

Bajomi Bálint

A biológiai sokféleség és jelentősége

Jelenlegi ismereteink szerint Földünk az egyetlen, életnek otthont adó bolygó. Az evolúció során az élet egykori, viszonylag egyszerű csíráiból mára páratlanul változatos és összetett bioszféra alakult ki. Az utóbbi évszázadokban az emberi tevékenység nyomán veszélybe került e komplex rendszer számos eleme. Bár az ökológiai rendszereknek változatosságukon kívül sok más lényeges jellemzőjük is van, ezen tulajdonság szerepe mégis központi. Cikkemben először a „biológiai sokféleség” kifejezés jelentését járom körbe, majd a sokféleséget veszélyeztető emberi hatásokat mutatom be röviden. Az utóbbi években különböző médiumokon keresztül szinte mindenkihez eljuthattak információk a biodiverzitás válságáról és a sokféleséget veszélyeztető tényezőkről – ennek ellenére hasznos lehet egy rövid összefoglaló a témáról az újabb tudományos eredmények figyelembevételével. A cikk második felében térek rá a diverzitás ökológiai és társadalmi jelentőségére.

Mit értünk biológiai sokféleségen?

A *biológiai sokféleség*, más néven *biodiverzitás* fogalma az utóbbi két évtizedben az ökológiai válság jeleinek szaporodása nyomán vonult be a szakmai és társadalmi köztudatba. Jelentése igen tág: az élőlények sokféleségének teljességét írja le. Lefedi az élet minden megjelenési formájának (állat, növény, gomba, mikroorganizmus stb.), illetve a hierarchikus biológiai szerveződés minden egyed feletti és alatti szintjének sokféleségét. Leggyakrabban a fajok változatosságáról, illetve a genetikai diverzitásról, tehát a fajon, populáción belüli genetikai változatosságról esik szó.

A biológiai sokféleséget több szempontból is jellemezhetjük: (1) a félélésegek (például fajok, populációk vagy gének) számával; (2) az egyenletességgel, azaz a félélésegek relatív gyakoriságával; (3) a félélésegek különbözőségének fokával; (4) a megfigyelhető térbeli és (5) időbeli mintázatokkal.

Nézzünk egy példát a fentiekre! Egy virágos réten nagyobb a biodiverzitás, mint egy búzaföldön, hiszen nagyobb a fajok száma (1). Ugyanakkor két, azonos fajszámú rét változatossága, diverzitása is különbözhet egymástól: ahol mindegyik faj hasonló egyedszámban képviselteti magát, ott a diverzitás nagyobb, mint ahol az egyik faj tömeges, a többi pedig csak kis számban nő. Ebben az esetben a két terület egyenletessége különbözik (2). Amikor a fajszám és az egyes fajokhoz tartozó egyedek száma is azonos, még mindig eltérhet a változatosság: például ha az egyik réten csak szegfűfélék nőnek, a másikon viszont tárnicsokat, orchideákat és füveket is találhatunk. Az utóbbi esetben nagyobb a sokféleség, mivel nagyobb a félé-

ségek különbözősége (3). A diverzitás további összetevője a térbeli mintázat: ha a különböző fajokhoz tartozó egyedek keverednek, nagyobb a sokféleség, mint amikor elkülönülnek (4). Az ötödik jellemző az időbeli mintázat, például a társulások diverzitásának az évszakokhoz köthető változása (Takács-Sánta [1999]).

Az öt összetevő közül az alábbiakban főként az elsővel fogunk foglalkozni, ezen belül pedig a fajok sokféleségével, mivel a globális biodiverzitással kapcsolatos vizsgálatok legtöbbje erre koncentrált.

A biodiverzitás drámai csökkenése és az emberi tevékenység

Az emberi tevékenység hatására egyre növekszik a biológiai sokféleségre nehezedő nyomás. A földi élet története során mindig is előfordultak kihalások, ugyanakkor az ember megjelenése előtt – leszámítva egyes kihalási periódusokat – a fajok keletkezésének sebessége meghaladta a kihalások sebességét. Manapság viszont a fajok kipusztulási üteme a korábbinak 100–1000-szeresére emelkedett. A múlt században valószínűleg több mint kétszázötvenezer faj halt ki; ebben az évszázadban ennek 10–20-szorosára lehet számítani. A kihalások üteme hatvanötmillió éve – amikor többek között a dinoszauruszok is kihaltak – nem volt ilyen magas. Az ökológusok között általános vélemény, hogy jelenleg a földtörténet hatodik nagy kihalási időszakát éljük; egyes szerzők szerint a biodiverzitás jelenlegi pusztulása a földtörténet során eddig soha nem tapasztalt, katasztrofális ütemben folyik.

