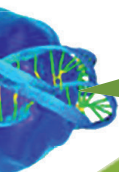
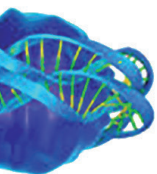
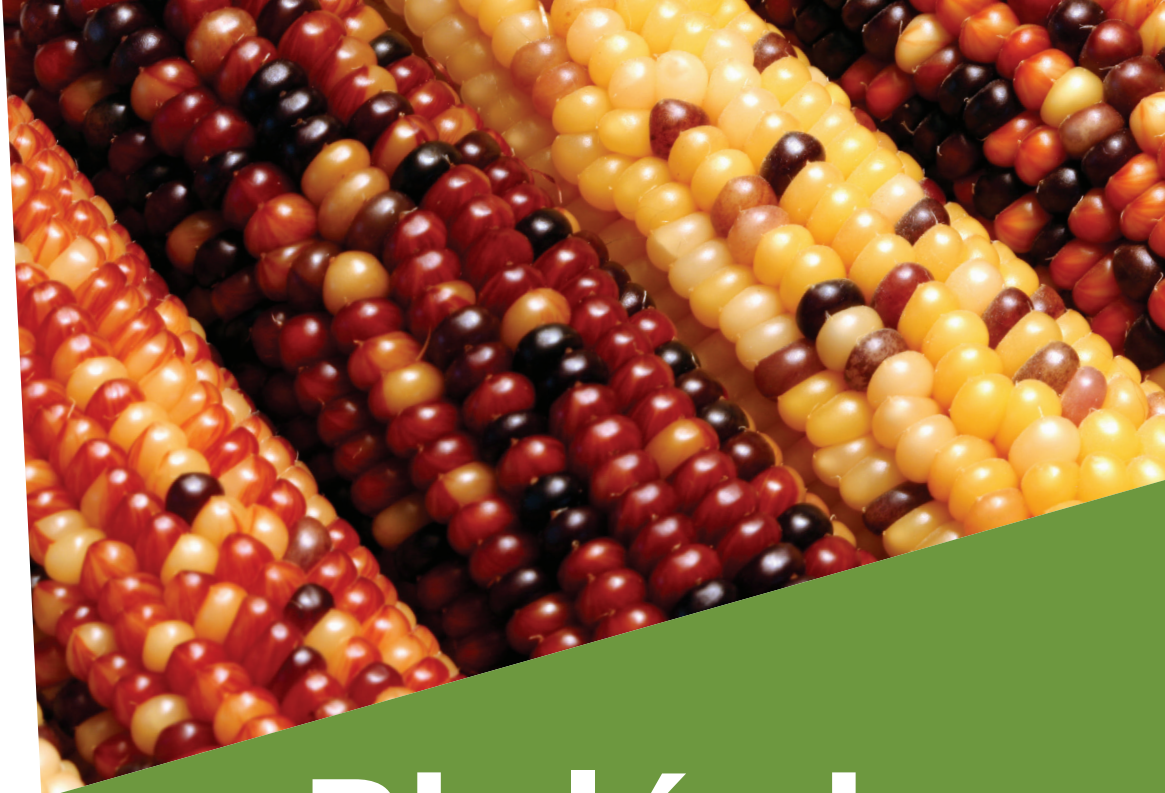
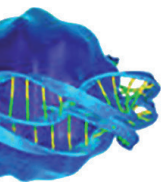




OFI



12



# Biológia



ÚJGENERÁCIÓS  
TANKÖNYV

# Jó tanácsok

a tankönyvekből történő tanuláshoz

Legalább egyszer  
próbáld ki,  
megéri!



Mindig a célnak  
megfelelő módon  
olvass!

Az olvasásnak többféle hasznos módja van.  
Hogy melyik éppen a leghasznosabb, az mindig az aktuális feladatotól függ.

- **Figyelmes olvasás:** a tartalom teljes elsajátítása vagy egy szépirodalmi szövegben való elmélyedés a cél.
- **Normális olvasás:** új információk szerzése, egyes kérdések megválaszolása, bizonyos összefüggések, problémák megértése és megoldása a cél.
- **Gyorsolvasás:** a korábban olvasottak felidézése, a legfontosabb fogalmak, gondolatok, összefüggések átismétlése a cél.
- **Áttekintő olvasás:** a szöveg vagy a lecke tartalmának előzetes áttekintése a cél.
- **Kereső olvasás:** egyes adatok, nevek, fogalmi meghatározások gyors megkeresése a cél.

- Olvasd el figyelmesen a tartalomjegyzéket! Milyen logikai rendezőelvet fedezel fel benne?
- Keresd a tankönyvben minél több segítséget ahhoz, hogy egy-egy témakör vagy lecke tartalmát gyorsan átlásd! (Például névmutató, kislexikon, kronológia.)
- Nézd át figyelmesen a tankönyv leckéit, hogy megértsd belső szerkezetüket!
- Keresd meg az egyes leckékben azokat a tartalmi részleteket és formai elemeket, amelyek segítséget adnak a fontos gondolatok, fogalmak és összefüggések megtalálásához, a lecke tartalmának rendszerezéséhez és átismétléséhez!



Használd ki  
a tankönyv  
által kínált  
segítségeket!



Ne add fel, ha valami  
nehezen érthető!

- Azonosítsd azokat a részeket a leckében, amelyeknek a megértése nehézséget okoz a számodra!
- Ellenőrizd, hogy van-e olyan szó, amelynek a jelentése nem világos a számodra! Ha van ilyen, keresd meg a szó jelentésének magyarázatát a tankönyvben vagy egy lexikonban!
- Fogalmazd meg kérdések formájában is, mi az, amit nem értesz!
- Olvasd el újra a leckét, nézd meg figyelmesen az ábrákat úgy, hogy a problémát okozó kérdésekre keresd a választ!
- Keresd egy másik könyvet (pl. lexikon, enciklopédia), vagy az interneten kulcsszavas kereséssel próbáld találni egy olyan témájú oldalt, amiről tanulsz!
- Ha így sem sikerül, kérj bátran segítséget egy társadtól, a testvéredtől vagy a tanárodtól!

- Alakítsd át az alcímeket kérdésekké!
- Ha valami érdekes és hasznos gondolat jut az eszedbe, rögtön írd le!
- A lecke elolvasása után vedd számba, mi volt az, amit már korábban is tudtál!
- Válaszd ki, mi volt a legérdekesebb újdonság! Fogalmazd meg, miért tartod ezt érdekesnek!
- Gondold végig, mi volt az, amit korábban másképpen tudtál vagy gondoltál!
- Fogalmazd meg olyan kérdéseket, amelyek a lecke olvasása közben jutottak az eszedbe, de amelyekre a lecke írója nem tért ki! Ezeket a kérdéseket is érdemes emlékeztetőként leírni!



Gondolkodj arról,  
amit tanulsz!



Ha valamit  
szeretnél pontosan  
megjegyezni, foglalkozz  
vele külön is!

- Olvasás közben készíts magadnak jegyzetet!
- A legfontosabb részletekről és összefüggésekről készíts magadnak saját vázlatot!
- Készíts kérdéskártyákat azokról az információkról és kérdésekről, amiket a legfontosabbnak tartasz megjegyezni a leckéből! Ezek segítségével teszteld a tudásod, és memorizáld az ismereteket!
- Próbáld emlékezetből egy összefüggésvázlatot készíteni, és annak segítségével elmagyarázni valakinek azt, amiről tanultál!

- Mik voltak a legérdekesebb dolgok?
- Mi az, amit kedvem lenne ebből másnak is megmutatni, elmondani és elmagyarázni?
- Mikor és hogyan tudnám a tanultakat hasznosítani?
- Milyen korábbi ismeretek és tapasztalatok jutottak az eszembe közben?
- Mennyire vannak összhangban azzal, amit eddig tudtam?
- Mik voltak azok az új ismeretek, amelyekkel már korábban is találkoztam?
- Mit lenne jó még megtudni vagy megtanulni e témával kapcsolatban?



Ha egy lecke vagy egy  
témakör végére érsz, értékelj!

Biológia – Egészségtan  
Tankönyv  
12.

*Borítón látható képek:*

*Felül:* Indián kukorica. A hazai kukoricákkal azonos faj, azonban jóval ősibb változat. Mivel a torzsavirágzatban minden kukoricaszem egy önálló bibén keresztül termékenyül meg, a szemek színét meghatározó gének egyazon cső esetében az utódnemzedék eloszlását reprezentálják. (Fotó: Anna Toss)

*Alul:* A boldogság az ökológiai lábnyom méretétől kevéssé, az emberi kapcsolatoktól azonban nagymértékben függ.

*Gerincen:* Eukarióta DNS-szál szigorúan meghatározott távolságonként fehérjékre csavarodik. A sejtmagban ezzel kezdődik meg a kromoszómák tömör, stabil, de ideiglenesen olvashatatlan állományának kialakítása.

*Hátul:* Emberelődők megjelenésük sorrendjében. Jobbról balra: Australopithecus (majomember), korai Homo erectus (jávai előember), késői Homo erectus (pekingi előember), Homo heidelbergensis (heidelbergi ember), Homo neanderthalensis (Neander-völgyi ember), korai Homo sapiens (crô-magnoni ember).

Hiába találunk meg a régészek és az antropológusok egyre több hiányzó láncszemet, nem csökken a számuk, mert mindig lesz két újabb, egy a friss lelettől időben előre- és egy hátrafelé. A pontosság természetesen egyre javul. Csak remélni lehet, hogy a közeljövőben egyértelművé válik, melyik volt oldalági, és melyik egyenes ági ős az ember evolúciójában.

(A modelleket készítette: Maurice Wilson.)

# Biológia Egészségtan

Tankönyv

# 12.

Eszterházy Károly Egyetem  
Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet

Engedélyszám: TKV/3154–15/2018. (2018. 05. 08. – 2023. 08. 31.)

A tankönyv megfelel az 51/2012. (XII. 21.) EMMI-rendelet alábbi mellékleteiben foglalt előírásoknak:  
3. számú melléklet: Kerettanterv a gimnáziumok 9–12. évfolyama számára 3.2.07.1. „A” változat  
4. számú melléklet: Kerettanterv a gimnáziumok 7–12. évfolyama számára 4.2.08.1. „A” változat  
5. számú melléklet: Kerettanterv a gimnáziumok 5–12. évfolyama számára 5.2.12.1. „A” változat

A tankönyvvé nyilvánítási eljárásban közreműködő szakértők: VÁMOSINÉ DR. HEGYI ANDREA, KEMPFNER ZSÓFIA

Tananyagfejlesztők: DR. MOLNÁR KATALIN, MÁNDICS DEZSŐ  
Alkotószerkesztő: DR. TÓTH ATTILA  
Vezető szerkesztő: SUBAI GÉZA  
Szerkesztő: KINCSES ILDIKÓ  
Tudományos-szakmai szakértő: SIMINSZKY BALÁZS, SZÉKELY ZOLTÁN, VIKTOR DÁNIEL  
Pedagógiai szakértő: MÁRKUS TERÉZ  
Fedél-, látvány- és tipográfiai terv: GAJDA SZILVIA  
Illusztrációk: BARÓTHY ANDREA, OFI-ARCHÍVUM

Fotók: © 123rf, © Cultiris Kulturális Képgyűjtemény, © Thinkstockphotos, © iStockphoto, genomebiology.com, dataphys.org, ookaboo.com, photomacrography.net, sciencenetlinks.com, ecolounge.hu, assets.bwbx.io, fineartamerica.com, ittiofauna.org, womenworking.com, paganprincesses.com, greenpeace.org, newswise.com, toxics.usgs.gov, ecolibrary.org, fcsm.hu, greenfo.hu, depscologia.com, arztlichebehandlung.com, theguardian.com, szelektalok.hu, weberdo.hu, keptar.oszk.hu, honvedelem.hu, cumberlandnewsnow.com, goldfishkeepers.com, bbc.co.uk, Wikipédia/Edmund Beecher Wilson; N. Hartsoecker; Bateson William; Franz Xaver Winterhalter; Dr. Graham Beards

A tankönyv szerkesztői ezúton is köszönetet mondanak mindazoknak a tudós és tanár szerzőknek, akik az elmúlt évtizedek során olyan módszertani kultúrát teremtettek, amely a kísérleti tankönyvek készítőinek is ösztönzést és példát adott. Ugyancsak köszönetet mondunk azoknak az íróknak, költőknek, képzőművészeknek, akiknek alkotásai tankönyveinket gazdagítják. Az önzetlen szakmai támogatásért külön köszönettel tartozunk dr. Csupor Dezsőnek és dr. Novák Hunornak, illetve a Semmelweis Egyetem Mentálhigiénié Intézet munkatársainak.

© Eszterházy Károly Egyetem, 2017

ISBN 978-963-436-116-9

Eszterházy Károly Egyetem ■ 3300 Eger, Eszterházy tér 1.  
Telefon: +36 1 460 1873 ■ Fax: +36 1 460 1822 ■ Vevőszolgálat: [vevoszolgalat@ofi.hu](mailto:vevoszolgalat@ofi.hu)

A kiadásért felel: dr. Liptai Kálmán rektor  
Raktári szám: FI-505031201/1  
Műszakiiroda-vezető: Horváth Zoltán Ákos  
Műszaki szerkesztő: Berkes Tamás, Kórodiné Csukás Márta, Marcsek Ildikó  
Nyomdai előkészítés: Banó Mária, Buris László, Vidosa László  
Terjedelem: 18,54 (A/5) ív, tömeg: 350 gramm  
1. kiadás, 2018

Az újgenerációs tankönyv az Új Széchenyi Terv Társadalmi Megújulás Operatív Program 3.1.2-B/13-2013-0001. számú, „A Nemzeti alaptantervhez illeszkedő tankönyv, taneszköz és Nemzeti Köznevelési Portál fejlesztése” című projektje keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Nyomta és kötötte:  
Felelős vezető:  
A nyomdai megrendelés törzsszáma:

magyar  
nyomdaipari szövetség  
NYOMDA- ÉS PÁPIRIPARI SZÖVETSÉG



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

**SZÉCHENYI** 2020

**Európai Unió**  
Európai Szociális  
Alap



**BEFECTETÉS A JÖVŐBE**

# Tartalom

<b>Előszó</b> .....	6	14. A véletlen szerepe .....	66
<b>I. Megfejthető üzenetek – molekuláris genetika</b> .....	7	15. Populációgenetika	
Az élet titka (Olvasmány) .....	8	KIEGÉSZÍTŐ ANYAG .....	69
1. A kód átírása és fordítása .....	10	16. Az élet megjelenése és kezdetei .....	73
2. A génműködés szabályozása		17. Az élet lehetőségeinek fejlődése .....	77
KIEGÉSZÍTŐ ANYAG .....	14	18. A mai élővilág és az ember kialakulása .....	83
3. Az élet titka, a DNS .....	16	Összefoglalás .....	89
4. A genetikai állomány változatossága .....	19	<b>IV. Az ember egyéni és társas viselkedése</b> ....	91
5. A sejtosztódás .....	23	A stressz felfedezése (Olvasmány) .....	92
6. A genetikai állomány megváltozása .....	27	19. A megismerő lény .....	94
Összefoglalás .....	29	20. A társas lény .....	98
<b>II. Nemzedékről nemzedékre – az öröklődés törvényei</b> .....	31	21. A szociokulturális lény .....	102
A genetika évszázada (Olvasmány) .....	32	22. A pszichés terhelés .....	105
7. Genetikai alapfogalmak .....	34	Összefoglalás .....	108
8. Egy gén, egy tulajdonság .....	36	<b>V. Gazdálkodás és fenntarthatóság</b> .....	109
9. Nemhez kötött öröklődés .....	40	A Húsvét-sziget története (Olvasmány) .....	110
10. Változatok több génre .....	43	23. A talaj károsodása és védelme .....	112
11. Az emberi öröklődés .....	48	24. A vizek károsodása és védelme .....	115
12. Genetika a mindennapokban .....	51	25. A légkör és az éghajlat .....	118
Összefoglalás .....	56	26. A bioszféra és az emberiség .....	124
<b>III. Az élet lehetőségei és az evolúció</b> .....	59	27. A bioszféra védelme .....	130
Evolúciós elméletek (Olvasmány) .....	60	Összefoglalás .....	135
13. Alkalmazkodás a környezethez .....	62	<b>Függelék</b> .....	137
		Fogalomtár .....	138



# Előszó

Aligha akad olyan észszerűen gondolkodó ember, aki kétségbe vonná a biológiai ismeretek fontosságát mindennapi életünkben. Már egy egyszerű bevásárlás is komoly fejtörést okozhat: vaját vegyünk, margarint vagy zsírt? Egészségesebbek-e a biotermékek a hagyományos élelmiszereknél? Valóban az emberiség természetátalakító tevékenysége, környezetszennyezése okozhatja a napjainkban tapasztalható globális felmelegedést, vagy azoknak van igazuk, akik az éghajlat visszatérő változásaival indokolják a jelenséget? A médiában nap mint nap százával megjelenő hírek, cikkek, ismeretterjesztő filmek áradatában fontos, hogy tájékozódni tudjunk, képesek legyünk megítélni egy-egy hír valóságtartalmát, és ha úgy hozza az élet, tudjunk felelős döntéseket is hozni.

