

Evolúció

Gergely Tibor órai jegyzete

Az evolúció az élővilág fokozatos fejlődését jelenti.

A mai élőlények közös ősi formákból alakultak ki fokozatos fejlődéssel.

Az evolúció elemi lépése a populációk allélgyakoriságának megváltozása.

Ideális populáció

Az ideális populáció egy elméleti modell, olyan populációt ír le, amelyben nem zajlanak evolúciós változások, nem módosulnak az allélgyakoriságok.

Az ideális populáció jellemzői:

- nagyon nagy a populáció egyedszáma (elvileg végtelen), ez kizárja a véletlen ingadozásokat
- véletlenszerű a párválasztás: bármely egyedet előfordulási gyakoriságának megfelelő valószínűséggel választják
- nincs be- és kivándorlás
- nincs mutáció
- nincs szelekció

Az első három jellemző a valóságban előfordulhat, de nem létezik olyan populáció, amelyben nincs mutáció, illetve szelekció.

Az evolúciós változások általában nagyon lassúak, ezért a legtöbb populáció jellemzői közelítenek az ideáliséhoz.

(Az ideális populációt másképpen egyensúlyi populációnak is nevezik.)

Hardy-Weinberg szabály/törvény: Az ideális populációban nem módosulnak az allélgyakoriságok nemzedékről nemzedékre.

A POPULÁCIÓGENETIKAI SZÁMÍTÁSOK NEM SZEREPELNEK EBBEN A JEGYZETBEN.

Az ideális populációban nincs allélgyakoriság-változás, a *reális populációban* viszont folyamatosan zajlanak evolúciós folyamatok.

Az allélgyakoriság-változás lehet

- adaptív jellegű, ami a populáció jobb alkalmazkodását szolgálja (például: lehülés esetén nő a hosszúsőrűséget okozó allélok gyakorisága);
- és nem adaptív jellegű, amikor módosulnak az allélgyakoriságok, de ez az alkalmazkodást nem szolgálja.

A reális populációk változásának okai

1. Genetikai sodródás (drift)

A populáció kis egyedszáma miatt bekövetkező véletlenszerű allélgyakoriság módosulás. Nem adaptív evolúciós folyamat. A kis egyedszám miatt ritkább allélok könnyen elveszhetnek. (Ezzel szemben a nagy egyedszámú ideális populáció stabil.)

Hogyha egy génnek 100 féle alléja van, minimum 50 egyednek kellene lennie az utód-generációban, hogy mindegyik allél fennmaradhasson.

Ha egy populációban 30-70% az allélgyakoriságok aránya, amennyiben 4 utód születik, biztos, hogy változik az allélgyakoriság.

Az alapító hatás a genetikai sodródás egy különleges esete, amikor két vagy néhány egyed kiszakad a populációból, és új populációt alapítanak. Például egy távoli lakatlan szigetre elvetődő kis madárcsapat esetén, biztos, hogy jelentősen eltér az allélgyakoriság az eredeti nagy populációtól (véletlenszerűen).

2. Nem véletlenszerű párválasztás

Módosítja a genotípus gyakoriságokat (pl. Aa egyedek aránya), de nem változtatja meg az allélgyakoriságokat (pl. A allél aránya). Tehát nem evolúciós változás, de felgyorsíthatja az evolúciót.

Hogyha hasonlókat választják egymást, akkor csökken a heterozigóták aránya az egyensúlyi populációhoz képest.

Amennyiben eltérő fenotípusúak párzanak nagyobb valószínűséggel, akkor a heterozigóták aránya nő.

3. Génáramlás

Be- és kivándorlással valósul meg. Nem adaptív evolúciós változást eredményez.

Kivándorlással csökkenhet bizonyos allélok gyakorisága. Bevándorlásnál különösen akkor szembetűnő a változás, ha az érkező egyedek egy új mutáns allélt hoznak magukkal.

4. Mutáció

Örökítő anyag véletlen, ugrásszerű megváltozása. Nem adaptív evolúciós folyamat.

(A testi sejtekben bekövetkező mutáció nem adódik tovább, az ivarsejtképzés során bekövetkező mutációknak van jelentőségük evolúciós szempontból.)

A mutációk teremtik meg az evolúció „nyersanyagát”. Növelik a sokféleséget. A sokféleség előnyös evolúciós szempontból, mert a változó környezeti viszonyok esetén nagyobb valószínűséggel lesznek olyan egyedek, amelyek túlélnek a környezet változásait. [A sokféleséget növeli továbbá a rekombináció is.]

5. Szelekció

Adaptációt eredményez. A szelekció az evolúcióelmélet központi eleme, ezért erről részletesen lesz szó a továbbiakban.

Szelekciót eredményező tényezők:

a) ***Fitness*** (genetikai ***rátermettség***)

Annak a valószínűsége, hogy az adott genotípus megjelenik a következő generációban. Értéke 0-1 között lehet.

0: életképtelenség, terméketlenség miatt nem adódik tovább, ellene teljes szelekció hat
1: biztosan tovább adódik, nem hat ellene szelekció

(0-1 közötti értékek eltérő erősségű szelekcióra utalnak)

Környezet is befolyásolja, hogy adott jelleg megléte magas vagy alacsony fitnesset jelent. Például világos fakéregnél a fehér lepke fitnessse magas, hogyha levegőszennyezés miatt sötétebbé változik a fakéreg, a fehér lepke fitnessse csökken, nő a sötét színű lepkék fitnessse.

Tulajdonképpen a fitness azt jelenti, hogy az *egyedek különbözőek*, aminek genetikai okai is vannak, a gének eltérése befolyásolja a szaporodási sikert.

b) Minden fajnak óriási a potenciális szaporodóképessége. ***Jóval több utód születik***, mint ami feltétlenül szükséges az egyedszám fenntartásához.