A fenti riasztó adatokra válaszul gyakran hozzák fel ellenérvként a dokumentált kihalások alacsony számát: eddig összesen 1139 állat- és növényfajt minősítettek véglegesen kihaltnak. Az ellentmondás csak látszólagos. Ma mintegy 1,6 millió leírt fajt tart nyilván a tudomány, ez minden bizonnyal a létező fajoknak csak egy töredéke. A jelenlegi legjobb becslések szerint körülbelül 14 millió faj élhet a Földön. Bolygónk fajainak jelentős része – a becslések szerint 90%-a – tehát ismeretlen a tudomány számára. Ráadásul gyakran nehéz pontosan megállapítani, hogy egy már leírt, de régóta nem látott faj kihalt-e. További probléma, hogy a fajok legnagyobb része a trópusokon él, ahol kevés a rendszertannal foglalkozó kutató. A kipusztuló fajok nagy része tehát „észrevétlenül” tűnik el, a tényleges kihalások száma nagyságrendekkel magasabb a dokumentáltakénál (Diamond [1989]; Novacek–Cleland [2001]; Pimm et al. [1995]; Standovár–Primack [2001]; Woodruff [2001]).

A továbbiakban megvizsgáljuk, hogy miként csökkenti az emberi tevékenység a biodiverzitást.

Az élőhelyek átalakítása

Ma a fajok kihalásának elsődleges oka az élőhelyek átalakítása. Európában és Észak-Amerikában az élőhely-átalakítás és -pusztítás java már végbe ment; jelenleg a leginkább fajgazdag trópusi élőhelyek pusztulnak gyors

ütemben. Az összes faj kétharmada a trópusokon, ezen belül is nagyrészt az esőerdőkben fordul elő. Ezen társulások eredetileg 14–18 millió négyzetkilométert foglaltak el a Föld felszínén; mára ennek csak a fele maradt meg; öt-tíz évente újabb egymillió négyzetkilométer esik az ember áldozatául (Pimm–Raven [2000]; Woodruff [2001]).

A Föld éghajlatának megváltoztatása

Az emberi tevékenység hatására bolygónk klímájának jelentős módosulása várható. Az éghajlatban természetesen már korábban is voltak változások, ám a mostani melegedés igen gyors üteme könnyen földtörténeti precedens nélkülivé válhat. A korábbi felmelegedési periódusokat a fajok jelentős része át tudta vészelni, mivel élőhelye fokozatosan tolódott el a sarkok felé. Ugyanakkor ma, az ember által nagymértékben átalakított tájakon keresztül valószínűleg sok mérsékelt övi faj nem lesz képes több száz kilométerrel „elmozdulni” a sarkok felé. A klíma-előrejelzéseken alapuló számítások szerint 2050-re a felmelegedés a szárazföldi fajok 18–35%-ának kipusztulását okozhatja, így ez a tényező válik a diverzitást csökkentő okok legfontosabbikává (Thomas et al. [2004]; Woodruff [2001]).

Beavatkozás az elemek körforgásába

A műtrágyázás és más emberi tevékenységek nyomán megnőtt az élőlénytársulások számára elérhető nitrogén és foszfor mennyisége; a mezőgazdasági területeken a talajból kimosódó tápanyagok mennyisége a korábbi szint többszörösére növekedett. Ez a szárazföldi vizes élőhelyek, folyótorkolatok és a tengerek partmenti zónájának eutrofizálódásához (tápanyagokban való feldúsulásához) vezet, melynek során egyes algfajok elburjánzása miatt a víz oxigéntartalma csökken és az eredetileg jelenlévő fajok közül sok eltűnik.

Az elmúlt három évszázadban 30%-kal nőtt a légköri széndioxid-koncentráció, ennek fele az utóbbi negyven évben történt. Egyes növényeket ez előnyösen érint, így nagymértékben elszaporodnak; azon fajok viszont, amelyek nem képesek lépést tartani a változásokkal, háttérbe szorulnak, kipusztulnak.

Az emberi tevékenység – ipar, közlekedés, mezőgazdaság – nyomán számos további káros vegyi anyag kerül a levegőbe, a vizekbe és a talajba; ezek változatos módon károsíthatják az élővilágot. Közismert példa a rovarirtó szerként használt DDT (diklór-difenil-triklór-etán), amely a táplálékláncba bekerülve az embernél is kimutatható egészségkárosodásokat okozott. A légkörbe kerülő kén-dioxid, nitrogén-oxidok és más vegyületek nyomán jelentkező savasülepedés,* illetve a felszínközeli ózon Európa nagy területein okozta az erdők károsodását (Chapin et al. [2000]; Kerényi [2003]).

