



A csúnyácska  
Siegesbeckia  
pubescens

# RENDBETEREMTÉS A BIOLÓGIAI OSZTÁLYOZÁSBAN

„Isten bizonytal nem engedné meg, hogy húsz vagy több hímre (a porzókra) min-  
dössze egyetlen nő (a bibe) jusson! Ártatlan és kedves növényeink ilyen alapokon  
történő jellemzése teljességgel elfogadhatatlan a vallásos ember számára” – hangoztatta az  
ellentábor Linné rendszeréről, amelynek korabeli fogadtatása vegyes volt. Lapunk 21. és 22. számá-  
ban már bemutattuk a nagy tudós munkásságának főbb állomásait. Még mindig a Linné-évfordulóhoz  
kapcsolódva, ebben a cikkben az élővilág osztályozásával összefüggő fontosabb alapelvekre térünk ki, a  
következő héten pedig azt is megvizsgáljuk, hová jutott mára a tudomány az élőlények rendszerezésében.

**3. rész** Linné feltűnően felemás módonviszonyult az élővilág osztályozásához, hiszen az ő korában általánosan elfogadott két nagy élőlénycsoport, az állatok és a növények rendszerezését egészen eltérő alapokra helyezte. Ebben talán az is befolyásolta, hogy az állatvilág, a *Regnum animale* tagjai sokkal ismeretebbek voltak a növényeknél, és minden természettudós szemében nagyobbnak tűnt alaktani változatosságuk is. Ennek megfelelően az általa elkülönített fő állatcsoportok: a négy lábúak (Linné értelmezésében az emlősök, *Quadrupedia*), a madarak (*Aves*), a kétlábúak, ide értve a hüllőket is (*Amphibia*), a halak (*Pisces*), az ízeltlábúak (*Insecta*) és a férgek (*Vermes*) igen hosszú ideig elfogadott kategóriák maradtak, s részben ma is megállják a helyüket, mivel az állatok számos tulajdonságát tükrözik egyidejűleg, vagyis természetesnek hatnak.

Nem ez a helyzet a növényekkel. Linné úgy vélte, hogy akkor teremthet hatékonyan rendet közöttük, ha csoportosításukat egy vagy néhány kiemelt sajátosságra alapozza. Mivel csupán pár évvel korábban derült fény arra, hogy nemcsak az állatoknak, hanem a növényeknek is van nemük – s ő maga is erről írt disszertációt –, logikusnak tűnt számára a döntés: a növényeket az ivarszervek figyelembevételével, a porzók, illetve a termők száma és elrendeződése

szerint kell osztályozni. Mindez szépen látszik a Linné-féle növényrendszer első hazai ábrázolásán, a *Diószegi Sámuel*nek és *Fazekas Mihálynak* köszönhető *Magyar Fűvész Könyvben* (1807) megjelent diagramon is. A növények porzók alapján elkülönített 23 osztályát egyetlen olyan csoport egészíti ki, amelybe virágtalan növényeket (mohákat, harasztokat stb.) sorolhatunk: a találón „lopvanószók”-nek (*Cryptogamae*) titulált 24. osztály. Noha Diószegiék ábrája nem mutatja, az osztályok többsége a termők alapján tovább bontható kisebb csoportokra, amelyeket Linné rendeknek (ordo) nevezett el.

**M**íg az állatok osztályozása viszonylag gyorsan és általánosan elismertté vált, a növények rendszerét ellentmondásos és nem mindig szakmai indíttatású reakció fogadta. Linné azonnal sok ellenséget szerzett magának, mert művét némelyek teológiai és erkölcstani alapon is kifogásolhatónak találták. Az ellentábor élén a német *Johann Georg Siegesbeck* (1686–1755) állt, aki 1737-ben írt munkájában Linné rendszerét „erkölcstelennek” nevezte, a cikkünk bevezető mondataiban megfogalmazott kemény hangon. „Bírálat” nem volt hatástalan, Linnétől közvetlen környezete egy ideig elhidegült, munkáit a pápa 1774-ig be sem engedte a vatikáni könyvtárba. Mindez Linnét lelkileg is rendkívül súlyosan érintette, hiszen mélysége-

sen hitt Istenben. Sajátos módon állt bosszút támadóján: Siegesbeckről egy csúnyácska, jellegtelennek tetsző, szőrös növényt nevezett el – ezzel érzékeltetve sommás véleményét a botanika történetébe ily módon bevonuló kollégájáról. (Köztudott, hogy Linné egy-egy kortársáról érdemei arányában nevezett el növénynevezetséget.)