Egy elefántpár utódaiból 750 év alatt 20 milliós populáció jönne létre, ha minden egyed életben maradna és minden lehetséges utód megszületne.

c) A ***környezet eltartóképessége*** korlátot szab a populációk egyedszám növekedésének, ezért versengés alakul ki az egyedek között (a rátermettebbeknek több utódjuk lesz).

Összefoglalva: Mivel sok utód születik, de a környezet korlátozott eltartóképessége miatt nem növekedhet korlátlanul az egyedszám, ezért csak az egyedek egy része élheti meg a szaporodóképes kort. Az eltérő genetikai adottságok miatt, azoknak van erre nagyobb esélye, amelyek tulajdonságai jobban megfelelnek a populáció környezeti feltételeinek (magasabb a fitnessük). Ez kiválogatódást, szelekciót eredményez.

Természetes szelekció (természetes kiválogatódás) ((natural selection))

Természetes szelekció: A rátermetebbek fennmaradása és elszaporodása, illetve a kevésbé rátermettek háttérbe szorulása, kiküszöbölődése.

A természetes szelekció Jellemzői:

- egyedre hat (bár létezik rokon, esetleg csoportszelekció is)
- fenotípus alapján válogat
- módosítja az allélgyakoriságokat

A szelekció típusai (mennyiségi jellegekre ható szelekció típusai)

• **Stabilizáló szelekció**

A szélső értékeket képviselő egyedek fitnessse alacsony, a közepes értékeket képviselőké magas. Az optimális testforma és méret kialakításában és fenntartásában fontos. (Ez a leggyakoribb.)

Példa: Egy fű fajnál a széles levelű egyedek ellen hat a szelekció, mert száraz időben könnyen kiszáradhatnak, a keskeny levelűek pedig kevesebb szerves anyagot termelnek, ezért nő a közepes levélszélességű egyedek aránya.

• **Irányító szelekció**

Egyik fajta szélső értéket képviselők ellen hat, a másik fajta szélső értéket képviselők fitnessse magas, ezért ebbe az irányba eltolódik a populáció átlaga.

Tartós egyirányú környezeti változás okozza általában.

Példák: Nedvesebbé váló a klímánál, a szélesebb levelű fűvek előnybe kerülnek, mert már kevésbé fenyegeti őket a kiszáradás veszélye, de sok szerves anyagot termelnek.

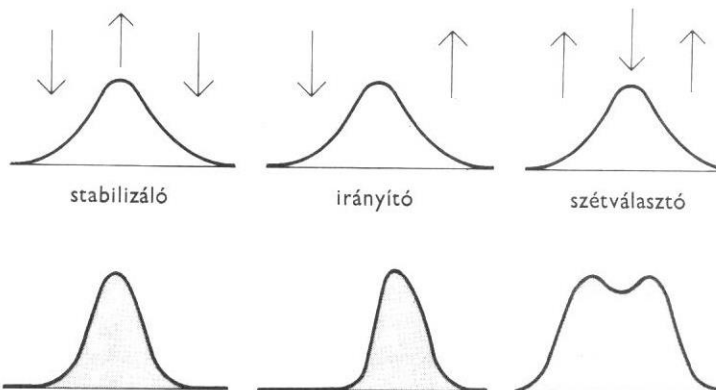
Lehűlésnél a hosszú szőrű egyedek tovább élnek, több utódjuk lesz, nagyobb arányban adódnak tovább a hosszú szőrűséget meghatározó allélok, növekszik a populáció szőrhosszúsága.

• **Szétválasztó szelekció**

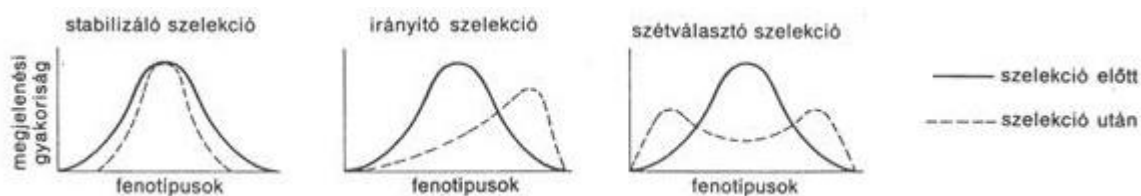
A közepes értéket képviselők fitnessse alacsonyabb. Mindkét szélső értéket képviselők fitnessse magas. A két különböző csoport inkább egymás között szaporodik. A mennyiségi jelleget leíró haranggörbe kétcsúcsú görbévé változik. Már elkezd kettéválni a populáció, idővel két külön populáció, vagy akár két külön faj alakulhat ki. Példa: Egy fűpopuláció változatos felszínű, kötőrmelék helyen él. Az egyedek egy része a magasabb, szárazabb helyeken található, a másik csoportja a mélyebben fekvő, nedvesebb helyeken. A száraz helyen élőkénél a keskeny levelűek kerülnek előnybe, a nedves helyen élőkénél a széles levelűek fitnessse magas.

(Az érettségi feladatokban a szelekció fenti három típusát kérdezik, gyakran akár ábrákkal!)

Fent a kiinduló állapot, alatta pedig a szelekció eredménye látható, sok generáció után.



A grafikonok függőleges tengelye a gyakoriságot (egyedszámot) jelenti, a vízszintes tengelyen pedig a megfigyelt mennyiségi jelleg értéke látható (pl. levélszélesség, szőrhossz).



Minőségi jellegekre ható szelekció típusai

1. *Recesszív fenotípusúak fitnessse magas*

A nyírfaaraszólo lepkék világos színét recesszív allél okozza, tehát a recesszív homozigóták világos színűek. A nyírfaaraszólo lepkék Manchester környékén az ipari forradalom előtt többségükben fehér színűek voltak. Fehér fakérgen ez rejtő szín, ekkor a recesszív fenotípusúak fitnessse volt magas.