* Savképző vagy savas kémhatású szennyező anyagok talajra ülepedése a légkörből. (A szerk.)

Az idegenhonos fajok inváziójának elősegítése

Az emberi tevékenység, főleg a növekvő emberi mobilitás miatt erőteljesebbé vált a korábban biológiai szempontból elszigetelt térségek közötti fajcsere és az idegenhonos fajok térhódítása. Első ránézésre a befogadó társulás fajgazdagsága növekszik a behurcolt (adventív) fajokkal. Ugyanakkor néhányuk nagymértékben elszaporodik, és invazív válik. Az invazív fajok őshonos fajokat szoríthatnak ki versengés, predáció, parazitizmus vagy más mechanizmusok útján, így hosszabb távon csökkentik a társulás fajgazdagságát. Sok olyan esetet ismerünk, amikor a behurcolt faj elszaporodása nyomán az ökológiai rendszer nagyban elszegényedett – ez történt például a Fekete-tengerben a fésűs medúza (*Mnemiopsis leidyi*) megtelepedése után. Globális szinten az inváziók nagyban hozzájárulnak a bioszféra „homogenizálódásához” (Chapin et al. [2000]; Standovár–Primack [2001]; Woodruff [2001]).

Túlvadászat, túlhalászat, túlgyjűjtés

A történelem során az ember számos fajt pusztított ki, illetve ritkított meg az adott faj túlzott vadászatával, halászatával, gyűjtésével. Néhány példa: Új-Zélandon a maorik a nagyméretű, röpképtelen madarak, a moák 12-13 fajtát pusztították ki. 1600 óta ötven nagyméretű emlősfaj és alfaj pusztult ki túlvadászat következtében. A legtöbb cetfaj egyedszáma a korábbi érték töredékére zuhant a bálnavadászat miatt. Sok faj vesztes megfogyatkozásáért a legális és gyakran illegális kereskedelem felelős (Diamond [1989]; Standovár–Primack [2001]).

Másodlagos kihalás

Egy faj eltűnését egyes esetekben további, vele szoros ökológiai kapcsolatban lévő fajok kihalása követheti. Sok növényfaj beporzását például csak egyetlen rovarfaj végzi; a rovar kihalása a növény sorsát is megpecsételi.

A sokféleséget csökkentő hatások nemcsak egyszerűen összeadódnak, hanem egymást erősítik, szinergista hatásúak – ez tovább súlyosbítja a bioszféra fenyegető veszélyeket.

Miért fontos a biológiai sokféleség megőrzése?

A biodiverzitásnak alapvető ökológiai szerepe van

A sokféleség szerepét jól összefoglalják *Vida* Gábor szavai: „*Tudomásul kell vennünk, hogy a földi bioszféra csodálatos rendszere nagyszerűen működött az ember előtti évmilliók során. (Legalább 400 millió éve van szárazföldi vegetáció, míg a tengeri élet több mint 3 milliárd éves!) Olyan szabályozási rendszer alakult ki, amely biztosította az élet fennmaradását sokszor a legdrasztikusabb változások (például aszteroid becsapódás) ellenére is. E rendszer alapvetően a biodiverzitásra épített. Ezeknek az öko-*

rendszereknek a szerkezetét és működését még ma is mutatják a természetes élőlényközösségek. Több ezer faj genetikailag is változatos populációi szerveződnek bonyolult táplálékhálózattá, melyben az energia áramlása anyagciklusokat mozgat, példaként szolgálva a ma úgy óhajtott hatékony és fenntartható gazdálkodás megvalósításához.” (Vida [2000])

A nagyobb diverzitás sok esetben a növénytársulások nagyobb produktivásához vezet. Ökológiai kísérletek szerint a növénytársulás diverzitását megfelelően 10–20%-kal csökken a társulásban képződő szerves anyag mennyisége. Az egyetlen fajjal beültetett parcellának több mint 50%-kal kisebb a produktivitása, mint egy 24–32 fajt tartalmazó parcelláé. Kisebb fajgazdagság esetén egyes tápanyagok könnyebben kimosódnak a talajból, ami csökkenti a talaj termékenységét (Tilman [2000]).

