

Magyar Tudomány

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata. Alapítva: 1840

KEZDŐLAP ARCHÍVUM IMPRESSZUM

» A NÖVÉNYVILÁG EVOLÚCIÓJA ÉS A DARWINI FEJLŐDÉSELMÉLET



Borhidi Attila

biológus, az MTA rendes tagja, PTE Növényrendszertani és Geobotanikai Tanszék • borhidi(kukac)ttk.pte.hu

A Darwin-emlékév kapcsán nem tűnik haszontalannak a növényvilág evolúciójáról szerzett ismereteinket a darwini fejlődésemélet szemszögéből áttekinteni, és állításait a növényvilág szempontjából értékelni. Az egyik ok, amelyért ezt meg kell tennünk az, hogy a darwini elmélet alapvetően az állatvilágban megfigyelt alkalmazkodási jelenségekre épült, holott a földi élet története szempontjából a kulcsfontosságú szerep a növényvilágé, amely a földi élő rendszereket működtető kozmikus energiaforrás egyetlen akceptoraként egyrészt a földi légkört az élő szervezetek számára élhető közeggé formálta, másrészt szerves tápanyaggal ellátta. Másként fogalmazva az állatvilág – az embert is beleértve – a növényvilág vendégeként éli földi életét.

Tanulmányomban szeretnék rávilágítani néhány momentumra, amelyek a darwini elméletet nemcsak zseniálisnak, hanem vitathatónak is ítélik.

A darwini elmélettel részben az a gond, hogy belőle már Charles Darwin életében ideológia lett, ami nem mindig kedvező egy tudós számára, és nem biztos, hogy ez a tény megegyezik a tudós eredeti szándékával. Kétségtelen, hogy hírneve már életé-ben hatalmas mértékben megnőtt, és Darwin elméletéből nemcsak darwinizmus lett, hanem neodarwinizmus is, ami a 20. század második felének jelentős szellemi áramlatává vált.

Ez utóbbinak képviselőjében Richard Dawkins idézhetjük, *A önző gén* és *A vak órásmester* című könyvek szerzőjét, aki többek között ezt írja: „A természet egyedüli órásmesterei a fizika vak erői, bár ezek nagyon különleges módon fejtik ki hatásukat. Egy valódi órásmester előrelátóan cselekszik: megtervezi fogaskerekeit és rugóit, valamint ezek kapcsolatait, miközben egy jövőbeli cél lebeg a szeme előtt. A természetes szelekciónak, a vak, tudattalan, automatikus folyamatnak, amit Darwin fedezett fel, és ami mai tudásunk szerint megmagyarázza az élet összes formájának létezését és látszólagos célját, semmilyen cél nem lebeg a szeme előtt. Nincs elméje és nincsenek lelki szemei, és nem tervez előre semmit. Nincs látomása, előrelátása, egyáltalán semmilyen látása nincs. Mondhatni ő

Egy új információs kapcsolat, az együttes fejlődés

Különösen fontos új mozzanat a növény- és állatvilág korábbi egyoldalú kapcsolatrendszerének kölcsönössé válása. A szárazföldi lét első kétszázmillió éve során a növényvilág élelem, fészkelő- és búvóhely formájában egyoldalúan szolgálta ki az állatvilágot. A növény- és állatvilág szaporodásbiológiája gyakorlatilag független volt egymástól. Az első őscserjék kialakulásától kezdve az első zárvatermők megjelenéséig a növényi petesejt megtermékenyítése vagy vízcsepp segítségével, vagy szél általi közvetítéssel ment végbe. A zárvatermők az első nagy növénycsoport, amelynek szaporodásában az állatvilág különböző csoportjai meghatározó szerepet játszanak. Ezzel a fontos lépéssel következik be a növényvilág szexuális értelemben vett felnőtté válása – ha úgy tetszik: emancipációja, – amikor kiszabadul a „szél úrfival” kötött kényszerű házasság százötvenmillió éves monotóniájából, és az utolsó száznegyvenmillió évet már egyenrangú partnerkapcsolatban éli meg az állatvilággal, amely változatos megjelenésű „kérők” hadával jelentkezik a megporzás és megtermékenyítés lebonyolítására. A zárvatermők válasza kettős: a növények kiöltöznek, és választanak. A kialakuló színes virágtakaró szerepe ugyanaz, mint a menyasszonyi ruháé: a sikeres nász elősegítése. A nagyszámú és sokféle megjelenésű „kérő” igen rövid idő alatt kialakította a „ruhaszalmonok” versengését. Az egyszerűbb fazon vonzását illatszerrel pótolták, hiszen az udvarlók egy része – összetett szeme ellenére – rövidlátó, viszont kifinomult szaglással rendelkezik. A virágok versengése más vonatkozásokra is kiterjed. A zigomorf virág megjelenése praktikus célokat szolgál: leszállópályát kínál a látogatónak. Az orchideák körében a megporzási aktus az intimitásig finomulhat. Az *Oncidium* és *Catasetum* nevű orchideafajok virágzása egybeesik bizonyos trópusi darázsfajok nászrepülésével, és a virágok a párzó nőstény illatával „kedveskednek” a hímeknek. A bangók a párzó nőstény képét öltik

játssza az órásmester szerepét a természetben, ráadásul ez az órásmester teljesen vak.” (Dawkins, 1986, 14.)

Ezzel szemben Darwinnak nem állt szándékában az élet összes formáinak, és különösen nem az élet keletkezésének megmagyarázása, amint maga írja: „Előre kell bocsátanom, hogy sem a szellemi képességekkel, sem az élet eredetével nem kívánok foglalkozni” (Darwin, 1958, 331.). Úgy tűnik, hogy Darwin elméletét olyan elvárásokkal terhelték meg és teszik ma is, amelyeket nem biztos, hogy el tud viselni. Az sem szerencsés, ha egy tudományterület problémáinak megoldását egy másik tudományra hárítják át, amelyben az illető nem szakember. Egy biológus ne mondja azt, hogy a biológiai folyamatokat a „fizika vak erői” irányítják. Az élő szervezeteknek mindig is megvoltak az eszközeik, hogy a fizika „vak erőit” saját javukra fordítsák.

Egy vizsgálható fejlődésmodell: a szukcesszió

Az evolúció megítélésének fő nehézsége, hogy nem tudjuk lejátszani, mert ez az eseménysor egyszer zajlott le a Föld története során. De modellként vizsgálhatunk olyan jelenben lejátszódó folyamatokat, amelyek egyértelműen fejlődési folyamatok, és a szereplői növények. Ilyen például egy trópusi esőerdő regenerációja egy hurrikán által letarolt területen, ahol a talajt elvitte az erózió, és a környezetből indul el a terület újraerdősülése. A Karib-térségben, ahol ilyen természeti katasztrófák évente megtörténnek, számos alkalommal vizsgáltak ilyen folyamatokat, magam is vizsgáltam ilyet. Azt látjuk, hogy a különböző szaporodási stratégiával rendelkező fajok meghatározott sorrendben váltják egymást a lepusztult termőhelyen, és hoznak létre egy sekély termőtalajt, amelyen gyorsan növevő puhafák alakítják ki az első erdei közösséget, amely 15–30 év alatt létrehoz egy 10–15 méter magas koronaszintű állományt. Ezt nevezzük első homeosztázisnak, vagyis a fejlődés első szakaszának. Ez a közösség igen nagy mennyiségű, gyorsan bomló szerves anyagot termel, amely felgyorsítja a talajképződési folyamatait, és ezen a megnőtt tápanyagbázison újabb huszonöt–ötven év alatt kialakul magas fákból egy második, immár 25–30 m magas koronaszint. Ez a második homeosztázis, amelynek élettartama már 50–100 év, és amely alatt megtaláljuk az alsó koronaszintet is. A trópusi esőerdők dinamikáját kevésbé ismerő szerzők már ezt az együtttest valódi, kész trópusi erdőnek gondolják, és ezért írják tévesen, hogy a trópusi esőerdők ötven év alatt regenerálódnak. A fejlődésnek ugyanis még nincs vége. Ezután jelennek meg és nőnek fel a 40–50, esetleg 70 m magasra megnövő óriásfák,

magukra. A *Coryanthes*-kosbor bódító illatú fürdővel várja a látogatókat. És ezt az egész folyamatot, amely a növény- és rovarvilág szexuális kérdés-felelet játéka, nevezzük együttes fejlődésnek, azaz koevolúciónak.

A koevolúcióval kapcsolatban több olyan kérdés merül fel, amelyek megválaszolásával adószok vagyunk, vagy legalábbis a válaszaink nem kifogástalanok. A növényvilág mindjárt a kezdeteknél két nagyon fontos fejlesztéssel lép be ebbe az együttműködésbe. Az egyik a virágtakaró szín- és alakgazdagságának robbanásszerű változatossága. Az első kilenc zárvatermő rendben tucatnyi virágtípus jelenik meg, egészen a forrt virágtakarójú csapdavidárokig. A másik a csalogató jellegű kémiai anyagok korai megjelenése: a vízinövényeken kívül valamennyi primitív zárvatermő növény illóolajokat termel. Egyelőre nincs kielégítő magyarázatunk arra, hogy mi módon történt meg az információátadás, illetve információáramlás az egymásra utalódó növény- és állatcsoportok között. Újra jelentkezik az evolúció állandó dilemmája a kezdetről: a tyúk-tojás dilemma, vagyis, hogy ki kezdte az alkalmazkodást? A növény idomította-e a virágját a rovar szájszervéhez, vagy fordítva, a rovar szájszerve idomult a már kialakult virágszerkezethez? Például az *Angraecum sesquipedale* nevű orchidea 32 cm hosszú sarkantyújában levő nektárhoz egy olyan lepkefaj fér hozzá, amelynek pödörnyelve kinyújtott állapotban hatszo-rosa az állat testhosszának. Érdekes lenne kiszámítani, hogy hány véletlenszerű kísérletre volt szükség ilyen különleges testarány kialakításához. Ez a kapcsolat ellentmondani látszik az amerikai zoológiában a 70-es évektől elterjedt nézetnek, hogy a növények virágai alkalmazkodtak volna az állatok szájszerveihez, amire a fiatal szigetflórákban, például Hawaii flórájában vétek példákat találni.