Előző kötetünkhez hasonlóan, most is alapvető kérdésekre keressük a választ: mi az élet lényege, mi különbözteti meg az élőlényeket az élettelen anyagi világtól? Hogyan alakulhatott ki a mai élővilág, milyen törvényszerűségek határozzák meg az élőlények, az életközösségek fennmaradását és fejlődését? Hogyan, milyen hatásokra változik környezetünk – különös tekintettel az ember, az emberiség szerepére –, és milyen befolyást gyakorolnak ezek a változások az élővilágra? Mit jelent és hogyan őrizhető meg testi és lelki egészségünk?

Kedves olvasó! A könyv, amelyet kézben tartasz, első fejezetében színes áttekintést ad a genetika sejtteni alapjairól, majd megismertet az öröklődés szabályszerűségeivel. Mindezekre építve megértjük majd az evolúció elveit, és bepillantunk a földi élet történetébe is. Az emberi magatartás és a közösségek működésének felvázolása után az emberiség és földi környezete kölcsönhatásait vesszük górcső alá. Megpróbálunk választ találni közös felelősségünk feszítő kérdéseire. A középiskolából rövidesen kilépve, kedves felnőtt olvasóink, arra biztatunk mindenkit, folytassa tovább a világ megismerését, a gondolkodást!

## Hogyan használd a könyvet?

A témákat nyitóoldal és egy olvasmány vezet be, ami áttekintést ad arról, hogy milyen kérdésekkel, problémákkal foglalkozunk a témához tartozó leckékben.



A leckék elején megtalálod azoknak a korábban már tanult fogalmaknak a magyarázatát, amelyek szükségesek a tananyag megértéséhez.

**Sarlócsajtes vérszegénység** ■ Recesszíven öröklődő emberi betegség, hátterében hemoglobin génben bekövetkező pontmutáció áll. A hemoglobin rendellenes szerkezete miatt a vörösvértestek sarló alakban meggörbülnek.  
**Malária** ■ A trópusi és szubtrópusi területeken gyakori, magas halálosági arányú mutató, fertőző betegség. Időszakosan jelentkező lázrohammal jár. Kórokozója egy állati egysejtű, amelyet a foltos maláriazúnyog terjeszt.

A fotók, az ábrák, a grafikonok és a táblázatok sok olyan információt tartalmaznak, amelyek segítik a problémák megoldását, az ismeretek elsajátítását.

A szövegben **félkövér** betű jelzi a fontos fogalmakat. Az egyes leckék végén megtalálod a korábban még nem tanult fogalmak felsorolását.

A leckéket rövid összegzés zárja. A hiányos mondatok szóbeli vagy füzettedben történő kiegészítésével ellenőrizheted, sikerült-e elsajátítanod az új fogalmakat, és megértened a főbb összefüggéseket.

Az ábrákhoz kapcsolódó és a leckék végén található feladatok megoldása segít a problémák megértésében, ismereteid ellenőrzésében.

A fejezeteket lezáró összefoglalások a leckéktől eltérő megközelítésben, más tematikában dolgozzák fel a témát. Ez elősegíti, hogy tudásodat sokféle összefüggésben használhasd. A könyv végén, a Fogalomtárban a tananyag legfontosabb szakkifejezéseinek magyarázatát találhatod meg.

Az ilyen szövegdobozokban tudománytörténeti vonatkozásokat, érdekes kísérleteket, megfigyeléseket, híreket olvashatsz.

**Olvasmány** Az Aral-tó és a Holt-tenger története ■ Visszmért és rendkívül tanulságos a közép-ázsiai Aral-tó története. A 20. század közepéig a tavat tápláló Amu-Darja és Szir-Darja folyók vízének nagy részét több ezer kilométeres csatornarendszer építésével a szárazságotól mentesítették. A tóba jutó víz mennyisége folyamatosan csökkent, nem pótolta a párolgást. Ezért a vízszint az elmúlt néhány évtizedben mélyre süllyedt, felülete az egykori töredékére zsugorodott. A néhány évtizede még a vízparton fekvő települések egy része ma már több száz kilométerre került a tó vizétől.

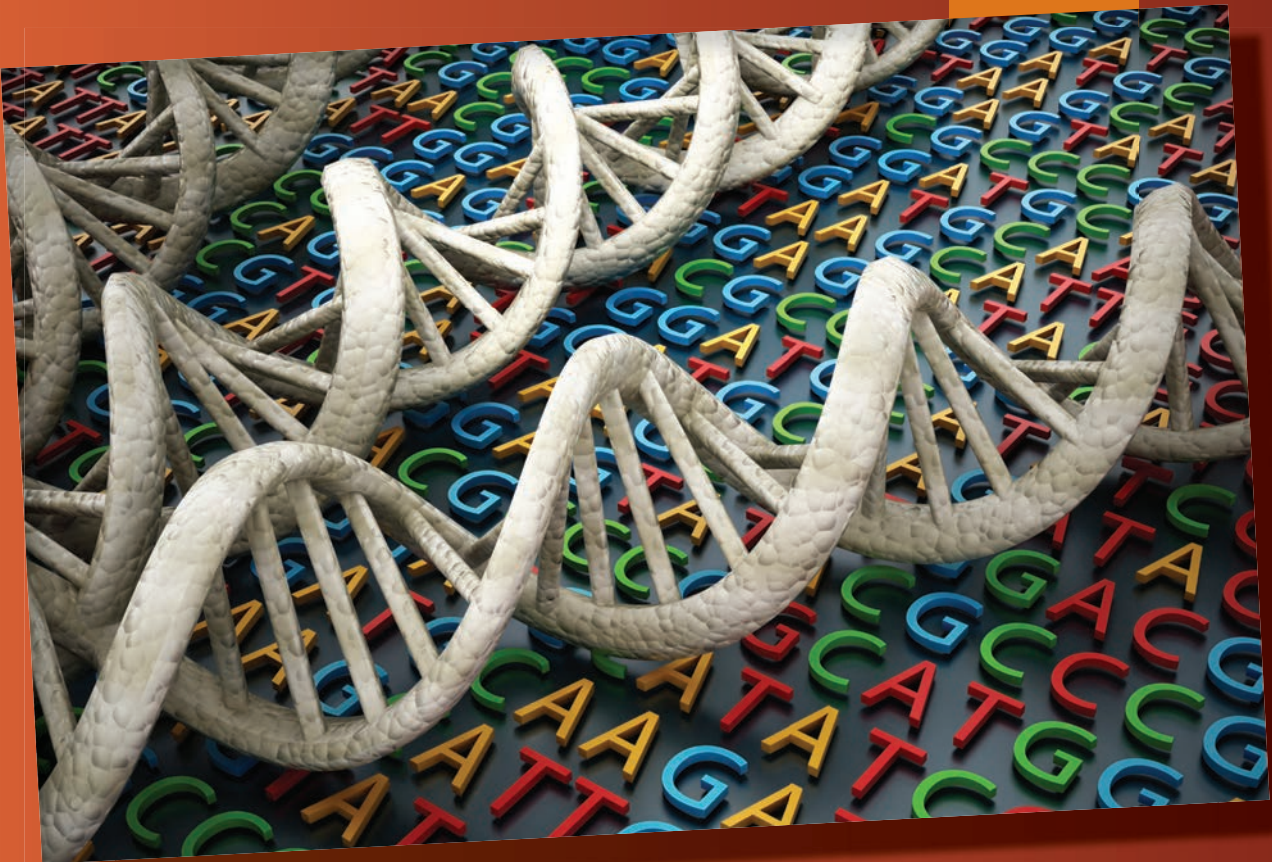
Az Aral-tóhoz hasonló a közel-keleti Holt-tenger állapota. Nevével ellentétben ez valójában egy lefolyástalan tó, amelynek vízszintje a sókoncentrációja miatt rendkívül magas. A történelmi időkben a tóba ömlő Jordán folyó a párolgással azonos mennyiségű vizet szállított. Az utóbbi évtizedekben azonban folyamatosan csökkent a tó vízszintje, ugyanis a Jordán vízfelvétele miatt erősen erősen használják. A csökkenő vízszint miatt a tó sekélyebb déli részén fokozatosan kiszárad.

A tavon néhány évtizede még jókora halászflokkák dolgoztak.



# MEGFEJTHETŐ ÜZENETEK – MOLEKULÁRIS GENETIKA

I.

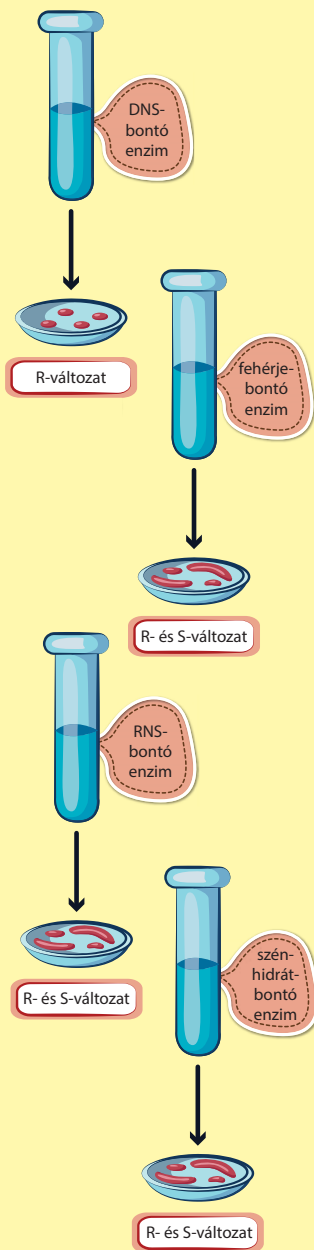


Az élőlények elképesztő változatosságát mindössze egy négy betűből álló ábécével le lehet írni. De mit ér a legszebb vers is, ha nincs, aki elolvassa?

*Fotó: Bariş Şimşek*

**A kód átírása és fordítása ■ A génműködés szabályozása KIEGÉSZÍTŐ ANYAG ■  
Az élet titka, a DNS ■ A genetikai állomány változatossága ■  
A sejtosztódás ■ A genetikai állomány megváltozása**

## Az élet titka



**A DNS örökítő szerepét igazoló baktériumtranszformációs kísérlet.** A baktériumtranszformáció jelenségét Frederick Griffith írta le először 1928-ban, élő állatokkal végzett kísérletei nyomán. Avery és munkatársai kémcsőben mutatták ki a jelenséget. Ötletes kísérletükkel sikerült igazolniuk, hogy a DNS felelős a transzformációért

A 20. század egyik legizgalmasabb természettudományos problémája az öröklődéért felelős molekula azonosítása volt. Kiváló fizikusok, kémikusok, biológusok egész sora foglalkozott az élet titkának megfejtésével. A kutatások helyes irányát meglepő módon nem egy biológus vagy kémikus, hanem a világhírű fizikus, *Erwin Schrödinger* (1887–1961) gondolatai határozták meg. Schrödinger, aki egyébként kvantummechanikával foglalkozott, 1944-ben írt egy könyvet *Mi az élet?* (*What is Life?*) címmel. Írásában kifejtette azt a hipotézisét, hogy az élet minden bizonnyal a biológiai információ tárolásának és továbbadásának folyamataként értelmezhető. Amellett érvelt, hogy meg kell találni az információt tároló molekulát, és meg kell fejteni a benne rejlő kódot. Schrödinger gondolatai számos tudós érdeklődését keltették fel az öröklődés molekulájának kutatása iránt. Közéjük tartozott *James D. Watson*, *Francis Crick* és *Maurice Wilkins*, akiknek kiemelkedő szerepük volt a DNS szerkezetének leírásában és a genetikai kód megfejtésében. A DNS kettőshélix-szerkezetének leírásáért 1962-ben mindhárman Nobel-díjat kaptak.

## Fehérje vagy nukleinsav az örökítőanyag?

Az 1940-es években a tudósok egyik tábora a fehérjéket, a másik tábor a nukleinsavakat, pontosabban a DNS-t gondolta az örökítőanyagának. Sokáig a fehérjéket tartották esélyesebbnek a szerepre, hiszen a 20-féle aminosav és a nagy molekulaméret rendkívül változatos szerkezetet biztosít. Kevesen tudták csak elképzelni, hogy a mindössze 4-féle nukleotidból felépülő DNS alkalmas lehet az élőlények testfelépítésére és működésére vonatkozó óriási mennyiségű információ tárolására.

Az első olyan kísérletet, amely egyértelműen bizonyította a DNS örökítő szerepét, 1944-ben végezték az Egyesült Államokban. A tüdőgyulladást okozó baktérium (*Pneumococcus*) két változatát vizsgálták. Az egyik változat sejtjeit szénhidrát-tartalmú tok veszi körül, és egerekre oltva azok pusztulását okozza (S-változat). A másik változat nem kórokozó, ami azzal függ össze, hogy sejtjeit nem védi tok (R-változat). Megfigyelték, hogy ha az S-változatot hővel előlik, és ezzel fertőzőképességét megszüntetik, majd élő R-változattal keverik össze egy kémcsőben, akkor a tokkal rendelkező, élő S-változat jelenik meg a kémcsőben. Vagyis a hővel előlt S-változat valamely anyaga átalakítja, transzformálja az R-változat sejtjeit. A kutatás a továbbiakban arra irányult, hogy azonosítsák a transzformációért felelős anyagot. A hővel előlt S-változatot különböző emésztőenzimokkal kezelték, majd összekeverték az élő R-változattal (I. ábra). A transzformáció csak abban a kémcsőben maradt el, amelyikhez DNS-bontó enzimmel kezelt S-változatot adtak. Ezzel egyértelműen igazolták, hogy a transzformációért felelős anyag a DNS. Érdekes módon hosszú időn át nem fogadták el ennek a kísérletnek a bizonyító erejét. A tudományos világ meghatározó tekintélyű kutatói ugyanis változatlanul a fehérjéket tartották az öröklődő információk hordozóinak.

## A DNS szerkezete

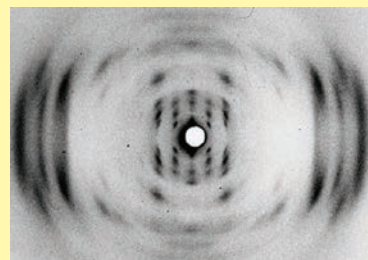
Tekintsük át, kiknek a kutatási eredményeire támaszkodhatott Watson és Crick a DNS szerkezetének leírásakor! *Erwin Chargaff* a DNS összetételét vizsgálta. Megállapította, hogy az általa vizsgált fajok mindegyikének a DNS-ében megegyezik az adenin és a timin, illetve a guanin és a citozin anyagmennyisége. Ez egyben azt is jelenti, hogy a nagyobb méretű purinbázisok és a kisebb méretű pirimidinbázisok azonos arányban vannak jelen a molekulában. Chargaff azt is felfedezte, hogy a különböző fajokban eltérő a bázisok mennyisége, vagyis a DNS összetétele fajra jellemző.

A DNS szerkezetének röntgendiffrakciós vizsgálatával két kutató, *Rosalind Franklin* és *Maurice Wilkins* foglalkozott. Rávilágítottak, hogy a DNS-molekula a röntgendiffrakciós vizsgálatok szerint nagyon egyszerű, szabályos szerkezetet mutat, és ezzel jelentősen különbözik a fehérjétől. Wilkins feltételezte, hogy a DNS több polinukleotid-láncból áll, amelyek csigalépcsőszerűen feltekernednek, hélixet alkotnak. Eleinte arra gondolt, hogy három lánc alkotja a hélixet, a bázisok kifelé állnak, a molekulák dezoxiribóz-foszfát gerince pedig közepén helyezkedik el.

