak ellenáll (WADDINGTON 1942, LERNER 1954).

\* Előadták a szerzők az Állattani Szakosztály 894. ülésén (1999. június 2.).

Ezen diszturbanciákat számos vizsgálatban kutatták, többek között a habitat-degradáció, a különböző stresszorok, a hibridizáció és a beltenyésztés hatásait vizsgálva (BADER 1965, ZAKHAROV 1981, BENGTSSON et al. 1985, GRAHAM & FELLE 1985, LEARY et al. 1985, PARSONS 1990, ZAKHAROV & YABLOKOV 1990, SARRE & DEARN 1991, GRAHAM 1992, LEARY et al. 1992, STRONG & JAMES 1992, MØLLER 1995, LEUNG & FORBES 1996, TSUBAKI 1997, ROLDAN et al. 1998). A fejlődési stabilitás – és így a fluktuáló aszimmetria – változása ezen kívül egy adott populáció fitnessének vagy a heterozigótaság fokának csökkenését is jelezheti (MØLLER 1990, THORNHILL & SAUER 1992). Számos fajnál a kisebb populációk nagyobb aszimmetriát mutatnak, mint ugyanazon faj egyedeinek nagyobb állományai (SOULÉ 1979, PICTON et al. 1990, HUTCHINSON & CHEVERUD 1995).

Habár nehéz pontosan meghatározni, hogy adott esetben az említett tényezők közül melyek okozzák a fejlődési stabilitás csökkenését, a konzervációbiológiában a fluktuáló aszimmetria mérését – többek között – hasznos módszernek tartják a populációk veszélyeztetettségi mértékének becslésében (LEARY & ALLENDORF 1989).

A fluktuáló aszimmetria jelenségét néhány hüllőfaj esetében is vizsgálták. Ezen vizsgálatok eredményei bizonyos természetes hüllőpopulációk esetében a környezeti stresszorok, valamint az izoláció és a beltenyésztettség hatásaira mutattak rá (SARRE 1986, SARRE & DEARN 1991). Idáig azonban a jelenséget kígyófajokon nem tanulmányozták.

Jelen vizsgálatunkban két – méretben, struktúrában és történetben lényegesen különböző – kockás sikló (*Natrix tessellata*) populáció fluktuáló aszimmetriájának összehasonlítását mutatjuk be. Azt teszteltük, vajon a kisebb és később alapított populáció egyedei – melyeknél feltételezhetően kisebb a heterozigótaság és nagyobb a beltenyésztettség foka – nagyobb mértékű aszimmetriát mutatnak-e.

## Módszerek

Két élőhelyen vizsgáltuk a kockás siklókat. Az egyik terület a Tihanyi-félsziget keleti partjának körülbelül fél kilométer hosszú szakasza volt, az összesen körülbelül 600 km<sup>2</sup> területű és átlagosan 3 m mély Balaton egyik kiválasztott része (46°55' N, 18°53' E). A másik élőhely egy – az 1970-es években mesterségesen létesített – halastó volt, mely Északkelet-Magyarországon, a Zempléni-hegységben, Mád község mellett található (48°11' N, 21°18' E). Vízfelülete 0,0054 km<sup>2</sup>, átlagos mélysége 2 m. A két vizsgálati hely egymástól való távolsága 350 kilométer.

A terepi mintavétel 1998 augusztusában és szeptemberében zajlott, Tihanyban 13, Mádon 8 alkalommal, összesen 21 napon. Az állatok befogása – a hüllőknél általában hiányzó megbízható és sikeres csapdázási technika hiányában – mindkét helyen kézzel történt. Ezután a testhosszúság és pikkelyadatok felvétele, majd a haspajzs-mintázat lerajzolása következett. Az egyedenként eltérő hasi mintázat alapján a visszafogott példány a rajz alapján azonosítható volt, és nem volt szükség egyéb jelölésre. A vizsgálatok idejére az állatok egy üvegaljú dobozba kerültek, melyben a morfológiai jegyek nehézség nélkül tanulmányozhatók voltak. Végül az ivar azonosítása történt meg hemipénisz-szonda segítségével. Az állatok korát testhosszadataik alapján becsültük. (A kígyók egész életükben növekednek, ezért a hosszúságukból következtetni lehet a korukra. A becslés pontossága csökken az életkor előrehaladásaival.)

laddal, de a fiatalabb állatoknál a korosztályok jól elkülöníthetők. LENZ & GRUSCHWITZ 1993). A befogott állatokat a terepi vizsgálat után a fogás helyén szabadon engedték.

