

Kétéltűkrízis

A kétéltűek és a klímaváltozás

ÜVEGES BÁLINT – BÓKONY VERONIKA – HETTYEY ATTILA

A kétéltűek (békák, gótek, szalamandrák és lábatlan kétéltűek) a gerincesek legveszélyeztetettebb csoportja jelenleg, a *Természetvédelmi Világszövetség* (IUCN) szerint az ide tartozó fajok közel felét a kihalás fenyegeti. A világméretű krízisre utaló jeleket a tudósok már a '90-es évek elején felismerték, így azóta intenzív kutatómunka folyik, hogy megértsék, mi okozza ilyen mértékű pusztulásukat. A feltárt okok között szerepel a környezetszennyezés, az élőhelyek eltűnése vagy feldarabolódása, járványszerűen terjedő fertőzőes betegségek (kitridiomikózis, Ranavírus) és a klímaváltozás. Sajnos sok populációt az említett tényezők közül egyszerre több is érint, ami megnöveli az eltűnésük esélyét. A kétéltűek fontos szereplői a természetes életközösségeknek, egyszerre ragadozók és táplálékállatok is, és különleges életformájuk miatt mind a vízi, mind a szárazföldi ökoszisztémák tagjai, így kiesésük nagy háttással lehet azok egyensúlyára. Az utóbbi időben a tömeges kétéltű-pusztulásokért felelőssé tehető lehetséges okok közül a klímaváltozás az egyik legkutatottabb.

A kétéltűek változó testhőmérsékletű állatok, ami a köznyelven elterjedt szóhasználatlaltal ellentétben nem azt jelenti, hogy hideg-űrűek, hanem azt, hogy testük hőmérsékletét sokkal jobban befolyásolja a környezet hőmérséklete, mint például az állandó testhőmérsékletű emlősökét. Ráadásul a kétéltűek bőre csak gyenge védelmet nyújt a kiszáradás ellen, ezért fennmaradásukhoz speciális hőmérsékleti és pára-, illetve csapadékviszonyok szükségesek. Szerencsétlenségükre, éppen ezek azok az időjárási változók, amelyek a klímaváltozás során alapvetően megváltoznak. A klímaváltozást elemző kutatók azt észlelik mérsékelt övi éghajlatunkon – a nyári átlaghőmérséklet emelkedése és a hóhullámok megszorodása mellett –, hogy a téli átlaghőmérséklet is emelkedik, és rövidebb az a hideg időszak, amíg a hótakaró megmarad. Azt már sikerült bizonyítani, hogy az emelkedő átlaghőmérséklet következtében a kétéltűek nászidőszaka évről évre korábbra toódik, romlik az egyedek kondíciója, és kevésbé ellenállóak a betegségekkel szemben, de arról, hogy a klímaváltozás hogyan hat a „téli álmat alvó” állatokra, nagyon keveset tudunk.

A változó testhőmérsékletnek előnyei és hátrányai is vannak. Előnye például az, hogy ezeknek az állatoknak nem kell a táplálékból származó energia jó részét a testhőmérséklet fenntartását szolgáló élettani folyamatokra fordítaniuk, így sokkal több energia fektethető például a növekedésbe és a szaporodásba; továbbá így hosszabb időszakokat is át tudnak vészelni élelem nélkül. Hátránya viszont, hogy nem megfelelő (pl. túl hideg, túl meleg) körülmények között drasztikusan le kell csökkenteni-



A Jávortó jellemző kétéltű élő- és szaporodóhely a Pilisben (*Sendula Timea* felvétele)