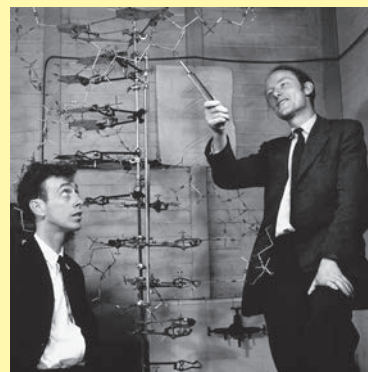
Mindezen információk birtokában Watson és Crick elhatározták, hogy megépítik a DNS modelljét. Olyan molekulaszerkezetet feltételeztek, amely szabályos hélixszerkezetű; kémiaileg ellenálló, így információtartalmát hosszú időn át változatlan formában megőrizheti; felépítése pedig magában hordozza a megkettződés, sokszorozódás lehetőségét. Watson kartonpapírból elkészítette az egyes alkotórészek méretarányos makettjét. A két tudós által feltételezett kettőshélix-szerkezet makettje 1953. február 28-án készült el. A molekula gerincét dezoxiribóz-foszfát-lánc alkotta, ehhez kapcsolódtak a hélix belsejé felé néző szerves bázisok. Feltételezték, hogy a két lánc bázisait hidrogénkötések kapcsolják össze, az adenin és a timin között 2, a guanin és a citozin között 3 kötés létesül. Modelljük összhangban volt a kémiai összetételre vonatkozó eredményekkel, és megfelelt a röntgendiffrakciós vizsgálatoknak is. A *Nature*-ben megjelent cikkük végén Watson és Crick megjegyezték: „Nem kerülte el a figyelmünket, hogy az általunk javasolt speciális bázispárosodás közvetlenül felveti az örökítőanyag egy lehetséges másolási mechanizmusát is.”



Erwin Chargaff (1905–2002)



Röntgendiffrakciós felvétel a DNS szerkezetéről

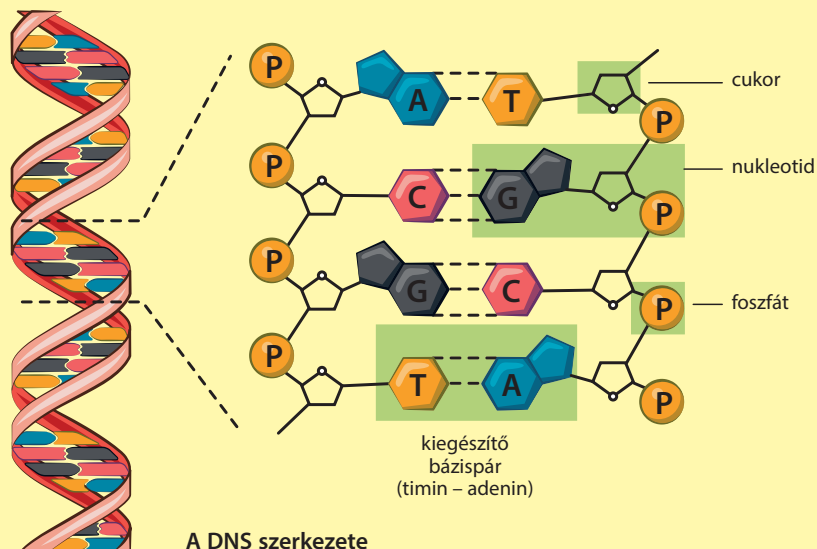


Watson és Crick az általuk készített DNS-moddellel

## Szóra bírni az örökítőanyagot

A DNS szerkezetének leírása után felgyorsultak az események, a cél a genetikai kód megfejtése, annak felderítése volt, hogy a DNS bázissorrendjében tárolt információ miként fordítódik le a fehérjék aminosavsorrendjére. Crick feltételezte, hogy a DNS és a fehérje között lennie kell egy közvetítő molekulának, hiszen a DNS a sejtmagban található, míg a fehérjék a sejtplazmában, a riboszómákon képződnek. Hamarosan kiderült, hogy sejtése helyes volt, és a közvetítő szerepet az RNS játssza. Crick megfogalmazta azt a feltételezését, hogy a DNS bázissorrendje először RNS-re íródik át (transzkripció), majd ezt követően az RNS bázissorrendje fordítódik le aminosavsorrendre (transzláció). A DNS bázissorrendjét közvetítő hírvivő RNS-t (messenger RNS, mRNS) 1961-ben fedezték fel, és 1966-ra már meg is fejtették a genetikai kódot. Megállapították, hogy a genetikai kód bázishármasokból áll, azonosították a 20-féle aminosavat kódoló egységeket, majd elkészítették a kódszótárat.

A molekuláris genetikai a technikai fejlődésnek köszönhetően napjaink egyik leggyorsabban fejlődő tudományterülete. Eredményei egészen új távlatokat nyitottak az orvostudományban, a mezőgazdaságban, az evolúciókutatásban, a bűnüldözésben.



A DNS szerkezete

## Megtudhatod

Mi bizonyítja az élőlények közös származását?

# 1.

## A kód átírása és fordítása



- A közvetítők
- Az átírás
- A genetikai kód
- A fehérjeszintézis
- Gének, tulajdonságok

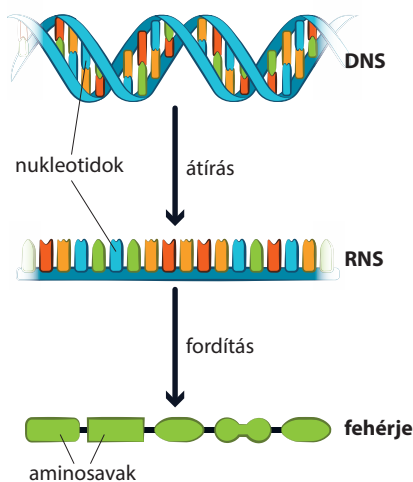
**Riboszóma** ■ Két alegységből álló sejtalkotó, RNS és fehérje építi fel. A fehérjeszintézisben játszik szerepet.

**Nukleotidok** ■ Összetett szerves molekulák, a nukleinsavak felépítő egységei. Egy öt szénatomos cukor (ribóz vagy dezoxiribóz), egy nitrogéntartalmú szerves bázis (adenin, guanin, citozin, timin, uracil) és egy foszforsav-molekula összekapcsolódásával jönnek létre.

**Kettős hélix** ■ A DNS-re jellemző szerkezet. A molekulában a két polinukleotid-lánc csigalépcsőszerűen feltekeredik. A két láncot a bázispárok közötti hidrogénkötések kapcsolják össze (A-T, G-C).

A DNS (dezoxiribonukleinsav) az élő szervezetek, a sejtek információtároló vegyülete. Bázissorrendje egyrészt meghatározza a biokémiai átalakulásokat irányító fehérjék, az enzimek aminosavsorrendjét, és ezen keresztül a sejt, a szervezet tulajdonságait. Másrészt kettőshélix-szerkezete magában hordozza a megkettőződés lehetőségét, és ezzel azt, hogy a sejtműködésre vonatkozó információk a sejtosztódás során átkerülhessenek az utódsejtekbe. Az egyetlen polinukleotid-láncból felépülő RNS-molekulák közvetítő szerepet töltenek be a sejtben belüli információátadásban a DNS és a fehérjék között (1. ábra).

## A közvetítők



**1. A DNS a sejtek információtároló vegyülete.** Bázissorrendje meghatározza az RNS bázissorrendjét, az pedig megszabja a fehérjék aminosavsorrendjét. Kettőshélix-szerkezete lehetővé teszi a molekula megkettőződését, így a genetikai információ átadását az utódsejtekbe a sejtosztódás során

A sejtben belüli információátadás során a DNS bázissorrendje először RNS-re íródik át. A fehérjeszintézisben szerepet játszó RNS-molekuláknak három típusuk van. A **riboszómális RNS** (röviden rRNS) fehérjékkel kapcsolódva a riboszómákat építi föl. A **hírvivő RNS** (messenger RNS, röviden mRNS) a szintézisre kerülő fehérje aminosavsorrendjére vonatkozó információt tartalmazza. A **szállító RNS** (transzfer RNS, röviden tRNS) az aminosavakat köti meg és juttatja el a riboszómákra, ahol a fehérjeszintézis történik. Mindhárom típusú RNS-molekulát egyetlen polinukleotid-lánc alkotja. Az rRNS- és a tRNS-molekulák jellemző térszerkezetét az önmaga mellett visszakanyarodó lánc bázisai között létrejövő hidrogénkötések rögzítik. A hidrogénkötések a bázispároképzés szabályai szerint alakulnak ki: adeninnel szemben uracil, guaninnal szemben citozin áll (A=U; G≡C). Az mRNS-molekulákban nincsenek bázispárok a láncban belül (2. ábra).

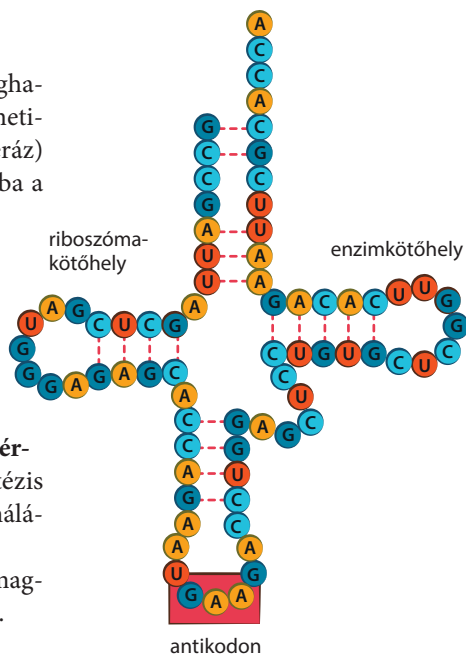
A DNS bázissorrendjének átírásával képződő RNS-molekulák lehetővé teszik, hogy a DNS szerkezete hosszú időn keresztül változatlan formában fennmaradjon. Az átírás során a DNS védett a kémiai módosításoktól. A reakcióképes RNS-molekulák információtartalma a riboszómákon fordítódik le fehérjékre. A riboszómákon zajló fehérjeszintézis során az mRNS bázissorrendje szabja meg a képződő polipeptid aminosavsorrendjét.

**Géneknek** nevezzük a DNS-molekulák azon szakaszait, amelyek az RNS-molekulák bázissorrendjét, azokon keresztül pedig egy-egy fehérje aminosavsorrendjét határozzák meg.

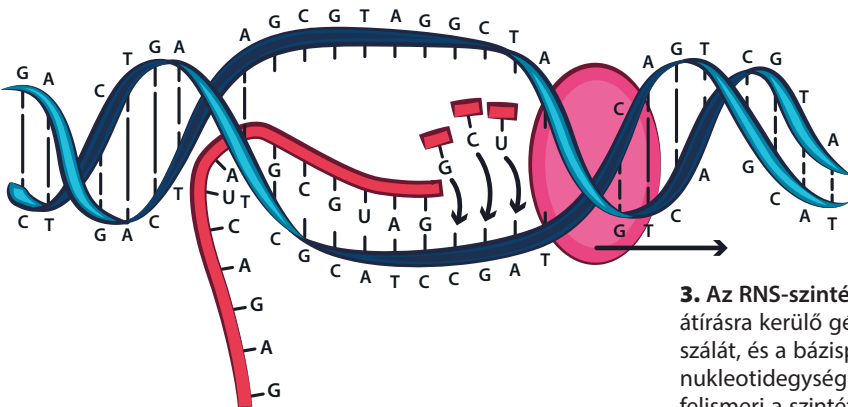
## Az átírás

Az **RNS-szintézis**, az átírás során a DNS-molekula kettős hélice egy meghatározott ponton felnyílik, és bázispárjai enzimek közreműködésével átmenetileg eltávolodnak egymástól. Az RNS-szintézist végző **enzim** (RNS-polimeráz) a DNS egyik szála mellett megkezdi a DNS-minta átírását. Az RNS-szálba a **bázispárképzés** szabályainak megfelelően sorra építi be a nukleotid egységeket. A DNS guaninjával szemben citozin, adeninjával szemben uracil-, citozinjával szemben guanin-, timinjével szemben pedig adenintartalmú nukleotid kerül a képződő RNS-be (3. ábra). Tehát a DNS bázissorrendje egyértelműen meghatározza a róla átíródó RNS-molekula bázissorrendjét. A szintézis végén a kész polinukleotid-lánc leválik a DNS-ről, és helyreáll a kettőshélix-szerkezet. Egy átírási egységben a DNS-nek mindig csak az egyik, az úgynevezett **aktív**, más szóval **értelmes szála** íródik át. A DNS másik szála a **néma szál**. Az RNS-szintézis energiaigényes folyamat, minden egyes nukleotid beépülése ATP felhasználásával jár.

Az eukarióta sejtekben mindhárom RNS a sejtmagban képződik, és a maghártya pórusain keresztül jut ki a citoplazmába, a fehérjeszintézis helyére.



**2. Az RNS-molekulák két típusa.** Felül egy tRNS, alatta egy mRNS sematikus rajza



**3. Az RNS-szintézis folyamata.** Az enzim felismeri az átírásra kerülő gén kezdőpontját. Azonosítja a DNS aktív szálát, és a bázispárképzés szabályainak megfelelően nukleotid egységeként felépíti az RNS-molekulát. Végül felismeri a szintézis végét jelző bázissorrendet, és a képződött RNS-sel együtt leválik a DNS-ről

## A genetikai kód

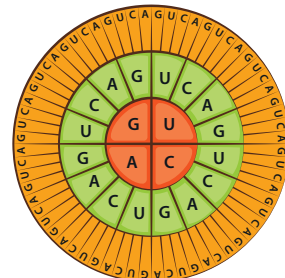
De hogyan határozza meg a nukleinsavak bázissorrendje a fehérjék aminosavsorrendjét? Mi jellemző a **genetikai kódra**, vagyis arra a jelrendszerre, amely megfelelteti egymásnak a nukleinsavak bázisait és a fehérjék aminosavait? Tudjuk, hogy a fehérjeszintézis során 20-féle aminosav épülhet be a polipeptidláncba, de a nukleinsavak molekuláiban csak négy különböző bázis található. Ha a genetikai kódban egy bázis jelentene egy aminosavat, akkor mindössze 4-féle aminosav beépítésére lenne lehetőség. Ha két bázis jelölne egy aminosavat, a kódolható aminosavak száma csak 16 lenne. A három bázisból álló jel már 64-féle lehetőséget kínál (4. ábra). A kutatóknak fáradságos munkával sikerült megfejteniük a genetikai kódot. Kiderítették, hogy a jel háromtagú, vagyis

A
U
G
C

1 bázis esetén  
4 lehetőség

AU	UU	CU	GU
AG	UG	CG	GG
AC	UC	CC	GC
AA	UA	CA	GA

2 bázis esetén  
16 lehetőség



3 bázis esetén  
64 lehetőség

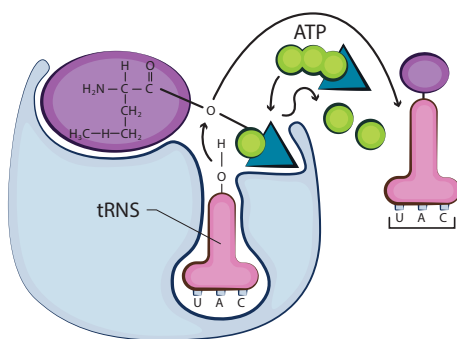
**4. A genetikai kód három bázisból áll**

Az mRNA bázishármasa (kodon)					
1. bázis	2. bázis				3. bázis
	U	C	A	G	
U	fenilalanin	szerin	tirozin	cisztein	U
	fenilalanin	szerin	tirozin	cisztein	C
	leucin	szerin	STOP	STOP	A
C	leucin	szerin	STOP	triptofán	G
	leucin	prolin	hisztidin	arginin	U
	leucin	prolin	hisztidin	arginin	C
	leucin	prolin	glutamin	arginin	A
A	leucin	prolin	glutamin	arginin	G
	izoleucin	treonin	aszparagin	szerin	U
	izoleucin	treonin	aszparagin	szerin	C
	izoleucin	treonin	lizin	arginin	A
G	metionin lánckezdő	treonin	lizin	arginin	G
	valin	alanin	aszparaginsav	glicin	U
	valin	alanin	aszparaginsav	glicin	C
	valin	alanin	glutaminsav	glicin	A
	valin	alanin	glutaminsav	glicin	G

5. Kódszótár. A genetikai kód egyértelmű, vagyis ugyanannak a bázishármasnak csak egyféle jelentése van

három egymás melletti bázis határoz meg egy aminosavat. A **bázishármasok** között vannak olyanok, amelyek a fehérjeszintézis kezdetét (lánckezdő jel), és olyanok is, amelyek a szintézis végét (stopjel) jelzik. A bázishármasok jelentését a **kódszótár** tartalmazza (5. ábra). A kódszótárban egyezményesen nem a DNS, hanem a fehérjeszintézisben közvetlenül részt vevő mRNA bázishármasai szerepelnek. Az mRNA bázishármasait **kodonoknak** nevezük. A kódszótárból kiolvasható, hogy az aminosavak jelentős részét nem egy, hanem több bázishármas is kódolja. A **genetikai kód** csaknem az egész élővilágban **egységes**, vagyis néhány ritka kivételtől (egyes egysejtűektől és a mitokondrium genetikai kódjától) eltekintve, a különböző élőlényekben ugyanaz a bázishármas ugyanazt az aminosavat jelenti. Ez döntő bizonyítéka az élőlények egységes származásának.