2. *Domináns fenotípusúak fitnessse magas*

Az ipari forradalom hatására a fák kérge sötétebb lett a sok korom miatt, lecsökkent a világos lepkék fitnessse. Most már a sötét színű egyedeket vették nehezebben észre a madarak, ezeket zsákmányolták ritkábban, tehát a sötét (domináns fenotípusúak) fitnessse lett magas. Néhány évtized alatt megfordult a két színváltozat aránya, a korábban nagyon ritka sötét színűek kerültek jelentős többségbe. Ezt az irányító szelekció egyik példájának is tekinthetjük.

(Újabb fordulat: A környezetvédelem hatására ma ismét fehér a nyírfák kérge, újra a világos lepkék fitnessse magas...)

3. *A heterozigóták fitnessse alacsony (a homozigótáké magas)*

Rh-összeférhetlenségénél lehetett ezt megfigyelni régen: az Rh⁻ anya Rh⁺ gyermekei közül csak az első születhetett meg, mert a többi Rh⁺ gyerek vérét (akik biztosan heterozigóták voltak, hiszen az anyjuk Rh⁻) az anya immunrendszere megtámadta.

4. *Heterozigóták fitnessse magas (a homozigótáké alacsony)*

Sarlósejtes vérszegénységénél a maláriával sújtott területeken mind a recesszív, mind a domináns homozigóták fitnessse alacsony:

A recesszív homozigóta (aa genotípusú) egyedek sarlósejtes vérszegénységben szenvednek, vörösvértesteik sarló alakúak, O₂ hiány miatt nem érik el az ivarérett kort.

A maláriát szúnyog által terjesztett ostoros egysejtű okozza. A domináns homozigóta (AA genotípusú) egyedek maláriával sújtott területeken (például Nyugat- és Közép-Afrikában) gyakran halnak meg malária miatt a kellő orvosi ellátás hiányában, mert vörösvérsejtjeikben jól szaporodik a malária kórokozója. Tehát itt a domináns homozigóták fitnessse is alacsony.

A maláriával veszélyeztetett területeken a heterozigóták fitnessse magas, sem a sarlósejtes vérszegénység, sem a malária nem fenyegeti őket, neki kedvez a szelekció. Ezekben a populációkban jóval nagyobb a heterozigóták aránya az egyensúlyi populációnál várható 2pq-nál, tehát ebben a tekintetben ezek nem egyensúlyi populációk. (Nyugat-Afrikában a heterozigóták aránya 40 %, ugyanakkor az USA-ban – ahol a malária nem hat, mint szelekciós tényező – a feketék között csak 9 % a heterozigóta.)

A szelekció:

1. Az egyedre hat döntően
2. Rokonszelekció: A közeli rokonok gyakran segítik egymást az állatvilágban (altruizmus). Az önzetlenség a rokonság fokával egyenesen arányos ((Hamilton törvény)). Az önzetlen egyed hátrányt szenved. Két rokon között a génállomány egy része megegyezik, ha egy egyed a rokona a túlélését segíti, akkor a saját magában meglévő gének fennmaradását, továbbadását is segíti. Az altruista egyedben megvan az önzetlenség allélja, jó eséllyel a rokonában is, ha segít a rokonának, akkor segíti ennek elterjedését. Így fennmarad és elterjed az önzetlenség allélja.
Rokonságban élő prérrikutyák figyelmeztetik egymást a ragadozó közeledésére. A vészjelzést adó egyed kis kockázatot vállal, de nagyobb a valószínűsége, hogy rokonai megmenekülnek.
3. Csoportszelekció: a csoport tagjai önzetlenek egymással akkor is, ha nem állnak rokonságban egymással.
Sokan vitatják a csoportszelekció létét, hatását az evolúcióban, mert az önzetlen egyed hátrányt szenved, hogyha lemond táplálékáról vagy vészjelzéssel saját magát veszélybe sodorja, ezért szaporodási esélyei csökkennek, így kisebb valószínűséggel tudja továbbadni az önzetlenség allélját, így ez ellen hat a szelekció.
Valószínűleg az ember evolúciója során volt szerepe a csoportszelekciónak: néhány száz fős, azonos nyelvet beszélő csoporton belül, ha segítik egymást az egyedek, akkor ez az egész csoport sikerét jobban biztosítja a rivális csoportokkal szemben.

Eddig a túlélési szelekcióról volt szó.

Ivari szelekció

A pávák/paradicsommadarak hímjeinek díszes tollaik vannak, ez veszélyezteti őket, mert feltűnőek. Miért fejlődtek ki, terjedtek el ezt a veszélyes szépséget eredményező allélok? Azért, mert a nőstények szívesebben választják ezeket a díszes hímeket, így sok utódjuk lesz. Ez a szaporodási siker ellensúlyozza a túlélési hátrányokat a szép feltűnő hímeknél.

Mesterséges szelekció

Az ember válogat a saját szempontjai szerint növénynevelésnél, állatok háziásításánál. Például a több tejet adó szarvasmarhát, több termést adó búzát szaporítják. A szelekció mindhárom típusa szerepet kap. Legfontosabb az irányító szelekció, de szerepe van a másik kettőnek is. A mesterséges szelekció haszonnövények, állatok létrehozásánál általában csökkenti a sokféleséget. Hobbiállatoknál, dísznövényeknél sokszor növekszik a változatosság. Haszonnövényeknél/állatoknál a változatosság csökkenése miatt fontos megőrizni a vadon élő fajtákat, amelyekben a különböző betegségekkel szembeni rezisztencia gének vannak, hogy pl. a termesztett növényeket károsító új betegség esetén vissza lehessen keresztezni az ellenálló, vad fajtával. (Így bekerülnek a közös utódokba a jó termést eredményező gének mellett az ellenállóképeséget biztosító is.)