Arra sincs magyarázatunk, hogy miért kellett a zárvatermő virágnak nemcsak hasznosnak, hanem szépnek, sőt, egyre szebbnek lennie. Ha engem valami az evolúcióban arra inspirál, hogy egy Teremtőben gondolkozzam, az a természet rendkívül magas szintű esztétikája, amely elsősorban a növények virágaiban és virágzataiban nyilvánul meg. Lehet, hogy ez nincs megtervezve, mégis úgy néz ki, mintha meg lenne, annál is inkább, mert hiszen megvannak azok az alkalmazkodott állatcsoportok, amelyek ezt keresik. De vajon van-e a rovaroknak esztétikai érzékük? Úgy tudjuk, hogy nincsen. De akkor mire való ez a tékozló gazdagság? Az embernek az a határozott benyomása, hogy az evolúció megalkotójának öröme telt az alkotásban.

A koevolúció másik fontos kérdése az

kialakítva a trópusi esőerdő harmadik, felső koronaszintjét. Ez a harmadik homeosztázis, amely 150–300 év alatt alakul ki, és az óriásfák koronaszintjében fejlődik ki a liánok és epifiton szervezetek óriási gazdagsága a bennük élő rovarok, madarak, emlősállatok hihetetlen változatosságú élővilágával együtt. Ez az a közösség, amelynek élete egyensúlyban van az éghajlati körülményekkel, vagyis annyi szerves anyagot termel, amennyit beépít a szervezetébe, és eközben fenntartja a talaj táperezjét. Ezzel szemben az első két homeosztázis szereplői sokkal több szerves anyagot termeltek, mint amennyit testükbe beépítettek, és többlettermelésükkel a következő homeosztázis feltételeit teremtették meg. Mindebből megállapítható, hogy a szukcesszió egy szakaszos fejlődési folyamat, amelyben felépítő és egyensúlyi fázisok váltják egymást. Ebben a folyamatban sem a fizikai, sem a biológiai erők nem vakon működnek, a folyamat annyira felismerhető momentumokból áll, hogy ezek ismeretében az erdővagyon nagysága és évi növekménye kiszámítható, amelyre gazdálkodási terv építhető, és vele mint megújuló energiaforrással fenntartható módon gazdálkodhatunk. Vagyis: a természeti erőforrásokkal való kiszámítható és tervezhető gazdálkodás ténye ellentmond az erőforrások vak és véletlenszerű keletkezésének.

Segíthetnek-e a molekulák?

Nagy várakozással tekintettünk az utóbbi két évtized molekuláris genetikai és taxonómiai kutatásaira, amelyek segítettek abban, hogy az örökítő anyag szerkezetéből, a DNS-molekula bázissorrendjeinek összehasonlításából megismerjük az evolúció eddig homályos részleteit, hogy az élő szervezetek hasonlóságára épített fejlődéselméleteket konkrét genetikai struktúrákkal igazoljuk. Azt vártuk, hogy a megismert génszekvenciák a lezajlott fejlődés sorrendjébe állítják a ma ismert növényvilágot, és végre megszületik az egyetlen hiteles evolúciós törzsfák, amely felrajzolja a növényvilág fejlődéstörténetét úgy, hogy közben betömi azokat a hézagokat, amelyeket a darwini elmélet nyitva hagyott. Munkatársaimmal magam is bekapcsolódtam ilyen kutatásokba.

Ahogy ez lenni szokott egy új módszer bevezetésekor, a molekuláris genetikai-taxonómiai kutatások igen sok nyitott kérdést megoldottak. Az evolúciós törzsfák számos korábbi származástani feltételezését megerősítették, sok új meglepő eredményt is hoztak, de miközben sok korábbi tudáshézagot betömtek, nagy számban vetettek fel új problémákat is. (Borhidi, 2008)

A kladisztikai törzsfák azonnal két meglepetéssel szolgáltak. Korábban, a

információáramlás. A zárwatermők megjelenéséig a növény és az állatvilág evolúciója párhuzamosan, nagyjából függetlenül, külön-külön zajlott. Most azonban a két evolúciós folyamat informatikailag összekapcsolódik, de nemcsak összekapcsolódik, hanem rendkívüli mértékben fel is gyorsul, annak ellenére, hogy a két folyamat összehangolódása – véletlen keletkezést feltételezve – feltétlenül több időt igényelne. Ezzel szemben az alsó krétától a felső krétáig eltelt negyvenmillió év alatt kialakul csaknem valamennyi ma élő növénycsalád, ami több mint háromszáz növénycsaládot jelent. Természetesen nem mindegyik a mai fajgazdagságával van képviselve, de mind-egyiknek az első képviselői már megvannak. És közben mindegyik család tagjai megtalálják a beporzó ágenseiket, amelyek részére testre szabott tápanyagot, különböző cukorösszetételű nektárt, zsír- és fehérjetartalmú tápszövetet, különböző illóolajokat tartalmazó csalogató anyagot „készítenek”. Ezek között bonyolult felépítésű vegyületek vannak, amelyeket az anyagcsere melléktermékeiként kell előállítani, amiről tudjuk, hogy nem megy egyik napról a másikra. Ehhez még vegyük hozzá azt a körülményt, hogy véletlenszerű keletkezés esetén fennáll a veszély, hogy hibás anyag keletkezik, amit „a rosszul kemizáló növényvel együtt ki kell dobni”. Szegény növény már régen kipusztult, mire a megfelelő vegyületet „kikísérletezte” volna. Ha megkísérreljük kiszámítani, hogy ennek a koevolúciós folyamatnak mi a valószínűsége véletlenszerű keletkezés esetén, akkor rendkívül kicsiny számot kapunk. K-számították, hogy a sikeres kísérletek előállítására nem negyvenmillió, de még négyszázmillió év – vagyis a teljes szárazföldi élet tartama – sem lenne elegendő.

Az evolúció forrása és iránya

Mivel az evolúció egy folyamat, elkerülhetetlen annak a kérdésnek a feltevése, hogy mi a hajtóereje ennek a folyamatnak? Ehhez az élő anyag változékonysága egyedül kevés. Kell hozzá a meghódítható környezet, amely legalább minimális tápanyagkínálatot biztosít az élő szervezetek számára. Ezt a tápanyagkínálatot a növények nemcsak felhasználják, hanem tovább gazdagítják, vagyis tevékenységükkel elősegítik az evolúció továbbhaladását. A növényzet nem vakon sodródik az evolúcióval, ahogyan azt Dawkins szeretné elhitetni, hanem aktív részese a fejlődés folyamatának. Kezdve ott, hogy a növények az őstenger lakóiként megtermelték a földi légkör oxigénjét, majd folytatva azzal, hogy a kontinensek holt közetein létrehozták a termőtalajt, egy olyan képződményt, amely – ismereteink szerint – egyedül a Földön található meg az egész Univerzumban. A növényvilág e

morfológiai hasonlóságokra épülő törzsfákön úgy tüntettük fel a fejlődést, hogy a fejlettebb csoportokat a földtörténet során korábban megjelent, ismert fejletlenebb csoportokból származtattuk. Ezzel szemben a mai molekuláris törzsfák elágazásain mindenütt ismeretlen, feltételezett csoportok szerepelnek, amelyeket még megnevezni sem tudunk. Vagyis, eljutottunk oda, hogy van egy olyan konkrét genetikai információkon felépülő evolúciós törzsfánk, amelynek valamennyi elágazási pontja hipotetikus. Úgy is fogalmazhatnánk, hogy amennyivel okosabbak lettünk a részleteket illetően, annyival bizonytalanabbak az egész megítélésében. Mai ismereteink ugyan kétségtelenül valósabbak, de az összkép homályosabbnak tűnik, mint volt korábban. A törzsfák másik problematikus eleme, hogy a fejlődés folyamatát ábrázoló származási vonalak mentén számok szerepelnek, azon tulajdonságok száma, amelyek a vonal végén szereplő növénycsoport kizárólagos sajátjai, amelyek a szomszédos, ún. „testvércsoporttól” megkülönböztetik. A probléma ott van, hogy a darwini evolúciós elmélet szerint a fejlődési vonalon nem tulajdonságoknak kellene szerepelniük, hanem kihalt fajoknak. Olyan szervezeteknek, amelyek a felsorolt tulajdonságoknak csak egy részével rendelkeztek, és nem a teljes kombinációval, aminek következtében a természetes szelekció áldozataivá váltak. De ilyen sikertelen próbálkozásokat megtestesítő, „átmeneti jellegű” fajokat nem ismerünk, csak a sikeres végeredményt. Röviden azt is mondhatnánk, hogy a molekuláris taxonómiai vizsgálatok nem erősítették meg egyértelműen a darwini hipotézist.

Folyamatos vagy szakaszos fejlődés?

Ha már most a fésű alakú kladogramokat valódi fa alakú törzsfává alakítjuk át (*1. ábra*), ahogyan azt Podani János tankönyvében látjuk (Podani, 2003), rendkívül impozáns képet kapunk arról, hogy a Devon kor óta a szárazföldi növények különböző csoportjai milyen sorrendben és milyen származási viszonyban jelentek meg az evolúció során. Ez a törzsfá szükségyszerűen a mért és vizsgált genetikai távolságok léptékében készült, és a fejlődést a darwini elmélet lépcsőzetes folyamatában mutatja meg. Ha azonban ugyanezt a törzsfát a növénycsoportok megjelenésének időarányos léptékében helyezük el, ahogyan megjelenésük a paleontológiai ismereteink szerint történt, merőben más képet kapunk, amely arról szól, hogy a növényvilág evolúciója négy nagy – időben elkülönülő – robbanásszerű szakaszra tagolódik (*2. ábra*), amelynek jellemzője, hogy mindegyik fejlődési szakasz kezdeti időszakát az

szerepvállalásai nélkül nincs evolúció!

