

# Többszemközt az evolúcióval

## BEVEZETŐ GONDOLATOK

Varga Zoltán

professor emeritus, a biológiai tudomány doktora,  
Debreceni Egyetem Természettudományi Kar Evolúciós Állattani Tanszék  
varga.zoltan@science.unideb.hu

Az evolúció a modern természettudományban olyan általános rendező elv, *paradigma*, amelyet követve az általános anyagfejlődéstől kezdve az emberi megismerés kialakulásáig a jelenségek és folyamatok legszélesebb körét érthetjük meg. Ezt fejezi ki az evolúciobiológia egyik meghatározó személyisége, Theodosius Dobzhansky egy sokat idézett mondata, mely szerint „a biológiában bármi is csak az evolúció fényében válik érthetővé”.

Az evolúciós szemlélet a biológiai sokféleség megértésének az alapja is. Molekuláris szinten a sokféleség kulcsa az információhordozó-átörökítő polinukleotid molekula önreprodukciója és az eközben létrejövő variációk. Ez az önreprodukció elvben rendkívül pontos, invariáns, ám benne van a variáció lehetősége is. Mint ahogy egy természettudományos kísérletnek is elvben megismételhetőnek kell lennie, adott körülmények között meghatározott módon kell lezajlania. Mégis szükség van a kísérleti eredményeink statisztikai értékelésére: valóban úgy zajlott-e le a kísérlet, valóban az lett-e az eredménye, amit elméleti megfontolások alapján elvártunk?! A gondolati párhuzam ott folytatódhat, hogy az információhordozó molekula igen pontos,

de bizonyos szintű variációt megengedő „másolódásának” és továbbadásának is van „statisztikai értékelése”. Ez pedig a változatok túlélése és továbbzaporodása, pontosabban ezek az esélye az egymást követő nemzedékek sorozatában.

A túlélés és továbbzaporodás pedig tömegjelenség. (Mint ahogy sem a *sonakozó!*, sem az *oszolj!* vezényszót nem tudja végrehajtani Svejik barátunk, bármily derék katona...) Ha osztódó sejtekről beszélünk, csakis a sejtek „népességében”, sejtpopulációban értelmezhető a folyamat, ahogyan például egy baktériumpopulációban a rezisztens alakok elszaporodása végbemegy. A sejt népesség változásának egyik, többszörösen megvalósult útja a soksejtűség kialakulása (Michod, 2007). A soksejtűség evolúciójában a sejtek egy része „lemond” a saját szaporodásáról, ehelyett az anyagforgalmat és energiaáramlást szolgálja, egyúttal – mint halandó test – védi és táplálja a nemzedékek közötti információáramlást hordozó szaporítósejteket. Ennek a differenciálódásnak az „ára” a véges élettartamú sejtek egyediségének elvesztése, a soksejtűség munkamegosztásába való integrálódása. Ezen alapszik az egyediség evolúciója a többsejtű

teleptesttől a szövetekre–szervekre–szervrendszerekre tagolt, a magasabb szintű munkamegosztást megvalósító organizmusokig. A sejt-szintű „konfliktus” tehát az organizmus szintjén már kooperációként oldódik meg mint az evolúció egyik „nagy átmenete” (West et al., 2015).

A Magyar Tudomány Hónapja 2015. novemberi biológiai előadásainak központi témája az evolúció 3,5 milliárd éve (*Hétmérföldes csizmával az evolúciós tájképen*), hívószava éppen a kooperáció volt. Úgy gondoltuk, hogy előadásorozatunkban az evolúció sokszínűségét mutatjuk be, a genetikai információ alapegységeitől, a génektől kezdve a törzsfajlódás „fa”-ként ábrázolható mintázataig, és az állati testszerveződés egyszerű alapelveitől az emberi személyiségek és csoportjaik kooperativitásáig. Előadás-sorozatunk mind ezeknek nyilván csak egyes részleteit, részaspektusait villanthatta fel. Az evolúciókutatás bármelyik részterületéről szóljon is azonban egy-egy előadás, mindig vannak bennük figyelemre méltó közös mozzanatok. Az egyik ilyen, hogy a szerveződésnek – ugyanúgy, mint az állati test szimmetriájának – egyszerű alapelvei vannak. Bizonyos struktúrák közös genetikai alapokon, de más-más egyedfejlődési „epigenetikus környezetben” ismételtelen kialakulhatnak, ha túlélési előnyrel járnak, mint például a közös ősgének távoli filogenetikai ágakon bekövetkező manifesztálódásai a fejlábú (polip) és a gerinces állat hólyagszemenének létrejötté során, vagy, ahogy a cerebralizáció, az egyszerű központi idegrendszer is létrejött egymástól független előzményekből az állatvilág legalább három, teljesen eltérő nagy filogenetikai egységében (Northcutt, 2006, 1. ábra).