A biológia története szempontjából, persze, lényegesebbek a szakmai berkekből érkező ellenérvek. Svédországi kollégája, *Lorenz Heister* szerint például Linné osztályai azért használhatatlanok, mert sok esetben képzetlenség a porzókat szabad szemmel megszámlálni, s ezért egy másféle, a levelek sajátosságaira alapozó rendszert javasolt. Ahogy korábbi cikkünkben már rámutattunk, Linné osztályozása és Heister elképzelése egyaránt „mesterségesnek” hat, hiszen a porzók száma vagy csupán a levelek alapján olyan fajok kerülhetnek egy csoportba, amelyek más szempontból egyáltalán nem hasonlítanak egymásra. Az állatok rendszerénél ilyen problémák nem vetődtek fel akkoriban, hiszen senki sem vonta kétségbe a halak vagy például az emlősök nagyfokú egyöntetűségét (ha most a cetek halak közé történő téves besorolásától eltekintünk).

A mesterséges osztályozásokról a természetesre való váltásban a francia botanikusok tették a legtöbbet. Kiemelendő közülük a nagy termé-

# A' Növények Seregeinek Táblája.

A' Növény, mellynek

Van kitettség virága, és Nemzórélze, ha

Minden virágja Nős, azaz mindenikben van Hím is Anya is, és ha

Szabadon vannak benne a' Hímek; úgy, hogy semmi részek egymással ölzve nem nőtt: vagy az

Négyhímestől lett Hathímestől lett

Ölzenőttek a' Hímizálak egymással; v. a' Porhonyok egymással; v. a' Hímek az Anyával: vagy az

Más virágban van a' Hím, másban az Anya vagy a' Nős virágokon kívül vannak külön Hím vagy Anya virágok is: vagy az

Nints pufzta szemmel látható virágja és Nemző része: a' 24 Lopvanószó

- 1 Egyhímest
- 2 Kéthímest
- 3 Háromhímest
- 4 Négyhímest
- 5 Öthímest
- 6 Hathímest
- 7 Héthímest
- 8 Nyóltzhímest
- 9 Kilentzhímest
- 10 Tíz hímest
- 11 Tizenkét hímest
- 12 Húsz hímest
- 13 Sok hímest
- 14 Két főbb hímest
- 15 Négy főbb hímest

- 16 Egyfalkás
- 17 Kétfalkás
- 18 Sokfalkás
- 19 Együtt nemző
- 20 Anyahímest
- 21 Eggyalaki
- 22 Kétlaki
- 23 Nőszöveg
- 24 Lopvanószó

SEREGRE tartozik.

Linné  
növényrendszere  
Diószegi és Fazekas fordításában

szettudós és Afrika-utazó, Michel Adanson (1727–1806), aki szerint az osztályozást a lehető legtöbb tulajdonságra kell alapozni, amelyek ráadásul egyenlően fontosnak tekintendők. Bár módszerét csak puhatestűekre alkalmazta közvetlenül, elvei a növények rendszerében is tükröződtek: 58 növény családot különített el, ezek részben megfelelnek a ma is elfogadott családoknak.

Élete vége felé Linné is változtatott álláspontján, a *Philosophia Botanica* című művében több osztályozást is megemlített, kiemelve közülük a természetes módon („methodi naturalis”) kapott rendszert. Az általa felsorolt, példákkal bőven alátámasztott 67 csoport között szerepelnek például a pálmák (*Palmae*), a fenyők (*Coniferae*), a liliomfélék (*Liliaceae*). Adansonnal nem volt vitája, a természetes rendszert már maga is fontosnak tartotta, és kollégája iránti tiszteletét a baobabfáként is emlegetett majomkenyérfa nemzetségének adott *Adansonia* elnevezéssel nyomatékosította.

Linné természetesnek szánt csoportjai között, persze, nem mindegyik felel meg ma is elismert rendszertani kategóriának, vagyis „taxon”-nak. Például a *Succulentae* (szukkulensek vagy magyarul poszgasok)

családjába a kaktuszféléken kívül sok olyan nemzetséget is besorolt, amelyeket ma már egészen máshova helyezünk, mint a varjúhájféléket (*Sedum*), a kristályvirágféléket (*Mesembryanthemum*), a porcsinféléket (*Portulaca*) és így tovább. Igaz, ezek a porzók száma alapján Linné korábbi rendszerében sem szerepeltek együtt, s lám: felületes alaktani hasonlóságuk, a poszgas szár vagy levél révén most mégis egy csoportba kerültek! Mennyiben természetes tehát valójában a szukkulensek csoportja – mondjuk – a pálmákkal összehasonlítva? Miért nincs ma „poszgasok családja” a növények rendszerében? Nyilvánvaló ellentét feszül az egyes osztályozások között, amelynek magyarázatához az élővilág evolúciójára kell kitérnünk.

