

Tartalom

Mi az élet? Az élet eredete, ritkaságának, gyakoriságának kérdései. A Föld különleges adottságai. Mik a fajok, hogyan alakulnak ki és hogyan foglalhatók rendszerbe? A gének alapvető tulajdonságai, és az élőlények felépítésének jellemzői.

Megjegyzés

Közepesen hosszú és eléggé tudományos téma. A címében jelzethetné (Élet és fajok) annyival bővebb, hogy az élőlényekről, közelebbről a génjeikről és a testük felépítésének elveiről is szól.

Élet és fajok

(Azonosító: 030; Változat: 01)

Pozíció a műben

Előszó

A világ működése

Bevezetés

Elvek

Alapok

Élet

Élet és fajok

Az evolúció általában

Az evolúció logikája

Az evolúció tökéletlensége

Az evolúció és a halandóság

Érdekes biológiai jelenségek

Elme

Ember

Társadalom

Egység

Program

Az ember élete

1. Élet	2	—
1.1. Az élet definíciója	2	
1.2. Az élet eredete	3	1
1.3. A Föld helyzetének specialitása	5	
2. Fajok	7	—
2.1. A faj fogalma	7	
2.2. A fajok kialakulása	9	2
2.3. Az élet fája	10	
3. Gének	10	—
3.1. Az örökítőanyag és a gének	10	
3.2. Gének és kapcsolók	11	
3.3. Gének és élőlények	12	3
4. Az élőlények felépítése	12	—
4.1. Az alapvető építőelemek és összeállításuk	12	
4.2. A magasabb szintű struktúrák jellemzői	13	
Referenciák	15	4

1. Élet

1.1. Az élet definíciója

Nehéz megmondani, hogy mi az élet.

Az életnek nincs általánosan elfogadott definíciója. **Többféle definíció** létezik, de egyik sem tökéletes, például:

- **Fiziológiai definíció**

Ez az **életfunkciókra** alapoz. Azt mondja, hogy élő az, ami anyagcserét végez, növekszik, mozog, szaporodik, stb... Egyes definíciók kimondottan az anyagcserére összpontosítanak. Szerintük élő az a körülhatárolt dolog, mely anyagokat cserél a környezetével, anélkül, hogy közben a saját tulajdonságai nagyban megváltoznának.

Ennek a definíciónak egyrészt az a **gyengéje**, hogy vannak általában élőnek tekintett dolgok, melyeknek bizonyos, sőt akár az összes életfunkciói hiányoznak. Ilyenek a magvak, a betokozódott baktériumok vagy a passzív állapotban lévő vírusok. Másrészt viszont vannak olyan élettelen dolgok, melyek mutatnak hasonló funkciókat, például ahogyan egy autó is „lélegzik”.

• Biokémiai definíció

Eszerint azt lehet élőnek tekinteni, ami **nukleinsavakba** kódolt örökítő információval rendelkezik, és **enzimek** segítségével anyagokat alakít át a saját szükségletei szerint. Ez ott **hibádzik**, hogy nem lehet kizárni, hogy létezhetnek az életnek más anyagokra, más kémiai reakciókra alapozódó formái is.

• Termodinamikai definíció

Mely szerint élő az a dolog, melyet tartósan **nagy fokú rendezettség** (alacsony entrópia) jellemez, a környezet rendezettségének növekedése árán. (Ami egyúttal megóvja az élőlényt leíró információt is.) Ehhez annyit érdemes megjegyezni, hogy a fizika törvényei szerint egészében véve minden zárt rendszer rendezetlensége (entrópiája) elkerülhetetlenül növekszik, viszont az elképzelhető, hogy a rendszer *egy részében* eközben ne növekedjen illetve csökkenjen a rendezettség. Ez a rész itt maga az élőlény, a teljes rendszer pedig a környezet, mondjuk a Föld.

Ezzel ott a **gond**, hogy vannak élettelen dolgok is, melyekre igaz. Például egy hűtőgép is csökkenti a bent lévő részecskék rendezetlen mozgását, azaz hőmérsékletét, azon az áron, hogy a környezetet viszont fűti. Az entrópiáról kicsit részletesebben az 'Idő és tér' téma 'Az idő iránya' pontjában lehet olvasni.

• Genetikai definíció

Élő az, ami **természetes kiválasztódás** által képes az **evolúcióra**. Ez meg **azért nem jó**, mert valószínűleg akkor is hajlanánk élőnek nevezni például az embert, ha nem az evolúció folytán jött volna létre, vagy ha holnaptól nem változnánk tovább.

Nem könnyű úgy általános definíciót adni valamire, hogy nem tekintettük át a dolog teljes választékát. Ez az élet fogalmának meghatározására is áll: mi csak egyféle **életet** ismerünk, de **másfélék is létezhetnek**, létezhetnének. Ráadásul meglehetősen **szubjektív** is, hogy hol húzzuk meg a határokat, mi élettelen és **mit tekintünk már élőnek**.

Ekképp vajon élőnek tekintenénk-e egy olyan lényt, melyben az örökítő információt nem a DNS hordozza, vagy nem is szénalapú, mint az általunk ismert lények, de egyébként hasonlóan jár-kelel, növekszik, szaporodik? Valószínűleg igen. De élnek-e a számítógépes vírusok, melyek szintén szaporodnak, vagy a gondolatok, eszmék, melyek az emberek fejében illetve a társadalomban növekednek, terjednek? **A lehetőségek skálája igen széles.**

Mellesleg, mint látható, itt is tanácsos lehet eleve a **funkcióra** (tartalomra: járás-kelel, stb...) **fókuszálni**, az azt végrehajtó konkrét gépezettel (formával, platformmal: DNS, stb...) szemben. Lásd ehhez 'A forma alapjai' témában a platform mellékességét.