A farkasból tenyésztették ki a kutyafajtákat. A karfiolt, a brokkolit, a káposztát, a karalábét közös vad fajból neveltek. Ezek a példák mutatják, hogy a mutációk milyen nagy változatosságot hozhatnak létre. Azonban a vadon élő farkasoknál a természetes szelekció (stabilizáló szelekció) miatt nem terjedhet el a rövid lábú farkasváltozat, hiszen nem tudna futni a nyúl után, de a tenyésztőknek tetszett a tacsó, így elszaporították ezt a rövidlábú fajtát.

Charles Darwin (1809-1882). 1831-1836 között világméretű úton vett részt a Beagle nevű vitorlášhajón, mint természetkutató. A Galapagos szigeteken is gyűjtött tapasztalatokat. Megfigyelései alapján fogalmazta meg az **evolúció elméletét**, amelyet az 1859-ben megjelent **A fajok eredete** című könyvében tett közzé. Néhányan már Darwin előtt is megfogalmazták a feltételezést, hogy a mai élőlények ősi formákból alakultak ki. Ő volt az első, aki a széles nyilvánosság elé áll ezzel. A **természetes szelekcióval** meggyőzően tudta magyarázni az evolúciót, és sok bizonyítékot is tett közzé a könyvében. Darwin elméletének lényegét ma is helytállóan fogadja el a biológusok többsége, nagyon sok, egymással összhangban levő bizonyíték támasztja alá az evolúciót, így már ez nem csak egyfajta elmélet, hanem tény, hogy az élővilág sokfélesége közös ősi formákból fokozatos fejlődéssel alakult ki. Korábban nem volt természetes magyarázat arra, hogyan jött létre az élővilág sokfélesége, így nem csak a biológia, hanem az egész emberi gondolkodás egyik kiemelkedő alakjának tartjuk Darwint.

Adaptív és nem adaptív evolúciós folyamatok

A) Az **adaptáció** a populáció jobb illeszkedését eredményezi a környezeti feltételekhez az allélgyakoriság megváltoztatásával. (Úgy változik a populáció adaptációval, hogy egyre jobban fennmaradhat adott környezeti feltételek között, például rejtőszín fejlődik ki az állatfajnál, vagy szárazabb éghajlaton a víz hiányát jobban elviselővé válik a növény, stb.) A természetes szelekciónak köszönhető az adaptáció. Szükséges előfeltétele a sokféleség. Ezt mutációk és a rekombináció teremti meg. A létrejött mutánsok közül a szelekció válogat, így az adott környezeti feltételeknek megfelelő allélok terjednek el. Például a nyírfaaraszoló lepkék alkalmazkodtak a sötét fakéreghez, delfineknek áramvonalas alakjuk jött létre a vízilószzerű ősből.

Az adaptáció legjobb példája a mimikri. A **mimikri: szín vagy alakutánzás** jelent, az élőlény utánozza egy másik élőlény vagy a környezet színét, alakját.

Van olyan lepke, amely nagyon hasonlít veszélyes fullánkú darázsra, ezért a madarak ritkábban zsákmányolják. Kialakulása: véletlen mutációval kicsit hasonlóvá vált a darázshoz, már kisebb eséllyel támadták meg ezt a lepkét a madarak, több utódja lett, nagyobb valószínűséggel adódott tovább a mimikrit eredményező allél, elterjedt a populációban szelekcióval. Majd újabb kedvező mutáció még hasonlóbbá tette a darázshoz, ez is elterjedt a szelekcióval, azaz eredményes adaptáció következett be, ma már alig lehet megkülönböztetni a lepkét a veszélyes darázstól. Ez a mimikri ott terjedt el, ahol a veszélyes darázs él, mert ott jelent védelmet a madarak ellen. Ahol nincs ilyen darázs, ott a madarak zsákmányolják az általuk nem ismert darázsat utánozó lepkét.

Hasonló módon virágot utánozó pók is kialakult, ami remek rejtőzködést tesz lehetővé számára. Van olyan virág, ami rovar nőtényét utánozza (még annak szagát is!), ezért a hím rovar leszáll rá párzás céljából, párzani nem tud, de ezzel segíti a növény pollenjének elterjedését. ((Ilyen növény a hazai méhbangó, honlapom nyitóképe.))

Adaptációval csökevényesedés is kialakulhat. Kis tengeri szigeten tartósan fúj a szél, ez a tengerbe sodorhatja a rovarokat. Egyes fajok úgy, adaptálódtak, hogy kisebbé fejlődött a szárnyuk. Ezzel gyengébben tudnak repülni, de kisebb a veszélye, hogy a szelek a tengerbe sodorják a csökevényes szárnyú rovar.

(Figyelem! Látszólag hasonló változást eredményez a **modifikáció**, azaz a környezeti hatásra bekövetkező fenotípusmódosulás. Ez azonban nem adaptáció, **nem evolúciós jelenség**, mert a gének nem változnak modifikációval, nem is adódik tovább az utódokba a változás.)

Az adaptáció tehát az élőlények alkalmazkodása evolúcióval (a populáció genetikai változásával) a környezetükhöz, olyan adottságokra tesznek szert ennek következtében a fajok, amelyek lehetővé teszik sikeres fennmaradásukat élőhelyükön.

B) Nem adaptív evolúciós folyamatok:

- genetikai sodródás
- génáramlás
- mutáció (Genom mutációval azonnal új faj jöhet létre, ez hirtelen fajkeletkezés.)

Fokozatos fajkeletkezés

A faj azon élőlények összessége, amelyeknek külső és belső tulajdonságai lényegében megegyeznek, és magukhoz hasonló termékeny utódokat képesek létrehozni.