Az evolúció elméletéről Linné nem tudhatott, hiszen az ő idejében ez még fel sem merült a biológiában. Alapjában véve a fajok változatlanságában hitt, vagyis abban, hogy olyanok, amilyen formában Isten megteremtette azokat. Ám az evolúció alapfogalmai már érelődött némely tudós fejében. 1809-et írtak (s Linné halála után 30 év telt el), amikor Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829) megjelentette a biológia történetének első törzsfábrázolását (*Philosophie Zoolo-*

*gique*). A Lamarck sugallta leszármazási kapcsolatok mai szemmel, persze, nem fogadhatók el, hiszen például a bálnákat és a szárazföldi emlősöket a fókáktól származtatta, a kloakás emlősök őseként pedig a madarakat jelölte meg.

A törzsfák és az osztályozás közötti kapcsolat fontosságát az evolúciós elmélet kidolgozója, Charles Darwin (1809–1882) hangsúlyozta először, kimondva, hogy az a legtermészetesebb osztályozás, amely a leszármazási viszonyokon, vagyis a törzsfán alapul. Vélekedése szerint az egy családban tartozó fajoknak a közvetlen közös ősük ugyanaz kell, hogy legyen („mindannyian egy töről fakadjanak”), s ezt a feltételt más rendszertani kategóriáknak is teljesíteniük kell. Alapelveit saját maga is alkalmazta a kacslábú rákokról (*Cirripedia*) írt tanulmányában, az egyetlen tisztán rendszertani jellegű munkájában.

■ gen fontos tehát rámutatnunk: a „természetesség” többjelentésű fogalom. A szukkulensek családja bizonyos szempontból természetesnek tekinthető, hiszen olyan növényeket egyesít, amelyek a száraz éghajlat-hoz való alkalmazkodás során megvastagodott, víztárolásra képes szöveteket fejlesztettek ki. Ez a képesség azonban több evolúciós vonalon,



A tekintélyt követelő

*Adansonia grandidieri*  
(TARDI JÁNOS FELVÉTELE)

földrajzilag távol eső területeken élő fajoknál egymástól függetlenül is kialakult (ezt nevezzük konvergenciának). A szukkulensek csoportja ugyan vegetatív bélyegei alapján természetesnek hat, de mivel pozsgás növények a törzsfá egészen különböző ágain is felbukkannak, evolúciós értelemben a *Succulentae* mégsem természetes! Ha megvizsgáljuk a virágaikat, ez még inkább érthetővé válik. A közös őstől való leszármazást a porzótáj és termőtáj sajátosságai pontosabban jelzik, mint a szár és a levél. Vagyis – paradox módon – Linné kezdeti mesterséges osztályozása több ponton közelebb állt a fejlődéstörténetileg (filogenetikailag) természetes rendszerhez, mint a 67 alaktanilag természetes család egyike-másika! Ennek az a magyarázata, hogy a reprodukív szervek esetében jóval kevésbé érzékelhető a környezet hatására bekövetkező hasonló irányú változás, a konvergencia, mint a levélnél és a szárnál.

A növényvilág rendszerezésében ezért a XIX. század második felétől a virág felépítése, a porzók, a termők és a takarólevelek (párta, lepel, csésze) elrendeződése vált központi fontosságúvá. Az amerikai *Charles E. Bessey* (1845–1915) határozta meg először azt, hogy a virág felépítésében mely bélyegek ősie, s melyek tekinthetők evolúciós értelemben újaknak. Példaképpen említhetjük a sugaras és a kétoldalian szimmetrikus virágot: a sugaras az ősi jellegű, a kétoldalian részarányos virág pedig a sugaras

alaptípus módosulásaként később jelent meg az evolúció során. Minél több ilyen új (a szakzsargon szerint „leszármaztatott”) tulajdonság figyelhető meg egy családban, annál később ágazik le a törzsfán, ajánlotta Bessey.

