

Tudni fogod!

A vadászok a hibás, beteg szarvasokat kilövik. Miért nem szelektálódnak ki a szarvasok a hazai erdőkben természetes módon?

3.

A természetes kiválasztás

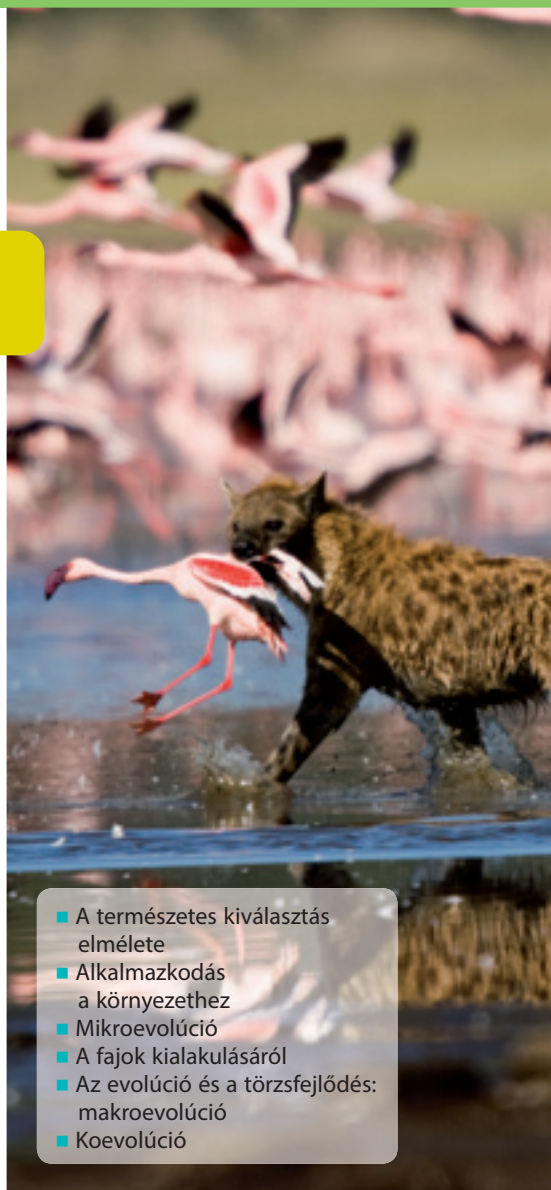
A 18–19. században számos elmélet született az evolúció mechanizmusára vonatkozóan. Már az akkori tudósok közül is sokan vallották, hogy az evolúció legfontosabb hajtóereje az élőlények alkalmazkodása a környezet változásaihoz. Az evolúció mikéntjére vonatkozó elméletek közül kiemelkedő volt Charles Darwin (1. ábra) elgondolása a **természetes kiválasztás** szerepéről. A *fajok eredete* (1859) című művében részletesen leírt elmélete lényegét tekintve mind a mai napig helytálló.

A természetes kiválasztás elmélete

Darwin megfigyelte, hogy az egy fajba tartozó egyedek nagyfokú változatosságot mutatnak, azaz eltérhetnek egymástól például színükben, tömegükben, magasságukban, egyes testrészeik alakjában. Számos példán keresztül kifejtette, hogy a fajok populációiban a különböző tulajdonságú egyedek életképessége, szaporodási esélye nem egyforma. A rátermettebb, a környezetükhöz jobban alkalmazkodó egyedek nagyobb valószínűséggel szaporodnak, így a tulajdonságaikat meghatározó gének nagyobb arányban lesznek jelen a következő nemzedékben. A populáció kevésbé rátermett egyedeinek szaporodási esélyei kisebbek. Emiatt a populáción belül az idő múlásával egyre nagyobb lesz a rátermettebb, a környezethez jobban alkalmazkodó tulajdonságokat meghatározó genváltozatok és az ezeket a tulajdonságokat mutató egyedek aránya. A kevésbé rátermett egyedek pedig fokozatosan kiválogatódnak (szelektálódnak), így gyakoriságuk csökken. Ez a folyamat a természetes kiválasztás (szelekció), aminek eredménye a környezeti feltételekhez való **alkalmazkodás** (adaptáció). A populációban felhalmozódnak azok a testfelépítési, élettani, viselkedésbeli stb. tulajdonságok, amelyek mind jobban illeszkednek a környezethez. A változások végül olyan mértékűek lehetnek, ami új faj kialakulását eredményezheti.