A populációméret becslésére a Petersen-Lincoln index többszörös jelölés-visszafogásra alkalmazott formuláját használtuk:

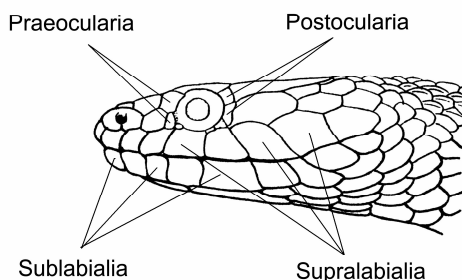
$$N = M_i (n_i + 1) / m_i + 1$$

ahol  $N$  a becsült populációméret,  $M_i$  az összes megjelölt állat,  $n_i$  az adott napon fogott állatok,  $m_i$  pedig az adott napi mintában lévő visszafogott állatok számát jelöli (BAILEY 1952).

A becslés szórásának kiszámítása a következő:

$$s(N) = N \sqrt{1 / (m_i + 1) + 2 / (m_i + 1)^2 + 6 / (m_i + 1)^3}$$

Az egyedek fluktuáló aszimmetriájának méréséhez négy feji pikkely jobb- és baloldali számértékeinek adatait vettük fel. Ez a négy pikkelytípus a praeocularia (PrO), a postocularia (PoO), a supralabialia (SpL) és a sublabialia (SbL) (1. ábra).



**1. ábra.** A kockás sikló vizsgált fejpikkelyei. DELY (1978) után, módosítva.  
**Figure 1.** Examined head scale types on the dice snake. Modified after DELY (1978).

Két indexet használtunk az aszimmetria becslésére: A durvább index (DI) azt mérte, hogy a négy vizsgált pikkelytípus közül hány párban volt a pikkelyek száma a jobb- és baloldalon különböző, és így minden egyes állat kapott egy index-értéket 0 (egyik pikkelytípus sem aszimmetrikus) és 4 (minden pikkelypárban van eltérés) között.

A finomabb aszimmetria-indexet (FI) a következő képlet alapján számoltuk ki minden egyes pikkelytípusra:

$$FI = |J - B| / N$$

ahol  $J$  a jobboldali,  $B$  a baloldali pikkelyszám, és  $N$  a mintanagyság.

Ezen kívül a négy pikkelytípus összegének (PrO+PoO+SpL+SbL) kétoldali különbségét is ilyen finom aszimmetria-indexnek vettük, ugyanezzel a formulával számolva.

A kismértékű aszimmetriák más formáit – így az anti-szimmetria vagy az irányított aszimmetria lehetőségét – kizárandó, a jobb- és baloldali értékek különbségeinek eloszlását minden pajzstípusnál összehasonlítottuk ezen aszimmetriák jellemző eloszlás-görbéivel (SARRE & DEARN 1991). Ezen aszimmetriák egyike sem áll összefüggésben a fejlődési stabilitással, de már szerepeltek más herpetológiai kutatásokban (PALMER 1996, WERNER et al. 1991).

Esetünkben egyik pikkelytípusnál sem találtunk irányított aszimmetriára vagy anti-szimmetriára utaló eloszlást.

Az analízisekhez  $\chi^2$ -négyzet-próbát és Mann-Whitney U-tesztet használtunk, az összefüggéseket nemparaméteres Spearman-rangkorrelációval teszteltük. A statisztikai számolásokat az SPSS 7.5 for Windows programmal végeztük.