Ebben és a következő témákban arról a fajta életről **lesz szó**, melyet ismerünk: **a földi életről**. Mivel rá tekintettel születtek, nem meglepő, hogy ez általában megfelel az összes fent vázolt definíciónak.

1.2. Az élet eredete

A világmindenség tulajdonságai igen kedvezőek az élet számára.

Ez annyiból persze nem meglepő, hogy másképp nem is lehetnék itt, hogy ezen csodálkozzunk. Erről bővebben lásd 'A világ eredete és életbarátsága' témában, és ott különösen az antropikus elvet.

Egyelőre **nem tudjuk, hogyan jött létre az élet.** Különösen: az evolúció elmélete ezt nem magyarázza, csak azt, hogy hogyan fejlődött, ha egyszer már adva volt.

Elméletek azért vannak rá. A legelterjedtebb az „ősleves” elmélete, mely szerint a korai Föld légkörében energia (például napfény vagy villámok) hatására létrejöhetnek egyszerű szerves vegyületek, az élet építőelemei. Ezek aztán bemosódtak az tengerekbe, helyenként pedig koncentráálódtak, ahol aztán valahogyan megszületett az élet. A koncentrálóadásig bezárólag ez hihető, és kísérletekkel is megfelelően alá lett támasztva, ami azonban az utolsó lépést, az élet megszületését illeti, az továbbra is megmagyarázatlan.

Természetesen **nem kellett rögtön a ma ismert összetett sejteknek létrejönniük.** Elég lehetett bármi, ami stabilan képes az önreprodukcióra, innen pedig az evolúció már továbbvihette a folyamatot. Viszont az elképzelhető legegyszerűbb ilyen dolog is túl bonyolultnak tűnik ahhoz, hogy magától előálljon β.

Az élet korán megjelent a Földön. (3,5-3,9 milliárd éve) Ez arra utalhat, hogy a létrejötte, a megfelelő körülmények között legalábbis, nem valószínűtlen \$.

3,8-4,1 milliárd éve heves **meteortevékenység** zajlott a Földön, ami vélhetőleg kiirtotta az életet, ha volt is előtte. A fenti adatot ehhez kell viszonyítani.

Másfelől a világegyetem mintegy 13,7 milliárd éves. Ehhez képest azt mondhatnánk, hogy az élet viszonylag későn jelent meg. Az élethez szükséges alapfeltételek előállításához azonban el kellett telnie némi időnek, például, hogy a csillagok létrehozassák a nehezebb elemeket. Ezt számításba véve **lehet, hogy az univerzum korához képest is viszonylag hamar jött létre,** így lehet, hogy az élet általában véve sem valószínűtlen, egyúttal vélhetőleg mára meglehetősen elterjedt is. \$β (@@Mennyire mondható, hogy korai az élet megjelenése a világegyetemben?) Lásd a 'Véletlenszerűség' témában az alacsony valószínűségű eseményeket, azt, hogy ha valami hamar bekövetkezik, az valószínűleg nem valószínűtlen.

Egy másik **lehetőség, hogy az élet kívülről érkezett a Földre,** amit pánspermia elméletnek neveznek. Ez úgy működne, hogy a világűrben utaznának az annak körülményeit elviselni képes egyszerű „spórák”, majd az arra alkalmas helyre tévedve ott elindítanák az evolúciót. Annyiból nem elképzelhetetlen a dolog, hogy a Földön is vannak olyan kezdetleges élőlények, melyek kibírják az űr körülményeit β. (@@Ugye?) Másrészt vannak olyan jelenségek, például a meteor becsapódások, melyek képesek az űrbe juttatni anyagot, akár kisebb élőlényeket is β. (@@Ugye?) Akárhogy is, a pánspermia elmélet **az élet keletkezését nem magyarázza,** és az élet korai földi megjelenése ezzel együtt is támogatja, hogy a megfelelő körülmények között az élet megjelenése nem valószínűtlen.

Az élet valószínű voltának egy másik, fontos jele lehetne, ha azt találnánk, hogy egymástól függetlenül, **egynél többször kialakult.** Mindezidáig azonban **ennek nem láttuk nyomát.**

Minden földi élőlény azonos eredetűnek tűnik ugyanis, amire például az utal, hogy mindegyikük ugyanazt a genetikai kódot használja építőelemeinek leírására. Ez az élet létrejöttének valószínűtlenségére utalna; van azonban **két dolog, ami csökkenté ennek az**

érvnek a súlyát. Egyrészt egy korábban kialakult, a környezethez már alkalmazkodott élet könnyen felülkerekedhet egy éppen csak bimbózó, újfajta életen az erőforrásokért folyó versengésben. **Másrészt** maga az élet jelentősen átalakította a Földet, ami így már könnyen lehet, hogy kevésbé alkalmas az élet létrehozására. Utóbbinak legjellemzőbb példája, ahogyan az élet telepumpálta a légkört oxigénnel, ami egy meglehetősen agresszív gáz, így többek között az élet neki kitett építőelemeit sem kíméli. (@@Ugye? Ami a „Másrészt...” után van.)

Lásd a ‘Véletlenszerűség’ témában, hogy ami legalább kétszer megtörtént, az valószínűleg nem valószínűtlen, valamint ‘Az evolúció logikája’ témát a közös genetikai kód kapcsán.

Érdekes tény, hogy a földi élet történetének mintegy 2/3, 3/4 részében egysejtű volt. **A többsejtűség kialakulása** ezek szerint **kemény akadály volt**, akár keményebb, mint az élet kialakulása. Ez azt sejteti, hogy a többsejtű élet (és vele együtt az elmével rendelkező lények) már **ritkábbak lehetnek**.