Alkalmazkodás a környezethez

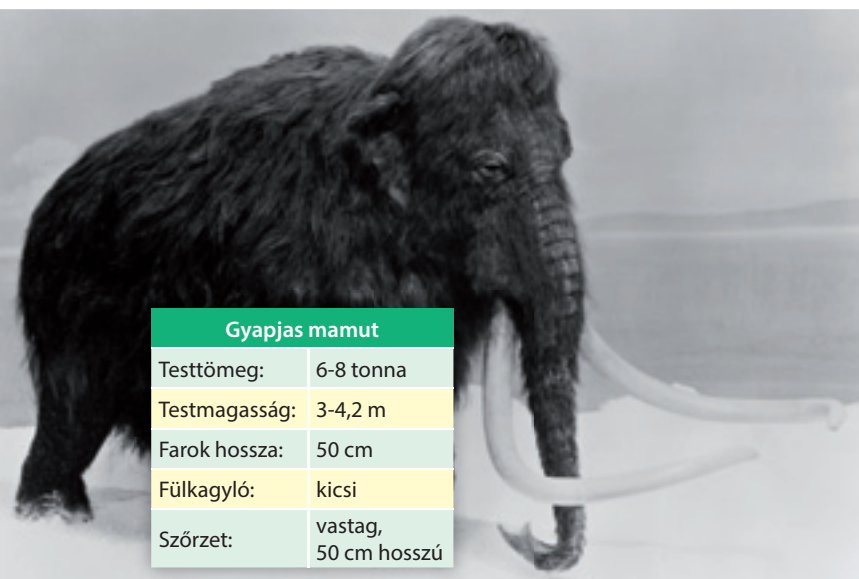
Az eltérő környezethez való alkalmazkodottság megfigyelhető a különböző éghajlatú területeken honos, közeli rokon emlősök testfelépítésében. Az emlősök állandó testhőmérsékletűek, hőtermelésük és hőleadásuk egyensúlyban van. A testhőmérsékletet fenntartó hő a sejtek lebontó folyamataiban szabadul fel, ezért a hőtermelés mértéke a testtömegtől függ: minél nagyobb tömegű az állat, annál több hőt termel. A hőleadás a testfelületen át zajlik: minél nagyobb a testfelület, annál nagyobb a hőleadás. Az ázsiai elefánt a trópusokon honos, míg közeli rokona, a már kihalt gyapjas mamut tundralakó volt. Az utóbbi testtömege jócskán meghaladta közeli rokonáét. Kicsi füle és farka, vastag szőrzete, bőr alatti zsírrétege is a hőleadás mérséklését szolgálta (2. ábra). A kisebb termetű, gyér szőrzetű, nagy fülű, hosszú farkú ázsiai elefánt kisebb hőtermeléssel, nagyobb hőleadással alkalmazkodik a forrósághoz. Hasonló párhuzam figyelhető meg a hideg, illetve a trópusi területeken honos róka-, sün- és nyúl-fajok testfelépítésében.



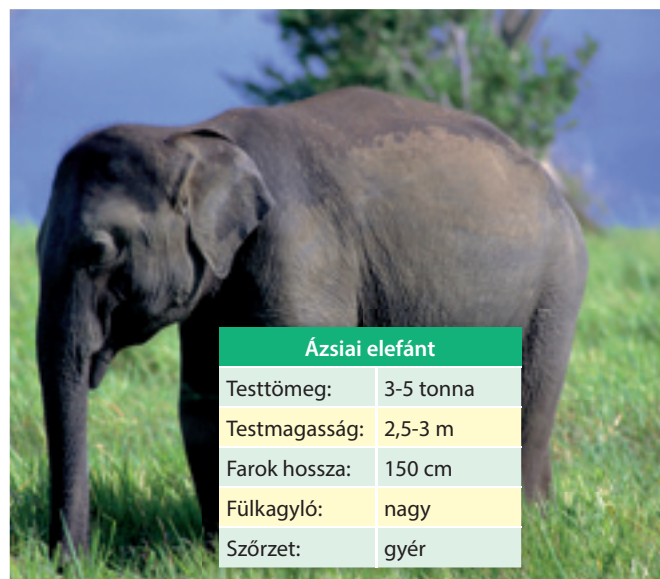
- A természetes kiválasztás elmélete
- Alkalmazkodás a környezethez
- Mikroevolúció
- A fajok kialakulásáról
- Az evolúció és a törzsfajlás: makroevolúció
- Koevolúció