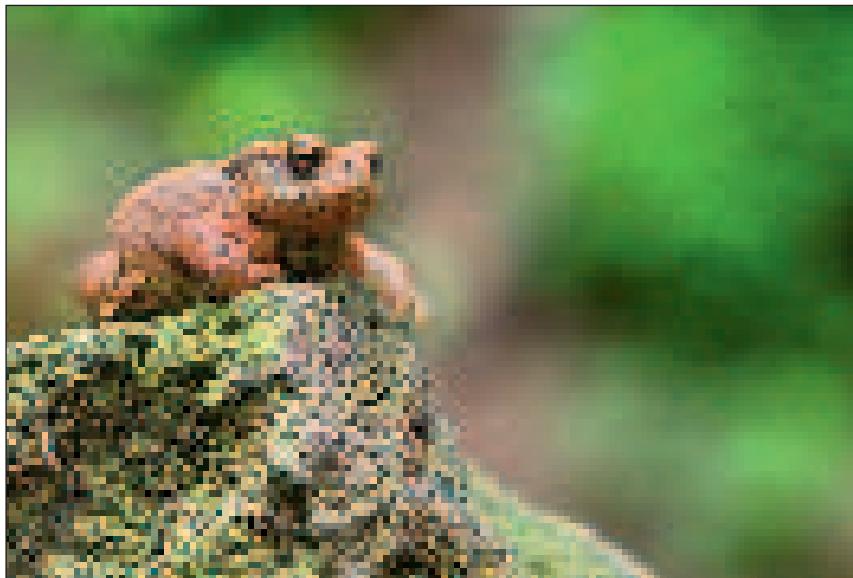
ük aktivitási szintjüket. Ilyenkor az állatok olyan helyet keresnek, ahol védve vannak a szélsőséges időjárási körülményektől. A trópusokra jellemző, hogy számos faj a száraz évszak közeledtével a földbe ássa magát (ezt hívjuk esztivációnak), egyesek még levedlett bőrrétegeikből gubószerű burkot is létrehozhatnak maguk körül, ezzel is csökkentve a kiszáradás veszélyét. A mérsékelt övben pedig télen, fagymentes helyeken, például avar alatt, földbe vájt üregekben, tavak fenekén, vagy éppen korhadó növényi törmelék között húzzák meg magukat, ahol lelassult anyagcserével, „takaréklángon” várják az enyhébb idő eljövételét. Ez a hibernáció.

Az esztiváció és a hibernáció időszak alatt az állatok nem vesznek magukhoz táplálékot, ezért egyes kutatók úgy gondolták, hogy a globális felmelegedés árthat a hibernáló kétéltűeknek, mivel a magasabb téli hőmérséklet miatt az állatok élettani folyamatai felgyorsulhatnak, több energiát vonva el a szervezettől. En-

nek következtében idő előtt felélhetik tartalékaikat és romolhat a kondíciójuk, ami a telelés után kezdődő nászidőszakban csökkenti a szaporodási sikert, vagy rosszabb esetben az egyedek pusztulásához is vezethet. Ezzel a feltételezéssel ellentétben ugyanakkor az is lehetséges, hogy az enyhébb telek kedveznek a hibernáló kétéltűeknek, mivel a fagypontnál alacsonyabb hőmérsékleteken túlélési esélyük is jelentősen csökken. Bár vannak olyan megfigyelések, amelyekben en-


yhébb teleken megnövekedett túlélési arányt tapasztaltak a természetben, csupán terepi vizsgálatokra támaszkodva nehéz az ok-okozati viszonyokat teljes bizonyossággal feltárni a környezeti hatások sokfélesége miatt. Egy ökoszisztéma felépítése rendkívül összetett lehet: a rendszer egyes tagjai kölcsönösen befolyásolják egymást, miközben a környezeti hatások másképpen hatnak az egyes tagok-

ra, vagy megváltoztathatják a köztük lévő kölcsönhatások irányát és erősségét. Képzelnünk el egy példát, amelyben a megemelkedett hőmérséklet hátrányosan érinti a békák túlélését, ugyanakkor egyes betegségek kórokozóit is. Ilyen esetben előfordulhat, hogy a hőmérséklet emelkedése – mindent egybevetve – a populációra nézve pozitív következményekkel jár a betegség megritkulása miatt. Egy-egy hatás meggyőző bizonyításához tehát kísérletes vizsgálatok is szükségesek, a klímaváltozás szerepét kétéltűek esetében azonban meglehetősen ritkán vizsgálják ilyen módon. Ezt a hiányt igyekeztünk pótolni az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézet Lendület Evolúciós Ökológiai Kutatócsoportjának tagjaként, a bécsi Konrad Lorenz Viselkedéskutató Intézet kutatóival karöltve egy olyan laboratóriumi kísérlet kivitelezésével, amelyben fiatal barna varangyok (*Bufo bufo*) különböző hőmérsékleten és különböző ideig teleltek.



Fiatal barna varangy (*Bufo bufo*) természetes közegében (Laczi Miklós felvétele)

beállított hűtőszekrényben a varangyok időnként fagypontra alatti, akár $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletet is tapasztalhattak, ami már alkalmas lehetett arra, hogy beindítsa az állatok szervezetében a fagy ellen védő élettani folyamatokat.

