

A globális felmelegedés hatása az élővilágra

MOLNÁR CSABA

A globális felmelegedés ténye napjainkra sajnos vitathatatlanná vált. Tudományos közlemények sokasága igazolja, hogy a Föld átlaghőmérséklete évről évre növekszik, és ez a hőmérséklet-növekedés összhangban van a légkörben lévő üvegházhatást okozó gázok, elsődlegesen a szén-dioxid koncentrációjával. Az üvegházhatás alapvetően hasznos jelenség, hiszen emiatt marad viszonylagosan stabil bolygónk felszíni hőmérséklete. A légkörben lévő anyagok közül néhány (a szén-dioxid, a vízgőz, a metán például) visszaverik a földfelszínről visszaverődő napsugárzás egy részét, amely így újra melegíti a Földet. Azonban, mint sok más dologban, itt is a mértéken van a hangsúly. Túl sok ilyen anyag a légkörben túlmelegedést okoz, amely megváltoztatja a Föld éghajlatát. A változás hatásai nagyon sokrétűek: elolvadnak a sarki jégsapkák, emelkedik a tengerszint, megváltozik az időjárás. Közvetett hatásként pedig megváltozik az egyes élőhelyeken élő állatfajok viselkedése, mivel magatartásuk, csakúgy, mint minden más jellegzetességük, az adott környezetben való minél hatékonyabb túlélés és szaporodás érdekében alakult ki.

Az elmúlt évszázadban a Föld átlaghőmérséklete nagyjából 0,5 °C-kal emelkedett, és a legtöbb tudós szerint ezért az emberi tevékenység következtében a légkörbe jutó gázok, többek között a szén-dioxid okolható. Néhány kutató vitatja az adatokat, egyesek kétségbe vonják, hogy mindezért az ember a felelős, mindazonáltal a vezető kutatók nagy többsége körében mára konszenzus alakult ki az okokról és a következményekről. Az éghajlatváltozás pontos követése és regisztrálása a következmények mérséklése és a káros folyamatok esetleges jövőbeli befolyásolása szempontjából alapvető jelentőségű.

Az állatok viselkedésének (vonulási útvonalai, szezonális ritmusuk, populációméretük, egészségi állapotuk) tanulmányozása rendkívül fontos, mert az állatok túlélését, szaporodási esélyeiket a klíma alapvetően befolyásolja. A klímaváltozás minden „rezdülése” regisztrálható tehát az állatok magatartásának változásain keresztül. Terry Root a Stanford Egyetemről 2003-ban közölt cikket a tekintélyes *Nature* tudományos folyóiratban. Írásában rengeteg korábbi cikkben közölt adatot összesített, és majdnem 1500 állat- és növényfajt elemezve azt találta, hogy körülbelül 1200 faj esetében találtak olyan változásokat, amelyek nagy valószínűséggel a globális felmelegedés hatásait jelzik.

A kutatók szerint a magatartásra gyakorolt hatások nagy csoportokba oszthatók. A hatások első típusa a *populációk genetikai diverzitását* érintik. Fosszilis maradványokat elemezve látható, hogy a felmelegedés elősegíti a fajokon belüli genetikai sokféleség csökkenését azáltal, hogy befolyásolja a populációk közötti kapcsolatokat. Egy faj fennmaradása szempontjából az az ideális, ha nagy, összefüggő populációkban él, és e populációkban az egyedek szabadon keverednek egymással, így biztosítva a nagyfokú genetikai változatoságot. A diverzitás több okból is fontos. Egyrészt biztosítja azt, hogy egy esetleges környezetváltozás alkalmával is



Az aranyakál Európában vélhetően a klíma melegedésének hatására terjed észak felé (Kalotás Zsolt felvételei)

lesznek olyan egyedek, amelyek az új környezetben is sikeresek tudnak maradni, másrészt csökkenti a populáción belüli beltenyésztettséget, amely a genetikai eredetű betegségek gyakoriságának növekedéséért felelős.

A felmelegedés és az emberi tevékenység következtében eltűnnek az állatok természetes élőhelyei, és a fennmaradó foltok izolálódnak egymástól. Ez azt eredményezi, hogy a fajok egyes populációi is elszigetelődnek, közöttük megszűnik a géncseré, megindul bennük a beltenyésztéses leromlás. Úgy lehet ezt elképzelni, mint az „oszd meg és uralkodj” stratégiát. Az elzárt populációk nem képesek védekezni a külső és belső veszélyekkel szemben, és hamar kihalnak.