A biológiai sokféleség az evolúció egyik alappillére: a természetes szelekció a jelenlévő változatokból válogatja ki a leginkább rátermetteket. A genetikai változatosság még viszonylag állandó környezet esetén is szükséges egy faj túléléséhez a beltenyésztés káros hatásainak elkerülése végett. A környezet változása esetén pedig azok az egyedek maradnak meg és szaporodnak tovább, amelyek képesek alkalmazkodni a változásokhoz. Nagyobb sokféleség esetén természetesen nagyobb az esély az alkalmazkodásra. Ez a folyamat nagyobb léptékben is megmutatkozik – ha egy élőlényközösségben magasabb a fajok száma, nagyobb eséllyel akad a változásokhoz alkalmazkodni képes faj.

Saját jövőnk, jólétünk is függ a biodiverzitástól

Az előző pontban láttuk, hogy az élőlényközösségek működésében kulcs szerepet játszik a sokféleség. Ugyanakkor az emberi társadalom működése az élővilág által nyújtott adományoktól függ. Ebből következik, hogy a biodiverzitás az ökológiai közösségek működésén keresztül nagymértékben befolyásolja az emberiség jólétét.

A természet adományai rendkívül sokfélék. Egyesek közülük közvetlenül felhasználható *materiális javak*, melyekhez az élőlények biomasszájának közvetlen hasznosításával jutunk. A materiális javak maguk az élőlények, bizonyos részeik, illetve szervezetük bizonyos anyagai. Ilyenek például az élelmek és élelmiszer-ipari alapanyagok, a gyógyhatású anyagok és gyógyszer-alapanyagok, a textilipari alapanyagok, a biomassza-energia. Ezekhez általában konkrét gazdasági értéket lehet rendelni, amely egyéknél, jól körülhatárolható csoportoknál jelentkezik és viszonylag könnyen számszerűsíthető.

Ugyanakkor az élővilág számos adománya, *szolgáltatása* – bár szerepe alapvető az emberiség fennmaradása szempontjából – az egész társadalom előnyére szolgál, így nehezebb kimutatni, és általában nem kapcsolódik hozzá konkrét piaci érték. Szolgáltatásnak nevezzük az élőlények és közösségeik által létrehozott mindazon állapotokat és folyamatokat, melyek

nélkülözhetetlenek az emberi élethez, gazdagítják azt, és értéket jelentenek az emberi társadalmaknak. Ezen állapotok és folyamatok lehetnek emberi beavatkozástól mentesek, de ember által irányítottak is. Leggyakrabban nem különálló fajok tevékenységéről van szó, hanem egész közösségek vagy populációk közötti kapcsolatok által létrejövő szolgáltatásokról (például a talaj létrehozása).*

Felelősök vagyunk

Egy új filozófiai irányzat, a környezeti etika szerint a biodiverzitás megőrzése mellett komoly etikai érvek is szólnak. E megközelítés szerint nincsen jogunk fajok ezreit elpusztítani, hiszen az állatoknak, növényeknek is joguk van az élethez – vagy legalábbis ahhoz, hogy fajként ne pusztítsák ki őket.

Minden faj egyszeri és megismételhetetlen. Elképzelhető, hogy a jövőben lehetséges lesz egy-egy faj újraélesztése, de képtelenség azt gondolni, hogy ez megvalósítható lenne fajok ezreivel.

Felelősséget kell viselnünk utódainkért is, hogy egy jó állapotban lévő bolygón élhessenek ők is. A rövid távú hasznokért véghezvitt esztelen pusztítás saját gyermekeink, unokáink életésélyeit csökkenti (Ehrlich–Wilson [1991]; Elton [1958]; Standovár–Primack [2001]).

Spirituális kapcsolat a természettel

Számos tradicionális társadalom képes volt sikeresen együtt élni környezetének gazdag állat- és növényvilágával, mert értékrendjük alapján megbecsülték a vadon állatait és növényeit még akkor is, ha szükségleteik kielégítésére hasznosították őket vagy „kölcson vették” élőhelyüket.

Több vallás követői elítélik Isten teremtményeinek kipusztítását, és az élet bármilyen formájának károsítását. A Bibliának is lehetséges olyan olvasata, hogy Isten minden teremtményét szereti, s az ember kitüntetett szerepe nem az, hogy uralkodjon a természet felett, hanem az, hogy jó gazdaként sáfárkodjon vele (Elton [1958], Standovár–Primack [2001]).