Kísérletünk eredménye bizakodásra ad okot, hogy a jósolt mértékű klímaváltozás segíteni fogja a mérsékelt öv kétélteit a telelés átvészelésében, és ez a kedvező hatás közvetetten megmutatkozhat a hibernációt követő nászidőszakban a szaporodási siker és a túlélési esély növekedésében is. Ugyanakkor fontos leszögezni, hogy az enyhülő tél csupán az érem egyik oldala, mivel a klímaváltozás az aszályos időszakok gyakoriságának növekedésével, valamint a nem őshonos, invazív fajok és a kétélteket világszerte pusztító fertőző betegségek terjedésének elősegítésével továbbra is nagy kihívások elé állítja ezt a veszélyeztetett állatcsoportot. 

A vizsgálatot az osztrák Tudomány- és Fejlesztésügyi Minisztérium Sparkling Science projektje (BMWF, SPA 04/171), az Európai Bizottság egy Marie Curie ösztöndíja (PCIG13-GA-2013-631722), valamint a Magyar Tudományos Akadémia „Lendület” programja (LP2012-24/2012) finanszírozta.

A varangyokat petekoruktól neveltük. Az ebihalakat természetközeli körülményeket biztosító kültéri „akváriumokban”, majd az átalakulás után erdős területen elkerített kifutókban tartottuk. Az őszi közeledtével begyűjtöttük, lemértük és két laboratóriumi hűtőszekrényben teleltettük át őket, amelyekben különböző hőmérsékleteket állítottunk be. Szakirodalmi adatok alapján a jelenlegi téli viszonyokat $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérséklettel, míg a XXI. század végéig a Közép-Európában várható felmelegedést $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ beállításával szimuláltuk. Azért, hogy vizsgálni tudjuk a hideg időszak hosszának hatását is, mindkét hűtőben az állatok felét három hónapig (91 napig) tartottuk, másik felét már két hónap (61 nap) után „felébresztettük téli álmából”. A telelés befejezése után az állatok átkerültek egy $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra beállított hűtőbe, így szimulálva a tavasz közeledtét, majd mértük a testtömegüket és megszámoltuk a túlélőket.

Összességében a varangyok 87,6%-a élte túl a hibernációt. Azt tapasztaltuk, hogy mind a magasabb hőmérsékletnek, mind a rövidebb ideig tartó hibernációnak kitett egyedek túlélése számottevően jobb volt (közel 100%-os), mint a hideg, hosszú téli körülmények között hibernáló társaiké (67%). Emellett a varangyok kondíciójára is pozitívan hatott az enyhébb tél. Azok az állatok, amelyek csak két hónapig teleltek, hőmérséklettől függetlenül jelentősen kevesebb súlyt veszítettek 3 hónapig telelő társaikhoz képest. Ezen felül, ha hosszabb ideig tartott a hibernáció, a $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on telelő állatok számottevően jobban tartották a súlyukat, mint a $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tartott varangyok. Tehát az alacsony hőmérséklet

erősítette a hosszú tél negatív hatását: a hosszú ideig, hideg körülmények között telelő állatok fogytak le a legjobban a hibernáció végére.



Teleléshez készülődő fiatal barna varangy a laborban

A békák elsősorban különböző zsírok és glikogént használnak energiaforrásként a telelés során, azonban a glikogén egyes fajoknál egy másik funkciót is ellát, mégpedig természetes fagyállóként megvédi az állatot, ha a környezet hőmérséklete fagypontra alá süllyed. Egyelőre nem ismert, hogy a barna varangy is képes-e a glikogént ilyen módon felhasználni, azonban az sokatmondó, hogy akár 22 órát is kibír $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on. Ennek megfelelően eredményeink egyik lehetséges magyarázata az, hogy a hosszú ideig $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on telelő állatok kétszeresen is felélték a glikogén-tartalékaikat, egyrészt a normál élettani funkciók ellátására, másrészt a fagy elleni védekezésre. Ugyanis az $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérsékletre

Irodalom

- Araújo, M.B., Thuiller, W., Pearson, R.G. (2006): Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *J. Biogeogr.* 33: 1712–1728 (2006)
- Houlahan, J.E., Findlay, C.S., Schmidt, B.R., Meyer, A.H., Kuzmin, S.L. (2000): Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404: 752–755
- IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA)
- IUCN (2009): Wildlife in a Changing World – An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species
- Üveges, B., Mahr, K., Szederkényi, M., Bókony, V., Hoi, H., Hettyey, A. (2016): Experimental evidence for beneficial effects of projected climate change on hibernating amphibians. *Sci. Rep.* 6, 26754; doi: 10.1038/srep26754