1. Charles Darwin (1809–1882)



Gyapjas mamut	
Testtömeg:	6-8 tonna
Testmagasság:	3-4,2 m
Farok hossza:	50 cm
Fülkagyló:	kicsi
Szőrzet:	vastag, 50 cm hosszú



Ázsiai elefánt	
Testtömeg:	3-5 tonna
Testmagasság:	2,5-3 m
Farok hossza:	150 cm
Fülkagyló:	nagy
Szőrzet:	gyér

2. A gyapjas mamut és az ázsiai elefánt összehasonlítása



3. A sivatagi sün és az európai sün

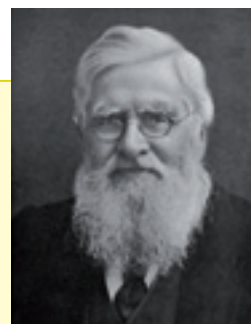
Melyik fotón látható a sivatagi sün?
Milyen módon adja le a felesleges hőt a sivatagi sün?

Mikroevolúció

Darwin nem magyarázta, de korának ismeretei alapján nem is magyarázhatta, minek köszönhető a fajok egyedeinek meglevő változatossága. A magyarázatra csak jóval később, a 20. században derült fény, az örökítőanyag felfedezésével és az öröklődés mechanizmusának tisztázásával. Ma már tudjuk, hogy az egymást követő nemzedékekben a továbböröklődő új tulajdonságok megjelenése az örökítőanyag szerkezetének megváltozásával függ össze. Az örökítőanyag megváltozásának köszönhetően a populációban új, a korábbiaktól eltérő tulajdonságú egyedek jelennek meg. A természetes kiválasztás eredményeként a populációban azok az egyedek maradnak fent, és öröklítik át génjeiket a következő nemzedékre, amelyek jobban alkalmazkodnak környezetükhöz. Így a populációban egyes öröklődő jelleg megritkulnak, mások pedig gyakoribbá válnak. Ha a populációk eltérő környezetben élnek, más és más lehet a kedvező vagy kedvezőtlen tulajdonság. Ezáltal egy faj populációi az idők során kisebb-nagyobb mértékben különbözőkké válnak. Ezeknek a kis lépésekben zajló folyamatoknak az összességét nevezzük **mikroevolúciónak**. Az öröklődő változások halmozódásával a korábban egy fajba tartozó népségek egyedei oly mértékben eltérővé válhatnak, hogy már nem képesek a másik populáció egyedeivel szaporodni, vagyis új faj alakul ki. (Az evolúció mechanizmusának részletesebb tárgyalására később kerül sor.)

Olvasmány

Ketten, egy időben ■ A természetes szelekció gondolata Charles Darwin egyik kortársában, Alfred Russel Wallace-ban is felmerült. 1858-ban küldte el erről szóló rövid tanulmányát Darwinnak, aki akkor már több mint 15 éve dolgozott *A fajok eredete* című művén. Tudni kell, hogy az a kutató számít egy jelenség felfedezőjének, egy elmélet kidolgozójának, aki először jelenteti meg azt írásban egy tudományos folyóiratban. Wallace munkájának kézhez vétele után Darwin gyorsan rendszerezte saját írásait. Barátai Wallace kéziratával együtt nyújtották be Darwin összefoglalóját a témáról a Linné Társasághoz. Wallace-t tudományos berkekben csaknem olyan elismerésben részesítik az evolúcióelméletéért, mint Darwint. Wallace ugyanakkor azt vallotta, Darwin munkája értékesebb, mert sokkal részletesebben mutatja be és bizonyítja az elméletet, mint a sajátja.



Alfred Russel Wallace
(1823–1913)

Olvasmány

Egy nagy tudós tévedése ■ Kevesen tudják, hogy az evolúció lényegének egyik első tudományos igényű megfogalmazása, az élővilág fejlődését tükröző rendszer felállítása *Jean Baptiste Lamarck* (1744–1829) francia természettudós nevéhez fűződik. Lamarck kimondta, hogy az élettelen anyagok és az élőlények szüntelenül változnak. Az élővilág fejlődése a legegyszerűbb élőlényektől, az egyséjtüektől haladt a bonyolultabb szervezetek kialakulása felé. Az evolúció hajtóereje az, hogy az élőlények alkalmazkodnak környezetük folyamatos változásaihoz, aminek következtében szervezetük fokozatosan átalakul. Az alkalmazkodásra képtelen élőlények elpusztulnak, kihalnak. Az evolúció lényegét és irányát Lamarck helyesen határozta meg, de már kortársai számára is elfogadhatatlan magyarázatot adott a folyamat mechanizmusára. Alapvetően hibás elmélete miatt korszakalkotó meg látásait sem értékeli kellőképpen az utókor.