Intellektuális kihívás

A bioszféra működéséről csak igen korlátozott ismereteink vannak. Mint az a fajok számáról szóló bekezdésből kiderült, még a rendszer összetevőinek számáról is csak hozzávetőleges képünk van – a bioszféra szintjén zajló bonyolult folyamatok, kölcsönhatások átlátásától, megértésétől pedig még távolabb vagyunk. A természet még sok izgalmas felfedezést, csodálatos meglepetést tartogat számunkra – ha meghagyjuk a normális működéséhez szükséges feltételeket. A bioszféra tanulmányozásával sok új ismeret szerezhetünk saját magunk és a világ kapcsolatáról, az evolúcióról és történeti múltunkról. Egy-egy faj kihalásával örökre elvesznek azok az

* A témáról bővebben olvashatunk Gonczlik Andrea cikkében ebben a számban. (A szerk.)

információk, amelyekhez segítségükkel juthatnánk. Szomorú, hogy legközelebbi főemlős rokonaink nagy részét a kihalás fenyegeti. Pedig genetikai állományuk, viselkedésük és más tulajdonságaik kutatása sok fontos ismeretet nyújt az emberiség és az állatvilág kapcsolatának, saját evolúciós múltunknak a megértéséhez.

Zárszó

Az élővilág pusztítása során általában a rendelkezésre álló ökológiai tudást sem vesszük figyelembe – ezáltal tulajdonképpen vaktában iktatjuk ki egy rendszer alkotóelemeit. Korábbi tapasztalat híján nehéz megmondani, hogy a rendszer miképp fog reagálni a további pusztításra – például elérünk-e egy olyan ponthoz, ahol a természet már nem tudja biztosítani számunkra eddigi adományait.

Jelenben hozott döntéseink igen nagy horderejűek. Ha továbbra is az eddigi, rossz irányba vezető úton haladunk, igen nagy környezeti kockázatokkal kell számolnunk. Vagyis – még akkor is, ha nem vagyunk tisztában a fenyegető veszélyek minden részletével – érdemes utunkat a kisebb veszélyeket rejtő irányban folytatnunk. Ezen az úton vélhetőleg jóval kevesebb gazdasági és egyéb áldozatot kell hoznunk, mint amilyen súlyos következményekkel egy katasztrófa jár.

HIVATKOZÁSOK

Chapin, F. S. – Zavaleta, E. S. – Eviner, V. T. – Naylor, R. L. – Vitousek, P. M. – Reynolds, H. L. – Hooper, D. U. – Lavorel, S. – Sala, O. E. – Hobbie, S. E. – Mack, M. C. – Díaz, S. [2000]: *Consequences of Changing Biodiversity*; Nature 405, 234–242. o.

Diamond, J. M. [1989]: *The Present, Past and Future of Human-caused Extinctions*; Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B 325-ös sorozat, 469–477. o.

Ehrlich, P. R. – Wilson, E. [1991]: *Biodiversity Studies – Science and Policy*; Science 253, 758–762. o.

Elton, C. S. [1958]: *The Reasons for Conservation*; in: Elton, C. S. (szerk): *The Ecology of Invasion by Animals and Plants*; Chapman and Hall, London, 143–153 o.

Kerényi A. [2003]: *Európa természet- és környezetvédelme*; Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest

- Novacek, M. J. – Cleland, E. E. [2001]: *The Current Biodiversity Extinction Event – Scenarios for Mitigation and Recovery*; PNAS 98 (10), 5466–5470. o.
- Pimm, S. L. – Raven, P. [2000]: *Extinction by Numbers*; Nature 403, 843–845. o.
- Pimm, S. L. – Russell, G. J. – Gittleman, J. L. – Brooks, T. M. [1995]: *The Future of Biodiversity*; Science 269, 347–350. o.
- Standovár T. – Primack, R. [2001]: *A természetvédelmi biológia alapjai*; Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Takács-Sánta A. [1999]: *A nélkülözhetetlen sokféleség I.*; Cédrus 2 (10), 3–5. o. (<http://www.tabulas.hu/cedrus/1999/10/merito.html#teteje>)
- Thomas, C. D. – Cameron, A. – Green, R. E. – Bakkenes, M. – Beaumont, L. J. – Collingham, Y. C. – Erasmus, B. F. N. – Siqueira, M. F. D. – Grainger, A. – Hannah, L. – Hughes, L. – Huntley, B. – Jaarsveld, A. S. V. – Midgley, G. F. – Miles, L. – Ortega-Huerta, M. A. – Peterson, A. T. – Phillips, O. L. – Williams, S. E. [2004]: *Extinction Risk from Climate Change*; Nature 427, 145–148. o.
- Tilman, D. [2000]: *Causes, Consequences and Ethics of Biodiversity*; Nature 405, 208–211. o.
- Vida G. [2000]: *A természetvédelem kettős arca*; in: Gadó György P. (szerk): *A természet romlása, a romlás természete*; Föld Napja Alapítvány, Budapest, 7–14. o.
- Woodruff, D. S. [2001]: *Declines of Biomes and Biotas and the Future of Evolution*; PNAS 98 (10), 5471–5476. o.