Ezt követően viszont a többsejtű élőlények előtt számos új élettér nyílt meg, változatosságuk gyorsan növekedett. Egy öntudattal bíró, az univerzumot megérteni képes, technikai civilizáció építésére alkalmas faj – **az ember – létrejöttére azonban a legutóbbi időkig kellett várni. Ilyen lényekből tehát lehet, hogy igen kevés van.**

Úgy is szokták ezt szemléltetni, hogy **ha a Föld korát egy napnak vesszük**, akkor az ember az utolsó perc kezdete körül jelent meg, az írott történelem pedig egy tizedmásodperccel éjfél előtt kezdődött.

Az, hogy egy lény öntudattal bír, még nem biztosítja, hogy képes az imént említett többi dologra is (az univerzumot megérteni, stb...) A jelek szerint több-kevesebb öntudattal a Földön is több állat rendelkezik, így a gorillák és a delfinek. Az **embernek azonban van néhány egyedülálló tulajdonsága**: például a beszédképesség, ami segíti a fogalomalkotást, gondolkozást, vagy a kezei, melyek lehetővé teszik az eszközhasználatot. Ha tehát öntudattal bíró lényből kevés van, az emberhez hasonló képességekkel rendelkező lényből még kevesebb.

Ritkaságunkhoz hozzájárulhat még az is, hogy **lehet, hogy éppen egyedülálló képességeink okozzák majd a vesztünket**: hogy öntudatunk miatt önzővé válhatunk, tudásunk, intelligenciánk és technikai képességeink révén pedig olyan eszközöket készíthetünk, melyekkel elpusztíthatjuk magunkat, vagy felboríthatjuk a természet számunkra kedvező egyensúlyát. Az, hogy **a világuirt fürkészve sem találtunk még senkit**, szintén arra utal, hogy nincs túl sok hozzánk hasonló. (Persze az is igaz, hogy nagyon sok mindent nem láttunk még.)

1.3. A Föld helyzetének specialitása

Az ember sokáig önmagát állította az univerzum középpontjába. Sok vallás szerint a világot az ember miatt teremtették, annak középpontjában a Föld áll, a dolgok az ember körül forognak.

A tudomány aztán kiderítette, hogy ez nem így van, a Föld a Nap körül kering, és a Nap is csak egy közönséges csillag a hihetetlenül sok hasonló közül, valahol egy átlagos galaxis külvárosában. Ennek nyomán **népszerű lett tagadni helyzetünk bármínemű különlegességét.**

Helyzetünk, a Föld azonban igenis különleges. Csak máshogy, mint ahogyan azt először képzeltük.

Így:

- **Mindenekelőtt élet és értelmes élet van rajta,** melyekről egyelőre nem tudjuk, hogy bárhol máshol is léteznének. A Föld többi speciális adottsága gyakorlatilag ezt segítette elő.
- **A galaxis egy nyugalmas helyén vagyunk,** ahol a többi csillag nem zavarja a naprendszerünket.
- **A napunk hosszú életű és stabil,** ami lehetővé teszi, hogy az evolúció lassú folyamata összetett létformákat hozzon létre.
- **A Jupiter léte:** A vizet a Földre nagyrészt üstökösök szállították, melyeket gravitációja révén a Jupiter irányított hozzánk, újabban pedig véd bennünket a meteoroktól.
- **A Hold léte:** A Naprendszer hasonló méretű bolygói között messze a Földnek van a legnagyobb holdja, melynek sokat köszönhet az élet. A Hold stabilizálja a Föld tengelyét, ezzel stabil éghajlatot biztosít. Az árapály által felkavarja a tengerek vizét, felszínre hozva az ásványi anyagokat, valamint segítve az oxigén elnyelődését, és a hó eloszlását a trópusok és a pólusok között. Ezen túl a meteoroktól is véd, és lelassította a Föld forgását, ami miatt mérséklődött a szelek ereje.
- **A Föld jó helyen van a Naphoz képest:** éppen ott, ahol a hőmérséklet megfelelő, hogy a víz folyékony legyen.
- **Elegendő víz van rajta.** (A víz kezdeti mennyisége lehet, hogy a ma száraz bolygókon – különösen a Marson – sem volt kevesebb, csak ezekről a helyekről eltűnt.)
- **A Földnek egyrészt kellően nagy a gravitációja,** másrészt **folyékony vas magja van,** ami miatt erős mágneses tér veszi körül. Ezek segítenek megtartani a levegőt és a vizet, az utóbbi pedig véd a sugárzástól. Egyúttal **az atmoszféra nem is túlzottan vastag,** a légnyomás nem túl nagy az élet számára.
- **A Föld tektonikusan aktív:** kontinensek formálódnak rajta, melyen szárazföldi élet alakulhat ki, a vulkánkitörések és lávaömlések pedig ásványi anyagokat és széndioxidot hoznak a felszínre.
- A Föld egy olyan hely, ahol **a katasztrófák megfelelő mértékűek és gyakoriságúak,** hogy ne pusztítsák ki, hagyják fejlődni, de időről-időre azért megújítsák az életet.

(Egy ilyen megújulásnak köszönhetjük a létünket mi emberek is: ha a dinoszauruszokat nem törli el egy meteorit, könnyen lehet, hogy az emlősök továbbra sem volnának többek kis, patkányszerű lényeknél.)

Lásd 'Az evolúció általában' témában a revolúcióról mondottakat.

Természetesen ha az (értelmes) élet különleges körülményeket igényel, a világegyetem életbarátsága mellett a Föld különlegességén sem kell csodálkoznunk.