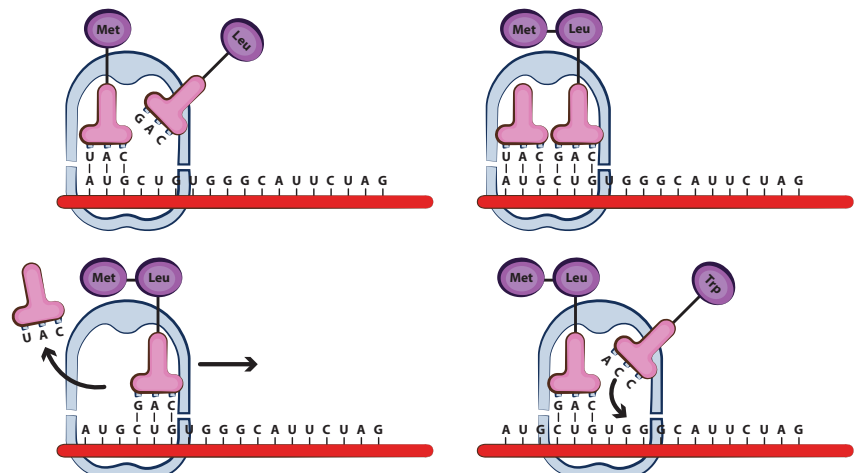
## A fehérjeszintézis



6. Az aminosav és a tRNA kapcsolódása. Az aminosav megkötődik az aktiváló enzim felületén. Az enzim ezt követően kölcsönhatásba léphet a megfelelő tRNA-sal, és rákapcsolja az aminosavat. Az aminosav-aktiválás mechanizmusa biztosítja, hogy a tRNA-re az antikodon jelentésének megfelelő aminosav kerüljön. A folyamat energiaigényét az ATP hidrolízise fedezi

A **fehérjeszintézis** – vagyis az mRNA bázissorrendjének lefordítása a polipeptid aminosavsorrendjére a citoplazmában – a **riboszómán** történik. Ezt megelőzően a citoplazmában az aminosavak aktiválódnak, és a megfelelő tRNA-hez kötődnek (6. ábra). A tRNA-molekulákon van egy olyan bázishármas, amely a bázispárképzés szabályai szerint hidrogénkötést létesíthet az mRNA megfelelő kodonjával. A tRNA-nek ezt a bázishármasát **antikodonnak** nevezzük.

A riboszóma két alegysége a hírvívő RNS jelenlétében összekapcsolódik. A fehérjeszintézis a **lánckezdő jellel** indul. Ehhez kapcsolódik antikodonjával a lánckezdő tRNA (7. ábra). Az mRNA következő bázishármasához is kötődik a megfelelő antikodonú tRNA. Ezután enzimek közreműködésével a tRNA-ek két aminosava között peptidkötés alakul ki. A kétágú peptid a második tRNA-re kerül. A lánckezdő tRNA leválik, a riboszóma pedig „továblép” az mRNA-en. Az mRNA következő kodonjához egy újabb aminosavat szállító tRNA kötődik. A peptidkötés kialakulásakor a lánca harmadikként kötődő tRNA-re kerül.



7. Fehérjeszintézis a riboszómán

A riboszóma ismét „továblép”, a soron következő kodonhoz pedig újra a megfelelő tRNS kapcsolódik és így tovább.

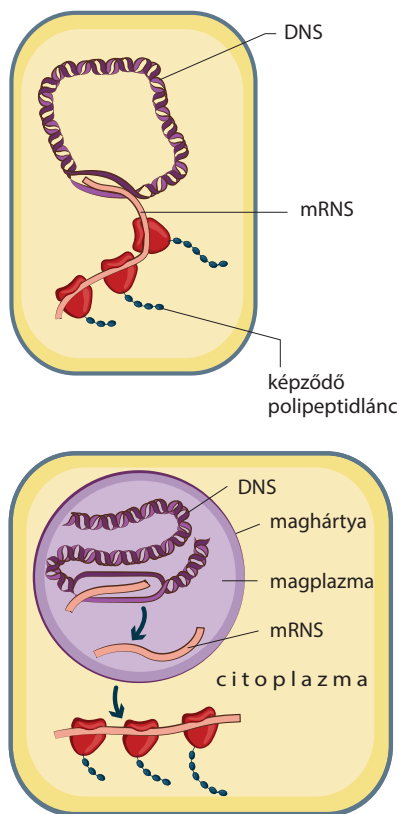
Az mRNS bázishármasainak **leolvasása** folyamatosan, **átfedés** és **kihagyás nélkül** történik. A fehérjelánc szintézise mindaddig folytatódik, amíg az mRNS-molekulán egy **stopjel** nem következik. Ennél a helynél megszakad a szintézis, mivel nincs olyan antikodonú tRNS, amely a stopjelhez kötődhetne. A kész polipeptid ezt követően leválik a tRNS-ről.

A riboszómákon egyszerű fehérjék, polipeptidek képződnek. Az **eukarióta sejtekben** az összetett fehérjékre a nem fehérjetermészetű alkotórész többnyire az endoplazmatikus hálózat belsejében és a Golgi-készülékben épül rá. A kész fehérjék meghatározott úton, membránnal határolt hólyagocskák belsejében kerülnek az átalakulás és a felhasználás helyére.

A **prokarióta sejtekben** az átírás és a fehérjeszintézis folyamata térben és időben sem különül el egymástól. A kétféle sejtípus anyagcsere-folyamatai, azok szabályozása emiatt lényeges eltéréseket mutat (8. ábra).

## Gének, tulajdonságok

Láttuk, hogy a fehérjék aminosavsorrendjét végső soron a DNS egyes szakaszainak, a géneknek a bázissorrendje határozza meg. A fehérjék jó része enzim, vagyis valamilyen anyagcsere-folyamatot katalizál. A szíromlevelek sejtjeiben enzimek közreműködésével például festékanyag képződik, ami kialakítja a virág színét, vagyis a növény egyik tulajdonságát. Az emberi szem vagy haj színét, a testmagasságot, a vörösvérsejtek hemoglobinjának szerkezetét ugyan-csak gének határozzák meg az általuk kódolt fehérjéken, enzimeken keresztül. Példáinkat általánosítva azt mondhatjuk, hogy végső soron a gének meghatározzák az élőlények tulajdonságait.



8. Az átírás és a fehérjeszintézis vázlat a prokarióta és az eukarióta sejtekben

### Megtanultam?

A sejtek anyagcseréjét, tulajdonságait a(z) **(1.)** határozza meg, mivel kódolja a biokémiai átalakulásokat katalizáló enzimek **(2.)**. A fehérjék **(3.)** meghatározó DNS-szakaszok a(z) **(4.)**. A bennük tárolt információt a(z) **(5.)** RNS közvetíti a fehérjeszintézis során. Az RNS-molekulák bázissorrendje a DNS egyik száláról, a(z) **(6.)** szálról íródik át. A szintézist irányító enzim a(z) **(7.)** szabályainak megfelelően építi be az RNS-szába a nukleotidokat. A genetikai kód **(8.)** áll. A(z) **(9.)** bázishármasainak, a(z) **(10.)** a jelentését a kódszótár foglalja össze. A genetikai kód az egész élővilágban **(11.)**, ami az élőlények közös származását bizonyítja. A fehérjeszintézis a(z) **(12.)** felületén történik. A(z) **(13.)** RNS bázissorrendjét az enzimek közreműködésével az aminosavakat szállító tRNS-molekulák fordítják le aminosavsorrendre. A riboszómákon csak **(14.)** fehérjék képződnek. Az összetett fehérjék szintézisében az endoplazmatikus hálózat és a(z) **(15.)** is részt vesz.

**Új fogalmak** ■ gén ■ riboszómális RNS ■ szállító RNS ■ hírvivő RNS ■ aktív szál ■ néma szál ■ kódszótár ■ kodon ■ antikodon

**Keress rá!** ■ poszttranszlációs módosítás ■ dajkafehérjék ■ stresszfehérjék

### Kérdések, feladatok

- Mit nevezünk génnek?
- Magyarázd meg, mit értünk az alatt, hogy a gének alakítják ki az élőlények tulajdonságait!
- Röviden ismertesd az RNS-szintézis folyamatát!
- Milyen bázissorrendű RNS képződik a következő bázissorrendű DNS-szál mellett: TACGGGCTTAAATC? Magyarázd válaszodat!
- Milyen típusai vannak a ribonukleinsavaknak? Mi jellemző térszerkezetükre, és milyen szerepet játszanak a fehérjeszintézisben? Készíts felelettervet!
- A 4. feladatban szereplő DNS-szálló mRNS szintetizálódik. Milyen aminosavsorrendű peptidet kódol ez az mRNS-molekula? Használd a kódszótárt!
- A 7. ábra segítségével ismertesd a fehérjeszintézis folyamatát!
- Hol történik az összetett fehérjék szintézise a sejtben?



- Enzimindukció
- Differenciálódás

### Megtudhatod

Szöveti sejtjeink genetikai állománya azonos. Miért nem termel minden sejtünk inzulint?

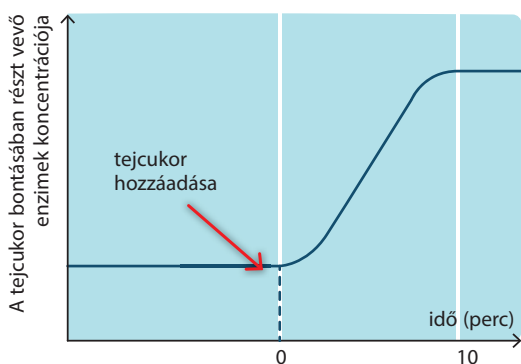
# 2.

## A génműködés szabályozása KIEGÉSZÍTŐ ANYAG

A **génkifejeződés** (génexpresszió) a DNS-ben tárolt genetikai információ megjelenése az élő szervezet, a sejt tulajdonságaiban. Egy baktériumsejtben vagy az emberi szervezet sejtjeiben a géneknek csak egy része nyilvánul meg, azaz íródik át RNS-re, majd fordítódik le az RNS fehérjére.

### Enzimindukció

A gének információtartalmának átírása a legegyszerűbb élőlényekben is szabályozott folyamat. A baktériumokban termelődő enzimek egy része állandóan termelődik. Ezek az enzimek alapvető anyagcsere-folyamatokban vesznek részt (pl. glükolízis, citromsavciklus). Az enzimek másik csoportja a táptalaj összetételétől függően termelődik vagy nem. Ilyenek az **indukálható** enzimek, amelyek szintézisét az a molekula serkenti (indukálja), amelyen az enzim hatást fejt ki. Ezek az enzimek tehát csak az enzim kiindulási anyagának jelenlétében termelődnek. Az **enzimindukció** jelensége azt eredményezi, hogy a sejtben, az állandóan termelődő enzimeken kívül, csak azok a gének íródnak át, amelyek enzimtermékei szükségesek az anyagcseréhez. Ha közösleges bélbaktériumot olyan táptalajon nevelünk, amely nem tartalmaz tejcukrot, akkor a sejtekben alig íródnak át azok a gének, amelyek a tejcukor hasznosításáért felelős enzimeket kódolják. Ha tejcukrot adunk a táptalajhoz, akkor rövid időn belül ugrásszerűen megnő sejtjeikben a tejcukrot bontó enzimek koncentrációja (1. ábra).



1. Az enzimindukció

- Keress rá!**
- regulátor gén
  - trp-operon
  - korepresszor

### Differenciálódás

Az eukarióta, szövetes szerveződésű élőlények sejtjeiben a génműködés szabályozása sokkal összetettebb. A többsejtű szervezetekben a sejtek genetikai állományának információtartalma alapvetően megegyezik. Az egyedfejlődés során a kezdetben egyforma sejtek fokozatosan különböző alakú és működésű szöveti sejtekké alakulnak. Ez a folyamat a **differenciálódás**.

Az eukarióták sejtjeiben is aktívak maradnak azok a gének, amelyek nélkülözhetetlenek az alapvető anyagcsere-folyamatokhoz, ezek az ún. „**háztartási gének**”. Ilyenek például a riboszómákat felépítő fehérjéket vagy az aminosav-aktiváló enzimeket kódoló gének. Ezek információtartalma a szükségleteknek megfelelően a sejt egész élete során átíródik mRNS-re. Ezzel szemben az egyes szövetek működéséhez kapcsolódó, ún. **szövetspecifikus gének** csak bizonyos sejtekben őrzik meg aktivitásukat. Minden sejtben megtalálhatók például a középbelben ható emésztőenzimeket (pl. lipáz, hasnyálmiláz, tripszin) kódoló gének, de csak a hasnyálmirigy külső elválasztású mirigysejtjeiben íródnak át mRNS-re, más sejtekben nem. A szövetspecifikus differenciálódásban, a gének aktivitásának szabályozásában többek között a kromoszómák szerkezeti fehérjei játszanak szerepet (2. ábra).

A szövetspecifikus differenciálódás és a már differenciálódott szöveti sejtek működésének irányítása fehérjék közvetítésével történik. Ezeknek a fehérjéknek a sejtben belüli mennyisége és aktivitása döntő szerepet játszik a biokémiai folyamatok

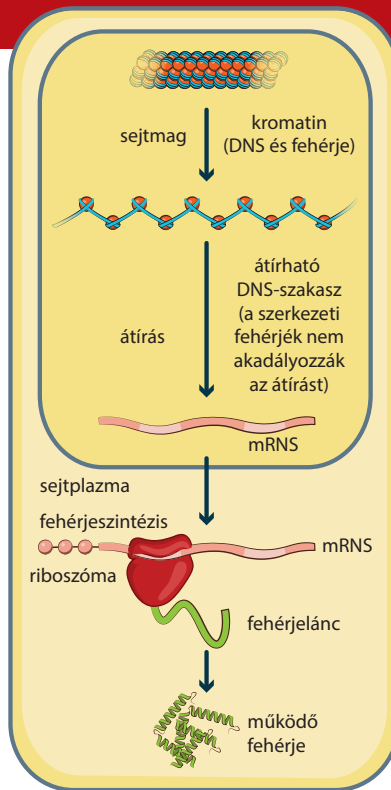


szabályozásában. Amint azt korábban említettük, a fehérjék aminosavsorrendjét a DNS bázisai kódolják, és ez a kód az RNS bázisainak közvetítésével fordítódik le a fehérjék szerkezetére. Az átírás és a fordítás folyamatában azonban nemcsak a fehérjék aminosavsorrendje, hanem az előállított fehérjék mennyisége is szabályozott. Sok fehérje esetében a termelés ütemét az átírás mértéke, azaz a képződő mRNS mennyisége határozza meg. Az átírás sebességének szabályozása pedig legtöbbször valamilyen külső hatás – hormon, a belső környezet valamely összetevőjének változása, idegsejtekről érkező ingerület stb. – következménye. Gondoljunk csak a pajzsmirigy tiroxin hormonjának vagy az ivarmirigyek tesztoszteron, illetve ösztrogén hormonjainak hatására!