1. Irányító szelekcióval történő fajkeletkezés: valamilyen módon tartósan változik a környezet \Rightarrow változik a faj is \Rightarrow régi helyett új faj lesz.
(Lehülés \Rightarrow hosszú szőrűvé alakul, más genetikai változások is történnek, sok generáció után olyan jelentőssé válik a különbség, hogy már másik fajnak tekintjük.)
2. Szétválasztó szelekcióval történő fajkeletkezés: A legtöbb faj különböző populációkból áll, ezek mindegyike alkalmazkodik a területe környezeti viszonyaihoz és így különbözővé válnak \Rightarrow új fajok jöhetnek létre. Ennél a fajkeletkezési módnál, fontos az izoláció (elkülönülés), hogy a populációk között ne áramoljanak a gének, ekkor jöhet majd létre olyan különbség, ami miatt már nem lehet közös utód, így új fajokról beszélhetünk.

Izoláció módjai

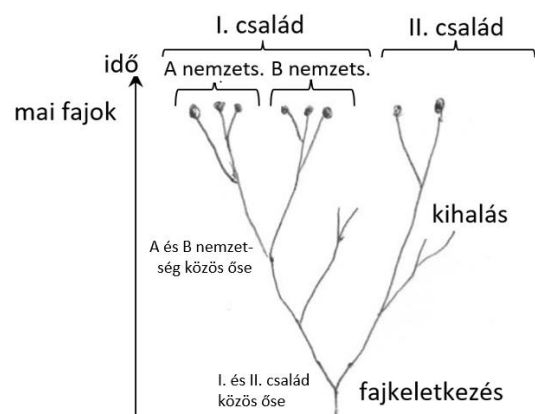
- Földrajzi izoláció: Két populáció között valamilyen földrajzi akadály jelenik meg (pl. szárazföldi élőlényeknél egy folyó, erdei faj populációi között egy szélesebb mező is lehet izoláló tényező).
- Ökológiai izoláció: Nagyjából ugyanazon a helyen él két populáció, az ökológiai igényeik valamelyest különböznek, ezért egymás között szaporodnak, elkülönülnek egymástól. (Például egy csigafaj egyik populációja árnyas bokrok alatt él, másik populáció csak a forrás igen nedves körülményei között.)
- Magatartási izoláció: Egymással átfedő területen él két madárpopuláció, hogyha násztáncuk különbözővé válik, akkor már nem szaporodnak egymással. Tücskök hangadása változik az egyik populációnál, ezért most már nem fog reagálni erre a hangra a másik populáció egyede, így elszigetelődik egymástól ez a két populáció. Hazánkban két sün alfaj is megtalálható, de a keleti sün hamarabb ébred téli álmából, ezért nem szaporodik a nyugati sünnel.
- Szaporodási izoláció: Jelentkezhet önállóan, vagy az előzőek következményeként. Nem illenek össze az ivarszervek, vagy nem termékenyülnek meg az ivarsejtek, vagy megtörténi a megtermékenyülés, de az utódok terméketlenek.

A fentiek következményeként kialakul a genetikai izoláció: nem képesek egymással szaporodni. Például hosszú ideig szétválasztja a folyó a két populációt, így mindkettő külön-külön változik mutációk és szelekció eredményeként. Később megszűnik az akadály, arrébb vándorol a folyó. Hogyha közben annyira jelentősen különbözővé vált a két csoport, hogy most már nem lehet termékeny utódjuk, akkor két különböző faj jött létre. (Nézd meg a honlapomon az Evolúció bemutatót, ott csigákkal ábrázolják ezt a folyamatot.)

A két új faj kezdetben nagyon hasonlít egymásra. Később egyre különbözőbbé válnak, mert nincs közöttük génátadás, mivel nincsenek közös utódaik. Ha egyikben létrejön egy mutáció, az már nem kerül át a másik fajba.

Ez a fejlődés törzsfával ábrázolható. \Rightarrow

Fokozatosan változnak a fajok.



Mikroevolúció: a populáción belüli evolúciós folyamatokat, illetve a fajkeletkezést jelenti.

Makroevolúció: nagyobb rendszertani csoportok keletkezésének evolúciós folyamata. Nincs elvi különbség a kettő között, nincsenek más evolúciós mechanizmusok például két osztály keletkezésénél, csak hosszú idő alatt nagyon jelentős különbség alakul ki.

Adaptív radiáció

Élőlény-csoportok szétterjednek: új földrajzi helyet vagy új ökológiai fülkét hódítanak meg, alkalmazkodnak az új élőhely viszonyaihoz, ezért egyre különbözővé válnak.

Ezt nem csak egy faj populációnak szétterjedésére, hanem sokkal nagyobb rendszertani csoportok szétterjedésére is értelmezzük. ((radiáció magyarul: szétsugárzódás))

Galapagos-szigeteki pinyek evolúciója adaptív radiációval

Dél-Amerikától nyugatra 1000 kilométerre van a Galapagos szigetecsoport, földtanilag fiatal szigetek. Valószínűleg a szárazföldről idevetődő pinyecsapat népesítette be. Különböző betöltetlen élőhelyek voltak itt, ezért 14 különböző pinyefaj alakult ki. Ezek csőrük méretében formájában különböznek, többségük eltérő méretű magokkal táplálkozik.

Kialakult azonban a harkálpiny, amely a fa kérge alól szedi ki a rovarokat. Nincs hosszú nyelve, ezért letört kaktusztüskével piszkálja ki a rovarokat a kéreg alól.

A füzikepiny repülő rovarokat zsákmányol.