2. Fajok

2.1. A faj fogalma

Az élőlények fajokba sorolása hasonló a fogalomalkotás általánosabb problémájához. Utóbbiban a világ összes *egyedi dolgait* igyekszünk kategóriákba sorolni, előbbiben pedig az *egyedi élőlényeket* próbáljuk meg osztályozni. A nehézségek is hasonlóak, itt **sem mindig egyértelmű**, hogy ezt hogyan érdemes megtenni.

Lásd a 'Fogalmak, szimbólumok, jelentés' témát.

Egyrészt kérdéses lehet, hogy az egyes **egyedeket milyen fajba soroljuk.**

Például hogy az olyan fajok egyedei, melyek külsőre nagyon hasonlítanak egymásra, melyik fajhoz tartoznak; hogy az öszvér az ló vagy szamár; vagy hogy az az egysejtű, mely a környezetéből is felvett bizonyos géneket, ezzel együtt ahhoz a fajhoz tartozik-e még, melyből osztódással létrejött.

Másrészt bizonytalan lehet, hogy milyen jellemzők, alapján határozzuk meg a fajokat, hol húzzuk meg a határvonalat közöttük.

Például, hogy mi tesz egy madarat kacsová: a csőr alakja, a láb formája, stb...; hogy az olyan állatok, melyek a természetben maguktól nem hoznak létre utódokat, de mesterségesen van erre lehetőség, egy fajba a tartoznak-e; vagy hogy hány százalék a határ a genetikai hasonlóságban, ahonnan már külön fajoknak kell tekinteni az egysejtűeket.

Végül, még az sem egyértelmű, hogy egyáltalán milyen elvek alapján határozzuk meg a faj fogalmát. Az élethez hasonlóan azt sem könnyű megmondani, mi egy faj. Ennek **három fő módszere** van β:

1) Külsődleges jegyek

Sokáig kizárólag erre alapozták a fajok megkülönböztetését, és sok faj még jelenleg is egyedül ez alapján van leírva.

Gyengéje a módszernek, hogy **sok faj** sem külsőre sem viselkedés alapján **nem egységes**. Lásd például a kutyák testi változatosságát, vagy azt, ahogyan bizonyos esetekben fajon belül is különböző udvarlási formát mutató csoportok különíthetők el.

Másrészt gyakran megfigyelhető, hogy **különböző fajok nagyon hasonlítanak egymásra**, mondjuk a lepkék esetén. Ez annál is inkább jellemző, mivel erre evolúciós nyomás is van: egy ártalmatlan faj egyedei jól járnak, ha hasonlítanak egy mérgező fajra, mert a ragadozók elkerülik őket. (Mimikri)

2) Közös szaporodás

Ma ez a **legelterjedtebb** módszer. Közelebbről azt jelenti, hogy azokat az egyedeket tekintjük egy fajba tartozóknak, melyek **természetes körülmények között, egymással genetikailag keveredve, nemzőképes utódokat hoznak létre**, vagy így tennének, ha nem volnának fizikailag elválasztva egymástól.

A **genetikai keveredés** itt nagy mértékű, szisztematikus keveredést jelent, kimondottan az egyedek egy meghatározott csoportján (a fajon) belül. (Ami általában ugyanaz, mint az ivaros szaporodás.)

Ennek a definíciónak is megvannak azonban a **gyengéi**:

- **Nem alkalmazható olyan élőlényekre, melyek ilyen genetikai keveredés nélkül, ivartalanul szaporodnak.** Különösen az egyszéjtűek között sok ilyen van.
- **Gyakran nehéz megállapítani, hogy mely egyedek szaporodnak, szaporodnának egymás között a természetben.**

Figyeljük meg, hogy ebben a definícióban **nem arról van szó, hogy az ivarsejtek találkozásával létrehozható-e egy megfelelő utód**, hanem, hogy az állatok természetes körülmények között, ha alkalmuk van (lenne) rá, szaporodnak-e egymás között.

Vannak állatok, melyeknek az ivarsejtjei képesek lennének megfelelő utódot létrehozni, de a testfelépítésük nem teszi lehetővé a párzást β. (@@Ugye?) Aztán vannak olyanok, melyeknek ez is menne, de például eltérő udvarlási szokásaik miatt mégsem teszik. Az ivarsejtek és a testfelépítés vizsgálata így önmagában nem elegendő. Figyelembe véve még azt is, hogy fogságban az állatok gyakran másképp viselkednek, mint természetes környezetükben, érthető, hogy **a fajok meghatározásához a természetben végrehajtott fáradtságos megfigyelés szükséges.**

Felmerül a kérdés, hogy akkor **miért jó ekképp definiálni a faj fogalmát**. Azért, mert ez határozza meg azt a csoportot, melyen belül a gének cserélődnek, keverednek, melyet az evolúció egységként alakít.

(Két további hátulütője a definíciónak: **Kihalt állatok** esetén még nehezebb vizsgálni a kritériumait; másrészt gondoljunk bele: ha az **emberek** egyszer csak önkéntes alapon úgy döntenének, hogy a különböző nemzetiségűek vagy bőrszínűek nem hoznak létre utódokat, ezeket is külön fajoknak kellene tekintenünk \$.)

- Vannak **fajok, melyek nagy területen elterjedtek**, esetleg egy sávban körbelakják a Földet. Ezeknél az egymáshoz közel lakó egyedek gond nélkül szaporodhatnak egymással, de előfordul, hogy az elterjedési terület távoli részein élők már nem lennének képesek erre, akkor sem, ha találkozónának.
- Néhány esetben **azonos faj bizonyos egyedei sem képesek utódokat létrehozni**, például ahogyan egy kis kutya és egy nagy kutya sem tud párzani. Az, hogy mégis egy fajba tartoznak abból látszik, hogy egy közepes kutyával viszont mindketten sikeresek lehetnek. A hasonló esetek egyébként nagyrészt az emberi beavatkozás következményei.