## Eredmények

Összesen 115 állatot fogtunk be, 81-et Tihanyban és 34-et Mádon. Néhány példány adatait az esetleges sérülések és az idő előtti szökések miatt nem vagy csak hiányosan sikerült rögzíteni. Így a jelen vizsgálathoz 109 kockás sikló pikkelyadatait tudtuk felhasználni. A tihanyi élőhelyen csak 3 példányt sikerült visszafogni, így a populáció nagyságra vonatkozó megbízható becslési módszer nem volt alkalmazható. Mádon 34 kígyót gyűjtöttünk és összesen 10 visszafogás történt. A mádi populáció becslt mérete  $89,9 \pm 30,1$  egyed. Az alacsony számú újrafogás miatt nagy a becslés bizonytalansága, ez a nagy szórásban is megmutatkozik.

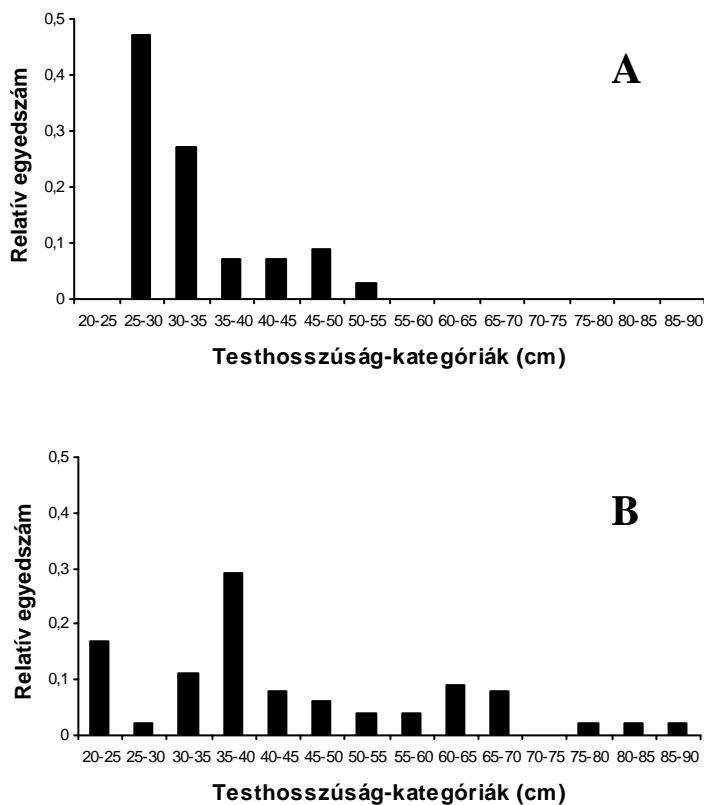
A vizsgált populációk testhosszúság-adatainak eloszlásai jelentős különbségeket mutatnak. A mádi populációban a leghosszabb befogott állat is csak 51 cm-es nagyságot ért el ( $N=32$ , átlag  $=32,4 \pm 7,4$  cm), és a testhosszúság-eloszlási görbe erősen a fiatal állatok irányába tolódott el (2.a ábra). Ezzel szemben a tihanyi állományban az eloszlás kiegyenlítettebb, a nagy számú kisebb egyed mellett viszonylag magas arányban találhatóak hosszabb állatok is. A legkisebb példány 21,3 cm, a legnagyobb pedig egy 88 cm-es nőstény volt ( $N=74$ , átlag  $=45,4 \pm 17$  cm, 2.b ábra). A testhosszadatok alapján történő korbecslés szerint a Mádon talált legidősebb példány csak 3 éves, és az egy-két éves állatok mellett nagy a frissen kikelt fiatalok aránya. A Tihanyban befogott legidősebb állat kora 8-9 évre becsülhető. A nemek aránya a Tihanyi populációban szintén kiegyenlítettebb, az 57 szexált állatból 26 volt hím (45,6%) és 31 nőstény (54,4%), míg a 34 mádi egyedek 64,7%-a hím és csak 35,3%-a nőstény.