A zárvatermők kialakulásával elég nagy élő mintaszámmal rendelkezünk ahhoz, hogy megkockáztassuk a kérdést: van-e iránya a fejlődésnek? Furcsa belegondolni abba, hogy az ember, aki maga is egy fejlődés eredményének tekinti önmagát, nem találja ellentmondásnak, ha azt hiszi, hogy ő találta ki a fejlesztést, amelynek természetesen van iránya és célja. A zárvatermők fejlődési sorain végigtekintve azt látjuk, hogy miközben a növény- és rovarvilág szexuális összezsizsolódása folyik, ezzel egyidejűleg fokozatos erőfeszítések történnek a növények részéről, hogy a megtermékenyítés folyamatát technikailag és technológiailag is egyre biztonságosabbá, és ugyanakkor egyre gazdaságosabbá is tegyék. Így lesz a genetikai leszármazási sorban egymás után következő családokban a sok porzóból kevés, a sok termőlevélből egy- vagy kétüregű magház, az embriózsák kettős falából egy, a vastag nucelluszából vékony, a felsőállású termőből alsóállású stb.

Példaként érdemes a fejlődés alapján álló tündérrózsának és a virágfejlődés egyik csúcsát jelentő orchideáknak a virágát és megtermékenyítési mechanizmusát összehasonlítani. A tündérrózsza virágát sok színes virágtakaró teszi látványossá, benne nagyon sok porzót és termőlevelet találunk. A termőlevelekben sok magkezdemény, amelyek együttes száma elérheti az egy-kétezeret. A teljes megtermékenyítéshez valamennyi termőlevélre legalább annyi virágporszemnek kell kerülnie, amennyi magkezdemény van a magházban. Ez szinte soha nem történik meg, a virágban mindig maradnak sterilen maradt magkezdemények.

Az orchidea virágot mindössze hat színes virágtakaró borítja. A virágban egyetlen porzó és egyetlen, két termőlevélből összenőtt magház található. Ennek 180 fokban elfordulásával a legnagyobb lepellel ajakká módosul, és nektárt tartalmazó sarkantyúban folytatódik, egyszerre kínálva leszállópályát és táplálékot. Az egyetlen porzó ránő a bibére, és együttesen egy technológiai remekművet, az ivaroszlopot hozzák létre, amelyben többféle munkamegosztás van. A bibe egyik karéja ragacsos váladékot termel, amellyel a porzó pollenzsákjában levő összes virágport egyetlen ragadós pollentömegegé formálja. Ez egy nyéllal és a tövén levő ragasztótesttel egy buzogány alakú képződményt hoz létre, az ún. pollináriumot, amely így egyben kerül át a másik virágra. Repülés közben a légáramlás szárító hatására a pollinárium nyele vizet veszít, lehajlik, s ezzel pontosan a következő virág bibéjének magasságába kerül, ahol mérnöki pontossággal meg is ragad, vagyis a megporzás a teljes virágpormennyiséggel egyszerre megtörténik. Ekkor, és csak ekkor indul meg a

új alakok viszonylag gyors és gazdag megjelenése jellemzi.

A négy nagy evolúciós robbanás: 1.) az őstenger élővilágának kialakulása, 2.) a növények partraszállása, 3.) a nyitvatermő növények, 4.) a zárvatermők robbanásszerű megjelenése.

Az első robbanás: az őstenger élővilága

A négy robbanás közül az első a kambriumkori őstenger élővilágának a kialakulása. Ez a korszak mintegy kétmilliárd esztendővel ezelőtt kezdődött, de magát az őstenger élővilágát csak a mintegy félmilliárd évvel ezelőtt keletkezett geológiai rétegekből ismerjük, mivel a korábban keletkezett földtani rétegek a földkéreg nyomása alatt átkristályosodtak, és a bennük tárolódott maradványok elpusztultak: a „kozmosz titkosszolgálat” a korábbi dokumentumokat kevés kivétellel megsemmisítette. A földi légkör ekkor még alig tartalmazott oxigént, ezért hiányzott a ma létező ózonpajzs, amely az élő sejteket megvédhette volna az UV-sugarak gyilkos hatásától. Ezért a növényvilág egy sugárzásmentes bunkerbe kényszerült, ahol a bunker szerepét a tenger látta el.

Az egysejtű élőlények fejlődésében mindjárt az elején két nagy csoport elkülönülése figyelhető meg, az egyostoros és a kétostoros egysejtűeké. Mindkét csoport tagjai úgy szerezték meg a fejlődésükhöz szükséges sejtszerveiket és a fotoszintézishez szükséges színtesteket, hogy más egysejtű élőlényeket faltak fel, melyek sejtmagja, illetve színtestei tovább éltek és működtek immár a gazdaszervezet belsejében mint azok saját szervei. Ez a jelenség az ún. endoszimbiózis, amely számos alkalommal zajlott le, és különböző egysejtű élőlények kialakulásához vezetett. A kétostoros sejtek nem tudták megemészteni a felfalt színtesteket, amelyek még régi sejtfalukat is megőrizték, és tovább folytatták fotoszintetizáló tevékenységüket. Ezekből lettek a különböző algacsoportok, vagyis a növények. Az egyostoros sejtek erősebb „gyomorsavval” rendelkeztek, és sikerült megemészteniük a színtesteket is. Belőlük fejlődtek a gombák és az állatok.

Az UV-sugarak eleinte mélyen behatoltak a tenger felszíne alá. Ezért az első prokarióta és eukarióta növényi szervezetek 70–150 m mélységben alakultak ki, ahová csak a sötétzöld fénysugarak jutnak le, és ezért az első vízi növények a vörös színtestekkel rendelkező cianobaktériumok és vörös algák törzséből kerültek ki. Később a légkör magasabb oxigéntartalma már jobban megszűrte az UV-sugarakat, és kialakulhattak azok az algatörzsek, amelyek 20–70 m mélységben képesek fotoszintetizálni, ahol a fény kék színű. Itt a barna és sárga színtestekkel rendelkező, ún.

magházban a magkezdemények „legyártása”. Mialatt a bibéről a pollentömlőfolyam leér a magházba, kialakulnak a magkezdemények, amelyek száma négyezertől négy millióig terjedhet, és megtörténik a magkezdemények tömeges megtermékenyítése. Bámulatos, hogy ez a mechanizmus ugyanilyen pontossággal működik a trópusi köderdők mohapárnáiban élő miniatűr orchideákon is, amelynek virága 1,5 mm átmérőjű, és mikroszkopikus méretű bogarak porozzák be. A megtermékenyült toktermésben kifejlődő porszerű, apró magvak rendkívül könnyűek, a szelekkel egészen a sztratoszférába is eljutva óriási távolságokat képesek berepülni. A csírákéességüket sokáig megőrzik, amire szükségük is van, mert „anyjuk útravaló nélkül bocsátotta el őket”: az embriók egyetlen sejtnyi tápszöveggel sem rendelkeznek! Látszólag a legnagyobb gondosság a legnagyobb gondatlansággal párosul az orchideák utódgondozásában. A felnőtt orchideanövények nagy része gombafonalak segítségével veszi fel a vizet és a tápsókat, de ez nem lehet elegendő információ ahhoz, hogy erre a lehetséges együttélésre alapozva bocsássa el a növény a világba az utódait. Márpedig ez történik. Az orchideanövény „számít arra”, hogy az útravaló nélkül elbocsátott „bébi” meg fogja találni azokat a gombafonalakat, amelyek „önkéntes dajkaként” majd felnevelik. Ez a „számítás” úgy van bekódolva a magba, hogy csak gombafonal jelenlétében csírázik ki. Az orchideák tehát kettős koevolúciós együttműködésre születtek, a megporzásra az állatvilággal, a terjesztésre a gombavilággal. És ez nem egyedüli eset. A hüvelyesek például mindkét funkcióra az állatvilággal születtek, csak más-más állatcsoportokkal.

A zárvatermők fejlődésében felfedezhető további érdekes jelenség a különböző helyeken kialakuló környezeti kihívásokra adott azonos vagy hasonló adaptációs válaszok, párhuzamos fejlesztések a legkülönbözőbb rokonsági körökben, amely jelenséget homopláziának nevezzük. Mintha a különböző zárvatermő családok tarsolyában ugyanaz a haditerv vagy használati utasítás lenne elrejtve a környezet azonos típusú támadásaival szemben. Ez azért feltűnő, mert a zárvatermők kialakulása közben igen nagyarányú felszíni átrendeződések történtek a Földön. Mintegy nyolcvanmillió évvel ezelőtt kialakul az Atlanti-óceán medencéje, szétsodródznak a kontinensek, és ezzel együtt a zárvatermők fejlődése előbb négy, majd hat földrészben, jelentős mértékben elszigetelődve, egymással párhuzamosan folytatódik. Ennek ellenére a különböző kontinenseken a különböző genetikai és morfológiai adottságokkal rendelkező növénycsaládok teljesen hasonló adaptációs válaszokat adnak a környezeti kihívásokra.

chromista algák váltak uralkodóvá, mint a kovaalgák vagy a barnamoszatok. Még később jelent meg a zöldmoszatok túlnyomó része, amelyek csak 20 m mélységig tudnak fotoszintetizálni, és amelyek különösen a sekély tengerekben és a partközeli zónákban jutottak vezető szerephez. Az egyes alगतörzseknek ez a mélységi rétegződése a tengerekben ma is megfigyelhető. Végül megjelentek a csillárkamoszatok, amelyek a szárazföldi létforma felé az átmenetet mutatják, mert ma is a folyótorkolatok brakkvizében és az édesvizekben fordulnak elő.