Lamarck elgondolása szerint a folyamatos használat erősíti, fejleszti az élőlények szöveteit, szerveit, különböző szokásait stb., és az így szerzett tulajdonságok öröklődnek az utódokra is. A szerzett tulajdonságok öröklődésére Lamarck többek között a zsiráf kialakulását hozta példának. Így írt erről: „Az életfeltételek megváltozásával az állatfaj egyedei kénytelenek megváltoztatni szokásaikat, s a kevésbé használt szervek lassan tönkremennek, míg a többet használtak fejlődésnek indulnak, és a használat mértékétől függően megerősödnek és kiteljesednek. (...) Ami a szokásokat illeti, nagyon érdekes azoknak a hatását a zsiráf termeténél és különösen alakjánál megfigyelni. Ismeretes, hogy ez az állat az emlősök között a legnagyobb, Afrika belsejében olyan vidéken él, ahol a majdnem állandóan száraz és terméketlen talaj arra kényszeríti, hogy a fák lombját rágja, és folyton erőlködjék, hogy azt elérje. E régóta felvett szokás következtében elülső lábai hosszabbak lettek, mint a hátsók, s nyaka annyira megnyúlt, hogy 20 láb magasságba is felér a fejével anélkül, hogy a hátsó lábaira állana.” (Részlet az 1809-ben megjelent *Állattani filozófia* című műből)

Lamarckot tudóstársai, köztük Darwin is, erősen támadták elképzeléséért. Darwin elmélete szerint a zsiráfok között egyaránt lehettek rövidebb és hosszabb nyakú egyedek. A hosszabb nyakúak több táplálékhoz jutottak, ezért erősebbek voltak, szaporodási fölénybe kerültek rövid nyakú társaikkal szemben. Így a populációban egyre több hosszú nyakú egyed jelent meg, végül a rövid nyakúak el is tűntek.



A fajok kialakulásáról

Ha időben próbáljuk nyomon követni a populációkban zajló evolúciós folyamatokat, akkor találunk olyan eseteket, amikor a vizsgált faj fokozatosan egy másik, új fajjá alakult át. Jóval gyakoribbak azonban azok az események, amikor a kiindulási faj két vagy több populációra különült, majd idővel a szétvált populációkban olyan mértékű változások történtek, amelyek miatt bekövetkezett a **szaporodásbeli elkülönülés**. Ezt követően az elkülönült populációk egyedei már nem képesek egymással szaporodni, vagy utódaik terméketlenek. Az evolúciós változások eredményeként a kiindulási fajból két vagy több faj keletkezik. Mind a két folyamatra szolgáltat példát az ormányosok evolúciója. Az észak-amerikai masztodon fokozatosan alakult ki a közös ősből, míg az ázsiai elefánt és a gajdas mamut, illetve a szavannai és az erdei elefánt elkülönült populációi más-más irányban fejlődtek tovább. De milyen okok vezethetnek a szaporodásbeli elkülönüléshez?

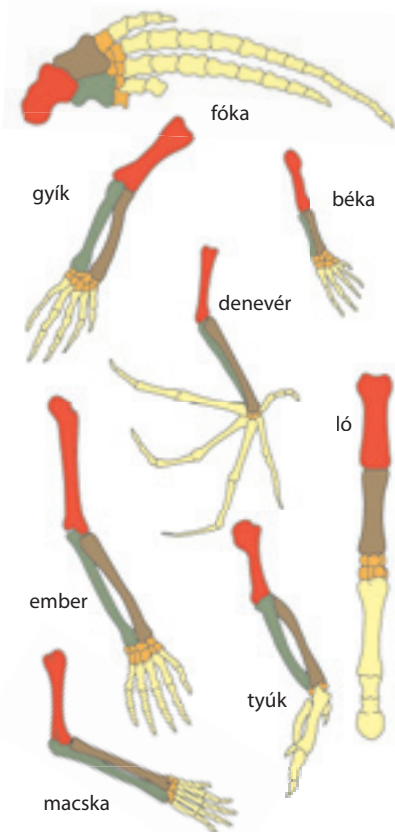
Az egyik lehetséges ok a **földrajzi elkülönülés** (4. ábra). Az ázsiai elefánt és a gajdas mamut közös őseinek populációi vándoroltak. Táplálék után kutatva egymástól távoli élőhelyekre kerültek. A melegebb területekre vándorolt populációkból alakulhatott ki az ázsiai elefánt, míg a fagyos területekre vetődött populációkból a gajdas mamut. A földrajzilag elkülönült népségek eltérő fejlődési utat jártak be, különböző fajokká alakultak.