A kontinensen maradt pinyek magokat fogyasztanak továbbra is, mert itt már voltak harkályok és repülő rovarokat fogyasztó fajok, ezért ilyen életmódra nem tudtak áttérni a pinyek az erős versengés miatt. Másként fogalmazva nincsenek betöltetlen élőhelyek a pinyek számára Dél-Amerikában.

Az őshüllők majd emlősök szétterjedése adaptív radiációval

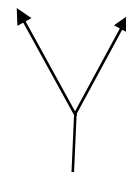
A közös ősből növényevő, ragadozó, vízben élő és repülő hüllők alakultak ki.

Az ősi hüllők tömeges kihalása után kis, cickányszerű emlősökből növényevő, ragadozó, vízben élő és repülő emlőscsoportok jöttek létre adaptív radiációval.

Divergencia, divergens (széttartó) fejlődés

Közös ősből különböző fajok jönnek létre és ezek eltérővé válnak.

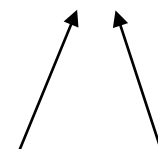
Ilyen volt például a különböző emlőscsoportok kialakulása a kis cickányszerű ősemelősökből.



Konvergencia, konvergens (közelítő) fejlődés

Egymással rokonságban nem álló fajok hasonlósá válnak, mert azonos környezeti feltételekhez alkalmazkodnak.

A kolibri Dél-Amerikában, a nektármadár Afrikában és a mézevő madár Ausztráliában nem közeli rokonok, mégis hasonlósá váltak, mert nagy tölcéses virágok mélyéről szívják a nektárt, ezért hosszú csőrük alakult ki adaptációval.



Az Észak-Amerikában élő kaktuszoknak és a Szaharában élő egyes kutyatejféleknek egyaránt vizet raktározó úgynevezett pozsgás szára alakult ki. (A kutyatejfélek családjába tartozó növények hazánkban vékony szárúak.)

Konvergencia alakította ki a vakond és az Ausztráliában élő erszényes vakond hasonlóságát: rövid lábak, csökevényes szem. Azért váltak hasonlósá, mert mindkét faj a földalatti járatokban való életmódhoz alkalmazkodott egymástól függetlenül.

Homológ szervek

Közös ősi formából kialakult, eltérővé vált szervek. Például az emlősök végtagtípusai: Az ősi formához hasonlít a főemlősök ötujjú végtagja, a bálnáknál uszonyná alakult, a lovaknak csak egy ujja éri a földet, a denevérek ujjai meghosszabbodtak és a közöttük levő bőrredővel szárnyá alakultak.

Ezek divergens fejlődéssel jöttek létre.

(Mindenképpen nézd meg a honlapomon levő EVOLÚCIÓ bemutatót! Az itt levő ábrán ugyanolyan szín jelöli az azonos csontokat. Figyeld meg, hogyan változott ezek mérete!

<http://www.gergelytibor.hu/bemutatok/evolucio.pps>)

Analóg szervek

Eltérő eredetűek, de hasonló felépítésűek illetve működésűek. Például a rovarok és a madarak szárnya alig hasonlítanak, de mindkettő mozgásával repül az állat. A fejlábúak és a gerincesek hólyagszeme hasonlít, mindkettő képlátásra alkalmas, de belső felépítésük eltéréseiből látszik, hogy külön fejlődtek ki. A halak (függőleges) farokúszójukkal, a bálnák (vízszintes) farki úszólemezzel haladnak előre a vízben, ezek a szervek eltérő módon alakultak ki, de hasonló a funkciójuk, alakjuk is.

Analóg szervek létrejötte konvergencia.

(Az értettségénél fontos a divergencia, konvergencia, homológ és analóg szervek ismerete!)

Az evolúció közvetlen bizonyítékai

Kövületek: fatörzs, csont, mészhéj megkövesedett és hosszú ideig fennmaradt.

Zárványok: borostyánba (megkövesedett fenyőgyantába) vagy jégbe zárva megtalálhatók élőlények maradványai.

Lenyomatok: lágyszövetek körvonalai megmaradhatnak kövületekben pl.: madártoll, falevél.

Vagy ősi dinoszauruszok lábnyomai láthatók ma is. (A toll, levél anyaga már rég elbomlott.)

Lerakódás: kőszén, kőolaj, földgáz, mészkőrétegek, amelyek korábban élt élőlények jelenlétét bizonyítják.

Évgyűrűelemzés:

Régebben elpusztult fák évgyűrűit vizsgálva megállapítható a fa kora és lehet következtetni az éghajlatra is, például csapadékosabb években szélesebb az évgyűrű.

Pollenanalízis:

A virágpor sejtfala vastag, általában jellegzetes mintázatú. Fajok, nemzetségek virágpora megkülönböztethető. Elég jól megmaradhat a pollen üledékes kőzetben, akár 1 millió évig is. Abból hogy milyen pollenek voltak egykor, lehet következtetni az adott időszakban élt növényzetre, éghajlatra is. (Ezek alapján beszélünk a jégkorszak után hazánk területén fenyőnyír korról, mogyoró korról - meleg és száraz volt -, tölgy korról és bükk korról.)

A fenti evolúciós bizonyítékok azért közvetlen bizonyítékok, mert akár kézbe vehetők a régi élőlények maradványai. Úgy bizonyítják az evolúciót, hogy minél régebbi maradványt nézünk, a maitól annál inkább eltérő élőlények maradványait látjuk, ebből arra következtetünk, hogy régi, a maitól eltérő fajokból alakultak ki a jelenlegi élőlények.

Relatív kormeghatározás

A zavartalanul képződött üledékes kőzeteknél van lehetőség könnyen a kormeghatározásra. Változatlan, vagy enyhén süllyedő területen hosszú ideig egymásra rakódnak üledékes rétegek, ezekben ott vannak az élőlények maradványai is. A lenti rétegek tartalmazzák a régebbi maradványokat. (Alföld, Grand Canyon). Megnehezíti az értelmezést, hogy gyűrődések, vetődések megváltoztatták a rétegek sorrendjét egyes helyeken, vagy szünetelt hosszabb ideig az üledékképződés a száraz klíma miatt. Esetleg egyes rétegek később lepusztultak. A geológusok feladata ezeket helyesen értelmezni.