A hatások második csoportjába a *természetes események időbeli eltolódása* tartozik. A felmelegedés hatására a növények korábban virágoznak és hoznak gyümölcsöt, az állatok megváltoztatják vonulásukat, tojásrakásuk időpontját. Az azonos élőhelyen élő állat- és növényfajok rend-

kívül bonyolult kapcsolatban állnak: egymás táplálékait, a másik magvait szállítják, beporozzák virágait, búvóhelyet adnak a másoknak. A szoros kapcsolatban élő fajok az évezredek során egymáshoz alakultak, hogy minél hatékonyabban legyenek képesek kiaknázni a másik adta előnyöket. Ezt a fejlődési folyamatot koevolúciónak hívjuk. Ezek a kapcsolatok olyan erősek lehetnek, hogy például sok rovarfaj csak egyféle növényen képes táplálkozni, és számos növényt csak egy rovarfaj poroz be. Ezáltal előfordulhat, hogy bár egy faj maga nem érzékeny a klímaváltozásra, a vele kapcsolatban lévő másik faj életmenetében bekövetkező változás hatására megsínyli az éghajlatváltozást.

A nagy távolságokra vándorló fajok, köztük a költöző madarak igen nehéz helyzetbe kerültek a klímaváltozás miatt. Ezek a madarak őszi és tavaszi vonulásuk során többször leszállnak táplálkozni és pihenni, de az éghajlatváltozás hatására számos, erre eleddig alkalmas terület adottságai megváltoztak. A vizes élőhe-

lyeket az aszály vagy a gyakori áradások rombolják, így a madarak nem képesek elegendő táplálékot felvenni, legyengülnek. Afrikában a gyakori szárazságok miatt sok ember kényszerül elhagyni lakóhelyét, újabb területeket vonva be a mezőgazdasági művelésbe. Ezzel csökkentik a vadon élő fajok természetes élőhelyét, és akaratlanul is elősegítik az elsivatagosodást. Mindezek miatt a vonuló madaraknak évről évre nagyobb megerőltetést jelent a Szahara átszelése.

Mivel a vonuló madarak a téli kedvezőtlen időszak miatt költöznek melegebb éghajlatú területekre, ezért az egyre enyhébb telek azt eredményezik, hogy mind többen „döntenek úgy”, hogy a hosszú, kockázatos út helyett maradnak nyári élőhelyükön. Azonban ez sem veszélytelen, hiszen a klímaváltozás miatt gyakorivá válnak az extrém időjárási helyzetek, hirtelen jelentősen csökken vagy nő a hőmérséklet, viharok alakulnak ki (emlékezzünk arra, hogy július elején Ausztriában havazott, és néhány nap alatt 25 fokot csökkent a hőmérséklet). Így az áttelelő madarak azt kockáztatják, hogy egy hirtelen lehűlésben többségük elpusztulhat. A mégis a vonulást választók visszatérésükkor újabb nehézséggel találhatják magukat szemben: a maradé madarak, az enyhe idő miatt nagyobb arányban élnek túl a telet, és már a költöző madarak megérkezése előtt elfoglalhatják a legjobb fészkelőhelyeket.

változik a sótartalom, gyakoribbá válnak a száraz periódusok. Egyik tipikus példája a vízhiányt megszenvedő állatfajoknak az aranyvarangy, amely egykoron Costa Ricában volt honos, de a klímaváltozás következtében gyakoribbá és hosszabbá váló aszályos időszakok legyengítették, és védtelenné tették őket a fertőzésekkel és a betegségekkel szemben. Az aranyvarangy mára már kihalt. Hasonló végre számíthat az Egyesült Államokban élő nyugati varangy is, melyről kimutatták, hogy az éghajlatváltozás miatt megnövekedett UV-B sugárzás felelős a varangyok körében gyakoribbá váló fertőzésekért. A magas hőmérséklet intenzívebb párolgást okoz, aminek következtében csökken a vízszint azokban a kis tavacskákból, amelyekben a varangyok petéi fejlődnek. A sekélyebb víz miatt erősebb UV-B sugárzásnak vannak kitéve a peték, melyek közül sok elhal. Ezen kívül kevésbé lesznek ellenállóak a betegségekkel szemben.

A fajok anatómiai jellemzői is megváltozhatnak az emelkedő hőmérséklet miatt. A testméret, hasonlóan a többi jellegzetességhez, függ az adott élőhely környezeti viszonyaitól. Általános szabályszerűség (Bergman-szabály), hogy a rokon állatfajok hidegebb éghajlaton nagyobbra nőnek, mint melegebb élőhelyen (gondoljunk csak a sarkvidéki, és az északabbra élő pingvinfajokra). Ennek oka, hogy a nagyobb testméretű állatok testtömegre

vonkoztatott relatív testfelülete kisebb, mint egy kisebb méretű állat (hiszen a testtömeg köbösen nő, míg a felület csak négyzetesen). Így a melegebb élő fajok egységnyi testtömegre jutó hőleadása nagyobb lehet, amely segíti a hőháztartásuk egyensúlyának fenntartását, a túlmelegedés elkerülését. *Philip Gingerich*, a Michigani Egyetem kutatója 55 millió éves (egy felmelegedési periódusból származó) lókövületeket vizsgálva úgy találta, hogy a felmelegedés hatására a fajok egyre kisebbek lettek. A testméret-csökkenést az is okozhatta, hogy a szén-dioxidban dús környezetben élő növények (a lovak táplálékai) kevesebb fehérjét, viszont több méreganyagot tartalmaztak.