A vizsgált négy pikkelytípus számbeli értékében nem volt szignifikáns különbség a populációk között (Mann-Whitney U-teszt,  $U=1012,5-1246,5$ ;  $P=0,107-0,959$ ; 1. táblázat). A két populáció szignifikánsan különbözött viszont egymástól a durvább aszimmetria-index (DI) szerint mért aszimmetriában ( $\chi^2$ -próba,  $\chi^2=9,717$ ;  $Df=4$ ;  $P=0,045$ ). A mádi populációban kisebb arányban találtunk teljesen szimmetrikus állatokat (egy pikkelypár sem aszimmetrikus,  $DI=0$ ), és nagyobb arányban a több pikkelytípusban aszimmetriát mutató állatokat ( $DI>1$ , 3.a és 3.b ábra).

A finomabb aszimmetria-index (FI) eredményei a következők: A pikkelyek közül a praeocularia és a postocularia nem mutattak szignifikáns különbséget a fluktuáló aszimmetriában a két vizsgálati hely között, bár tendencia itt is mutatkozott a mádi állatok nagyobb aszimmetriájára. Viszont a másik két vizsgált pikkelytípus, a supralabialia és a sublabialia átlagos aszimmetriája a mádi kígyók esetében nagyobb volt (1. táblázat). A mádi populáció a négy pikkelytípus összegének (PrO+PoO+SpL+SbL) kétoldali különbségét tekintve is nagyobb aszimmetria-értékeket mutatott (1. táblázat). Ezen összeg és a finomabb aszimmetria-index között negatív korrelációt találtunk (Spearman-korreláció,  $r_s=-0,212$ ;  $P=$

0,027). Mivel a négy pikkelytípus összege a tihanyi állatoknál szignifikánsan nagyobb volt ( $U= 754,0$ ;  $P= 0,00$ ), e torzító hatás kiküszöbölése végett a korrelációból adódó reziduálisokkal számoltunk.

A négy pikkely összegének jobb- és baloldali szimmetriájának különbsége így is szignifikánsan nagyobbak mutatkoztak a mádi populációban ( $U= 889,0$ ;  $P= 0,016$ ).



2. ábra. Testhosszúság-adatok eloszlása a mádi (A) és a tihanyi (B) populációban.

Figure 2. Body length distribution in the population of Mád (A) and Tihany (B).

A testhosszúság- és az aszimmetriaindex-értékek között egyik pikkelytípusnál sem találtunk összefüggést ( $r_s = -0,191-0,183$ ;  $P = 0,059-0,182$ ), és a nemek között sem volt különbség a fluktuáló aszimmetriában ( $U = 836,0-981,0$ ;  $P = 0,067-0,718$ ).

Az aszimmetriában megfigyelt különbség a tihanyi és mádi populáció között tehát nem vezethető vissza a két hely közötti eltérő ivarárányra és a különböző testhosszúság-eloszlásra.

**1. táblázat.** A pikkelyek számának átlaga és a finom aszimmetria-index (FI) értékei a két populációban.  $\Sigma(J+B)/N$  (szórás): a jobb- és baloldali pikkelyek átlagos összege és szórása,  $\Sigma|J-B|/N$ : a jobb- és baloldali pikkelyek átlagos számbeli különbsége (FI). N: adott populációból származó mintanagyság. Szignifikáns különbséget az aszimmetria-indexben (Mann-Whitney U-próbával tesztelve minden pikkelytípusra és a pikkelytípusok összegére  $P = 0,05$  szignifikanciaszinten) a supralabialia, sublabialia pikkelyek esetében és a négy pajzstípus összegénél találtunk.