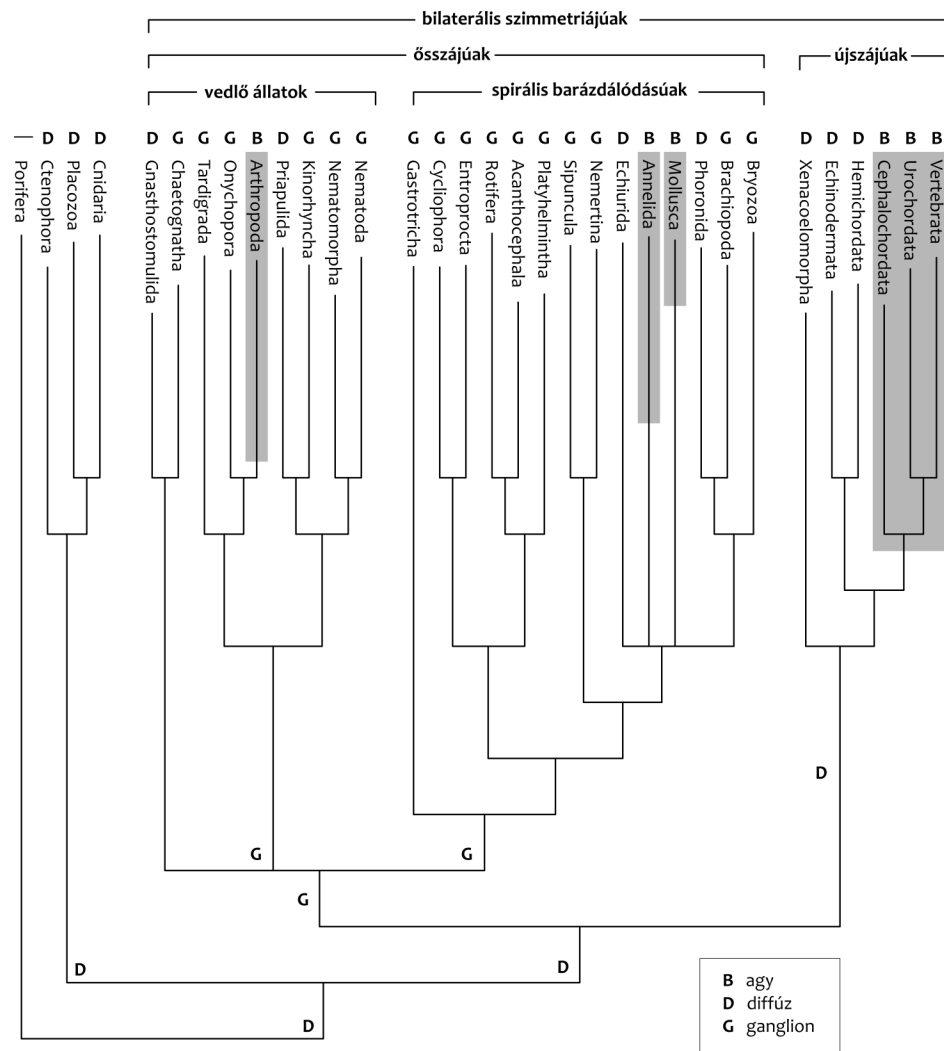
Az evolúciobiológia örök kérdése, hogy mennyire *egyedi és egyszeri* a földi élet. Habár

feltehető, hogy az élet kialakulásának kezdeti szakaszában a Föld nem volt kivételezett helyzetben (lásd: Mars-kutatási eredmények), mégis Földünk az egyetlen égitest, amelyről biztosan tudhatjuk, hogy bioszférája van, amelyet élőlények változatos, sokrétűen szervezett együttese, közösségei népesítenek be, és amelyre az élővilágnak az a *sokfélesége* jellemző, amelynek – a különféle genetikai információkat hordozó fajok sokasága ellenére – a *genetikai kód révén általános, egységes princípiuma van*. Ez a sokféleség a különböző szintű biológiai egediségek önreprodukciója, vagyis *elágazó folyamatok révén jön létre*, ezáltal sajátos történetisége van. A történetiség *egyszerisége* és a létrejövő biológiai objektumok *egedisége* mögött mégis mindenütt bizonyos általános, *ismétlődően végbemenő folyamatok* húzódnak meg. Ezekben a folyamatokban – ahogyan az élet kialakulására és evolúciójára vonatkozóan megalkotott rendszermodellekből megismerhettük – az ön-szerveződés elve érvényesül (Prigogine, 1985). A földi élet evolúciója tehát bizonyára egyszeri, az általa létrejött genetikai és faji sokféleség megismételhetetlen (beleértve az ember kialakulását is), és pusztulása szintén visszafordíthatatlan (!); ám azok a genetikai alapfolyamatok, amelyek mindezt a múltban és jelenben létrehozták és létrehozzák, lényegileg azonos elveken alapulva működnek az élővilág különféle csoportjaiban, és elemi szinten kísérletileg reprodukálhatók.