**E**z a javaslat kézenfekvőnek látszik ugyan, de annál nehezebb megvalósítani a gyakorlatban. A XX. század elején az addig leírt zárwatermő fajok száma elérte a 200 ezret. A ma ismert fajok száma negyedmillió körül van, és még továbbiak felfedezése várható. Ilyen sok faj elrendezése – nemzetségekre, családokba, rendekbe s még magasabb szintű rendszertani kategóriákba – igen komoly feladat. Ha pedig azt is figyelembe vesszük, hogy a vizsgálható tulajdonságok száma sok tucat is lehet, egyenként egy ősi és jó néhány újabb állapottal, akkor a feldolgozandó információ alaposan meghaladja a legjobb memóriájú botanikus képességeit is. Ennek ellenére a törzsfákészítés és az osztályozás nagy feladatával számos kiváló rendszerező is megpróbálkozott az elmúlt száz évben, de rendszerük sok eleme szükségszerűen szubjektív volt (hogy csak két botanikust említsünk: az örmény *A. Tahtadzsján* vagy a magyar *Soó Rezső*).

A '60-as években kialakult *numerikus taxonómia* tudományága az előbbi nehézségeken próbált változtatni. Úttörői az amerikai mikrobiológus *R. R. Sokal* és a brit rovarász *P. H. A. Sneath* voltak. Az irányzat fő érdeme, hogy az osztályozás folyamatát nagymértékben függetlenítet-

te a kutató személyes döntéseitől, és megismételhetővé tette azt, ami fontos követelmény a természettudományos kutatásban. Emellett intenzíven bevonta a matematikát és a számítógépet a rendszertani vizsgálatokba. Az osztályozó módszerek fejlesztésében azonban kissé „megfeledkezett” az evolúcióról, sőt akadt olyan numerikus taxonómus is, aki megvalósíthatatlannak tartotta, hogy a törzsfákra valaha is matematikai módszerekkel lehessen következtetni.

Ma már tudjuk, hogy ez utóbbi vélekedés igencsak téves. Még a numerikus taxonómia megjelenése előtt egy német rovarász, *Willi Hennig* (1913–1976) alaposan átgondolta az ősi és a leszármaztatott tulajdonságokkal kapcsolatos elveket, és hangsúlyozta, hogy a korábbi gyakorlattal szemben nem az osztályozás az elsődleges, hanem a törzsfá készítése. A törzsfá minden ágának teljesítenie kell egy feltételt: a rajta lévő taxonok maximális számú leszármaztatott tulajdonságban egyezzenek meg! Ha ez megvalósult, akkor foghatunk hozzá a törzsfá alapján a rendszerezéshez. Vélekedése szerint csak olyan rendszertani kategóriák fogadhatók el, amelyek minden tagja ugyanattól a közös őstől származik, és fordítva, ennek a közös őznek nincs más taxonba sorolt leszármazottja. Például egy családba csak olyan nemzetségek tartozhatnak, amelyek ugyanattól a közös – általában hipotetikus – őstől származnak. Ez a szigorú *monofiletikus* („azonos őstől való származás”) feltétele valójában Darwin elveinek pontosításaként fogható fel. Hennig még ceruzával és papíron számolt, s ezért húsznál több fajra már közelítőleg sem tudott optimális törzsfákat készíteni. Bizonyos, a numerikus taxonómiából kölcsönzött számítógépes eljárások továbbfejlesztésével azonban Hennig módszere a '70-es évek végétől széles körben alkalmazhatóvá vált a rendszertani kutatásokban.

Am a problémák korántsem oldódtak meg teljesen. Viszonylag kevés olyan, jól használható morfológiai bélyeg áll rendelkezésünkre, amelyeknek mind az ősi, mind pedig a leszármaztatott állapotai is egyértelműen meghatározhatók. Ezek jelentős része – a zárwatermőknél nem-



**Sugaras virág (rózsa, balra) és kétoldalian szimmetrikus virág (zsálya, jobbra)**  
(A SZERZŐ FELVÉTELEI)

csak vegetatív tulajdonságok, hanem például a virág egy-egy tulajdonsága (a kétoldali virágszimmetria, a szirmok összeforradása vagy a megváltozott porzósám) – egymástól függetlenül, több vonalon is kialakulhat. Az ilyen jelenségek könnyen becsapathatják a hennigi elveken alapuló számításokat, s az óvatlan taxonómus akaratlanul is inkább egy Linné-féle osztályozás felé csúszhat, holott a darwini-hennigi koncepciókat akarja érvényesíteni. Filogenetikai szempontból tehát kicsi és kevésbé megbízható a morfológiai adatbázis, s valami mással is ki kell azt egészíteni...