Az őstenger élővilágának kialakulását azért kell robbanásnak tekintenünk, mert a kambriumi őstengerben már szinte készen áll a teljes evolúció, hiszen megtaláljuk a kilenc alगतörzs mellett a gerincesek kivételével mind a tizenhét állattörzset is. Sőt, az evolúciónak abból a nyolc nagy lépéséből, amelyeket Maynard-Smith és Szathmáry Eörs mutatott ki és elemzett (Maynard-Smith – Szathmáry, 1995), hat nagy lépés már az őstengerben megtörtént, gyakorlatilag a szemünk előtt elrejtve, hiszen ezekről fosszilis maradványok szinte egyáltalán nem maradtak fenn. Ezzel kapcsolatos érdekes élményem volt, hogy Dudich Endre professzor urat, – aki a zoológia kiemelkedően legnagyobb szaktekintélye volt a 20. századi magyar biológiában – kérdeztem, hogy ő hogyan látja az evolúciót. Ez nagyon bizalmas kérdés volt, mert politikai szankciókat válthatott ki az 50-es években Magyarországon. Ő azonban nem küldött el azzal, hogy fiatalember, maga engem ne provokáljon, hanem őszintén válaszolta: „Nézze, én ebben azért nem gondolkodom, mert korábban több éven át tengerbiológiával foglalkoztam, többek közt a Nápolyi Tengerkutató Állomáson, és úgy látom, hogy szinte a teljes állatvilág készen megtalálható a kambrium kori őstengerben, és a gerinceseknek csak azok az osztályai hiányzanak, amelyek a szárazföldi lét során jelentek meg.” Felfogása cseppet sem egyedülálló. Simon Conway Morris Cambridge-i paleontológus, a Royal Society tagja is a kambriumi robbanásról ír: „Ma ugyan megfigyelhetők bizonyos átmeneti formák egyes fajok között, és ebből arra lehet következtetni, hogy a múltban is léteztek ilyenek. Mindazonáltal a végeredmény nagyon távol van a formák egy hézagmentes mintázatától, ami lehetővé tenné, hogy egy nyomozó kiolvassa belőle az élet „családfáját” egyszerűen úgy, hogy megkeresi a közbenső – élő és kihalt – formákat, amelyek elvben összekötik a fajokat. Ellenkezőleg, a biológusok a szerves forma diszkrét voltával és a közbenső formák általános hiányával szembesülnek” (Conway Morris, 1998, 4.).

Ugyanezt erősíti meg James Valentine A rendszertani törzsek eredetéről című

Legközönségesebb példája ennek a szárazsághoz való alkalmazkodás: a törzs- és levélszukkulencia, a pozsgás szövetek kifejlesztése. Ez azért is feltűnő, mert a nyitvatermők nagy része is száraz éghajlat alatt élt, mégsem tudtak víztartó szöveteket kifejleszteni. A Föld hat nagy sivatagi övezetének meghódítására legalább húsz zárvatermő család fejlesztett ki pozsgás növénycsoportokat, mindenütt másokat, megjelenésükben mégis megdöbbenően hasonlókat.

De hasonló párhuzamos adaptációt látunk a rovarfogásra, illetve fehérjeemésztésre való specializálódás vagy a magashegyvidéki életformához (auxintermelés hőkorlátozása UV-sugárzás ellen) való alkalmazkodás esetében is.

A fejlődés törvényszerűségei

Végigtekintve az evolúció során tapasztalt jelenségeken, elérkezettnek láthatjuk az időt arra, hogy megfogalmazzuk az evolúció néhány törvényszerűségét.

1.) Megállapítható, hogy a fejlődés szakaszos, és minden szakasz két fázisból áll: egy revolúciós szakaszból, amelyet a hirtelen megjelenő nagy formagazdagság jellemez, és egy evolúciós szakaszból, amely hosszan tartó, és amelynek során a keletkezett típusok alkalmazkodnak a környezeti feltételekhez, térben elhelyezkednek és felosztják egymás közt a rendelkezésre álló forrásokat, sőt, azokat tovább is fejlesztik. Erre a második fázisra tekinthetjük érvényesnek a darwini természetes szelekciót olyan értelemben, hogy azok a növények, amelyek a forrásfelosztásban nem képesek az adottságaikat érvényesíteni, vagy kipusztulnak, vagy elvándorolnak, vagy olyan genetikai változáson mennek keresztül, például hibridizáció vagy poliplodizáció útján, ami megnöveli a versenyképességüket. Úgy is mondhatnánk, hogy minden szakasz egy kreatív és egy adaptív, vagy másképpen fogalmazva egy rövidebb nem-darwini és egy hosszabb darwini fázisra tagolódik. A revolúciós fázis genetikai történéseit több vonatkozásban nem ismerjük kielégítően, az evolúciós fázis genetikájának számos technikáját jól ismerjük, például Heribert-Nilson említett könyvéből, aki először állított elő a természetben élő növényfajt másik két élő faj keresztezésével. A 60–70-es években Vida Gábor derítette ki több páfrányfaj hibrid eredetét, és sikeresen reszintetizálta a szülőkből az utódajt.

2.) Utolsó pár előre fűss! A fejlődés második törvényszerűségének ezt a nevet adtam egy régi társasjátékról, amelyet biológusok, geográfusok és geológusok korábban még gyakran játszottak az egyetemi terepgyakorlatok estéin – amikor még jutott pénz terepgyakorlatokra az egyetemi

tanulmányában: „Az élet fájának sok ága – nagy és kicsi egyaránt – kriptogén eredetű, azaz rejtett eredetű, ősei ismeretlenek. E hézagoknak egy részét bizonyosan az okozza, hogy a fosszilis leletanyag nem teljes. De ez nem lehet az egyetlen magyarázat egyes családoknak, a gerinctelenek sok rendjének, a gerinctelenek összes osztályának és a metazoa összes törzsének kriptogén természetére”. (Valentine, 2004, 35.)

Második robbanás: a szárazföld meghódítása

A második robbanás a devon korszakban következik be. Az őstenger algáinak kétmilliárd éves fotoszintetikus tevékenysége kellett ahhoz, hogy a földi légkör oxigéntartalma 10 %-ra növekedjék, ami már elég vastag ózonpajzs kifejlődésére volt elegendő ahhoz, hogy a szárazföldön is megvédje az élőlényeket az UV-sugárzástól. Nem tudjuk, hogy a növények hogyan érzékelték, hogy már ki lehet jönni a szárazföldre. Alig tudunk sikertelen kísérletről annak ellenére, hogy a szárazföldi élet első kísérletéről van szó! Különösen szembetűnő, ha ezt összehasonlítjuk a sikeres növények bámulatos sokfélesé-gének robbanásszerű megjelenésével. Ne feledjük, hogy mindjárt kezdetben olyan növényekkel találkozunk, amelyek már rendelkeznek kifejlett bőrszövettel, rögzítő szervvel és hajtásrendszerrel, pedig a vízi növénynek, ha szárazföldi életet kezd, meg kell alapoznia a növényi test stabil egyensúlyi helyzetét a légtérben. Ehhez a hajtás és ágrendszerek új szimmetria-viszonyait, új testformákat kell kifejlesztenie, és mindezt a genetikai kódba beillesztve átörökíteni. A szimmetriatípusok azonnal nagy változatosságban jelentek meg; szinte egyszerre alakult ki a villás, az örvös, és a főtengelyes elágazási rendszer, amelyek a devon kor óta eltelt több százmillió év alatt sem változtak jelentős mértékben. A kialakult szerv- és szövetrendszerek egyúttal megkapták a feladatukat is. A rögzítő szervnek meg kellett oldania az anyagfelvételt, a szilárdítást végző hajtásrendszernek a tápanyagok szállítását, az ágrendszernek pedig a légtérbe kifeszülve meg kellett oldania az energia-felvételt és a gázcserét. A szexuális folyamatok terén is jelentős előrelépés történt azáltal, hogy egyre elterjedtebbé vált a heterospória, a kétivarúság, amely az öröklődést genetikailag stabilabbá, a változékonyságot és alkalmazkodó képességet pedig erősebbé tette. A heterospória azonban megkövetelte, hogy a megtermékenyítés szárazföldi körülmények között is üzembiztosan menjen végbe. A fejlődésnek ebben a stádiumában ez úgy oldódott meg, hogy a hím és a női ivarszerv igen közel került egymáshoz, és egyetlen harmatcseppben is megtörténhetett a megtermékenyítés. A módszer

oktatásban. A törvényszerűség lényege az, hogy az új szakasz növénycsoportjai nem az előző szakasz legfejlettebb, hanem a legprimitívebb csoportjai közül fejlődnek ki. Ez az összefüggés mind a nyitvatermők, mind a zárvatermők lehetséges őseinél is nyomon követhető, és különösen világosan látszik a legfejlettebb nyitvatermők, a Gnetum-félék esetében.