**Table 1.** Occurrence of asymmetry in four scale types in the two populations, Mád and Tihany, measured by the fine index.  $\Sigma(J+B)/N$  (SD): mean number of scales on left and right sides with standard deviation,  $\Sigma|J-B|/N$ : mean difference of scales between left and right sides, N: sample size. Significant differences (tested with Mann-Whitney U-test for each scale type and for the sum of the types) were found in the supralabialia, sublabialia and in the total ( $P = 0,05$ ).

	Pikkelytípus				
	Praeocularia	Postocularia	Supralabialia	Sublabialia	Összes
<b>Tihany</b>					
$\Sigma(J+B)/N$	4,98±0,97	7,57±0,73	15,82±0,5	19,11±1,23	47,51 ±2,21
$\Sigma J-B /N$	0,224	0,211	0,184	0,303	0,921
<b>Mád</b>					
$\Sigma(J+B)/N$	5,09 ±0,87	7,45 ±0,83	15,24 ±0,9	19,0 ±1,14	46,78±2,26
$\Sigma J-B /N$	0,242	0,242	0,393	0,636	1,515
<b>Mann-Whitney U-teszt</b>					
U	1230,5	1201,5	991,0	856,0	856,0
P	0,831	0,625	0,020	0,002	0,006

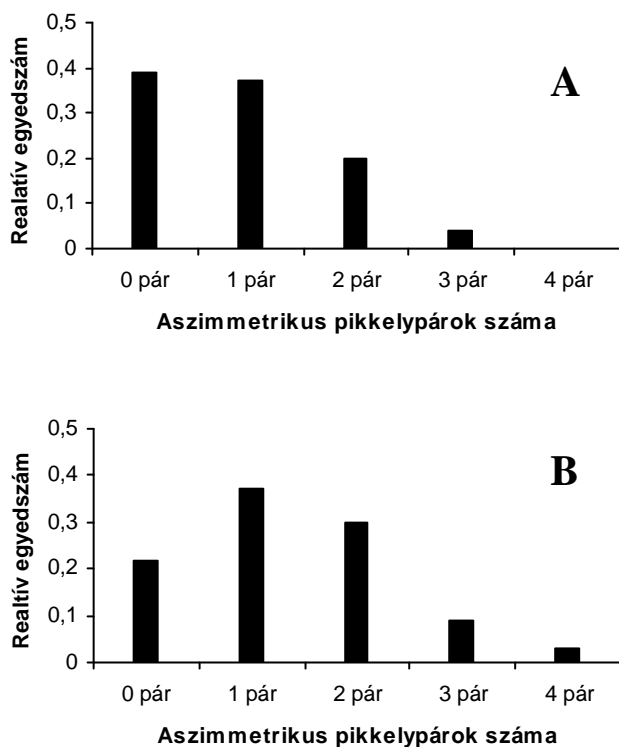
## Értékelés

Eredményeink azt mutatják, hogy jelentős eltérés van a vizsgált két populáció struktúrájában és valószínűsíthető, hogy a méretük is jelentősen különbözik. Emellett a fluktuáló aszimmetria mértékében is szignifikáns különbség mutatkozott a két vizsgált élőhely között. A feltételezhetően kisebb egyedszámú mádi populáció állatai magasabb aszimmetria-értékeket mutattak bizonyos pikkelytípusok – supralabialia és sublabialia száma, valamint a négy vizsgált pikkelytípus összege – esetében, mint a tihanyi mintából származó állatok.

A Magyar Természettudományi Múzeum 1954-től napjainkig számos kockás sikló-fogási adattal rendelkezik mind a tónak erről a területéről, mind a közelebbi és távolabbi részeiről. Ezek az adatok – összevetve saját tapasztalatainkkal – azt sugallják, hogy a tihanyi kígyók egy nagy területen élők, összefüggő és régóta létező populációhoz tartoznak. Fogási adataink azt mutatják, hogy Tihanyban a populáció koreloszlása kiegyenlített, a fiatalabbak mellett szép számú idős egyed is található, és a kelési időszak után nagy arányban található a frissen kikelt állatok. Így valószínűsíthető, hogy ez nagy, stabil, egyenletes korstruktúrájú és megfelelő utánpótlással rendelkező populáció.