Olvasnivaló ■ Charles Darwin:
A fajok eredete ■ Benedek István:
Lamarck és kora ■ Lamarck:
A természet fejlődése



4. Földrajzi elkülönülés. Egy földrengés, vulkánkitörés után kialakuló folyó két részre választhatja az addig egységes populációt.

Keress rá! ■ sivatagi róka ■
szamárnylú ■ sarki nyúl



5. Az emlősök végtagszerkezetének alakulása az evolúció során. *Ismerteid alapján röviden foglald össze, milyen életmódúak a képen szereplő élőlények, és ez hogyan tükröződik végtagszerkezetük felépítésében!*



6. A kuskusz és a lajhármaki
Az erszényes emlősök közé tartozó ausztráliai kuskusz és a méhlepényes ázsiai lajhármaki éjszakai életmódú, fán élő állatok. *A képek alapján nevez meg két olyan tulajdonságot, amelyek a konvergens fejlődést példázzák!*

Elkülönülhetnek egymástól a populációk úgy is, hogy egymás közelében élnek ugyan, de például az egyikük nyirkosabb, a másikuk szárazabb helyeken él, vagy az egyes populációk egyedei nem ugyanabban a napszakban aktívak. Ilyen esetekben **ökológiai elkülönülésről** beszélünk, aminek eredménye a szaporodás megszűnése a populációk egyedei között.

Ha a populációk egymástól elkülönülnek – akár földrajzilag, akár ökológiailag –, akkor hosszú idő alatt elegendő különbség halmozódhat fel köztük ahhoz, hogy már különböző fajba tartozzanak.

Az evolúció és a törzsfjlődés: makroevolúció

Az új fajok populációinak evolúciója végső soron elvezethet másféle szerveződésű, a kiindulási fajjal már csak távoli rokonságban álló csoportok kialakulásához is: új nemzetségek, családok, osztályok, törzsek megjelenéséhez. Ezeknek a folyamatoknak az összefoglaló neve **makroevolúció**. A makroevolúció tehát az élővilág fejlődéstörténetében a nagyobb lépések eseménysorozatát jelenti. A makroevolúciós folyamatok vizsgálatának egyik módszere az ősmaradványok elemzése. A hasonló ősmaradványokat kialakulásuk sorrendje alapján **fokozati sorokba** állítják, amiből megállapítható az evolúciós fejlődés iránya.

Az ősi emlősök kövületeit vizsgálva például megfigyelhető, hogy a különböző környezeti viszonyokhoz való alkalmazkodás eredményeként az egyes csoportok nagyon eltérő fejlődési utat jártak be. Egyesek a szárazföldi, mások a vízi, megint mások a repülő életmódhoz alkalmazkodtak. Az ilyen, szétágazó evolúciós utat **divergens fejlődésnek** nevezzük (divergens = széttartó). A különböző életfeltételekhez való alkalmazkodás többek között megmutatkozik a végtagok szerkezetében is (5. ábra).

Az ősi, ötujjú végtagtípusból a divergens fejlődés eredményeként alakult ki a denevérek szárnya, a cetek uszonya, a lovak páratlan ujjú patás végtagja. Az ilyen közös eredetű, de eltérő működésű szerveket **homológ szerveknek** nevezzük (homológ = egymásnak megfelelő).

Ha összevetjük az Ausztráliában élő erszényes emlősöket a többi földrészen élő méhlepényes emlősökkel, akkor megint csak meglepő következtetésre jutunk. A hasonló környezetben élő, hasonló életmódú, de eltérő eredetű élőlények az evolúció során hasonlóvá váltak (6. ábra). Ez a jelenség a **konvergens fejlődés** (konvergens = összetartó). A konvergencia szép példái a dél-amerikai kaktuszok és az afrikai kutyatejfélek is. A két növénycsoport nem áll rokonsági kapcsolatban egymással. A száraz, sivatagi körülményekhez való alkalmazkodás azonban hasonló testfelépítés kialakulásához vezetett. A dél-amerikai kaktuszok és az afrikai kutyatejfélek levelei tövissekké módosultak, pozsgás száruk sok vizet raktároz. A két növénycsoport tövisei analóg szervek, azaz hasonló a szerepük, de nincs közöttük fejlődési kapcsolat (7. ábra).