A hosszabb távú mozgásra képes fajok elvándorolhatnak korábbi élőhelyeikről a hidegebb tájakra, melyeknek megváltozott éghajlata hasonlít korábbi élőhelyük volt klímájára. Ezt tehetik úgy, hogy korábbi élőhelyükről teljesen eltűnnek, de az is elfordul, hogy ott is megmaradnak, kihasználva, hogy a megváltozott hőmérsékleti viszonyoknak köszönhetően immár nagyobb területen váltak számukra elviselhetővé az időjárási körülmények. Mikor egy új (ún. invazív) faj terjeszkedik egy élőhelyen, az ott korábban is honos fajok helyzete is megváltozik. Ha alkalmas táplálékfajok a jövevény számára, számuk megtizedelődhet az új ragadozó miatt, ha pedig hasonló funkciót töltenek be az ökoszisztémában, versengés (kompetíció) indulhat be közöttük, és ennek végén gyakran kiszorul az élőhelyről a régebbi faj. Ez történik mostanában a sarki rókával, amely a benyomuló vörös róka-populációval vívott versenyben vesztesre áll.

A globális felmelegedés hatásai talán a sarki régiókban a legszembetűnőbbek. Mindannyian láttuk már sokszor, amint hatalmas jégdarabok hullnak bele a tengerbe az olvadás miatt. Az északi jégsapka (mely alatt nincs összefüggő szárazföld) évről évre fogyatkozik, és egyes modellszámításokon alapuló borúlátó becslések szerint, ha nem változik meg drasztikusan a felmelegedés üteme, akár 2020-ra (tehát 13 év múlva!) el is olvadhat. Természetesen az élőhely ilyen mérvű megváltozásakor az élővilág is krízishelyzetbe kerül, így vált a globális felmelegedés elleni küzdelem egyik legfontosabb szimbólumává az utóbbi években a jegesmedve. Az elmúlt 20 év felmérései azt mutatják, hogy a Föld jegesmedve-állománya két szempontból is veszélyben van. Egyrészt számuk ez idő alatt 25 százalékkal, 33 000-ról 25 000-re csökkent, másrészt a fizikai állapotuk is romlott. Túlélésükhöz hatalmas mennyiségű zsírt kell felhalmozniuk, amely melegíti őket, és energiatakaréként szolgál, viszont az elmúlt években a medvék egyre soványabbak, különösen a nőstények. A jég olvadásával egyre töb-



A globális felmelegedés legnagyobb kárvallottjai a kétéltűek lehetnek

A táplálékért való versengést az is fokozza, hogy a tavasz korábbi érkezésével a növények és a rovarok is korábban aktivizálódnak, azonban ennek időpontja nincs szinkronban a madárfiókák kelésének időpontjával. Így amikor a fiókáknak szükségül lenne táplálékra, a rovarlárva már túljutottak fejlődésüknek azon szakaszán, amikor a kismadarak el tudták volna

fogyasztani őket. Egy holland vizsgálat kimutatta, hogy az Afrikában telelő kormos légykapó populációja megtizedelődik, amikor a meleg miatt korábban kelnek ki a rovarlárvaik.

Talán a vízi életmódot folytató fajok túlélését befolyásolja a legsokrétűbben a változó éghajlat. A felmelegedés következtében nő a vízhőmérséklet, a párolgás,

bet, néha 50-100 km-t kell úszniuk, míg egy olyan jégtáblát találnak, amely elbírja őket. A nagy távolság és a legyengültség együttesen okozhatta több medve halálát is, amelyek – eddig példátlan módon – egyszerűen megfulladtak a tengerben.

Sokak azt gondolhatják, hogy a globális felmelegedés hatásai inkább csak a sarki területeken érződnek, ott is csak néhány állat, növény élete alakul át kissé. Mások úgy vélik, hogy életüket nem érinti a klímaváltozás, vagy ha igen, annak hatásai inkább pozitívak: kevesebbet kell fizetni a fűtésért, nő a Balaton hőmérsék-



Kormos légykapó

lete stb. Mindezek miatt talán eltúlzottnak tekinthetik a felmelegedés által veszélyeztetett fajokra irányuló figyelmet, és a megmentésükre költött sok-sok pénzt.

Az egyes állatok, növények azonban mind részei az adott terület ökológiai hálózatának. Vannak, amelyek növényeket, mások állatokat esznek, őket pedig más fajok fogyasztják el. Ha kiesik a rendszer egy eleme, az egész hálózat megváltozhat. A helyzetet csak nehezíti, hogy egyre gyakoribbá válnak az extrém időjárási viszonyok, az aszályos hónapok és a heves viharok, amelyek mind csökkentik a termésátlagokat, így – hosszabb távon – élelmünk biztonságát, ami már mindannyiunk életét érinti. Egy szó, mint száz: saját élőhelyünket kell megmenteni, hiszen csak ez az egy adatott nekünk.