A **nemzőképes utódok** megkövetelése azért lényeges, mert **amennyiben az utód nem ilyen, az megakadályozza a fajok közötti génátadást**. A lovak és szamarak génjei azért nem keveredhetnek, azért számítanak két külön fajnak, mert az öszvér nemzőképtelen. A keverékekre, hibridekre ez egyébként is gyakran igaz. Annyit érdemes még megjegyezni róluk, hogy a nagyobb génváltozatosságnak köszönhetően gyakran jobb tulajdonságokkal bírnak, mint a szülő fajok.

Itt említhető még a **horizontális génátadás** lehetősége, az hogy a különböző fajok egymástól is szerezhetnek géneket. Ez a baktériumok esetén gyakori, és igen hasznos a számukra, ezáltal növelik ugyanis génjeik változatosságát, a környezethez való alkalmazkodóképességüket. (Hozzátehetjük, hogy a magasabb rendű fajok esetén is

előfordul hasonló. Például az emberi DNS nem elhanyagolható része is vírusokból származik – bár ez nekünk nagyrészt haszontalan β.) Ezáltal egy-egy egyed nemcsak a szüleitől (a szülő sejtől) szerezhethet géneket illetve tulajdonságokat, nem lehet tehát 100%-osan kijelenteni, hogy melyik fajból származik, melyikhez tartozik.

3) Genetikai távolság

Manapság, hogy ismerjük és elemezni is tudjuk az élőlényeket leíró örökítő anyagot, lehetőség van rá, hogy erre alapozva határozzuk meg a faj fogalmát. **Az ivartalanul szaporodó fajok esetén már ez a legelterjedtebb módszer.**

Természetesen **ez sem tökéletes.** Egyrészt **bizonytalan** és szubjektív annak a meghatározása, hogy **mekkora genetikai hasonlóságnál érdemes meghúzni a határt**, mely alatt már különböző fajokról beszélünk, **másrészt** a génállomány egyszerű kvantitatív összehasonlítása **nem feltétlenül árul el eleget** az élőlények hasonlóságáról és különbözőségéről vagy arról, hogy hogyan keverednek egymással. Lásd ehhez ‘Az evolúció logikája’ témában, hogy az ember géneinek mekkora részén osztozik más fajokkal.

2.2. A fajok kialakulása

Ami a **fajok kialakulását** illeti, az ember hajlamos azt hinni, az úgy történik, hogy egy egyedben végbemegy pár mutáció, és onnantól kezdve az egy új faj. Ez nem így van. Fajok általában két jellemző módon jönnek létre β:

- 1) Az eredeti faj **egy populációja elszigetelődik** a többiektől, akikkel így már nem tudja kicserélni génjeit. Az elszigetelődés gyakran új körülményekkel is jár, ahol az **eltérő szelekciós tényezők** apránként mind különbözőbbé teszik ezt a populációt az eredeti formájától, egészen addig, hogy immár egy új fajról beszélhetünk.
- 2) De fajok kialakulhatnak anélkül is, hogy a populációk eleve elszigetelődnének egymástól. Ha **egy közös területen több különféle szabad élettér** van, mint például egy erdőben, ahol lehet a talajon vagy a fákon is élni, egy kiindulási faj egyedei előnyre tehetnek szert, ha elkezdenek valamelyik élettérre specializálódni, így ugyanis ott könnyebben boldogulnak, mint az eredeti faj specializálatlan egyedei. Ezt követően a specializáció fokozatosan terjed és mélyül a különböző életterek tekintetében, ami előbb-utóbb eléri azt a szintet, hogy már különböző fajokról beszélhetünk.

Az utóbbihoz lásd ‘Az evolúció általában’ témában a revolúció két esetét az új lehetőségek és a szűz területek megnyílását.

2.3. Az élet fája

A fajképződés folyamatának köszönhetően **az élőlények világát egy faszerű szerkezettel lehet leírni**: A fa törzse az összes élőlény (feltételezett) közös őse. Ez ágakra bomlik, melyek újabb és újabb ágakra hasadnak, ahogyan mind több faj alakult ki. Ahogy a fán haladunk felfelé, az idő múlását mutatja. Sok ág véget ér a fa teteje előtt: ezek a kihalt fajok, a fa tetejét elérők pedig a ma léteznek. Az élőlények rendszerezését is jól szemlélteti a fa: az egyre szélesebb rendszertani csoportok, így a rendek, osztályok, törzsek az egyre vastagabb, egyre több fajt magukba foglaló ágaknak felelnek meg.

Érdekes, hogy **ha két fajban van valami közös, akkor az vélhetőleg az utolsó közös ősiükben is megvolt** – feltéve, hogy az nem a hasonló életmódjuknak köszönhető. Ezzel kapcsolatban tehát nem árt figyelemmel lenni a konvergens evolúció lehetőségére is, lásd 'Az evolúció logikája' témában. Lásd továbbá a 'Véletlenszerűség' témában, hogy ugyanaz a valószínűtlen esemény általában nem következik be egynél többször.

Ám **az élet fája nem tökéletes fa**. Egyrészt a **horizontális génátadás** (lásd az 'Élet és fajok' témát) folytán különböző fajok is keveredhetnek, másrészt arra is van példa, hogy **egyes fajok összeolvadnak**. Ilyen volt, ahogyan az eukarióta (sejtmaggal rendelkező) sejtekbe beépültek a mitokondriumok, melyek most elsősorban a sejt energiaellátásában játszanak szerepet, régebben viszont valószínűleg önálló élőlények voltak.