### Megtanultam?

A sejtekben a gének információtartalmának átírása szigorúan szabályozott folyamat. A sejtekben azok az enzimek képződnek, amelyek szükségesek az anyagcseréhez. Ezt bizonyítja a(z) **(1.)** jelensége. A magasabb rendű élőlényekben a szöveti sejtek kialakulása, a(z) **(2.)** a génműködés szabályozásán keresztül valósul meg.

**Új fogalmak** ■ enzimindukció ■ differenciálódás ■ háztartási gének ■ szövetspecifikus gének

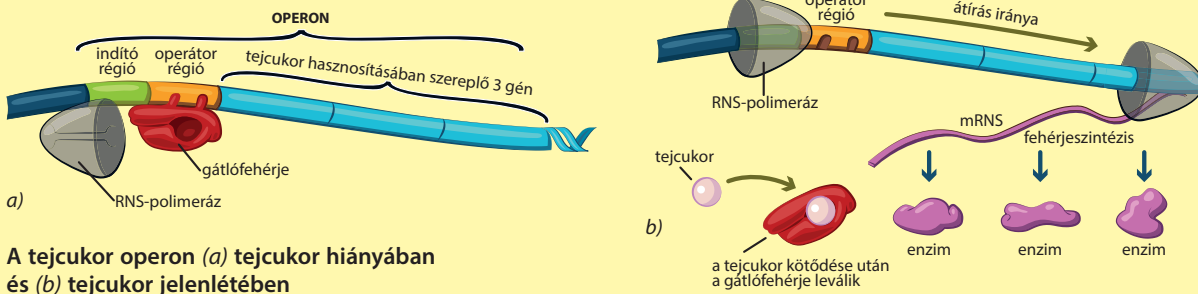


2. A kromoszómák szerkezeti fehérjéinek szerepe a génműködés szabályozásában

### Olvasmány

**Az enzimindukció magyarázata** ■ Az enzimindukció jelenségéből arra lehet következtetni, hogy a prokarióta sejtekben a gének nem működnek folyamatosan. Azok a gének íródnak át mRNS-re, amelyek enzimterméke éppen szükséges a sejt anyagcsere-folyamataihoz. Ez energetikai szempontból kedvező, hiszen a felesleges fehérjék szintézise nagy energiavesztést jelentene a sejtek számára. De hogyan valósul meg a szabályozás? Az 1960-as években François Jacob és Jacques Monod találták meg a választ a kérdésre. Közönséges bélbaktériumsejtekben vizsgálták a tejcukor hasznosításához nélkülözhetetlen enzimek szintézisét. Megállapították, hogy a baktériumsejtben három olyan enzim van, amelyek közvetlenül szükségesek a tejcukor hasznosításához. Kísérletekkel igazolták, hogy ezek a gének sorban egymás után helyezkednek el a baktériumkromoszómán, előttük pedig egy két részből álló szabályozó régió található. Az egyik az indító régió, ide kapcsolódik a gén átírását végző RNS-polimeráz. A másik az operátor régió, amelyhez tejcukor hiányában egy gátlófehérje kapcsolódik. A gátlófehérje térbeli akadályt jelent az RNS-polimeráz számára, a gének információtartalma ezért nem íródik át. Ha a baktériumsejt táptalajához tejcukrot adnak, akkor a sejtekbe jutó tejcukor kapcsolódik a gátlófehérjéhez. A kötődés következtében a gátlófehérje térszerkezete módosul, emiatt leválik az operátor régióról. Így az RNS-polimeráz már átírhatja a gének információtartalmát. Az mRNS-ről pedig a riboszómán megindulhat a tejcukor hasznosításához szükséges enzimek szintézise.

A baktériumkromoszómában a szabályozó régió – indító- és operátor régió – és a hozzá tartozó gének együttese az operon.



A tejcukor operon (a) tejcukor hiányában és (b) tejcukor jelenlétében

### Kérdések, feladatok

1. Értelmezd az enzimindukció jelenségét az 1. ábra segítségével!
2. Mit jelent a differenciálódás?
3. Mi a különbség a háztartási és a szövetspecifikus gének között?
4. Nézz utána az ivari hormonok és a tiroxin hatásmechanizmusának!



### Megtudhatod

Milyen hatással lehet bőröd hámsejtjeire a túlzásba vitt napozás vagy szoláriumozás?

# 3. Az élet titka, a DNS

A DNS nemcsak tárolja a sejt, a szervezet tulajdonságaira vonatkozó információt, de kettőshélix-szerkezete azt is lehetővé teszi, hogy a sejtosztódás során információtartalma átkerüljön az utódsejtekbe. Ennek magyarázata, hogy **mindkét szála mintaként** szolgálhat egy-egy új polinukleotid-lánc képződéséhez. A DNS szintézise, megkettőződése a sejtosztódást előzi meg. A másolás rendkívül nagy pontossággal, szinte hibátlanul játszódik le.

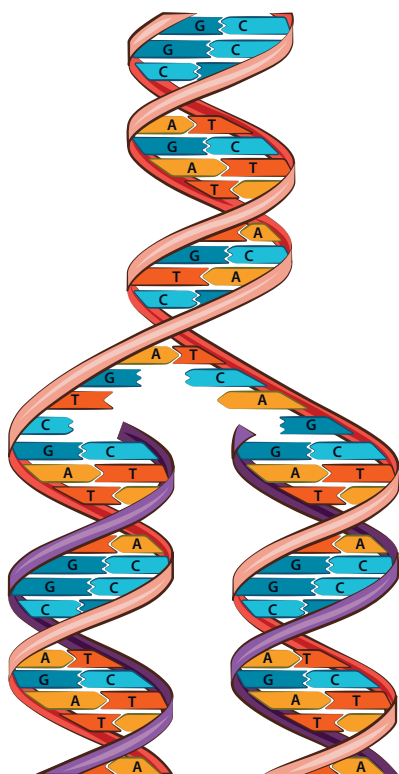
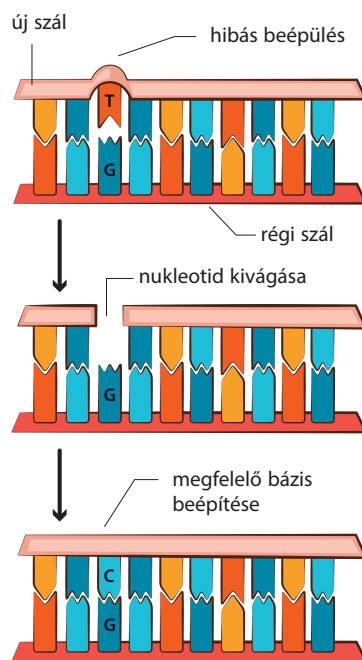
## A DNS megkettőződése

A **DNS-szintézis** kezdetén a két polinukleotid-lánc enzimek közreműködésével felnyílik, és a két lánc eltávolodik egymástól (1. ábra). Ezt követően a szintézist irányító **enzim** mindkét szál mellett megkezdi egy-egy új polinukleotid-lánc felépítését. Az enzim a **bázispárképzés** szabályainak megfelelően dezoxiribóztartalmú nukleotidegységeket épít be az épülő láncba: adeninnel szemben timint, guaninnal szemben citozint és fordítva. A két DNS-molekula egyik szála régi, a másik új. Könnyű belátni: amennyiben a másolás közben nem történik hiba, két teljesen megegyező bázissorrendű kettős hélix képződik.

- A DNS megkettőződése
- Javító mechanizmus
- A génmutáció
- A DNS örökítő szerepének bizonyítása

## Javító mechanizmus

A megkettőződést irányító enzimek pontosan dolgoznak, ennek ellenére előfordulnak **másolási hibák**. Ilyenkor az épülő új láncba nem a megfelelő nukleotidot építi be a szintézist irányító enzim (2. ábra). A leggyakoribb másolási hiba az, amikor hasonló méretű bázist tartalmazó nukleotid kerül az új szálba (A↔G, C↔T). A másolási hibák jelentős részét vagy maga a szintézist irányító enzim, vagy kifejezetten ezt a feladatot ellátó **javító enzimek** állítják helyre. Kivágják a hibásan beépült nukleotidot, és pótolják a megfelelővel. A javító mechanizmusnak köszönhetően a DNS-szintézis végeredménye egy rendkívül pontos megkettőződés.



1. A DNS megkettőződése

### 2. A DNS-szintézis javító mechanizmusa.

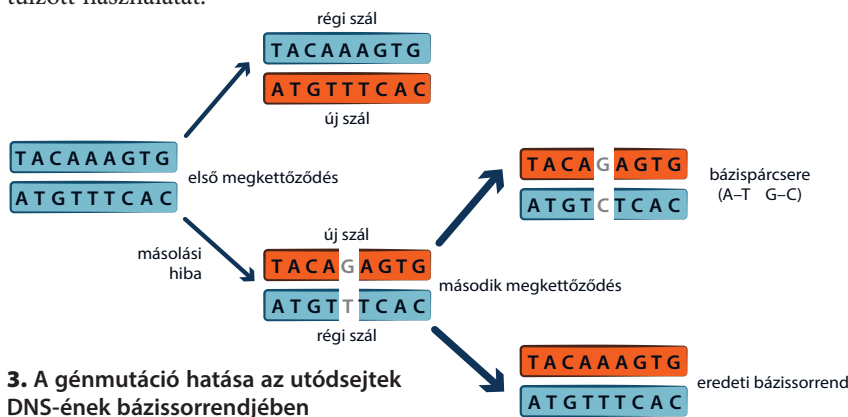
A javítás során az enzim felismeri a hibás beépülést. Másolási hiba esetén ugyanis a két lánc azon a ponton eltávolodik egymástól, hiszen a bázisok között nem alakulhat ki szabályos hidrogénkötés

## A génmutáció

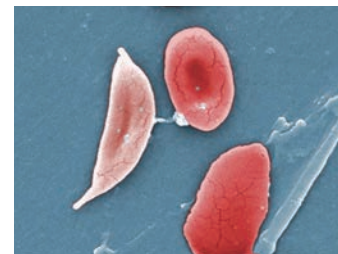
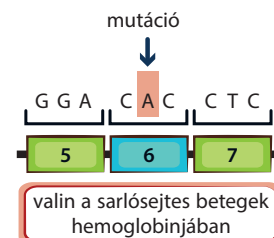
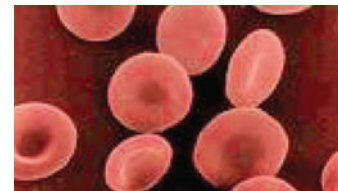
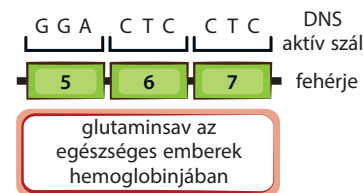
A javító mechanizmus ellenére is maradhatnak, bár nagyon kis számban, hibásan beépült nukleotidok az új számban. (Átlagosan minden  $10^8$  beépülésre esik egy-egy hiba. Ez azt jelenti, hogy 100 millió bázispár között egy-egy hibásan beépült akad.) Ez a következő megkettőződésekben **báziscserét** eredményez, amely az egyik utódsejtben jelentkezik (3. ábra). Ha egy gén bázissorrendje módosul, az maga után vonhatja az általa kódolt fehérje aminosavsorrendjének, ezzel együtt térszerkezetének és működésének változását. A DNS bázissorrendjének egy ponton történő megváltozását **génmutációnak** (pontmutáció) nevezzük. A génmutáció következménye a tulajdonságok megváltozása lehet (4. ábra). Pontmutációval egy génnek többféle változata alakulhat ki. Egy gén különböző bázissorrendű változatai az **allélok**. Javarást az allélok sokféleségével magyarázható az élőlények változatossága és genetikai sokszínűsége, vagyis az, hogy egy fajon belül az egyes egyedek különböző tulajdonságúak.

A gén bázissorrendjének megváltozása nem mindig jár együtt a kódolt fehérje aminosavsorrendjének megváltozásával, hiszen egy aminosavat több bázishármas is jelölhet. Előfordul, hogy a mutációval létrejött bázishármas ugyanazt az aminosavat kódolja, így a pontmutáció rejtve marad.

Génmutáció nem csak a DNS megkettőződése során történhet. A sejteket folyamatosan érik olyan hatások, amelyek megváltoztatják a DNS bázissorrendjét. Ilyen, úgynevezett **mutagén hatás** az erős ultraibolya és röntgensugárzás, de számos kémiai anyag is előidézhethet mutációt. A mutagének hatására a mutációk gyakorisága az átlagérték sokszorosára növekedhet. Az UV-sugárzás leggyakrabban a bőr hámsejtjeiben idéz elő mutációt, aminek következtében a bőrrák kialakulásának kockázata sokkal nagyobb lesz. Ez az oka annak, hogy kerülni kell az erős napfényt, és a szolárium túlzott használatát.



3. A génmutáció hatása az utódsejtek DNS-ének bázissorrendjében

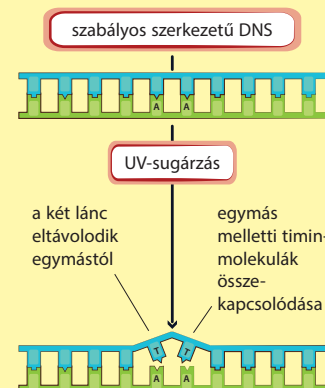


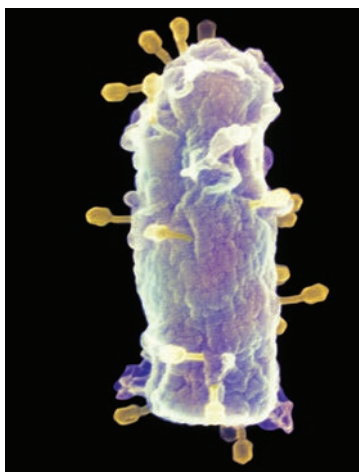
4. A sarlósejtes vérszegénység génmutáció következménye. A sarlósejtes vérszegénységben szenvedő emberek vörösvértesteinek alakja eltér a normálistól. A hemoglobin aminosavsorrendjének és térszerkezetének megváltozása miatt sarló alakban meggyömbülnek. A betegség hátterében a hemoglobin aminosavsorrendjét meghatározó gén mutációja áll

### Olvasmány

#### Öngyógyító mechanizmusok ■ Sejtjeinkben léteznek olyan

mechanizmusok, amelyek mérséklék a mutagének hatásait, kijavítják a DNS-ben kialakult hibákat. Az erős ultraibolya sugárzás hatására például a DNS-ben a szomszédos timin nukleotidok összekapcsolódhatnak egymással. Ennek következtében megszűnik a másik láncsal létesített hidrogénkötés, ezért a két lánc eltávolodik egymástól. Az ilyen jellegű károsodás leggyakrabban az UV-sugárzásnak közvetlenül kitett bőrfelszín hámsejtjeiben következik be. Sejtjeinkben vannak olyan enzimek, amelyek kijavítják ezeket a hibákat. Megszüntetik a timinnukleotidok közötti kapcsolódást, és helyreállítják a szabályos hidrogénkötéseket. A javító mechanizmus létezésére az hívta fel a figyelmet, hogy vannak olyan örökletes enzimhibában szenvedő emberek, akikben ez a javító mechanizmus nem működik. Az ok a javító enzimet kódoló gén mutációja, aminek következtében a javító enzim térszerkezete sejtjeinkben nem megfelelő, így az enzim nem működőképes. Ezekben az emberekben a bőrrák kialakulásának kockázata több ezerszerese az átlagértéknek. Egyetlen lehetőségük a génmutációk elleni védekezésre a napfényt és az UV-sugárzást kerülni.





5. Bakteriofágok a közönséges bélbaktérium felszínén

## A DNS örökítő szerepének bizonyítása

A DNS örökítő szerepére az első bizonyítékot Avery kísérlete adta, amelyben igazolták, hogy a baktériumtranszformációért felelős anyag a DNS (1. bevezető olvasmány). A tudósok közül azonban sokan kétkedve fogadták ezt a következtetést. 1951-ben azonban egy másik, bakteriofágokkal végzett kísérlettel is sikerült bizonyítani a DNS örökítő szerepét. A **bakteriofágok** olyan vírusok, amelyek baktériumsejtekben élőködnek. Más vírusokhoz hasonlóan kétféle anyagból épülnek fel: fehérjékből és nukleinsavból. A fágok nukleinsava DNS. Elektronmikroszkópos felvételeken jól látható, hogy a fertőzés során a fágok megtapadnak a baktériumsejtek felszínén, de csak egy részük jut be a sejtbe, más részeik kívül maradnak (5. ábra).