3.) A harmadik törvényszerűség, hogy a növényvilág aktív résztvevője a fejlődésnek. A növények nem passzív elszenvetői a fejlődést kiváltó környezeti változásoknak, hanem maguk is hozzájárulnak a fejlődést előmozdító átalakulásokhoz, az új feltételek kialakításához. A növényzet és környezet partnerkapcsolata lehet az oka annak, hogy a növényvilágban kevés az evolúciós selejt. A véletlenszerű kísérletezés szükségszerűen nagyon sok hulladékot eredményez. A növényvilág evolúciójából hiányzik a nagy mennyiségű hulladék. Szinte nincs selejt. De különben is: az evolúció teljes félreértése azt gondolni, hogy a kihalt fajok sikertelen evolúciós kísérletek voltak. Ezek a maguk idejében túlnyomórészt sikeres fejlődés eredményei voltak, s évmilliókon keresztül kontinens nagyságú területeken alkottak erdőségeket és halmozták fel például szénkészleteink anyagát. Kipusztulásukat természeti katasztrófák, vagy olyan gyors adaptációs kényszerek okozták, amelyekhez specializálódott genetikai anyagaik már nem voltak elég rugalmasak, vagy egyszerűen elfáradtak, előregedtek, amire a ma élő flórában is látunk példákat. De ezek nem evolúciós selejtek! Vagyis: a véletlenszerűségnek egyszerűen hiányza-nak a bizonyítékai. És valószínűleg azért, mert a növényvilág nemcsak alkalmazkodik a környezethez, hanem át is alakítja a létfeltételeket. Előbb a maga számára teszi alkalmassá, de ezen túlmenően olyan átalakításokhoz is hozzájárul, amelyek a magáénál fejlettebb közösségek kialakulását segítik elő. Ez a természetes szukcesszió, mely folyamat hasonló az emberi társadalmak fejlődéséhez, ahol, ha a termelési eszközök fejlettsége meghaladja a termelés színvonalát, akkor a társadalomban gazdasági és technológiai váltás következik be.

Ez az összefüggés azért is fontos, mert a tudomány és a társadalmi fejlődés között egy hasonló „koevolúció” létezik, mint a természetben, vagyis a társadalom jelenségei visszahatnak a tudományos gondolkodásra. Egy tudós tudományos gondolkodását többnyire jelentősen befolyásolja az a társadalmi környezet, amelyben él (vö. Borhidi, 2002). Darwin elméletének megszületésében is szerepet kellett hogy játsszék az a társadalmi környezet, amelyben élt; az a kiélezett és könyörtelen verseny, és a társadalmi igazságtalanságok tömege, amelyek a korai kapitalizmus 19. század közepének Angliját

sikerét mutatja az a hatalmas alakgazdagság, amelyet korábban a Karbon kor sajátjának tekintettünk, ám valójában már a Devon kor ötvenmillió éve alatt kialakult.

Hangsúlyoznunk kell, hogy bár a Devon korszak és az azt megelőző korok (Ordovicium, Szilur) rétegeit meglehetősen alaposan vizsgálták át, és vizsgálják ma is, keresve az első edényes növényi élet bizonyítékait, „csalódottan kell megállapítanunk, hogy a legrégebb leletek sem mondanak nekünk semmit az algaöskkel vagy bármely mohacsoporttal való közös őssel fennálló kapcsolatáról” (Podani, 2003, 31.) A növényi evolúció első és második nagy lépcsője között tehát hiányzanak az átmenetet, az összekötő kapcsot jelentő élőlények, vagyis a darwini fejlődésemélet bizonyítékai.

Ezzel szemben a fejlődés robbanásszerű jellegét kitűnően szemlélteti a kor geológiai rétegeiből előkerült fosszíliaák óriási változatossága: az ősi Rhynia flórát követő Zosterophyllumok, a valódi korpafüvek és azok fává növe, erdőalkotó fajai a pecsétfák és pikkelyfák, aljnövényzetükben a csipkeharasztokkal. Már a villás elágazású növények uralmával egy időben megindul a száraz növények evolúciójának legjelentősebb vonala, a főtengelyes elágazású zsurlók és páfrányok kialakulása. A molekuláris kutatások egyik legmeglepőbb eredménye az volt, hogy az alakilag igen különböző zsurlókat és páfrányokat egy leszármazási csoportba vonta össze.

Még a Devon vívmányai közé tartozik egy óriási fontosságú evolúciós lépés: a mag kialakulása az előnyitvatermők képviselőjével (*Archaeopteris*).

A hatalmas alakgazdagság kifejlődésének hátterében jelentős környezeti változások is lezajlottak, amelyek kedveztek a szárazföldi növényvilág robbanásszerű kialakulásának, amilyen az egységes őskontinens, a Pangaea kialakulása. Valamennyi szárazulat egyetlen kontinenssé tömörült össze, és ennek a hatalmas szárazulatra a túlnyomó része hosszú évtízmilliókra a trópusi övezetbe került. Ebben a trópusi környezetben alakult ki a páfrányok törzsének szinte valamennyi csoportja a páfrányfáktól a vizek felszínét beborító vízipáfrányokig.

Stephen Jay Gould paleontológus írja erről Az evolúció egyetlen sebessége című írásában (Gould, 1977) hogy „A legtöbb fosszilis faj történetének két olyan jellegzetessége van, amely összeférhetetlen azzal az elmélettel, miszerint fokozatosan alakultak ki: 1.) Hirtelen megjelenés: valamely területen egy faj nem fokozatosan alakul ki őseinek fokozatos átalakulása révén, hanem hirtelen jelenik meg, méghozzá 'teljesen kialakult formában'. 2.) Stagnálás: a legtöbb faj nem mutat határozott irányú változást földi létezése során. Amikor megjelennek a fosszilis leletek között,

jellemezték, s amelyeket nagy hűséggel ír le Charles Dickens a regényeiben. Darwin elmélete többek közt azért lett oly gyorsan és olyan széles körben elfogadott, mert ez az igazságtalan társadalom hálás volt azért, hogy azt mondhatta: mi csak azt csináljuk, ami a természetben folyik. A társadalom úgy érezte, hogy Darwin természetes szelekciós elmélete felmentést ad a kollektív felelősség alól. Darwinnak ez valószínűleg nem állt szándékában, de hogy elméletét a társadalom, a köztudat és a politika erre is felhasználta, vitathatatlan.

4.) Az evolúció negyedik törvényeként azt mondhatjuk ki, hogy a fejlődésnek van iránya. Ezt ugyan Dawkins és a neodarwinisták tagadják, de amikor élőlényeket fejlettség szempontjából összehasonlítunk, a fejlődésről törzsfát készítünk, olyan szavakat használunk, mint primitív és levezetett, akkor bizony irányultságról beszélünk. A fejlődés irányát pedig egy szigorú, de nem vak fizikai törvény szabja meg, az anyag és energia megmaradásának törvénye. Az élővilág azzal az anyaggal és energiával gazdálkodik, amit kap. Az egész evolúció arról szól, hogy az élővilág a saját lét- és fajfenntartási funkcióit egyre kevesebb anyagból, egyre jobb technológiai színvonalon, egyre biztonságosabban és egyre kevesebb energia felhasználásával oldja meg. És ez igaz, akár a megporzás és megtermékenyítés, akár a táplálkozás biológiájára gondolunk. Elég itt utalnunk a szállítószövetek tökéletesedésére vagy a tündérrózsa és orchidea korábban elmondott példájára.

Mi a fejlődésemélet? Tudomány vagy ideológia? Érvék és vélemények

Miután láttuk a saját érveinket, nézzük meg, hogy más tudósok hogyan vélekednek a biológiáról és benne a darwini evolúciós elméletéről:

Richard Dawkins (biológus): „A biológia olyan bonyolult dolgok tanulmányozása, amelyek azt a benyomást keltik, mintha valamilyen céllal megtervezték volna őket.” (Dawkins, 1986, 1.)

Francis Crick (Nobel-díjas biológus) Cambridge University: „A biológusoknak nem szabad megfeledezniük arról, hogy amit látnak, azt senki sem tervezte meg, hanem evolúció útján fejlődött ki.” (Crick, 1988, 36.)

Amikor ezeket a nyilatkozatokat olvastam, felmerült bennem az a kérdés, hogy vajon én egy természettudományt művelek-e, amikor biológiával foglalkozom, vagy valamilyen ideológia területére tévedtem? Milyen természettudomány az, amely arra kényszerít, hogy amit látok, azt felejtsem el, és helyette higgyem el azt, amit X és Y szaktekintély állít? El ne felejtsük már, hogy az 50-es években az összes kelet-európai egyetemen – nekem is – azt tanították, hogy kromoszómák nincsenek, mert azok a sejt

ugyanúgy néznek ki, mint amikor eltűnnek.” Gould itt nem azt állítja, hogy a fajkeletkezés nem lehet kis lépésekből álló folyamat, például hibridizáció vagy poliploidia útján, úgy, ahogyan azt Vida Gábor páfrányokon végzett kutatásaival is bizonyította, hanem arra utal, hogy a fejlődés nagyobb lépései, amit a fosszilis maradványok szintjén, és különösen új típusok megjelenésekor tapasztalunk, nem a darwini evolúció szerint történtek.

A harmadik robbanás: a nyitvatermők

Az evolúcióban a hirtelen nagy ugrás nem egyszeri, véletlen esemény volt, amit a harmadik robbanás, a nyitvatermők kialakulása bizonyít. Ennek előkészületei már a devon végén és a karbonban megtörténtek az előnyitvatermők és a magvaspáfrányok kialakulásával. A mag kialakulására számos kísérlet történik. A harasztok mindegyik csoportjában megjelenik a mag, de csak a magvaspáfrányok vonalán sikerül továbbvinni az evolúcióban. Ez nem csoda, hisz az életképes mag kifejlődéséhez hat fontos kritériumnak kellett együttesen teljesülnie. 1.) A különemű spóráknak, vagyis a heterospóriának. 2.) A női spóratartóban a spórák számának egyre csökkennie kell. 3.) A következő lépés, hogy a női ivaros nem-zedék benne maradjon a női spóratartóban, és ez az ivartalan életfázisú szervezeten fejlődjön ki. 4.) Ezután a női spórának új védelmi szerkezetet kellett kialakítani azáltal, hogy egy burokkal vette körül magát (integumentum) és 5.) ennek csúcsán kialakítania a virágporszemet felfogó készüléket (mikropüle). 6.) Ezzel párhuzamosan a következő hat fejlődési folyamat megy végbe a hím ivarszerben: a.) a hímivarsejt elveszti ostorait, b.) benne marad a mikrosporangiumban, amely c.) ellenálló fehérjeburokkal veszi körül magát, és d.) alkalmas a széllal való szállításra, továbbá e.) a mikropüle beléptető kódjára helyes választ adva f.) pollentömlőt fejleszt, és így juttatja el a hímivarsejteket a petesejtéhez.