3. Gének

3.1. Az örökítőanyag és a gének

Az élőlényeket meghatározó információ azok (majdnem) minden sejtjében jelen van, azt az **örökítőanyag**, egy **DNS** nevű molekula írja le.

Az örökítőanyagról érdemes elmondani, hogy **digitális formában tárolja az információt**. A DNS egy lánc, mely négyféle egyszerű vegyületből (nukleotidból) épül fel, és ezeknek a vegyületeknek a sorrendje hordozza az információt. A négy vegyületet a nevük után négy betűvel szokás jelölni: A, C, G, T.

Az örökítőanyag annyiból tágabb fogalom, mint a gének, hogy a gének az örökítőanyagnak csak bizonyos szakaszait adják, azokat, melyek fehérjéket kódolnak.

A **fehérjék** az élő szervezet gépezetének legkisebb alkatrészei – a működésünket biztosítják tehát, szemben a szénhidrátokkal és a zsírokkal, melyek inkább az energiaellátásban játszanak szerepet.

Az egyedi nukleotidok a láncban **három csoportot** alkotnak, például: GAC, AGT, TAA. Ezek a kombinációk **a fehérjék alkotóelemeit kódolják**. A betűk kombinálására azért van szükség, mert ilyen alkotóelemekből már több van, mint négy. A lehetséges betűkombinációkból viszont még az alkotóelemeknél is több van, ezért közülük sokan ugyanazt az alkotóelemet jelölik. Ez a kódrendszer, a **genetikai kód**, a Földön minden élő esetén (majdnem) ugyanaz, univerzális, ami erősen arra utal, hogy mindannyian egy közös őstől származunk.

A DNS **kettős spirál szerkezetet** alkot, azaz valójában két, párhuzamosan futó, spirálisan felcsavarodott szál alkotja. A két szálon egymás mellett mindig ugyanazok a nukleotidok vannak, az A mellett a T és viszont, a C mellett a G és viszont. Osztódáskor a két szál szétfüződik, és alkotórészeik mellé beépülnek a megfelelő párok: a DNS így másolódik le.

A DNS nagyon hosszú lehet, az emberi DNS egy példánya mintegy 2 méter lenne kiegyenesítve. Hogy ez beférjen egy sejtbe, nagyon tömören össze kell csomagolni. A DNS többszörösen feltekeredve, **kromoszómáknak** nevezett csomagokban tárolódik a sejtekben. Az embernek 23 pár kromoszómája van, ahol minden pár egyik tagja az anyától, a másik az apától származik.

3.2. Gének és kapcsolók

A géneknek kapcsolói vannak, melyek **meghatározzák, hogy a gének milyen körülmények között működnek**.

Egy génnek sok kapcsolója lehet, miáltal a gén különböző körülmények között is aktiválódhat, illetve a kapcsolók a körülményeknek különféle logikai kombinációit is meghatározhatják, melyek teljesülése szükséges a gén működésbe lépéséhez.

A kapcsolók több szempontból is fontosak:

- Ezek **teszik lehetővé** az egyébként azonos örökítőanyaggal rendelkező **sejtek specializációját**, hogy például izomsejtté, idegsejtté vagy hámsejtté váljanak, illetve ezek specializált működését.
- **Egy gén** így az élőlényben **különböző helyeken és helyzetekben, különféle feladatokat ellátva is működhet**. E feladatok lehetnek egymástól igen távoliak is: van például egy gén, amelyik mindenféle állati végtag növekedésében szerepet játszik, ugyanakkor a pillangók szárnyán található szemfoltokért is ő felelős. Ez egy példája annak, ahogyan az evolúció „abból építkezik, ami van”. (Lásd ‘Az evolúció logikája’ témában.)
- **A kapcsolók az evolúció számára egy új eszközt jelentenek**. Az evolúció így a gének különböző feltételek mellett történő ki- és bekapcsolásával is operálhat, illetve új feladatokkal láthat el régi géneket. Ez egyszerűbb: így nem kell feltétlenül új géneket alkotni, vagy a meglévőket úgy módosítani, hogy azok mégis működőképesek maradjanak és hasznosak legyenek. A gének megváltozása egyébként is meglehetősen durva eszköz, mivel az a gén összes szerepét érinti, a kapcsolók változásával viszont finomabb módosításokra is van lehetőség.
- **Egyes gének működése a külső körülményektől is függhet**. Egyrészt bizonyos gének működését, az általuk kódolt **struktúrák mennyiségét** az aktuális szükségletek határozzák meg. Így az ember génjei sem írják elő előre pontosan, hogy mennyi izmunk vagy bőrünk legyen, ez nagyrészt életmódunktól függően alakul ki. Másrészt a környezeti hatások ily módon akár **minőségi változásokat** is előidézhetnek az élőlényekben – gyorsan és anélkül ugyanis, hogy a génállomány megváltozna. Egy

példa, hogy a méhek kaptárban betöltött majdani szerepe attól (is) függ, hogy fejlődésük közben milyen a környezet hőmérséklete.

Ezen kívül vannak úgynevezett **kontrolgének**, melyek kimondottan arra szolgálnak, hogy más gének működését szabályozzák, azokat ki- és bekapcsolják. A test különböző részein például más-más controlgének működnek, innen tudják az ott lévő sejtek illetve az ő többi génjeik, hogy hol vannak, mi a teendőjük (@@Helyes? Esetleg csak a fejlődés során igaz ez?).

A gének kapcsolói az örökítőanyag géneken kívüli részében vannak. Lásd még 'Az evolúció tökéletlensége' témában az örökítőanyag haszontalan részéről mondottakat.