Annak eldöntésére, hogy a vírusok melyik anyaga felelős a gazdasejtek anyagcseréjének megváltoztatásáért, a baktériumsejt vírusgyárrá való átalakításáért, amerikai kutatók egy nagyon szellemes kísérletet terveztek. A közönséges bélbaktériumon élőködő bakteriofágok **fehérjéit radioaktív kénizotóppal** ( $^{35}\text{S}$ ), **DNS-ét pedig foszforizotóppal** ( $^{32}\text{P}$ ) jelölték. Úgy gondolták, ezzel a módszerrel ki tudják mutatni, melyik anyag jut be a fertőzés során a baktériumsejtbe, hiszen a fehérjék nem tartalmaznak foszfort, a nukleinsavak pedig ként. Ha csak az egyik izotópot sikerül kimutatni a baktériumsejtben, akkor megtalálták az örökítőanyagot. Első kísérletsorozatukban olyan fágokkal fertőzték meg a baktériumsejteket, amelyek csak a fehérjékben tartalmaztak izotópot. A fertőzést követően a baktériumsejteken kívül maradt fágreszket rázással eltávolították, majd megmérték a fertőzött baktériumsejtek radioaktivitását. Azt tapasztalták, hogy a baktériumsejtekben csekély mértékben nőtt a radioaktivitás, tehát a fertőzés során nem jutott jelentős mennyiségű fágfehérje a sejtekbe. A második kísérletsorozatban olyan fágokat használtak, amelyek DNS-e tartalmazta a radioaktív izotópot. A kívül maradt fágreszek eltávolítása után jelentős mennyiségű izotópot mutattak ki a baktériumsejtekben. Kísérletükkel tehát igazolták, hogy a fágok DNS-e felelős a baktérium anyagcseréjének megváltozásáért.

**Keress rá!** ■ xeroderma pigmentosum

**Új fogalmak** ■ javító mechanizmus ■ génmutáció (pontmutáció) ■ allél ■ sarlósejtes vérszegénység ■ bakteriofágok

### Megtanultam?

A DNS megkettőződése a(z) **(1.)** előzi meg. A szintézis során a DNS két polinukleotid-lánca elválik egymástól. Mindkét szál **(2.)** szolgál egy-egy új lánc szintéziséhez. Az új szálak felépítése a(z) **(3.)** szabályai szerint történik. A képződött DNS-molekulák egyik szála régi, a másik új. A szintézis pontosságát **(4.)** enzim ellenőrzi. Kivágja a hibásan beépült nukleotidot, és kicseréli a megfelelőre. A megkettőződés után a javító mechanizmus ellenére is maradhatnak hibásan beépült nukleotidok. Ez az utódsejtekben a DNS bázissorrendjének megváltozásához vezet. A gének bázissorrendjében bekövetkező változás, vagyis a(z) **(5.)** következtében módosulhat a kódolt fehérje aminosavsorrendje. Egy génnek mutációval létrejött változatai a(z) **(6.)**. A génváltozatok nagymértékben hozzájárulnak egy faj egyedeinek változatosságához és genetikai sokszínűségéhez.

### Kérdések, feladatok

1. Az 1. ábra segítségével ismertesd a DNS megkettőződésének folyamatát!
2. A DNS egyik szálának a bázissorrendje: AATCCGATTGCCG. Hogyan alakul az új szál bázissorrendje?
3. Mi történik, ha a szintézis során hibásan épül be egy nukleotid az új szálba? Készíts felelettervet, amelyben bemutadod a különböző lehetőségeket!
4. Mit nevezünk génmutációnak?
5. Másolási hiba következtében adeninnal szemben citozin, illetve adeninnal szemben guanin épül az új szálba. Melyik másolási hiba lehet a gyakoribb? Indokold a választ!
6. Határozd meg az allél fogalmát!
7. Miért fontos evolúciós tényező a génmutáció?
8. Miért fontos a magas faktorszámú napvédő krémek használata erős napfényben?

### Megtudhatod

A királyok gyakran feleségüket hibáztatták, ha leánygyermeket szültek, de fiút nem. Igazuk volt?

# 4.

## A genetikai állomány változatossága

Korábbi tanulmányainkból tudjuk, hogy az élővilág evolúciójának egyik legnagyobb ugrása az volt, hogy az ősi prokarióta sejtekből kialakultak az ősi eukarióta sejtek. A két nagy élőlénycsoport között nagyon nagy különbség van a genetikai állomány (genom) méretében, információtartalmában és szerkezetében.

### A baktériumok genetikai állománya

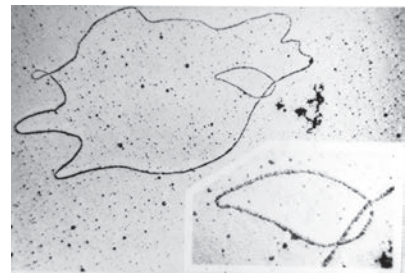
A baktériumokban a sejtműködésre vonatkozó minden alapvető információ, az adott fajra jellemző gének egyetlen gyűrű alakú DNS-molekulában, az úgynevezett **baktériumkromoszómában** található (1. ábra). A baktériumkromoszóma DNS-éhez nem kapcsolódnak szerkezeti fehérjék. Az eukarióta sejtekkel ellentétben, a sejtosztódást megelőző DNS-megkettőződés folyamatos, és nem köthető a sejt életének egy bizonyos időszakához. A prokarióta sejt osztódása egyszerű kettéhasadással történik. A DNS megkettőződését követően a genetikai állomány megkezdődik, a sejt plazma kettéválik, majd a két utódsejt elválik egymástól.

### Az eukarióta sejtek genetikai állománya

Az eukarióta sejtek csaknem teljes genetikai állománya a maghátyával határolt sejtmagban található (98%). A sejttagon kívül a mitokondriumok és a színtestek tartalmaznak még DNS-t. A sejtmagban a DNS-molekulák fonál alakúak, és szerkezeti fehérjék kapcsolódnak hozzájuk. A DNS és a szerkezeti fehérjék együttese a **kromoszóma**. Az eukarióta sejtekben minden esetben több kromoszóma található, számuk fajra jellemző, állandó érték.



- A baktériumok genetikai állománya
- Az eukarióta sejtek genetikai állománya
- A sejtciklus
- Kromoszómaszám
- Diploid – haploid
- A vírusok genetikai állománya

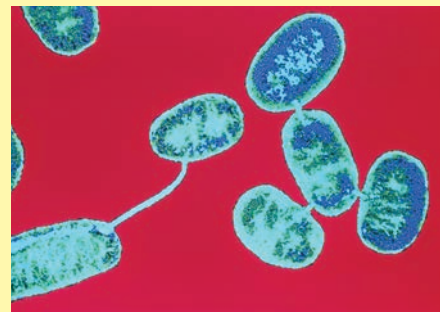


1. Baktériumkromoszóma elektronmikroszkópos felvétele. Az elektronmikroszkópos felvétel egy megkettőződött baktériumkromoszómáról készült

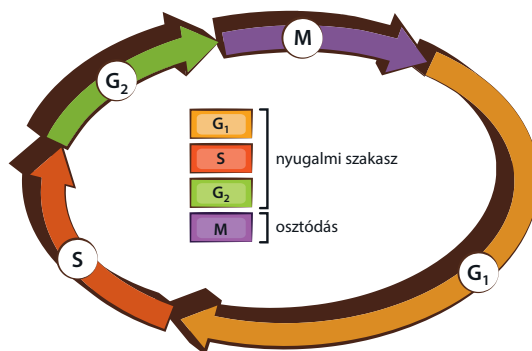
### Olvasmány

#### A prokarióták genetikai változatossága

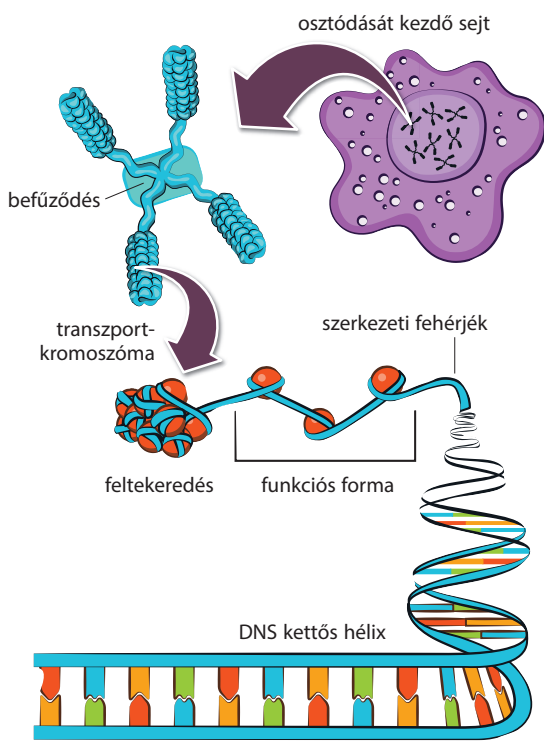
A prokarióta sejtek genetikai állománya azonos fajon belül is nagy változatosságot mutat. A sokféleség egyik forrása a génmutáció, ami a DNS megkettőződésekor következhet be. A prokarióta sejtek többsége a baktériumkromoszómán kívül tartalmaz még kisebb gyűrű alakú DNS-molekulákat, ún. plazmidokat is. A plazmidokon többek között lehetnek olyan gének, amelyek rezisztenssé, ellenállóvá teszik a sejtet valamilyen antibiotikummal szemben, illetve olyanok is, amelyek enzimermeke nyálkás védőburkot alakít ki a sejt körül. Ivaros folyamat a baktériumsejtek körében is megfigyelhető. A baktériumsejtek ugyanis néhány kettéosztódást követően összekapcsolódnak egymással, és egy plazmahídon keresztül kicserélik genetikai állományuk egy részét, például a plazmidjaikat. Az antibiotikumrezisztenciáért felelős gén így átkerülhet egyik sejtől a másikba.



Plazmahíddal kapcsolódó baktériumsejtek

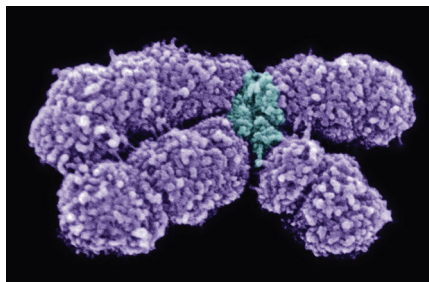
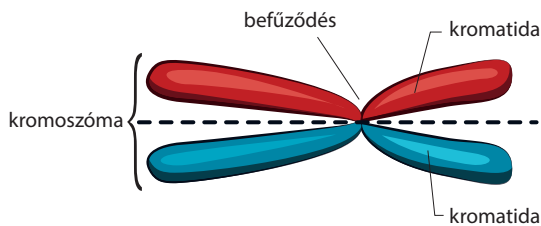


**2. A sejtciklus.** A nyugalmi szakasz elején (G<sub>1</sub>) a sejt növekedik, tömege, térfogata gyarapodik, anyagcseréje élénk. A sejtciklus szintézis szakaszában (S) történik a DNS megkettőződése. A nyugalmi szakasz végén (G<sub>2</sub>) a sejt felkészül az osztódásra. Az osztódást (M) követően az utódsejtek új ciklusba lépnek.



### 3. A transzportkromoszóma kialakulása.

A kettős hélix mintegy 200 nukleotidos szakaszai feltekerednek a szerkezeti fehérjékre



**4. A transzportkromoszóma szerkezete és elektronmikroszkópos képe**

## A sejtciklus

Az eukarióta sejtekben a kromoszómák szerkezete a sejtek élete, a **sejtciklus** alatt jellegzetesen változik. A sejtciklus két részre, a **nyugalmi szakaszra** és az azt követő **sejtosztódásra** tagolható (2. ábra). A nyugalmi szakaszban a magplazma csaknem egynemű, rendszerint csak a sejtmagvacska különül el jól láthatóan. A kromoszómák laza, kinyúlt állapotban vannak. Bázissorrendjük átíródhat RNS-re, vagy mintaként szolgálhat a megkettőződéshez. Az ilyen kromoszómaszerkezetet **funkciós formának** nevezzük. A DNS-állomány megkettőződését követően az utódmolekulák nem válnak el egymástól, hanem a befűződésnél együtt maradnak. A sejtosztódás elején fénymikroszkópban is látható testecskék jelennek meg a magban. A funkciós formájú kromoszómák ugyanis fehérjemolekulák segítségével még jobban feltekerednek, rövidülnek, kialakulnak a szállításra alkalmas **transzportkromoszómák** (3. ábra). Ezek két **kromatidából** épülnek fel, amelyek a

befűződésnél kapcsolódnak egymáshoz (4. ábra). A kromatidák mindegyike egy-egy kettős hélixből és szerkezeti fehérjékből áll. Egy kromoszómán belül a két kromatida DNS-e azonos bázissorrendű, feltéve, ha a megkettőződés során nem történt mutáció.

## Kromoszómaszám

A sejtosztódás kezdeti szakaszában, a transzportkromoszómák kialakulása után állapítható meg legkönnyebben a fajra jellemző **kromoszómaszám**. Az ember szövetét felépítő, úgynevezett testi sejtekben 46 kromoszóma látható (5. ábra). A kromoszómák nagyságuk és alakjuk szerint párokba rendezhetők (6. ábra). A kromoszómák között vannak olyanok, amelyek férfiakban és nőkben azonosak, ezek az úgynevezett **testi kromoszómák**. Az ember szöveti sejtjeiben 22 pár, azaz 44 testi kromoszóma van. A testi kromoszómák mellett még két **ivari kromoszómát** találunk. Az elnevezés arra utal, hogy ezeknek – más tulajdonságok kialakítása mellett – alapvető szerepük van az ivar meghatározásában. A nők sejtjeiben két egyforma (XX) ivari kromoszóma van. A férfiak X és Y ivari kromoszómái azonban alakjukban és méretükben is jelentősen eltérnek egymástól.



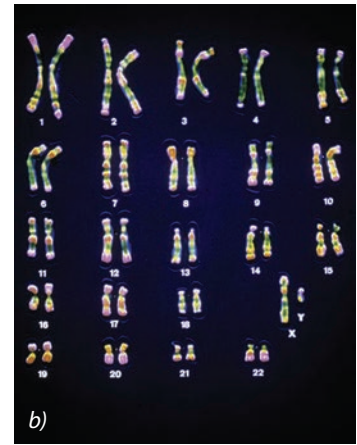
**5. Osztódó emberi sejtről készült mikroszkópos felvétel.** A felvételen az erősen festődő transzport-kromoszómák láthatók. A 46 kromoszóma között hasonló alakú és méretű kromoszómák figyelhető meg



**6. A nők és a férfiak kromoszómaszerelvénye.**

a) A nők szöveti sejtjeinek 46 db kromoszómája közül 22 pár testi és egy pár ivari (XX) kromoszóma. A két X-kromoszómát azonos tulajdonságokra vonatkozó génsorozatok építik föl.

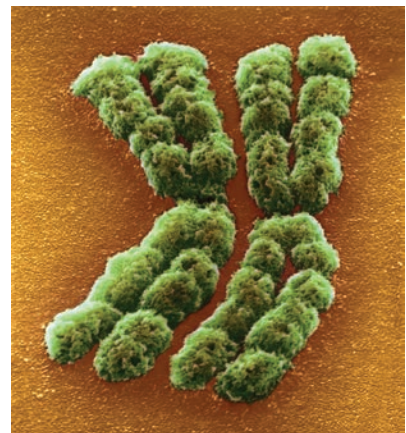
b) A férfiak szöveti sejtjeiben a 22 pár testi kromoszóma mellett egy X- és egy Y-kromoszóma található. Ezek mérete és alakja is eltérő, azaz nem azonos tulajdonságokra vonatkozó génsorozatokból állnak



## Diploid – haploid

A vizsgálatok kimutatták, hogy a párokba rendezhető, azonos alakú és méretű kromoszómák ugyanazon tulajdonságokra vonatkozó génsorozatokot tartalmaznak. A kromoszómapárok tagjait ezért **homológ kromoszómáknak** nevezik (7. ábra). Mindebből az is következik, hogy a kromoszómapárokat tartalmazó sejtek genetikai állománya kétszeres, vagyis a különböző gének két-két példányban találhatóak meg bennük. A homológ kromoszómapárokat tartalmazó sejtek **diploidok**. Kromoszómaszámuk  $2n$ , ahol  $n$  a kromoszómakészlet különböző alakú és működésű kromoszómainak száma. Az ember szöveti sejtjeiben tehát  $2n = 46$ . Az ember ivarsejtjeiben, a hímivarsejtben és a petesejtben ezzel szemben csak 23 kromoszómát találunk, és ezek mindegyike különböző génsorozatból áll. Jelölésük:  $n = 23$ . Az ivarsejtek tehát egyszeres kromoszómakészletű, azaz **haploid** sejtek, és a különböző géneket csak egy-egy példányban tartalmazzák. Megtermékenyítéskor egyesül a két ivarsejt genetikai állománya. A **zigóta** és a belőle kialakuló szöveti sejtek diploidok: a petesejtből származó **anyai eredetű** és a hímivarsejtből származó **apai eredetű** kromoszómákat tartalmaznak. Az utód nemét az dönti el, hogy a hímivarsejt X vagy Y ivari kromoszómát tartalmazott-e (8. ábra).