A darwini elmélet szerint ez az utódlási rendszer a változékonyság véletlenszerű tapogatózása során, évmilliók alatt jött volna létre. Nincs kielégítő válaszuk arra, hogy miért a karbon időszakban megy végbe mindez, amikor még nincs rá szükség? Honnan „tudták” a növények, – hiszen valamennyi csoport megkísérelte a mag kifejlesztését –, hogy a Perm időszakban ez lesz a túlélés eszköze? A Karbon időszak trópusi „jóléte” után ugyanis a Perm-ben váratlanul beköszönt az éghajlat szárazodása. A Pangaea kisodródik a nedves trópusokról a száraz szubtrópusi öv alá, miközben megkezdődik a kontinens feldarabolódása. Ennek kényszerítő hatására a szárazságtűréshez való alkalmazkodási módok és formák különböző

fixálásának melléktermékei. Megtévesztő dolog, hogy Francis Crick Nobel-díjasként nyilatkozik az evolúcióról, amellyel kutatóként soha sem foglalkozott.

Az ilyen típusú állásfoglalások hamar elnyerik méltó büntetésüket. Robert Laughlin fizikus, aki megszokta, hogy mindent meg lehet mérni, és ki lehet számítani, ráadásul a kozmológia és az élet keletkezésének fizikai feltételeit kutatja, azt írja nemrég megjelent könyvében: „Jelenlegi biológiai tudásunk nagy része ideológiai jellegű. Az ideológiai gondolkodás egyik fő tünete az olyasféle magyarázat, amelyből nem vonhatók le következtetések, és amely nem tesztelhető vagy ellenőrizhető. Az ilyen logikai zsákutcákat anti-elméleteknek nevezem, mivel hatásuk éppen ellentétes a valódi elméletekével: nem serkentik, hanem éppenséggel gátolják a gondolkodást. Például a természetes szelekció általi evolúció, amelyet Darwin fogalmazott meg mint nagy elméletet, manapság inkább antielméletként működik, és arra használják, hogy elleplezzék a zavarba ejtő kísérleti hibákat és hiányosságokat, és törvényesítsék a megkérdőjelezhető felfedezéseket.” (Laughlin, 2005, 168–169.)

Félreértés ne essék: Robert Laughlin nem azt mondja, hogy Darwin elmélete rossz, hanem azt, hogy rosszul használják, és ebben igazat kell, hogy adjak neki.

Ugyancsak elgondolkoztató Sir Fred Hoyle, asztrofizikus és matematikus véleménye: „Ugyan kiderült, hogy a darwini elmélet nem lehet helyes teljes általánosságban, bennem mégis maradt egy kétely, mert nehéz elhinni, hogy az elmélet egészében helytelen. Ha egy elmélet megfigyeléseken alapul, mint a darwini elmélet, általában, legalább a megfigyelések tartományán belül, érvényes marad. Baj akkor van, ha az elméletet kiterjesztik a megfigyelések tartományán túlra. Tehát felmerült a kérdés, hogy meddig érvényes egy elmélet, és miért válik érvénytelenné egy ponton túl.” (Hoyle, 1987, 7.)

Az én meggyőződésem is az, hogy a neo-darwinizmus és a materialista világnézet pusztán praktikussági okokból olyan feltételezésekkel terheli meg a darwini elméletet, amelyek magyarázatára az nem alkalmas. Sir Fred Hoyle írja a továbbiakban: „A józan ész azt sugallja, hogy a darwini elmélet helyes kis léptékben, de helytelen nagy léptékben. A nyulak más, egy kicsit eltérő nyulaktól származnak, de nem az őselevesztől vagy a burgonyától. Az, hogy végső soron honnan származnak, továbbra is megoldatlan probléma marad, ahogy sok minden más a kozmoszban.” (Hoyle, 1987, 8.)

Az utóbbi években, és főleg a matematika, fizika és informatika területéről jelentkező kritikai észrevételek hatására Richard Dawkins is óvatosabbá vált, amit 2003-ban megjelent írásában tett nyilatkozata tükröz: „Lehet, hogy

területeken, egymástól elszigetelődve, eltérő módon jönnek létre. Meg kell oldani a szárazságtűrés különböző formáit, például a szállító szövetrendszer tökéletesedését, a párologtató felület csökkentését, és ekkor válik igazán a siker kulcsává a mag, amely képessé teszi az utódot a kedvezőtlen időszak átvészelésére, és a magvas növényeket arra, hogy átvegyék az uralmat a szárazföldi térségeken. A megtermékenyítés korábbi – vízcseppben való – módja a száraz éghajlat alatt bizonytalanná válik, a mag kialakulását létrehozó stratégia, a széllal szállított – „léghajóban” utazó – hímivarsejtek, a szélmegporzás lesz a megtermékenyítés uralkodó formájává.

A kontinensek szétsodródása következtében a nyit-vatermők három különböző csoportja már a fejlődés korai stádiumában elvált egymástól, és ezt a molekuláris vizsgálatok alapján készült kladogramok is megerősítették. Ezek: a pálmászerű testfelépítést mutató cikász-bennetitesz vonal, amelynek széles levelein fejlődnek ki az ivarszervek; a CordaitesGinkgo-fenyők vonal, csúcán a toboztermő, tű vagy pikkelylevelű fenyőkkel, amelyeken az ivarszervek a tengelyképleteken helyezkednek el; és végül a Gnetum-féléknek három igen különböző egységből álló csoportja. A nyitvatermők nagy része mára kihalt, és a fenyőféléken kívül valamennyi ma élő csoport a túlélés utolsó stádiumában, a kipusztulás határán levő élő kövület. A Perm–Triász–Júra időszakok nyitvatermő flórájának nagy változatosságát mutatják a kihalt csoportok is. A száraz klíma nem kedvez a fosszilizációnak, és ez meg is mutatkozik a sokkal kisebb számú nyitvatermő maradványon. Ezek azonban ahelyett, hogy „betömnék” a ma élők között tátongó réseket, tovább fokozzák a változatosságot. A kihalt szárazságtűrő kislevelű magvaspáfrányok (*Glossopteris*, *Coristosperma*, *Pentoxylon Caytonia*), és a pálmaalakú *Bennetites* igen eltérő formái mind egy-egy külön fejlődési vonalat látszanak képviselni. Ennek eredménye, hogy a nemrég még egyetlen rendszertani törzsnek tekintett nyitvatermőket ma legkevesebb öt törzsre bontva tárgyaljuk, ami azt jelenti, hogy hiányzanak közülük az összekötő elemek.

A paleontológusok már Darwin életében azt kifogásolták, hogy a fejlődés nagy lépcsői közül hiányzanak azok a kis lépcsők, amelyeknek a fokozatos fejlődést kellene igazolniuk. Darwin azzal védekezett, hogy a geológiai rétegek feltáratlansága miatt kevés fossziliát ismerünk, de a földkéreg feltárása során várhatóan elő fognak kerülni azok a maradványok, amelyek a fejlődés még ismeretlen hiányzó láncszemei. Ez a hiányzó láncszem, a missing link volt a varázsszó, amellyel a darwinizmus problémáinak megoldását elnapolták. Darwin maga is érezte, hogy elméletének ez a gyenge pontja, mert azt

Darwin diadalmaskodott a huszadik század végén, (értsd: Dawkins diadalmaskodott Darwin nevében, a szerző megj.) de tudomásul kell vennünk annak a lehetőségét, hogy új tények kerülnek napvilágra, amelyek arra kényszerítik majd a huszonegyedik századi utódainkat, hogy elvessek, vagy a felismerhetetlenségig módosítsák a darwinizmust.” (Dawkins, 2003, 81.) Azt hiszem, hogy itt Dawkins helyesen látja, hogy a 21. század tudománya ebben az irányban halad.

Nem érdektelen megismerni azoknak a molekuláris biológusoknak a véleményét sem, akik az utolsó évtizedek legnagyobb horderejű kutatásában, az emberi génanyag feltérképezésében vettek részt.

Francis Collins (Az Emberi Genom Program igazgatója): „Megkapó és döbbenetes dolog ráébrednem, hogy először nyertünk bepillantást saját használati útmutatásunkba, amelyet korábban csak Isten ismert.”

Gene Myers: (Celera Genomics, Marylandi Központ számítógépes szakembere, aki részt vett az emberi genom feltérképezésében.): „Elragadóan komplexek vagyunk molekuláris szinten... Ami valóban bámulatba ejt, az élet architektúrája... a rendszer rendkívül komplex. Olyan, mintha valaki megtervezte volna... Mérheterlen intelligenciával állunk itt szemben. Nem gondolom, hogy ez tudománytalan.”

Mialatt elolvastam egy kisebb könyvtárnyi irodalmat az evolúcióról, lépten-nyomon szembekerültem azzal a kérdéssel, hogy mi tekinthető tudománynak, és mi nem. Az a meggyőződés kezdett kialakulni bennem, hogy miközben a tudósok nagy erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy Istent kiszorítsák a tudományból meg a természetből, a tudomány talán még soha sem állt olyan közel ahhoz, hogy Isten létét bebizonyítsa, mint napjainkban. Nem lehetetlen, hogy a tudomány nem fog tudni ellenállni annak a kísértésnek, hogy ezt a saját eszközeivel meg is tegye. Örülök annak, hogy neves nagy tudósok – legalább nyugdíjas korban – amikor már nem kell félniük attól, hogy pályázataikat világnézeti alapon elutasítják, nem látnak gondolati konfliktust a tudomány magas szintű művelése és az istenhit között.