Ezzel szemben a mádi populáció mérete valószínűleg kisebb, a befogási adatok alapján hozzávetőlegesen 60–120 egyed. Itt a korbecslés alapján számított legidősebb példány 3 éves, és a testhosszeloszlási görbe erősen a fiatal állatok irányába toldott el, ehhez jön még

az adott évben kelt állatok magas aránya. Ezen adatok, valamint az élőhely kialakulásának dátuma ismeretében valószínűsíthető, hogy ez egy fiatal populáció, amely csak néhány éve vagy évtizede jött létre, és dinamikus növekedést mutat.



**3. ábra.** A durvább aszimmetria-index (DI) értékei Mádon (A) (N=33, átlag =  $1,36 \pm 0,23$ ) és Tihanyban (B) (N=76, átlag =  $0,88 \pm 0,19$ ). DI = 1, 2, 3 vagy 4.

**Figure 3.** Relative frequency distribution of individuals showing asymmetry in 0, 1, 2, 3 or 4 scale types at Mád (A), (N=33, Mean =  $1.36 \pm 0.23$ ) and Tihany (B) (N=76, Mean =  $0.88 \pm 0.19$ ).

A kockás sikló a Zempléni-hegység számos pontján – így több közeli vízterületen is – megtalálható (MME és a szerzők saját adatai), ezért valószínűsíthető, hogy az időszakos vagy állandó vízfolyások mentén, természetes bevándorlás útján érkeztek az alapító példányok.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a két élőhely között szignifikáns különbségek vannak a vizsgált tulajdonságok aszimmetriájában. A kisebb, ökológiailag valószínűleg még nem stabil mádi populáció egyedeinél nagyobb a fluktuáló aszimmetria átlagos értéke, mint a nagyobb, kiegyensúlyozottabbnak tekinthető tihanyi populációban. E jelen-

ség háttérében a következő okok állhatnak: (1) valamilyen környezeti stresszhatás (kémiai vagy mikrobiológiai szennyezés, táplálékhiány, stb.), (2) a heterozigótágág alacsony foka a beltenyésztés vagy „bottleneck”-hatás következtében. A megfigyelt különbségek valószínűleg nem vezethetők vissza az emberi zavaró tényezőkre, mert az a területek hasonló hasznosításából (horgász-, fürdő- és kirándulóhely) adódóan mindkét helyen hasonló fokú.

A kisebb mádi populációban a heterozigócia feltételezhetően kisebb, de ennek pontosabb méréséhez és bizonyításához további vizsgálatok szükségesek. Az esetleges rejtett környezeti stresszorok felderítése is további kutatást igényel, valamint az is, hogy van-e génáramlás a közeli siklópopulációk felől, melynek ismeretében következtetni lehet az esetleges izoláltságra és beltenyésztettségre.

Vizsgálataink tehát bizonyították, hogy egy hullófaj kisebb és kevésbé stabilnak tekinthető populációja magasabb aszimmetria-értékekkel rendelkezik, mint ugyanazon faj nagyobb populációja.

A fluktuáló aszimmetriával foglalkozó tanulmányokban az aszimmetria nagyságát általában a vizsgált tulajdonság jobb- és baloldali értékei közti méretkülönbségekkel jellemzik (PALMER & STROBECK 1986). Ezek a vizsgálatok – lévén a különbségek csekélyek – igen pontos méréseket és nagy körültekintést igényelnek. Ebben a vizsgálatban – bizonyos pikkelyek megszámlálásával – egy más, könnyebben kivitelezhető módszert választottunk. Mivel a kigyók pikkelyeinek száma nem változik az állatok korával, a jobb- és baloldali különbségek is állandóak maradnak. Vizsgálatunk megmutatta, hogy a pikkelyszám-különbségek vizsgálata alkalmazható módszer a kigyók fluktuáló aszimmetriájának mérésében.