A legtöbb eukarióta élőlény testét diploid sejtek építik fel (9. ábra). Haploidok az ivarsejtek, valamint a növények ivartalan szaporító sejtjei, a spórák.

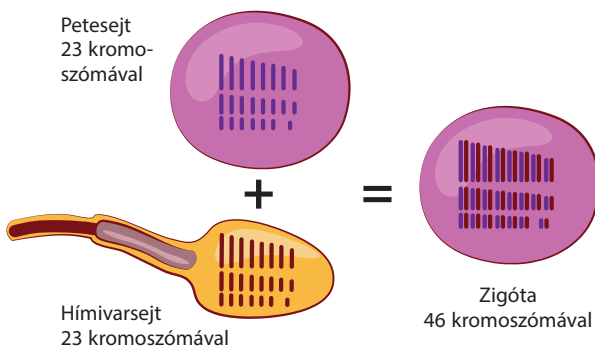


**7. Homológ kromoszómapár.**

A homológ kromoszómapárok azonos génsorozatokot tartalmaznak

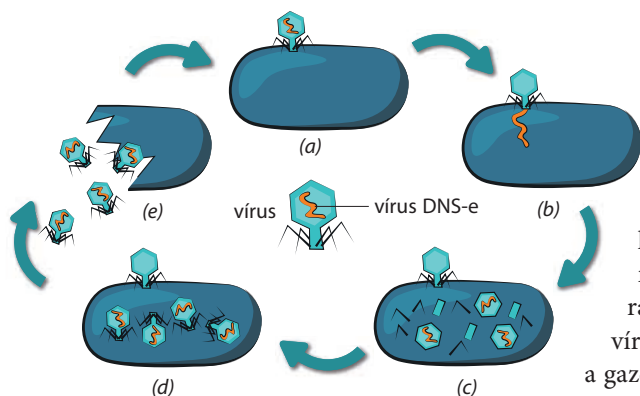
### 8. Az emberi zigóta genetikai állománya.

A zigóta a petesejt és a hímivarsejt egyesülésével jön létre. A petesejt az anyai, a hímivarsejt az apai eredetű kromoszómákat tartalmazza. Ha a hímivarsejtben X ivari kromoszóma van, akkor az utód leány, ha Y-kromoszóma, akkor fiú lesz



Név	Kromoszómaszám (2n)
Ecetmuslica	8
Házi macska	38
Üregi nyúl	44
Mezei nyúl	48
Gorilla, csimpánz	48
Elefánt	56
Ló	64
Kutya	78

**9. Néhány állatfaj diploid sejtjeinek kromoszómaszáma**



**10. Fágfertőzés.** A bakteriofágok a közönséges bélbaktérium (*E. coli*) sejtjeit fertőzik meg. Kapcsolódnak a gazdasejt felszínéhez (a), bejuttatják a sejtbe DNS-üket (b). A vírus-DNS-sel fertőzött sejtben megindul a vírus alkotórészeinek szintézise (c–d). Végül a sejt szétesik, a vírusok kiszabadulnak, és újabb sejtet fertőznek meg (e)

**Keress rá!** ■ tetraploid ■ HIV ■ hisztonok

**Olvasnivaló** ■ Matt Ridley: Génjeink ■ James D. Watson: DNS – Az élet titka

## A vírusok genetikai állománya

A vírusok nem élőlények, hiszen gazdasejtjük sejtalkotóit, tápanyagait használják fel saját genetikai állományuk és fehérjéik sokszorozására. Baktériumokban és eukarióta sejtekben egyaránt élősködhetnek. Genetikai állományukat DNS vagy RNS alkotja. Fertőzőeskor nukleinsavuk bejut a gazdasejtbe. A **DNS-vírusok** nukleinsava átprogramozza a gazdasejt működését (10. ábra). A gazdasejtben megindul a vírus fehérjéinek és DNS-ének szintézise. Az **RNS-vírusok** örökítőanyaga a gazdasejtben először DNS-re íródik át.

### Olvasmány

**A genetikai állomány mérete** ■ A prokarióták genetikai állománya jóval kisebb, mint az eukariótáké. DNS-ük kevesebb bázispárból áll, és jóval kisebb számú gént tartalmaz. A közönséges bélbaktérium (*E. coli*) kromoszómája 4 639 000 bázispárból áll, génjeinek száma 4289. Az eukarióta sörélesztő genomjában 12 069 000 bázispár és mintegy 6200 gén van. Az ecetmuslica genetikai állományát 137 millió bázispár és kb. 14 000 gén jellemzi. Az ember genetikai állománya ennek sokszorosa: 3,2 milliárd bázispár és mintegy 20–30 000 gén. A vírusok genetikai állományának mérete a prokariótákhoz képest is nagyon csekély. A közönséges bélbaktérium sejtjeiben élősködő T4 bakteriofág DNS-e 169 000 bázispárt és mintegy 190 gént tartalmaz. Az RNS-vírusok közé tartozó influenzavírus genomjának mérete mindössze 13 500 bázis, ami 12 gént tartalmaz.

**Új fogalmak** ■ sejtciklus ■ nyugalmi szakasz ■ transzportkromoszóma ■ kromatida ■ befűződés ■ testi kromoszóma ■ ivari kromoszóma ■ homológ kromoszómapár ■ diploid ■ haploid ■ DNS-vírus ■ RNS-vírus

### Megtanultam?

A baktériumkromoszóma **(1.)** alakú, szerkezeti **(2.)** nem kapcsolódnak hozzá. Az eukarióták kromoszómái **(3.)** alakúak, bennük a DNS szerkezeti **(2.)** tekeredik fel. Az eukarióta sejtek élete, a(z) **(4.)** nyugalmi szakaszból és **(5.)** áll. A nyugalmi szakaszban a sejt növekedik, DNS-tartalma megkettőződik, a sejt felkészül a(z) **(5.)**. A nyugalmi szakaszban a kromoszómák **(6.)** formájúak, átíródhatnak RNS-re, vagy megkettőződhetnek. A(z) **(5.)** során a kromoszómák fehérjék segítségével feltekerednek, **(7.)** -kromoszómákká alakulnak, információtartalmuk nem íródhat át. Az eukarióta sejtekben mindig több kromoszóma van, számuk fajra jellemző. A(z) **(8.)** sejtek kromoszómakészlete egyszeres. Ilyenek az ivarsejtek és a növények spórái. A(z) **(9.)** sejtek kromoszómakészlete kétszeres. Kromoszómaik **(10.)** párokba rendezhetőek. A(z) **(10.)** kromoszómákat ugyanazon tulajdonságokra vonatkozó génsorozatokat építik föl. A(z) **(9.)** sejtek így génekből két-két példányt tartalmaznak. Ilyenek például a növényi és az állati szövetek sejtjei. Az ember **(9.)** sejtjeiben, 23 pár, azaz 46 kromoszóma van. Ebből 22 pár **(11.)** és 1 pár **(12.)** kromoszóma. A nők szöveti sejtjei XX, a férfiaké XY **(12.)** kromoszómákat tartalmaznak.

### Kérdések, feladatok

- Határozd meg a következő fogalmakat: transzportkromoszóma, kromatida, homológ kromoszómapár, diploid sejt, haploid sejt!
- Hasonlítsd össze a baktériumok és az eukarióta sejtek genetikai állományát (szerkezet, méret, információtartalom)!
- Rajzold le, hogyan változik egy kromoszóma szerkezete a nyugalmi szakaszban ( $G_1$ , S,  $G_2$ ) és a sejtosztódás kezdetekor!
- Jellemezd az ember szöveti sejtjeinek genetikai állományát!



## Megtudhatod

Miért születik csaknem ugyanannyi fiú és lány?

# 5.

## A sejtosztódás

A sejtciklus nyugalmi szakaszát követően az eukarióta sejtek kétféleképpen osztódhatnak: mitózissal vagy meiózissal. A **mitózis** számtartó osztódás, ami azt jelenti, hogy a folyamat alatt nem változik a sejtek kromoszómaszáma. A **meiózis** számfelező osztódás, az osztódás végére kialakult utódsejtek kromoszómaszáma pontosan fele a kiindulási sejtekének. A sejtciklus nyugalmi szakaszában mind a két osztódás esetében megtörténik a DNS megkettőződése.

### Mitózis

A mitózis **előszakaszában** a kromoszómák fehérjémolekulák közreműködésével feltekerednek, kialakulnak a transzportkromoszómák. A citoplazmában létrejön a kromoszómák mozgását irányító, fehérjefonalakból álló rendszer, az **osztódási orsó**. A kromoszómák befűződési pontjuknál kapcsolódnak az osztódási orsó fonalaival. Megkezdődik a maghártya feldarabolódása (1. ábra).

A **középszakaszban** a kromoszómák az osztódási orsó húzófonalainak közreműködésével a sejt középső síkjába rendeződnek. A maghártya eltűnik.

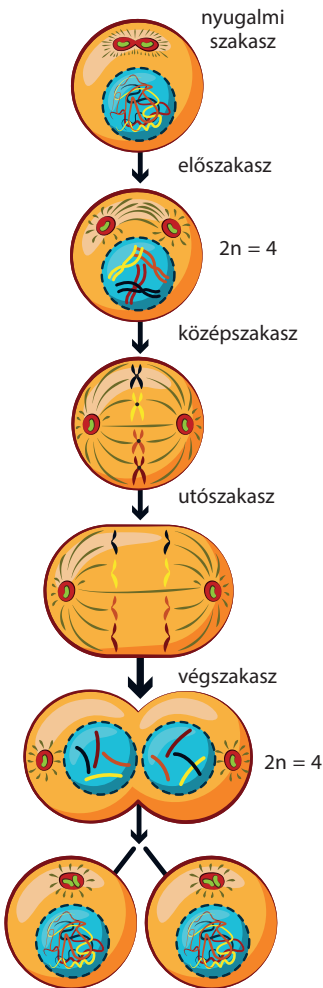
Az **utószakaszban** a kromoszómák kromatidái a befűződési pontnál elválnak egymástól, és a húzófonalak segítségével a sejt ellentétes pólusaira vándorolnak.

A **végszakaszban** a két pólusra került kromoszómák körül kialakul a két sejtmaghártya, majd ezt követően megtörténik a citoplazma kettéválása is.

A mitózis **végeredménye** két egyforma, a kiindulási sejttel megegyező kromoszómaszámú utódsejt. A folyamat lényege, hogy a sejtciklus nyugalmi szakaszában megkettőződött DNS-tartalmú kromoszómák kromatidái elválnak egymástól, és megosznak a két utódsejt között.

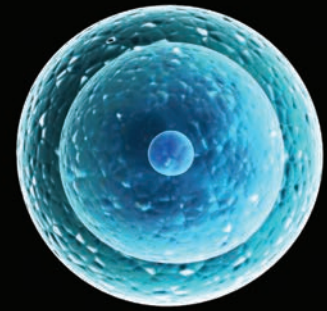
Mitózissal osztódnak például az egysejtű eukarióta élőlények sejtjei, a hajtásos növények osztódószövetének sejtjei és az állatok szöveti sejtjei (2. ábra).

A szöveti sejtek mitózissal történő osztódása biztosítja a szervezet előregedett, működésképtelenné vált sejtjeinek pótlását vagy a sejtek számának gyarapodását a növekedési, fejlődési életszakaszokban.

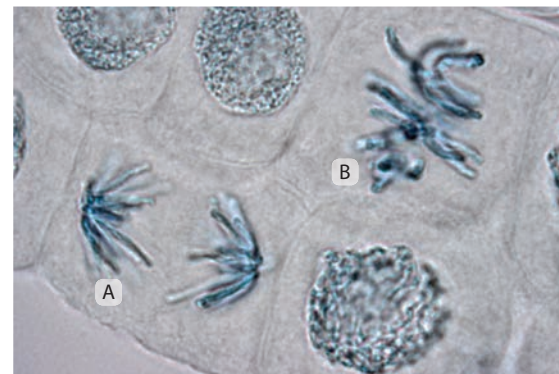


#### 1. A mitózis folyamata.

A mitózis során a kromoszómák kromatidái pontosan megfelelőnek az utódsejtek között

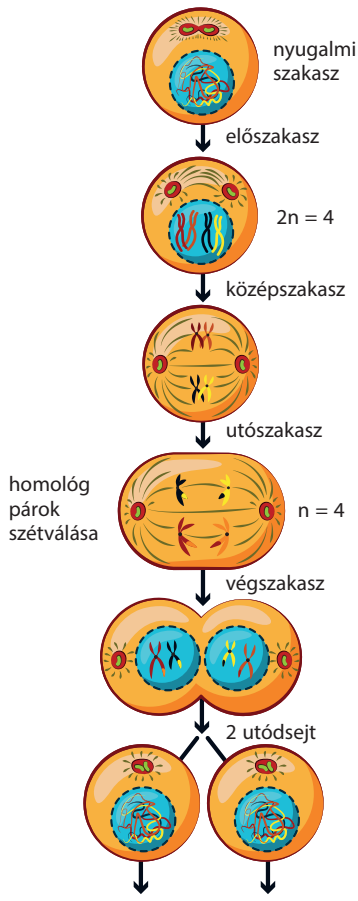


- Mitózis
- Daganatképző sejtek
- Meiózis
- A meiózis és a genetikai változatosság

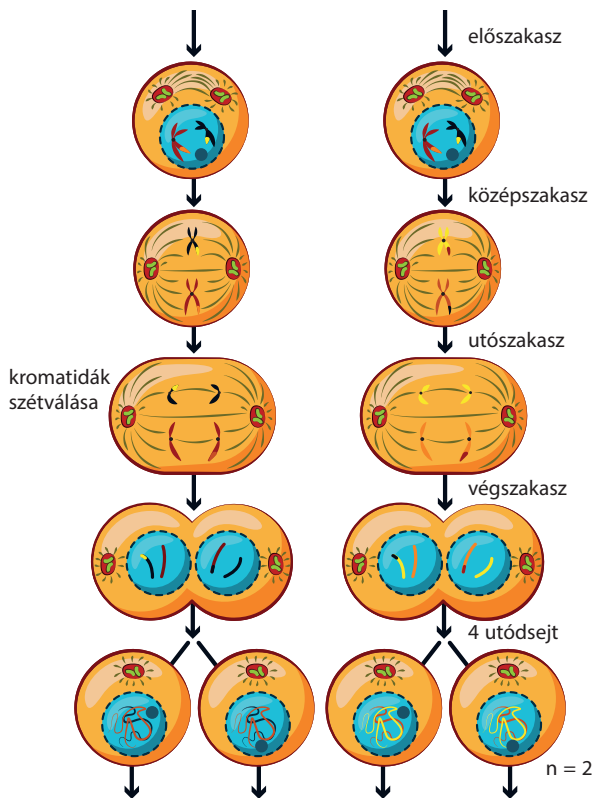


#### 2. Növényi osztódószövetről készült fénymikroszkópos felvétel. ■

Az osztódás melyik szakaszában vannak a betűkkel jelzett sejtek?