Sir John Houghton a Royal Society tagja, az Oxfordi Egyetem fizikus professzora, meteorológus írja: „Tudományunk Isten tudománya. Ő viseli a felelősséget az egész tudományért. Az Univerzum tudományos leírásában lévő figyelemre méltó rend, következetesség, megbízhatóság és bámulatos komplexitás az Isten munkálkodásában lévő rend, következetesség, megbízhatóság és komplexitás tükröződése.” (Houghton, 1995, 59.)

Sir Ghilleen Prance botanikus, a világ két legnagyobb élő növénygyűjteményének, a New

írja: „Korábban rengeteg közbenső változatnak kellett léteznie a Földön. Akkor miért nincs tele minden geológiai formáció és réteg ilyen közbenső láncszemekkel? Bizonyos, hogy a geológia nem tárt fel semmilyen fokozatos szerves láncot. Talán ez a legnyilvánvalóbb és legsúlyosabb kifogás, ami felhozható elméletem ellen.” (Darwin, 1996, 227.) De már 1952-ben Nils Heribert-Nilson azt írta (1952, 1212.): „A paleobiológiai tények alapján még karikatúrát sem készíthetünk az evolúcióról. A kövületi anyag most annyira egységes, hogy az átmeneti alakok láncszemeinek hiányát nem lehet többé szegényesen rendelkezésre álló kövületi anyagokkal magyarázni. A hiányok valóságosak; soha sem fognak kiegészülni”. Véleményének helyességét igazolta az idő, mert huszonöt évvel később David Raup, a chicagói Field Múzeum paleontológusa hasonlóan ír (Raup, 1979, 25.) „Darwin óta körülbelül százötven év telt el, és a fosszilis leletanyag jelentősen bővült. Ma negyedmillió fosszilis fajt ismerünk, de a helyzet nem sokat változott. Az evolúcióra utaló leletanyag még mindig meglepően egyenetlen. A sors iróniája, hogy ma kevesebb példánk van az evolúciós átmenetekre, mint Darwin idejében volt.” De még ennél is tovább megy Nils Eldredge, az American Natural History Museum paleontológusa: „Mi paleontológusok azt mondtuk, hogy az élet története alátámasztja a fokozatos adaptív változás elméletét, miközben egész idő alatt tudtuk, hogy ez nem igaz.” (Eldredge, 1985, 144–145.)

Ez olyan megdöbbentő beismerés, amihez fogható nem olvasható minden nap a tudományos irodalomban.

A negyedik robbanás: virágba borul a Föld

És végül jön a növényvilág fejlődésének utolsó nagy robbanása: a zárvatermő növények világuralmának kialakulása. Náluk tovább tökéletesedik a szállító szövetrendszer, az utódvédelem a zárt magházzal, és az embriónak különleges, „roboráló” tápszövettel való ellátása, a megtermékenyítés pedig a színpompás és csodálatosan formagazdag virágtakaró kialakulásával és az állatmegporzással. Ezek óriási horderejű változások, amelyekkel a termőhelyek benépesítéséért és a forrásfelosztásért folyó versengésben a zárvatermők valósággal „állva hagyják” a nyitvatermő növényeket, amelyek kiszorulnak a hideg éghajlatú zónákba és a tápanyagban szegény talajokra.

Első lépésként meg kell keresnünk e színpompás gazdagság eredetét. Már a nyitvatermők őseinek keresése is zavarba ejtő nehézségekkel volt terhes. Még ennél is nehezebb a zárvatermők őseit megtalálni.

York Botanical Gardennek és a Royal Kew Gardensnek volt igazgatója, valamint az Amazonas őserdeinek világhírű kutatója. Vele mindkét minőségében volt alkalmam találkozni és beszélgetni. Nem tudtam, hogy hívő ember, mert mindannyiszor konkrét tudományos kérdésekről cseréltünk eszmét, és ilyesmi nem került szóba köztünk. *Az Isten és a tudósok* (Prance, 1997) című könyvben így vall: „Régóta hiszem, hogy Isten az egész természet nagy Tervezője... A tudományban szerzett összes tapasztalatom megerősítette hitemet. A Bibliát úgy tekintem, mint a tekintély legfőbb forrását.”

Magam mint botanikus, az MTA és a Londoni Linné Társaság tagja vagyok. Ötven éve tanítom a növényvilág fejlődéstörténetét, és tanúja voltam a hatalmas fejlődésnek, ami fél évszázad alatt ezen a tudományterületen végbement. Négy kontinensen kutattam a zárvatermő növényeket, és térképeztem a növénytakarót. Több mint félszáz növénycsaládból több mint félezer növényfajt fedeztem fel a tudomány számára. Mindezt nem dicsekvésből írom, hanem hogy dokumentáljam hozzáértésemet a kérdésekhez, amelyeket írásomban érintettem. Tapasztalataimról egy interjúkötetben így vallottam: „A tudomány felelőssége, hogy felmutassa a természet működésében a Teremtő törvényeit. Például azt, hogy az evolúció az élővilág fejlődése; egy gazdálkodó rendszer tökéletesedése, amelynek célja, hogy az élet legfontosabb funkciói: a lét- és fajfenntartás egyre kevesebb anyagból, egyre jobb hatásfokkal és egyre biztonságosabb módon teljesüljenek.” (Chikán, 2005, 34.)

Darwinnal szemben nincs bennem elutasítás, de meg kellett mutatnom, hogy az én szakterületem ismeretanyagai hol és mennyit igazolnak a természetes szelekció és a véletlenszerű fejlődés elméletéből. És javára írom azt, hogy A fajok eredete második kiadását ezzel a mondattal zárta: „Nagyszerűség van ebben a felfogásban, amely szerint a Teremtő az életet a maga különböző erőivel eredetileg csak néhány vagy csak egyetlen formába lehelte bele; és mialatt bolygónk a nehézkedés megmásít-hatatlan törvénye szerint keringett, ebből az egyszerű kezdetből végtelen sok szépséges és csodálatos forma bontakozott ki és bontakozik ki ma is”.

Csalódott materialisták azonnal elkezdtek terjeszteni, hogy ezt Darwin a felesége kérésére írta. Akinek van egy csöpp emberismerete, az öregember konok arcát látva aligha gondolhatja komolyan, hogy egy nő kérésére hajlandó lett volna világraszóló felfedezését a Teremtővel „megosztani”.

Kulcsszavak: *növényvilág, evolúció, koevolúció,*

Származásukat már Darwin is „irtóztatóan titokzatosnak” ítélte. A nagy reménnyel várt molekuláris kutatások eredményei inkább fokozták a bizonytalanságot. Kimutatták ugyanis, hogy a potenciális ősként leginkább számon tartott nyitvatermők, a *Gnetum*-félék, genetikailag a fenyőkhöz állnak közel, és semmiképpen nem lehetnek a zárvatermők ősei. Sokáig a cikász-félék rokonságában keresték a zárvatermők virágának őseit (euanthium-elmélet), újabban azonban a *Coristosperma*-típusú kihalt magvaspáfrányok csoportjának valamelyik – eddig ismeretlen – tagjában remélik a zárvatermők őseit megtalálni.

Nem sokkal jobb a helyzet, ha a zárvatermők ősi, kiinduló csoportjait akarjuk meghatározni.

Mivel a mai nyitvatermők körében a fás szár kizárólagos, az a legelfogadottabb feltételezés, hogy az ősi zárvatermők is fás növények voltak. Így esett korábban a választás a liliumfákra és primitív rokonaikra (*Winteraceae*, *Degeneriaceae*), de ezek kiinduló pozícióját a genetikai vizsgálatok nem igazolták. A molekuláris kladisztikai vizsgálatok szerint a legősibb típus az *Amborella* nevű cserje. Vele két gondunk van. Az egyik az, hogy az *Amborella* genomjának ősi jellegét részben a benne található májmohagéneknek köszönheti, amelyek adventív gének is lehetnek, amit valószínűsít, hogy a májmohák a fejlődés oldalágán vannak. A másik gond az *Amborella* elszigeteltsége és reliktum termőhelye. Valószínűtlen, hogy ilyen pozícióból viszonylag rövid idő alatt világszerte elterjedt a növényvilág legnépesebb csoportja. A zárvatermők származási vonalának második helyén a tündérrózsa-féléket találjuk, amelyek mind lágyszárú vízinövények. Esélyüket növeli, hogy a nyitvatermők között nincsenek, a páfrányok között alig vannak lágyszárú vízinövények, vagyis monopolhelyzetben voltak a mélyebb víztestek benépesítésében. Ha ökológiai ismereteink birtokában megkíséreljük elgondolni, hogy hol lehetett esélyük a zárvatermőknek egy fenyvesekkel és ginkgoerdőkkel borított tájba behatolni, akkor a folyómedreket és az állóvizeket jelölhetjük meg elsőként ilyen termőhelyeknek.