A kockás sikló Magyarországon nem ritka és nem is veszélyeztetett hullófaj (KORSÓS 1997). Talán éppen azért bizonyulhat alkalmas modellfajnak, mert a nagy populációk mellett vannak kis és izolált élőhelyei is, ahol tanulmányozhatók a populációnagyság különbségből adódó jelenségek és a különböző környezeti stresszhatások. A fejlődési stabilitás vizsgálata – a fluktuáló aszimmetria mérésével – sikeresen használható lehet más herpetológiai tanulmányokban is a veszélyeztetett hullópopulációk állapotának becslésére, mint egy alkalmas, könnyen kivitelezhető biomonиторozó módszer.

**Köszönetnyilvánítás:** Köszönjük a Magyar Tudományos Akadémia Balatoni Limnológiai Kutatóintézetének és BODNÁR IMRÉNEK, hogy a tihanyi és mádi terepmunkát lehetővé tették. PAPP TIBORNAK (Szent István Egyetem) az ötletekért és észrevételekért, a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesületnek pedig a szolgáltatót előfordulási adatokért jár köszönet.

## Irodalom

- BADER R. S. (1965): Fluctuating asymmetry in the dentition of the house mouse. – *Growth* 29: 291–300.  
 BAILEY N. T. J. (1952): Improvements in the interpretation of recapture data. – *J. Anim. Ecol.* 21: 120–127.  
 BENGTSOON B. E., BENGTSOON A. & HIMBERG M. (1985): Fish deformities and pollution in some Swedish water. – *Ambio* 14: 32–35.  
 CLARKE G. M. (1995): Relationships between developmental stability and fitness: application for conservation biology. *Cons. Biol.* 9(1): 18–24.