3.3. Gének és élőlények

Szemlélet kérdése, hogy **az élőlényeket vagy a géneket** (illetve az örökítőanyagot) **tekintjük elsődlegesnek**. Bár általában egy élőlény génjeiről beszélünk, úgy is tekinthetjük, hogy a géneknek van élőlénye, az élőlény csak mintegy a csomagolást jelenti a számukra, egy eszközt, amely védelmezi, fenntartja őket és gondoskodik a szaporításukról. Ebben egyrészt ott a logika, hogy a gének határozzák meg az élőlények felépítését és jelentős részben a viselkedésüket is. Másrészt, ami az idők során folyamatosan megmarad, az az élőlényeket leíró információ, míg az egyes élőlények elpusztulnak, cserélődnek.

Szintén szemlélet kérdése, hogy a biológiai evolúciót jellemző versengésnek mik az alanyai: **az élőlények vagy inkább a gének versengenek egymással?** A szemünk előtt az élőlények teszik ezt, de a gének azok, amik ráveszik őket erre. Ennek köszönhetően a **szelekció** is elsősorban az élőlényeken érvényesül, **a géneken csak áttételesen**. Figyelembe véve, hogy az egyes élőlényekre, a szaporodásban mutatott sikerükre azért más is hatással van, mint a gének, így az, hogy életük során mennyire voltak szerencsések vagy szerencsétlenek, az áttételesség gyengíti a gének szelekcióját, fékezi az evolúciót. Lásd még ehhez 'Az evolúció tökéletlensége' témában, hogy a gének az egyedeken belül is képesek versengeni, akár az élőlény kárára is.

4. Az élőlények felépítése

4.1. Az alapvető építőelemek és összeállításuk

A különböző élőlényeket felépítő alapvető építőelemek (gének, fehérjék) nagy része azonos vagy nagyon hasonló. Az **élőlények különbségei** jelentős részben annak köszönhetők, hogy ezek **az építőelemek hogyan vannak összeillesztve**.

Így az ember DNS-ének...

- 99,5-99,9%-a azonos egy másik emberével;
- 95-99%-a egy csimpánzéval;
- 60%-a egy gyümölcslelével.

Valamint az ember működő génjeinek...

- 94%-a közös egy csimpánzéval;
- 90%-a egy macskáéval;
- 75%-a egy egérével;
- 60%-a egy csirkéével.

Ezek a számok elsőre meglehetősen nagyok tűnhetnek a köztünk lévő különbségekhez képest. Érthetőbbé teheti őket, ha belegondolunk, hogy egy csirke sejtjei viszont már kevésbé ütnek el a mi sejtjeinktől, mint ahogyan az egész csirke tőlünk – illetve, hogy a sejtek is igen bonyolult szerkezetek, azok leírásához is sok információ kell. (Egyébként ahogy az egyre kisebb építőelemek felé haladunk, azok egyre hasonlóbbak β. A sor végén aztán minden élőlény pontosan ugyanolyan atomokból áll.)

Az **építőelemek (fehérjék) összeállításának**, felhasználásuk módjának fontosságát tükrözi, hogy az **azt szabályozó DNS mennyisége** összevethető az építőelemeket (fehérjéket) leíró DNS mennyiségénél. (Az embernél az előbbi a teljes DNS **2-3%-a**, utóbbi a **1,5%-a**.)

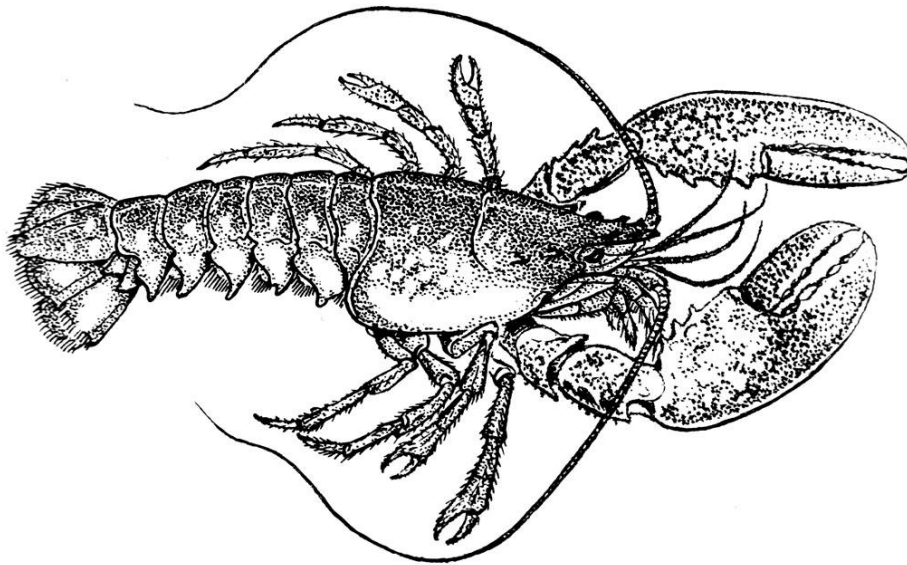
4.2. A magasabb szintű struktúrák jellemzői

1) Modularitás

Az élőlényekben gyakran találhatóak egyrészt hasonló célokra szolgáló, **hasonló és ismétlődő elemek**, másrészt olyan elemek, melyek különböző célokra szolgálnak, de egy **közös alapstruktúra módosulataiként** jöttek létre. Az előbbire példa az ember csigolyái, az utóbbira a rovarok lába és csápja.

A moduláris felépítés egy újabb rugalmas eszköz az evolúció kezében. Egyrészt **könnyű a modulokkal „sakkozni”** például a számukat, a sorrendjüket változtatni vagy különböző kombinációkban alkalmazni őket. Különösen könnyen lehet általuk skálázni az élőlényeket: egy giliszta megnyújtásához például annyi kell, hogy a gyűrűiből néhányval több fejlődjön ki.