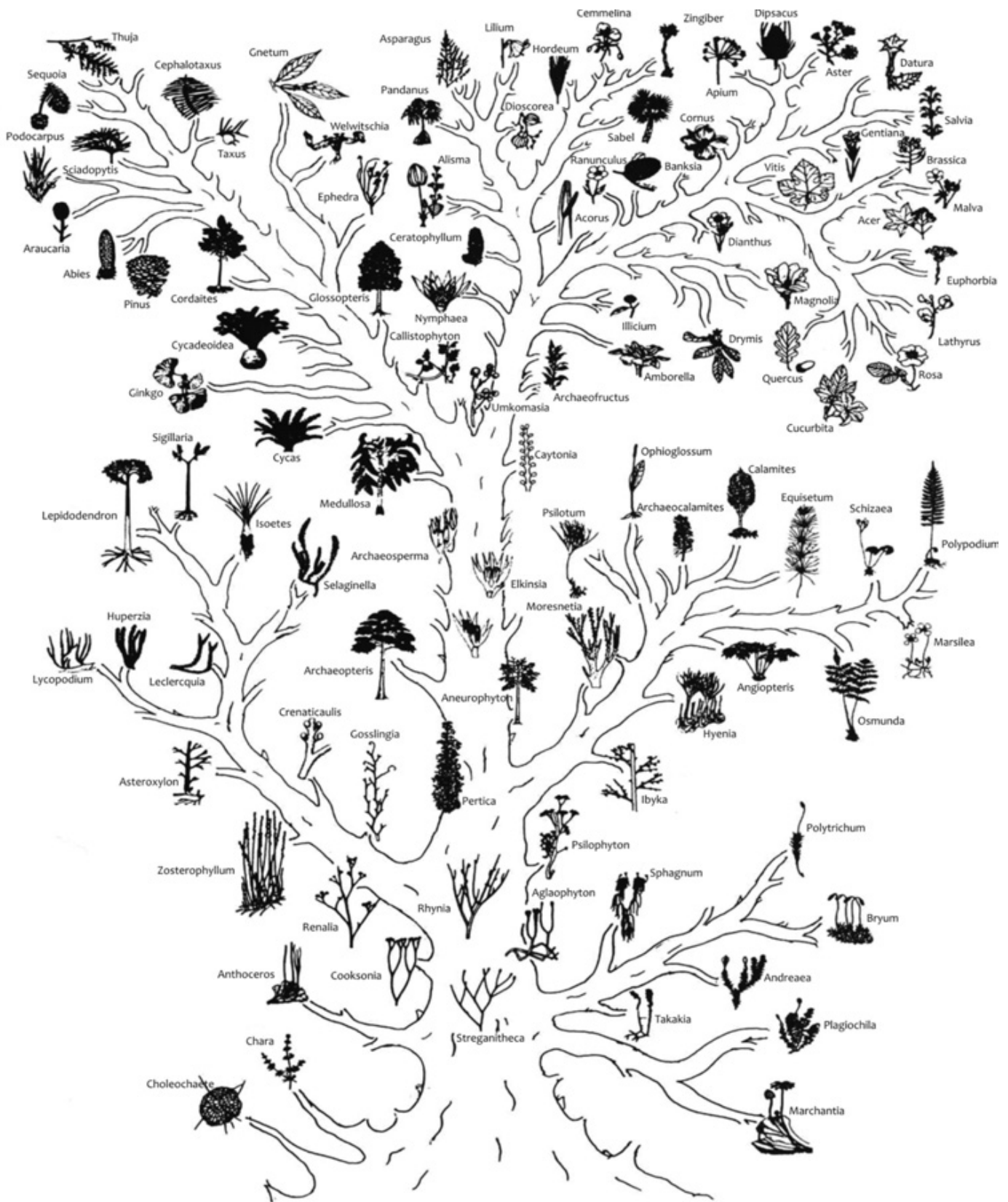
Az ősi zárvatermők dilemmája nemcsak az, hogy nem találjuk a „közös őst”, hanem hogy ezek, – mint láttuk – mind morfológiailag, mind származástaniilag igen távol állnak egymástól. Egy rózsa és egy napraforgó genetikailag és szerkezetiileg is közelebb áll egymáshoz, mint egy tündérrózsa az *Amborellához*. Még az a gondolat is felmerült nemrégiben, hogy van-e közös ősök a zárvatermőknek egyáltalán, vagy az ősi zárvatermők különböző ősök leszármazottai-e? Mindeme kérdéseknek egyetlen biztos következtetésük van, éspedig az, hogy a zárvatermők evolúciójának alaplépései is ugrásszerűek voltak, és nem a darwini modell

szakaszos fejlődés, kreatív és szelektív, darwini és nem-darwini szakaszok, irány, hajtóerő, stratégiák

IRODALOM

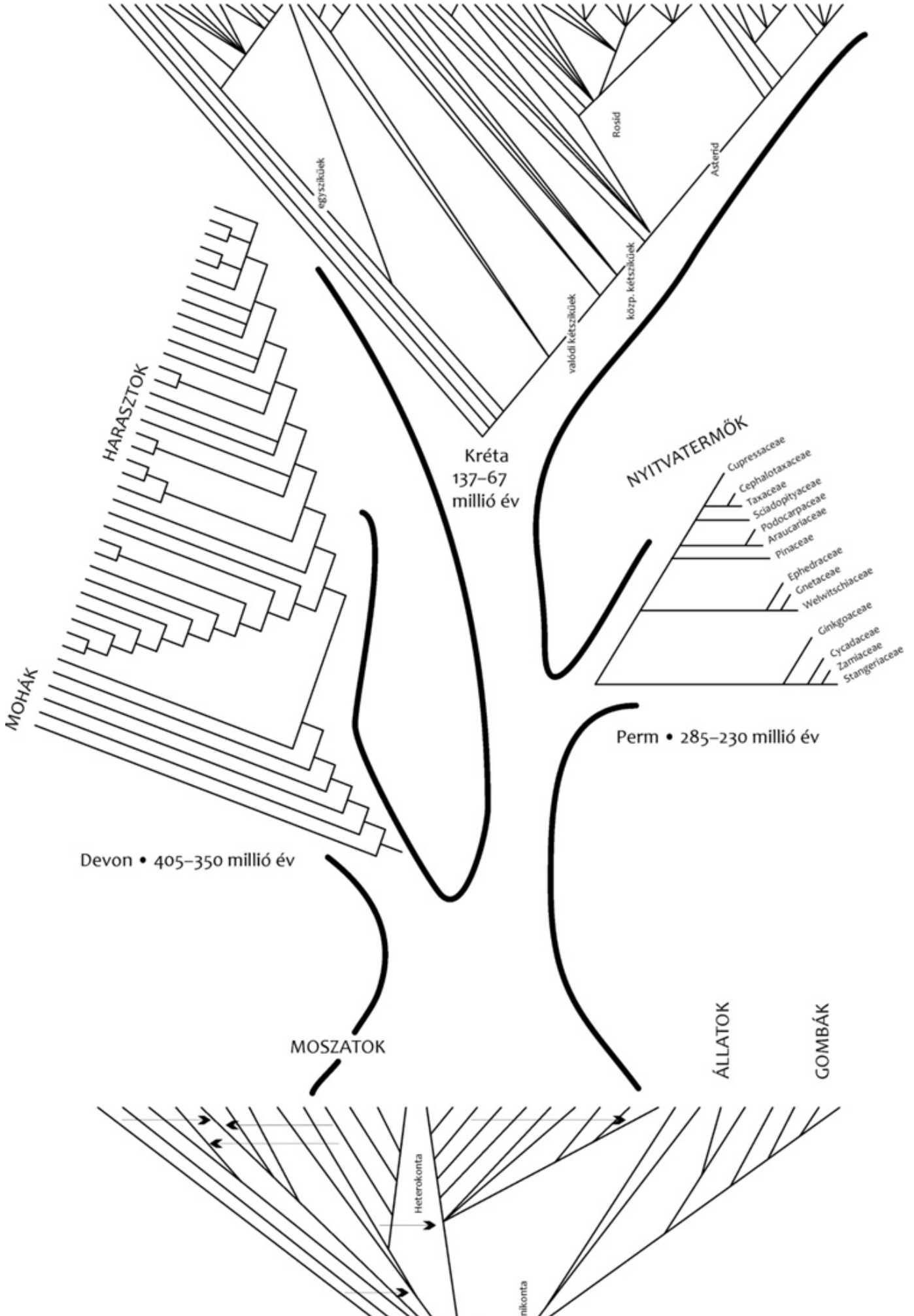
- Borhidi Attila (2002): Gaia zöld ruhája. Magyarország az ezredfordulón. MTA Stratégiai Kutatások, Budapest
- Borhidi Attila (2008): A zárvatermők rendszertana molekuláris filogenetikai megközelítésben. PTE, Pécs
- Chikán Ágnes (2005): Levelek a tudás fájáról. Agroinform, Budapest
- Conway Morris, Simon (1998): The Crucible of Creation. Oxford University Press, Oxford
- Crick, Francis (1988): Lessons from Biology. Natural History. 97, 36–38.
- Darwin, Charles (1958): A fajok eredete. Gondolat, Budapest
- Darwin, Charles (1996): Origin of Species. World Classics Edition. Oxford University Press, Oxford
- Dawkins, Richard (1986): The Blind Watchmaker. Longmans, London
- Dawkins, Richard (2003): A Devil's Chaplain. Weidenfeld and Nicholson, London
- Eldredge, Nils (1985): Time Frames: The Evolution of Punctuated Equilibria. Princeton Univ. Press.
- Gould, Stephen Jay (1977): Evolution's Erratic Pace. Natural History. 86, 5, 12-16.
- Heribert-Nilson, Nils (1952): Synthetische Artbildung. Fischer, Stuttgart–Jena
- Houghton, John (1995): The Search for God – Can Science Help? Lion, Oxford
- Hoyle, Fred (1987): Mathematics of Evolution. Weston Publ. Cardiff University Press
- Laughlin, Robert (2005): A Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down. New York Basic Books
- Maynard-Smith, John – Szathmáry Eörs (1995): The Major Transitions in Evolution. Freeman, Oxford–New York
- Maynard-Smith, John – Szathmáry Eörs (2002): A földi élet regénye. Vince, Budapest
- Podani János (2003): A szárazföldi növények evolúciója és rendszertana. Eötvös Kiadó, ELTE
- Prance, Sir Ghillea (1997): In: Mike Poole (ed.): God and the Scientists. CPO, Worthing
- Raup, David (1979): Conflicts between Darwin and Paleontology. Bulletin. Field Museum of Natural History, Chicago
- Valentine, James (2004): On the Origin of Phyla. Univ. Press, Chicago

szerint történhetek.



1. ábra • A szárazföldi növények fejlődéstörténeti törzsfája Podani János (2003) szerint <

ZÁRVATERMŐK



2. *ábra* • A növényvilág fejlődésének időarányos szakaszai <