- DELY GY. O. (1978): Hüüllök – Reptilia (In: Magyarország Állatvilága 20/4), – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- GRAHAM J. H. (1992): Genomic coadaptation and developmental stability in hybrid zones. – *Acta Zool. Fenn.* 191: 121–131.
- GRAHAM J. H. & FELLEJ J. D. (1985): Genomic coadaptation and developmental stability with introgressed populations of *Enneacanthus gloriosus* and *E. obesus*. – *Evolution* 39: 72–87.
- HUTCHINSON D. W. & CHEVERUD J. M. (1995): Fluctuating asymmetry in tamarin (*Saguinus*) cranial morphology: intra- and interspecific comparisons between taxa with varying levels of genetic heterozygosity. – *J. Heredity* 86: 280–288.
- KORSÓS Z. (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer VIII. Kétéltűek és hüüllök. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, p. 48.
- LEARY R. L. & ALLENDORF F. W. (1989): Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: implications for conservation biology. – *Trends Ecol. Evolution* 4: 214–217.
- LEARY R. R., ALLENDORF F. W. & KNUDSEN K. L. (1985): Developmental instability as an indicator of reduced genetic variation in hatchery trout. – *Trans. Amer. Fish. Soc.* 114: 230–235.
- LEARY R. F., ALLENDORF F. W. & KNUDSEN K. L. (1992): Genetic, environmental and developmental causes of meristic variation in rainbow trout. – *Acta Zool. Fenn.* 191: 79–95.
- LENZ S. & GRUSCHWITZ M. (1993): Zur Merkmalsdifferenzierung und -variation der *Natrix t. tessellata* in Deutschland. – *Mertensiella* 2: 269–300.
- LERNER I. M. (1954): Genetic homeostasis. – London: Oliver and Boyd.
- LEUNG B. & FORBES M. R. (1996): Fluctuating asymmetry in relation to stress and fitness: effects of trait type as revealed by meta-analysis. – *Ecoscience* 3: 400–413.
- LUDWIG W. (1932): Das rechts-links Problem im Tierreich und beim Menschen. – Berlin: Springer.
- MØLLER A. P. (1990): Fluctuating asymmetry in male sexual ornaments may reliably reveal male quality. – *Anim. Behav.* 40: 1185–1187.
- MØLLER A. P. (1995): Developmental stability and ideal despotic distribution of blackbirds in a patchy environment. – *Oikos* 72 (2): 228–234.
- PALMER, A. R. (1996): Waltzing with asymmetry. – *BioScience* 46: 518–532.
- PALMER A. R. & STROBECK C. (1986): Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. – *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 391–421.
- PARSONS P. A. (1990): Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. – *Biol. Rev.* 65: 131–145.
- PICTON H. D., PALMISCIANO D. P. & NELSON G. (1990): Fluctuating Asymmetry and testing isolation of Montana Grizzly bear populations. – *Internat. Conf. of Bear Research and Management* 8: 421–364.
- ROLDAN R. S., CASSINELLO T., ABAIGAR T. & GOMEINDO M. (1998): Inbreeding, fluctuating asymmetry and ejaculate quality in an endangered ungulate. – *Proc. Roy. Soc. London* 265: 243–248.
- SARRE S. (1996). Habitat fragmentation promotes fluctuating asymmetry but not morphological divergence in two geckos. – *Res. Pop. Ecol.* 38(1): 57–64.
- SARRE S. & DEARN J. M. (1991): Morphological variation and fluctuating asymmetry among insular populations of the Sleepy Lizard, *Trachydosaurus rugosus*. – *Aust. J. Zool.* 39: 91–104.
- SOULÉ M. E. (1979): Heterozygosity and developmental stability another look. – *Evolution* 33: 396–401.
- STRONG L. & JAMES S. (1992): Some effects of rearing the yellow dung fly *Scatophaga stercoraria* in cattle dung containing ivermectin. – *Ent. Exp. Appl.* 63: 39–45.
- THORNHILL R. & SAUER P. (1992): Genetic sire effects of the fighting ability of sons and daughters and mating success of sons in a scorpionfly. – *Anim. Behav.* 43: 255–264.
- TSUBAKY Y. (1997): Fluctuating asymmetry of the *Dacus dorsalis* during the process of its extinction from the Okinawa islands. – *Cons. Biol.* 12(4): 926–929.
- VAN VALEN L. (1962): A study of fluctuating asymmetry. – *Evolution* 16: 125–142.
- WADDINGTON C. H. (1942): Canalisation of development and the inheritance of acquired characters. – *Nature* 150: 563–565.
- ZAKHAROV V. M. (1981): Fluctuating asymmetry as an index of developmental homeostasis. – *Genetica* 13: 241–256.

- ZAKHAROV V. M. (1992): Population phenogenetics: analysis of developmental stability in natural populations. – Acta Zool. Fenn. 191: 7–30.
- ZAKHAROV V. M & YABLOKOV A. V. (1990): Skull asymmetry in the Baltic grey seal: effects of environmental pollution. – Ambio 5: 266–269.
- WERNER Y.L., ROTHENSTEIN D. & SIVAN N. (1991): Directional asymmetry in reptiles (Sauria: Gekkonidae: *Ptyodactylus*) and its possible evolutionary role, with implications for biometrical methodology. – J. Zool. 225: 647–658.

### Comparison of two dice snake (*Natrix tessellata*) populations: an example for measuring fluctuating asymmetry

KRISZTIÁN SZABÓ, ANDRÁS LIKER & ZOLTÁN KORSÓS

Two Hungarian dice snake populations were compared with regards to their population structure and individual morphological variation. The larger, more stable population at Lake Balaton had a balanced age structure, whereas the smaller, presumably recently established population of a fish pond at Mád, Nordeast Hungary had many juvenile and only a few adult specimens. Fluctuating asymmetry of four types of head scale numbers were compared between the two populations by two indices, and significant differences were found in most cases showing that the dice snakes at Mád have a large ratio of asymmetric head scales. This small, unstable population may be subject to a stronger environmental stress, and inbreeding or bottleneck effects may also influence its genetic structure. The phenomenon is especially well marked by the strong fluctuating asymmetry ratio, in contrast to the other, stable population that has less asymmetrical individuals.