Segítik a relatív kormeghatározás összehangolását a *szintjelző ősmaradványok (vezérvölgyek)*. Olyan fajok vagy élőlénycsoportok, amelyek viszonylag rövid ideig éltek, de nagyon nagy területen elterjedtek, például a trilobiták (háromkaréjú ősrákok) a kambrium korban. Bárhol találunk ilyet, tudják, hogy ez a kambiumi réteg.

Azért relatív kormeghatározás, mert nem tudjuk a rétegek pontos, hanem csak egymáshoz viszonyított korát. ((Már a XIX. században jól ismerték ezt.))

Abszolút kormeghatározás

A radioaktív elemek bomlásán alapul. A radioaktív elemek felezési idejét pontosan ismerjük. Ha tudjuk, hogy egy réteg vagy maradvány keletkezésekor milyen koncentrációban volt ott az adott radioaktív elem, akkor a mai mennyiség meghatározása után kiszámolható annak a kora.

Radiokarbon módszer (^{14}C kiejtése: C-14, vagy szén-14, ^{14}N kiejtése: N-14)

^{14}C bomlásán alapszik. A magaslégkörben kozmikus sugárzás hatására ^{14}N -ből folyamatosan keletkezik ^{14}C . A $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ arány hosszú ideig változatlan a légkörben. (A ^{14}C mennyisége rendkívül kicsi a ^{12}C -höz képest a levegőben, de jól mérhető.) A fotoszintézishez a növények a levegőből veszik fel a CO_2 -t, az állatok táplálékkal jutnak hozzá, ezért ezekben az élőlényekben nagyjából ugyanakkora a $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ aránya, mint a légkörben. Ha elpusztul az élőlény, nem vesz fel több szenet.

Viszont a ^{14}C radioaktív bomlással ^{14}N -gyé alakul. A ^{14}C felezési ideje csaknem 6000 év ((5730 év)), azaz a ^{14}C atomok fele ^{14}N -gyé alakul ennyi idő alatt. Ez a kormeghatározási módszer néhány ezer évtől hatvanezer évig használható. Az ipari forradalom óta egyre több fosszilis tüzelőanyagot égetünk el (szenet, kőolajat, földgázt), amiben nincs ^{14}C , hiszen nagyon régen került a föld alá. Ezt az eltérést (a ^{14}C felhígulását) figyelembe veszik a számításoknál. A módszer pontosságát ismert korú leletekkel ellenőrzik, például több ezer éves fák belső részének vizsgálatával.

(Más abszolút kormeghatározási módszerek is léteznek, de csak a radiokarbon módszer érettségi követelmény. A kálium-argon módszer a legrégebb kőzetek korának meghatározására is alkalmas, mert itt 1,27 milliárd év felezési idő.)

Feladat: Mikor pusztult el az az élőlény, amelyben az eredeti ^{14}C mennyiség 1/8-a található?

Ír ide a válaszodat! (A jegyzet végén ellenőrizheted.)

„Élő kövület”

Olyan faj, amelynek hosszú idő óta nem változott a megjelenése. Például maradványhal (ilyen letetett a kétéltűek őse), páfrányfenyő, korpafüvek, hidasgyík. Az evolúció eltérő sebességére utal meglétük.

Az evolúció közvetett bizonyítékai

A mai élőlények vizsgálatából, összehasonlításából *következtetünk* az evolúció folyamatára, ezért közvetett bizonyítékok a lent felsoroltak.

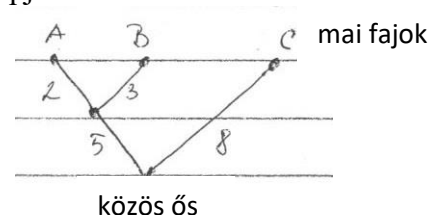
1. DNS homológia: a közeli rokon fajok DNS-e kevés eltérést mutat, azoknak a csoportoknak, amelyeknek régen élt a közös ősök, jelentős eltérés van a DNSük között. (Ma már nem működő gének is előfordulnak a különböző fajok DNS-ében. Bálnákban megtalálható a fogzománc génjének maradványa, ami rokon fajokban, például a delfinekben működő gén).
2. Molekuláris törzsfák: egy adott fehérje különböző fajokban megtalálható változatait összehasonlítják aminosav sorrendjük alapján.

Ebből törzsfá rajzolható: pl. inzulin, hemoglobin, Citokróm-C alapján elkészítették.

A és B faj ugyanazon fehérjéje között a különbség: 5 aminosav.

A és C között: 15 aminosav

Ezek jó egyezést mutatnak egymással, a DNS vizsgálatokkal és a hagyományos rendszerezéssel is. Ezek az egybeesések az evolúció alapján értelmezhetők, annak közvetett bizonyítékaként szolgálnak.