**A**bővítés a társtudományok – elsősorban a biokémia, a molekuláris genetika és a sejtbiológia – segítségével vált valósággá. Már a '60-as évek elején leírták néhány fehérje aminosav-szekvenciáját, és nem sokkal később a gének nukleotidsorrendjének meghatározása is lehetségessé vált. Két biokémikus, *Emile Zuckerkandl* és *Linus Pauling* (1901–1994) 1965-ben megjósolta, hogy ezek a sokféle építőközből álló biopolimerek olyan nagy mennyiségű információt hordoznak, amelyek segítségével visszakövetkeztethetünk az evolúciós útvonalakra. Az evolúció során ugyanis a nukleotidok és az aminosavak véletlenszerűen kicserélődnek a gén, illetve a fehérje egy-egy pontján, a cserélődések pedig megfelelő módszerekkel értékelhetők, s így módon a különböző fajok összehasonlíthatók lesznek egymással – sejtette a tudományos világgal Zuckerkandl és Pauling.

Vélekedésük igen hamar igazolódott, hiszen a *citokró-m-c* nevű enzim

aminosavsorrendjének felhasználásával az amerikai *W. Fitch* és *E. Margoliash* már két év múlva (!) elkészítette az élet első molekuláris törzsfáját. Ennek számos részletével mai ismereteink szerint is egyet lehet érteni: az ember a majom mellé került, a madarak mind egy csoportban szerepelnek, legközelebbi szomszédjuk a teknős, s külön állnak a gerinctelenek, majd a törzsfa legszélén a prokarióták következnek.

Mintegy negyven éve sejtjük-tudjuk tehát, hogy a fehérjék és a nukleinsavak összetevőinek sorrendje rendszertani szempontból is felhasználható információt sűrít magában. Egy-két évtizednek azonban el kellett múlnia ahhoz, hogy a szekvenciák meghatározása rutinszerűvé váljon. Leggyorsabban talán a zöld növények esetében lépett előre a molekuláris genetika. A fotoszintézisben kulcsfontosságú *rubisco* enzim egyik peptidláncának génje, amely a kloroplasztisban található, több száz növényből vált ismertté a '90-es évek közepére. Ugyancsak sok fajtól határozták meg a riboszomális RNS bázissorrendjét is. A döbbenetes az volt, hogy a zárvatermők esetében a két szekvencia igen hasonló törzsfákat eredményezett, amelyek viszont jelentősen eltértek minden korábbi, szubjektív alapon készült törzsfától, és semmiféle osztályozással sem lehetett összhangba hozni őket.

Időközben olyan módszereket is kifejlesztettek, amelyek az alaktani és

molekuláris bélyegek együttes értékelésére alkalmasak. Kutatók százai dolgoztak és dolgoznak világszerte ma is annak érdekében, hogy minél mélyebb legyen tudásunk az élővilág törzsfajlásáról. Vizsgálataik igen sokszor meglepő eredményekre vezettek, más esetekben azonban megerősítették korábbi ismereteinket. Vagyis korábbi gimnáziumi, sőt egyetemi tanulmányainkat alaposan felül kell bírálunk. A molekuláris rendszer-tan azt sugallja például, hogy számos megnevezés – mint az *egysejtű*, az *alga*, a *moha*, a *haraszt*, a *páfrány*, a *nyitvatermő*, a *kétszikű* stb. – filogenetikai értelemben nem köthető semmiféle rendszertani kategóriához, legfeljebb valamilyen szerveződési szintet jelölhetünk vele.

Rejtélyes növények rendszertani hovatartozása vált ugyanakkor világossá a molekuláris bélyegek alapján. Bebizonyosodott az is, hogy a gombáknak semmi közük a növényekhez, és sok szempontból inkább az állatokhoz „húznak”. Ugyanakkor egymástól távol állónak gondolt csoportokról kiderült, hogy filogenetikailag összetartoznak, amire az állatvilágban felismert vedlők (*Ecdysozoa*) törzscsoportja a legjobb példa (eszerint a fonalférgek egy vonalon vannak az ízeltlábúakkal). Ezek ilusztrálják talán a legjobban, hogy a molekuláris alapú törzsfa alkalmas olyan osztályozás létrehozására, amelyet régebben mellékesnek tartott alaktani bélyegeket is felhasználva tudunk jól értelmezni.

**PODANI JÁNOS**

(Következik: Az élet törzsfája)