Másrészt **a modulok könnyen módosíthatók, új feladatok elvégzésére tehetőek alkalmassá**, melyekhez így nem a semmiből kell megoldást kreálni. Ennek jellemző mechanizmusa, hogy az eredeti szervből először az addiginál több lesz, melyekből az összesnél kevesebb is elég az eredeti feladat elvégzésére; a maradékkal pedig egy új feladatot lehet végezni, mivel ahhoz a szervek valamennyire az eredeti formájukban is megfelelnek. Ezek után az új feladatra használt szervek lassan, generációról generációra egyre inkább a saját feladatukhoz idomulnak. Érdeemes megnézni például egy homárt, ahol a csápok, az ollók, a lábak és úszólábak valamint a fark struktúrái is mind ugyanabból az alap végtagmodellből alakultak ki.

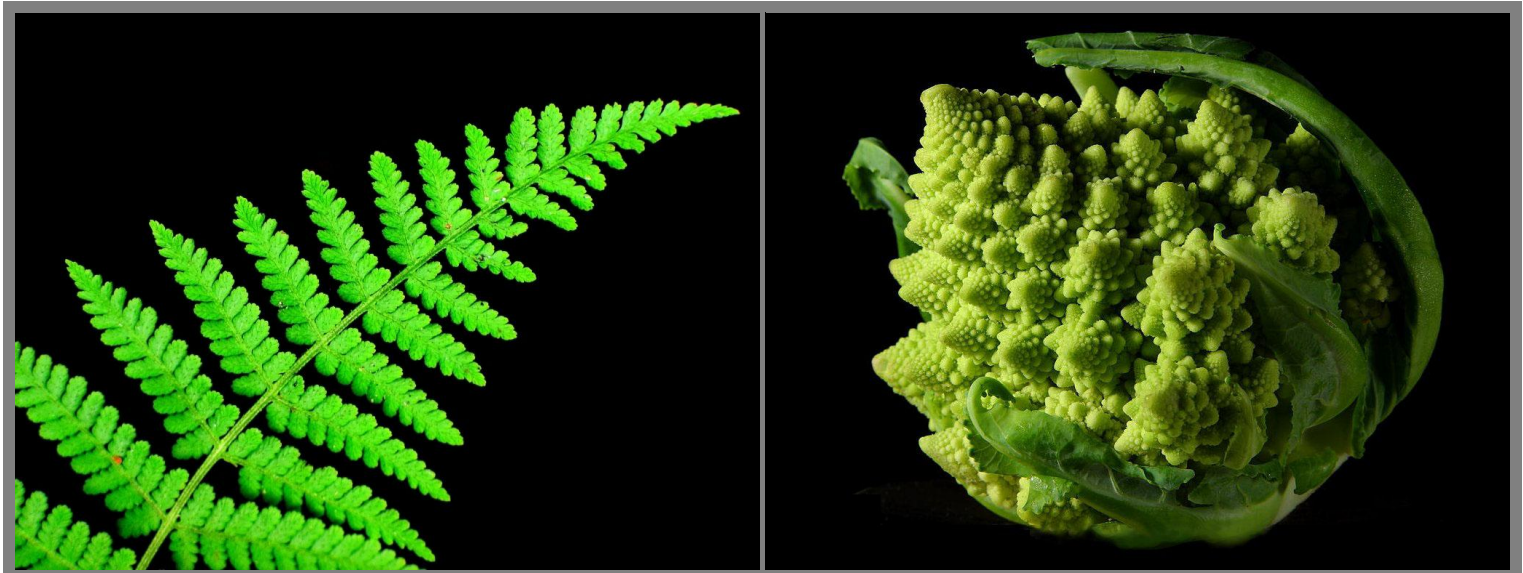


A modularitás **fajok között is** megfigyelhető. Például a szív is egy modul, ami sok különböző fajban igen hasonló, egy alapmodell változatainak tekinthető.

2) Hierarchia

Az **élőlények építőelemeinek több szintje van**, így az atomok, molekulák, sejtstruktúrák, sejtek és szervek. Ezek nagyrészt moduláris elven építik fel egymást, azaz a következő szint egységeit, illetve végül a teljes élőlényt.

Másfelől nem egy élőlény mutat **fraktál szerkezetet**, vagyis bizonyos részeik önmaguk lekicsinyített változataihoz hasonló darabokból épülnek fel. Jó példa a páfrány levele, ahol egy kis levél igen hasonló a teljes levélhez, de ilyen az úgynevezett pagodakarfiol is:



(A páfrányos kép forrása: <http://openwalls.com/image?id=20698>)

3) Szimmetria

A leggyakoribb a kétoldali szimmetria, amilyen az emberé is, de másmilyenek is vannak, gondoljunk csak a tengeri csillagra. A szimmetria több szempontból **hasznos** lehet: A **megduplázott szervek**, így a vesék, biztonsági tartalékot jelentenek, érzékszervek esetén lehetővé válik a **térbeli érzékelés**, valamint a test kiegyensúlyozása is egyszerűbb. Végül a szimmetriával, de hasonlóan a modularitással és a hierarchiával is **spórolni lehet az örökítőanyaggal**, mivel egy ismétlődő illetve hasonló részekből álló élőlény leírásához kevesebb információra van szükség.

Referenciák

- *Sean B. Carroll: Endless Forms Most Beautiful - The New Science of Evo Devo*
- *Paul Davies: The Fifth Miracle*
- *Encyclopaedia Britannica: Life*
- *Wikipedia: Species*