Koevolúció

Nem szabad megfeledkeznünk arról sem, hogy a különböző fajba tartozó élőlények evolúciója nem független egymástól. Közismert, hogy az egy területen élő ragadozók versengenek a zsákmányért, az együtt élő populációk pedig kölcsönösen segítik egymás elterjedését. A paraziták és gazdáik, valamint a ragadozók és zsákmányaik evolúciója is párhuzamosan, egymással kölcsönhatásban zajlott, zajlik. A rovarmegporzású növények virága és a megporzásért végző állatok egymással szoros összefüggésben fejlődhetnek. Az ilyen, egymás evolúcióját befolyásoló fejlődési folyamatokat **koevolúciónak** nevezzük (8. ábra).



7. Kaktuszok és kutyatejfélek



8. A zárvatermő virágok szerkezete és a megporzást végző rovar száj-szerve, testfelépítése illeszkedik egymáshoz

Új fogalmak ■ természetes szelekció ■ adaptáció ■ földrajzi, ökológiai és szaporodásbeli elkülönülés ■ mikroevolúció ■ makroevolúció ■ konvergens és divergens fejlődés ■ homológ és analóg szerv ■ koevolúció

Megtanultam?

Az evolúció az élővilág átalakulását, fejlődését jelenti. A(z) **.(1.)** a fajok populációiban zajlik, és egyes öröklődő jellegek gyakoriságának megváltozásával, új tulajdonságok megjelenésével jár. Egyik lehetséges mechanizmusa a(z) **.(2.)**, amelynek hajtóereje a környezethez való minél hatékonyabb alkalmazkodás, más szóval a(z) **.(3.)**. Az apró változások felhalmozódása a populációban új faj kialakulásához vezethet. A fajkeletkezés feltétele, hogy bekövetkezzen a korábban egy fajba tartozó populációk **.(4.)** elkülönülése. Ezt a folyamatot gyorsítja a faj populációinak földrajzi és ökológiai elkülönülése. A fajok evolúciója végső soron elvezethet új nemzetségek, családok, osztályok, törzsek kialakulásához. Az élővilág fejlődéstörténetének nagyobb lépéseit **.(5.)** nevezzük. A(z) **.(6.)** fejlődés a közös ősből származó élőlénycsoportok eltérő környezeti feltételekhez való alkalmazkodását, változatos testfelépítésű csoportok kialakulását jelenti. A(z) **.(7.)** fejlődés ezzel szemben az evolúciónak az a sajátos módja, amelynek eredményeként eltérő származású csoportok hasonló környezeti feltételek között hasonló testfelépítésűek lesznek. A fajok evolúciója nem független egymástól. Az együttélő szervezetek, a gazdák és élősködők, a ragadozók és zsákmányaik evolúciója egymással párhuzamosan zajlik. Ez a jelenség a(z) **.(8.)**.

Kérdések, feladatok

- Mi a lényegi eltérés
 - a mikroevolúció és a makroevolúció,
 - a konvergens és a divergens fejlődés között?

- Állítsd párba a következőket!

A) Gerincesek törzsének evolúciója	1. Analóg szervek
B) Harkályok és gólyák csőre	2. Mikroevolúció
C) Rovarak és madarak szárnya	3. Makroevolúció
D) Az emberfajta kialakulása	4. Homológ szervek

- Darwin Galápagos-szigeteken tett utazásainak nagy szerepe volt a természetes szelekció elméletének kidolgozásában. Írj Darwin nevében egy úti beszámolót tudós barátodnak a szigetek madárvilágáról és/vagy az óriásteknősökről! Beszámolódban példákon keresztül térj ki a környezethez való alkalmazkodásra, a földrajzi és az ökológiai elkülönülés fontosságára a fajkeletkezésben! (Munkádhoz használd Darwin feljegyzéseit, ismeretterjesztő könyveket, keress anyagot az interneten!)

- A 4. ábra tanulmányozása után fogalmazd meg, hogyan vezethet új fajok kialakulásához a földrajzi elkülönülés!