3. Genetikai kód
A kodonszótár azt mutatja, hogy adott mRNS bázishármas milyen aminosavat kódol. Minden ismert élőlényben a kodonszótár csaknem teljesen megegyezik. Ez nem lehet véletlen egyezés, ezért a kodonszótár azonossága az élőlények közös eredetének legfőbb bizonyítéka.
4. Sejtes felépítés
A többsejtű élőlények sejtjei is egyetlen sejtből (a zigótából) keletkeznek mitózisokkal. Ebből arra következtetünk, hogy a többsejtű élőlények ősi egysejtűekből alakultak ki. (A többsejtűeknél differenciálódnak a sejtek, így különféle szövetek kialakításában vesznek részt. Az eltérővé vált sejtek együtt hoznak létre életképes egyedeket.)
5. Homológ szervek
Ezek megléte arra utal, hogy közös ősi formákból alakultak ki az élőlények.
6. Embriók hasonlósága
A különböző gerinces osztályok embriói meglehetősen hasonlítanak egymásra kezdetben. Ez a rokonságra, közös eredetre utal. Az emlősök embrióiban is megjelennek a kifejlett halaknál megtalálható kopoltyúívek, de nálunk más funkciójú csontok fejlődnek ki belőlük.
7. Funkciójukat vesztett szervek
A barlangban élő gerinceseknél is megvan a szem maradványa, kígyók egy részénél felfedezhető a végtag maradványa, futómadaraknak is vannak szárnyaik. Ebből arra következtethetünk, hogy őseiknek működőképes szemük, négy végtagjuk, illetve repülésre alkalmas szárnyaik voltak. A bálnáknak megvan a medencecsontjuk, habár nincs hátsó végtagjuk. Ebből tudjuk, hogy négy lábú ősekből fejlődtek ki. Az élőlények tudatos tervezettsége esetén nem lennének ilyen funkciójukat vesztett szervek.
8. Élettani bizonyítékok
A közeli rokonfajoknak hasonlóak az életműködéseik, hasonló kórokozókra érzékenyek. Egereken, csimpánzokon többnyire eredményesen tesztelhetők a humán gyógyszerek.
9. Növény és állatföldrajzi bizonyítékok
Miért nincsenek Ausztráliában őshonos szárazföldi méhlepényesek? A méhlepényes emlősök kialakulása előtt különvált a későbbi Ausztráliát tartalmazó kőzetlemez a többi kontinensről. A távoli óceáni szigeteken miért nincsenek kételtűek? A legtöbb ilyen sziget fiatal vulkáni képződmény, a kételtűek pedig nem tudnak megmaradni a tengervízben, így nem juthattak el a távoli fiatal szigetekre. A növény- és állatföldrajz sok érdekes ténye csak az evolúció ismeretében érthető meg, ezért ezek az evolúció közvetett bizonyítékaként szolgálnak.

Néhány kérdés (és válasz) az evolúcióról

Elmélet vagy tény az evolúció? Tény. Nagyon sok egymást erősítő bizonyíték támasztja alá.

Volt-e célja az evolúciónak? A természettudomány felfogása szerint evolúciónak nincsen célja.

Előrehaladó folyamat-e? Általában igen, de nem feltétlenül. Visszafejlődés is megfigyelhető barlangi élőlényeknél és élősködő fajoknál például a szem visszafejlődik.

Megfigyelhető-e az evolúció egy ember élete során? Általában nem.

Baktériumok antibiotikum rezisztenciájának kialakulása pár év, évtized alatt megfigyelhető evolúciós folyamat.

Ausztráliában a túlszaporodó behurcolt nyulak ellen halálos vírust vetettek be, kezdetben sok nyúl elpusztult, később újból elszaporodtak, mert változott a nyulak immunrendszere és a vírus is veszélytelenebbé alakult evolúcióval.

Ma már több kísérlet is alátámasztja az evolúció elméletét. ((Ezek közül a legnevezetesebb *Richard Lenski* kísérletsorozata, amely 1988-tól zajlik. Keress rá a neten a névre, ha többet szeretnél tudni erről!))

Jelenleg zajlik-e az emberi faj evolúciója? Igen. Például, hogyha egy kórokozó bizonyos genotípusú fiatal egyedeket elpusztít, másokat pedig nem, akkor elterjednek ezek a rezisztenciát (védelemet) okozó allélok az emberi populációban.

Véletlen vagy szükségszerű folyamat az evolúció? Mindkettő. A mutációk véletlenszerűen jönnek létre, a szelekció azonban nem véletlen, az adott környezetben kedvező allélok elterjedését segíti.

A természettudományos evolúcióelmélet szerint nem tervezettek az élőlények, de nem is a véletlen hozta létre ezeket, hanem a természetes szelekció hosszú idő alatt „válogatott” a véletlen mutációk eredményeként létrejött géneváltozatok és azok össze illő kombinációi között, így alakul ki az élővilág sokfélesége.

A szelekció növeli vagy csökkenti a sokféleséget? Csökkenti, mert a kedvezőtlen (allélok arányát csökkenti).

Az orvostudomány hogyan befolyásolja a szelekció mértékét? Csökkenti. Cukorbetegség esetén ma sokáig élhet a beteg, és lehetnek gyerekei, tehát kevésbé hat szelekció a cukorbetegséget előidéző allélok ellen. A császármetszés elterjedésével a keskeny csípőjű nőknek is lehetnek gyerekeik, így a keskenyebb csípőt kialakító allélok aránya növekszik, ellenük kevésbé hat a szelekció. Korábban nem tudta megszülni gyermekét az ilyen anya, nem adta tovább a keskeny csípőt kialakító allélját.

Csökkenti, de nem szünteti meg a szelekciót az orvostudomány.

Kinek kedvez az evolúció, a szép, erős, okos vagy a sok utódot világra hozó egyednek?

Az evolúció szempontjából a sok utód a sikert, így adódnak tovább, terjednek az egyed alléljai. De a szaporodás sikerének előfeltétele a túlélés, tehát nem árt az erő, az okosság.

Feladat: Mikor pusztult el az az élőlény, amelyben az eredeti ^{14}C mennyiség $1/8$ -a található? 18000 éve, mert 6000 év elteltével az eredeti mennyiség $1/2$ -e, újabb 6000 év után $1/4$ -e, végül, hogyha további 6000 év telt el, akkor az eredeti ^{14}C mennyiségének $1/8$ -a található.