Egy másik nagy témakör, ahol ismétlődő jelenségek sokaságával találkozunk, a *fajkeletkezés* kérdése. Az élővilág faji sokfélesége is evolúciós „egediségeknek” – a változás lehetőségét is magába foglaló – az önreprodukcióján, vagyis *genealogikus* („szülő-utód”) jellegű elágazó folyamatokon alapul. Az ivaros szaporodás kialakulása, tehát az élővilág evolúció-

jának az eukarióta sejt kialakulásával egyidős, korai nagy lépése óta a legáltalánosabb elágazó folyamattá az vált, hogy specifikus felismerési mechanizmusok által „összetartott” evolúciós egységek (*fajok*) genetikai információtovábbítása a génáramlást korlátozó szaporodási izoláció révén új „információs

csatornába” tagolódik szét. Ezáltal új evolúciós egységek jönnek létre, amelyeket ismét csak sajátos, fajspecifikus kohéziós mechanizmusok tartanak össze. Ezeknek a folyamatoknak a részleteit tárhatjuk fel azért, hogy rohamosan fejlődő módszerekkel lehetővé válik a populációk *molekuláris* (minde-



1. ábra • Fejlett, egyszerű központi idegrendszer kialakulása az állatvilág fejlődéstörténete során

nekelőtt DNS-) szintű *genetikai sokféleségének* feltárása. A genom meghatározott szakaszainak, sőt újabban a teljes genom szekvenálásával megismerhetjük a *populációk tér-időbeli differenciálódásának* (John Charles Avise 1986-os munkájának azóta általánosan használt kifejezésével: *filogeográfájának*), *evolúciós dinamikájának* tér-idő mintázatait. Ez a határterületi kutatási irány, amely a molekuláris biológia modern eszköztárát használja, olyan evolúciós és elterjedéstörténeti folyamatok vizsgálatát teszi lehetővé, amelyekre vonatkozóan korábban csak közvetett bizonyítékokon alapuló hipotetikus megközelítések voltak lehetségesek.

A fajokat képviselő populációk azonban mindig valamilyen ökológiai rendszer, valamilyen életközösség komponensei. A fajok, illetve a populációik közti (interspecifikus) kapcsolatok változásai révén azonban maguk az életközösségek is változnak, illetve a közösségszintű változások vissza is hatnak az egyes fajokat reprezentáló populációkra. Ez egyben azt is jelenti, hogy nemcsak faj-filogenezis, hanem közösség- (cönózis) filogenezis is van

(Chernov, 2008). Ennek hosszú távú folyamatait tárjuk fel akkor, amikor azt vizsgáljuk, milyen közösségekből szerveződött a bioszféra a földtörténet korszakaiban. Hogyan hatottak az életközösségek változásai a bioszféra szülöttként kialakuló emberre, és hogyan hatott az ember a bioszférát alkotó életközösségekre a jégkorszak végi „megafauna” kipusztulásától kezdve a jelenkor bioszféra-kríziséig. Napjainkban, a globális klímaváltozás idején különös élességgel jelentkezik a kérdés: hogyan válaszolnak az éghajlat változásaira a közösségek? Vajon egységként reagálnak, vándorolnak, terjednek ki és szűkülnek össze, vagy az őket alkotó népeségek egyedi válaszai alapján komponenseikre bomlanak szét, majd új összetételben újjászerveződnek? Az evolúciókutató erre is keresi a választ, hiszen a ma embere, egyben a jövőért is felelősséget visel.

**Kulcsszavak:** önreprodukció, variáció, soksejtűség, kooperáció, egyediség, fajképződés, elágazó folyamat, filogeográfia, életközösségek, klímaváltozás

**IRODALOM**

Avise, John Charles (1986): Mitochondrial DNA and the Evolutionary Genetics of Higher Animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 312, 325–342. DOI: 10.1098/rstb.1986.0011 • <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/royptb/312/1154/325.full.pdf>

Chernov, Yuriy I. (2008): Ecological Integrity of Supraspecific Taxa and the Arctic Biota. *Entomological Review*. 88, 9, 1019–1031. DOI: 10.1134/S0013873808090017

Michod, Richard E. (2007): Evolution of Individuality During the Transition from Unicellular to Multicellular Life. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 104 (suppl. 1) 8613–8618. DOI: 10.1073/pnas.0701489104 • [http://www.pnas.org/content/104/suppl\\_1/8613.full](http://www.pnas.org/content/104/suppl_1/8613.full)

Northcutt, R. Glenn (2006): Evolution of Centralized Nervous Systems: Two Schools of Evolutionary Thought. In: Sriedter Georg F.– Avise, John Charles – Ayala, Francisco J. (eds.): *In the Light of Evolution*. Vol. VI. *Brain and Behaviour*. The National Academy Press, 37–56. • <https://www.nap.edu/catalog/13462/in-the-light-of-evolution-volume-vi-brain-and-behavior>

Prigogine, Ilya (1985): *Vom Sein zu Werden. Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften*. München–Zürich: Piper, 304.

West, Stuart A. – Fisher, Roberta M. – Gardner, Andy – Toby, Kiers E. (2015): Major Evolutionary Transitions in Individuality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 112, 33, 10112–10119. DOI:10.1073/pnas.1421402112 • <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4547252/>