4. A meiózis I. fő szakasza

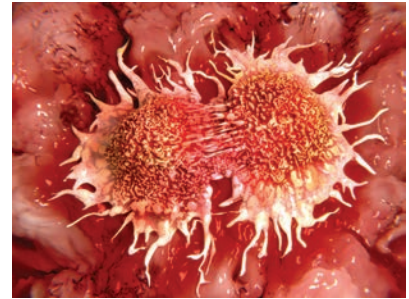


5. A meiózis II. fő szakasza

## Daganatképző sejtek

A sejtciklus szigorúan szabályozott folyamat. Bizonyos esetekben ez a szabályozás zavart szenved, és egyes szöveti sejtek osztódása kórosan felgyorsul. Ha a szervezet immunrendszere nem ismeri fel ezeket a hibás, túlságosan gyorsan osztódó sejteket, akkor a folyamat sejtburjánzáshoz, daganatok kialakulásához vezethet.

A **rosszindulatú daganatokat** képző, ún. „rákos sejtek” kialakulásuk helyétől távoli szervekbe, szövetekbe is eljutnak, ott megtelepednek, más szóval **áttéteket** okozhatnak (3. ábra). Emiatt a szervezet más részein is megjelennek daganatok. A gyógyítás során a műtéti beavatkozás mellett sugárkezeléssel vagy kémiai szerek alkalmazásával is próbálják elpusztítani a daganatképző sejteket. Az ún. **jóindulatú daganatok** kóros osztódású sejtjei nem képeznek áttéteket, így sebészeti beavatkozással maradéktalanul eltávolíthatók.



3. Osztódó rákos sejtek

A rákos sejtek kialakulásának sokféle oka lehet. Sok esetben a genetikai állomány öröklődő megváltozása áll a háttérben. De a szöveti sejt átalakulását okozhatja mutáció vagy vírusfertőzés is. A környezetben található **rákkeltő anyagok** (pl. kátrányos égéstermékek, különböző vegyszerek, röntgensugárzás) ugyancsak a daganatképző sejtek kialakulását idézhetik elő. Ezért a betegség megelőzésében fontos szerepe van az egészséges környezetnek és életmódnak.

## Meiózis

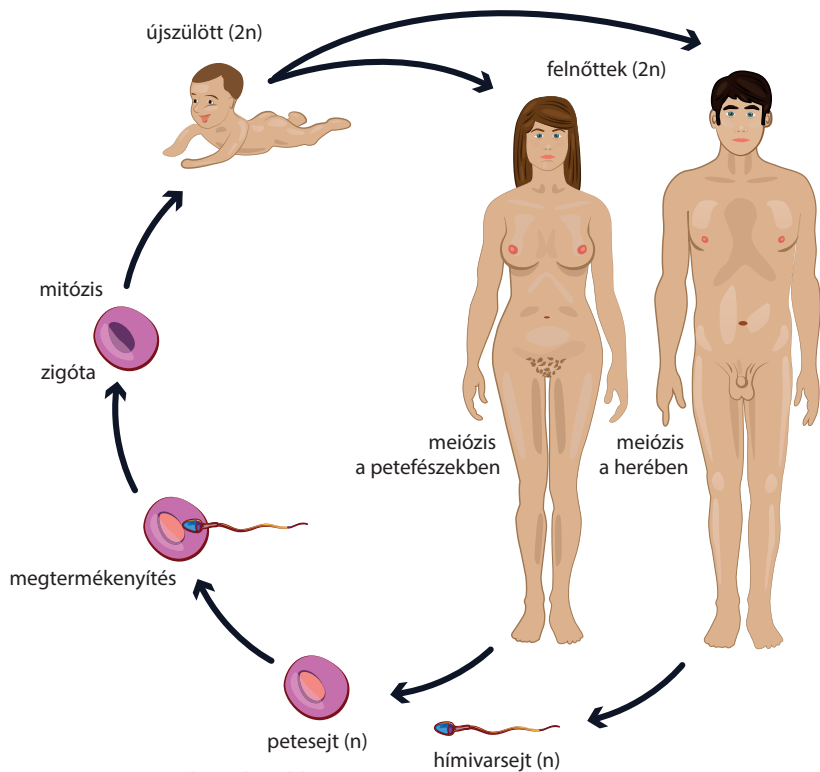
A meiózis folyamata két fő szakaszra tagolható. Az **I. fő szakasz előszakaszában** megkezdődik a transzportkromoszómák kialakulása. A homológ kromoszómák befűződési pontjuknál összekapcsolódnak egymással, párokba rendeződnek. A szakasz végére kialakul az osztódási orsó, és megkezdődik a maghártya feldarabolódása.

A **középszakaszban** az osztódási orsóhoz kapcsolódó homológ kromoszómapárok a sejt középső síkjába rendeződnek. A maghártya eltűnik.

Az **utószakaszban** a húzófonalak hatására a homológ kromoszómák tagjai elválnak egymástól. A sejt két pólusára két kromatidából álló kromoszómák vándorolnak.

A **végszakaszban** kialakul a két utódsejt maghártyája, és kettéválik a citoplazma is. Az I. fő szakasz végére két utódsejt alakul ki. Az utódsejtek kromoszómakészlete egyszeres, tehát haploid. Kromoszómaikat két kromatida építi fel. Az I. fő szakaszt hosszabb-rövidebb nyugalmi állapot követheti, azonban ezalatt nem történik DNS-megkettőződés (4. ábra).

Az **II. fő szakasz előszakaszában** ismét kialakulnak a transzportkromoszómák, és megjelenik az osztódási orsó is. A szakasz végén megkezdődik a maghártya feldarabolódása. A **középszakaszban** a kromoszómák a húzófonalak segítségével a sejt középső síkjába rendeződnek. Az **utószakaszban** a kromoszómák kromatidái elválnak egymástól, a sejt két pólusára egyetlen kromatidából álló kromoszómák vándorolnak. A **végszakaszban** kialakulnak az utódsejtek. A négy utódsejt mindegyike haploid, és kromoszómaikat egyetlen DNS kettős hélixet tartalmaznak, tehát a különböző génekből egy-egy példány van bennük (5. ábra).



6. Az ember életciklusa

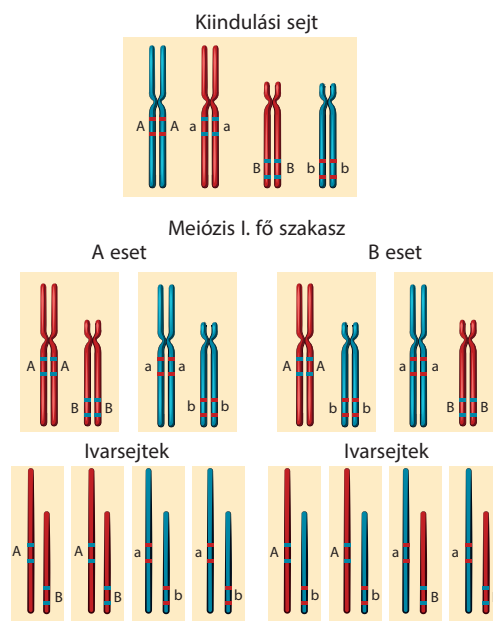
Meiózissal képződnek az állatok hímivarsejtjei és petesejtjei, illetve a növények spórái. A spórákból mitózissal jönnek létre a növények ugyancsak haploid ivarsejtjei.

**Megtermékenyítéskor** a haploid ivarsejtek egyesülnek egymással, sejtmagjuk összeolvad. A megtermékenyített petesejtben, a zigótában kialakul a testi sejtekre jellemző diploid állapot (6. ábra). A **zigóta** kétszeres kromoszómakészletének egyik fele a hímivarsejtből származó apai, másik fele a petesejtből származó anyai eredetű kromoszómákból áll. Az apai és anyai eredetű kromoszómák ugyanannak a génnek eltérő bázissorrendű változatait, alléljait tartalmazhatják.

## A meiózis és a genetikai változatosság

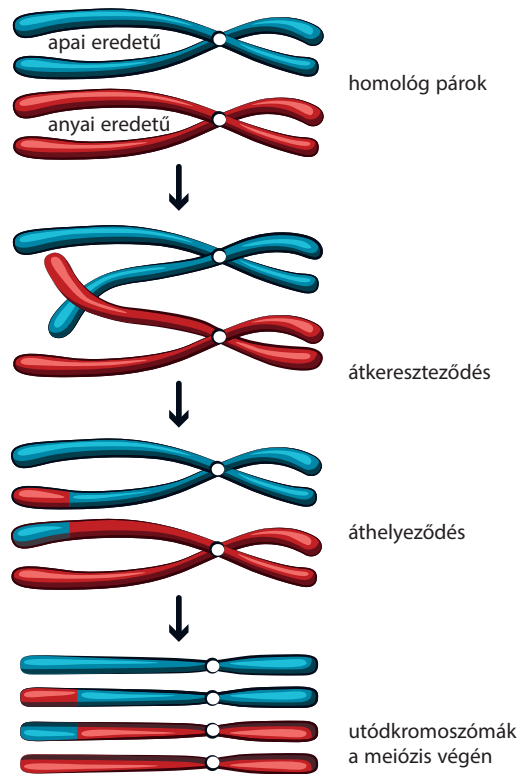
Az ivaros szaporodással létrejött utódok öröklődő tulajdonságai rendkívül változatosak. Ennek egyik oka az, hogy a meiózis során az apai és az anyai eredetű kromoszómák véletlenszerűen válnak el egymástól. A véletlenszerű szétválás a 2 kromoszómapárt ( $2n = 4$ ) tartalmazó sejtekben  $2^2$ , azaz 4-féle ivarsejt kialakulását eredményezheti (7., 9. ábra). Az ember esetében, ahol az ivarsejtképző sejtek 23 pár kromoszómát tartalmaznak,  $2^{23}$ -féle genetikai állományú ivarsejt jöhet létre.

A genetikai sokszínűséget növeli a meiózis I. fő szakaszában lejátszódó **allélcicserélődés**. A folyamat során a homológ kromoszómapárok kromatidái átkereszteződnek, majd egyes szakaszaik kicserélődnek egymással (8. ábra). Az allélcicserélődés a homológ kromoszómák azonos szakaszán található gének áthelyeződését eredményezi az apai és az anyai eredetű kromoszómák között. A kromoszómákban az apai és az anyai eredetű allélok új kombinációi jelennek meg. Az apai és anyai eredetű kromoszómák véletlenszerű szétválását, az allélcicserélődést, és azt, hogy a megtermékenyítésben véletlenszerűen vesznek részt az egyes ivarsejtek, összefoglalóan **rekombinációnak** nevezzük.

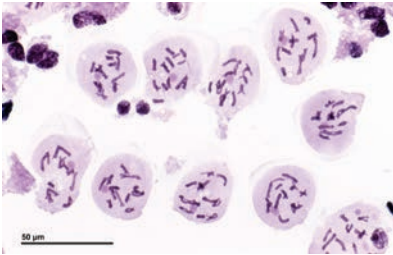
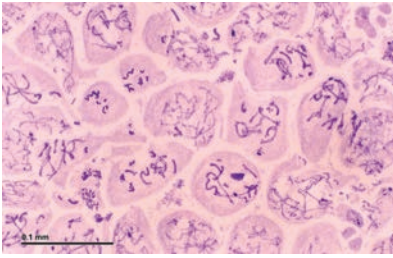


## 7. Az apai és az anyai eredetű kromoszómák véletlenszerű szétválása a meiózisban.

Az A esetben a meiózis első fő szakaszában az egyik utódsejtbe csak apai, a másik utódsejtbe csak anyai kromoszómák kerültek. A B esetben mindkét utódsejtbe kerültek apai, illetve anyai eredetű kromoszómák. A meiózis végeredménye tehát 4-féle ivarsejt lehet



## 8. Az allélcicserélődés. A homológ kromoszómák karjai átkereszteződnek, és a kromoszómák megfelelő szakaszai kicserélődnek



9. Meiózissal osztódó sejtekről készült fénymikroszkópos felvételek

**Új fogalmak** ■ mitózis ■ jóindulatú daganat ■ rosszindulatú daganat ■ rákeltető anyagok ■ meiózis ■ allélkicserélődés ■ rekombináció

### Megtanultam?

Az osztódást megelőzően a nyugalmi szakaszban megkettőződik a sejtek DNS-tartalma. A(z) **(1.)** számtartó osztódás. Folyamata során a megkettőződött DNS-tartalom pontosan megfeleződik az utódsejtek között. Végeredménye két utódsejt, amelyek kromoszómaszáma megegyezik a kiindulási sejtével. Így osztódnak az eukarióta egysejtűek, a növények **(2.)** sejtjei és az állatok szöveti sejtjei. Ez az osztódás fontos az elhalt sejtek pótlásában, a növekedésben és a fejlődésben.

A sejtciklus szabályozott folyamat. A **(3.)** sejtekben a szabályozás zavart szenved, osztódásuk felgyorsul. A(z) **(4.)**, más szóval rákos sejtek **(5.)** képezhetnek, így a szervezetben sok helyen kialakulhatnak daganatok.

A **(6.)** számfelvező osztódás, két fő szakaszra tagolható. Az I. fő szakasz elején kialakulnak a(z) **(7.)** és a homológ kromoszómák **(8.)** összekapcsolódva párokba rendeződnek. A(z) **(9.)** közreműködésével a homológ kromoszómapárok elválnak egymástól, és a sejt ellentétes pólusaira kerülnek. Kialakul két **(10.)** utódsejt, amelyekben a kromoszómákat két **(11.)** építi föl. A II. fő szakaszban a kromoszómák **(11.)** válnak el egymástól, és kerülnek az utódsejtekbe. A(z) **(6.)** végeredményeként a kiindulási sejtből négy **(10.)** utódsejt jön létre. **(6.)** képződnek az állatok ivarsejtjei és a növények **(12.)**. Az ivarsejtek egyesülésekor, a megtermékenyítéskor kialakuló zigóta kromoszómakészletének egyik fele apai, másik fele anyai eredetű. A(z) **(6.)** nagy fokú genetikai változatosságot eredményez, mivel az I. fő szakaszban az apai és az anyai eredetű kromoszómák véletlenszerűen válnak szét egymástól, és kerülnek be az utódsejtekbe. A genetikai változatosságot tovább növeli a homológ kromoszómapárok közötti **(13.)**.

### Kérdések, feladatok

- Miért nevezzük a mitózist számtartó osztódásnak?
- Az 1. ábra segítségével foglald össze:
  - Milyen események játszódnak le az osztódás előszakaszában?
  - Mi történik a középszakaszban?
  - Mi a lényege az utószakaszban?
  - Mi játszódnak le a végszakaszban?
- Mely sejtek osztódnak mitózissal?
- Hogyan alakul az utódsejtek kromoszómaszáma, ha a mitózis során az egyik kromoszóma kromatidái nem válnak szét egymástól?
- Röviden ismertesd a meiózis I. fő szakaszának eseményeit!
- Milyen események játszódnak le a meiózis II. fő szakaszában?
- Mely sejtípusok képződnek meiózissal?
- Elméletileg hányféle ivarsejt képződhet egy  $2n = 6$  kromoszómakészletű sejtből, ha tudjuk, hogy a homológ kromoszómák szétválása véletlenszerű a meiózis során?
- Mi a jelentősége annak a ténynek, hogy az apai és az anyai eredetű kromoszómák véletlenszerűen válnak szét az ivarsejtképzés során?
- Hogyan lehetséges az, hogy két testvér alig hasonlít egymásra, és egyikük vonásai feltűnően emlékeztetnek az apai nagyanyára, másikuké az anyai nagyapára?
- Hasonlítsd össze a mitózist és a meiózist (kiindulási sejtek és utódsejtek; szerep)!

### Megtudhatod

Miért jelenik meg gyakrabban a Down-szindróma az idősebb korban szülő anyák gyermekeiben?

## 6. A genetikai állomány megváltozása

A **mutáció** a DNS bázissorrendjének, egy élőlény genetikai állományának öröklődő megváltozása. Ha a változás az ivarsejtekben következik be, akkor hatása az utódokban is jelentkezhet. A szöveti sejtekben történt mutációk következményei csak az érintett sejtek osztódásával létrejött sejtvonalakban nyilvánulnak meg.

A **spontán mutációk** esetében nem ismerjük a változás okát. Az **indukált mutációkat** valamilyen mutagén hatás (pl. UV-sugárzás, rákkeltő anyagok) idézi elő. A **génmutáció** (pontmutáció) háttérben egyetlen bázis cseréje, beépülése vagy kiesése áll (lásd 1. lecke). A **kromoszómamutációk** a kromoszómák szerkezetét, nagyobb szakaszait érintik. A mutáció során a **kromoszómaszám** is módosulhat. Az utóbbi két változás az ivarsejtek képződésekor, a meiózis során is bekövetkezhet.

### Kromoszómamutációk

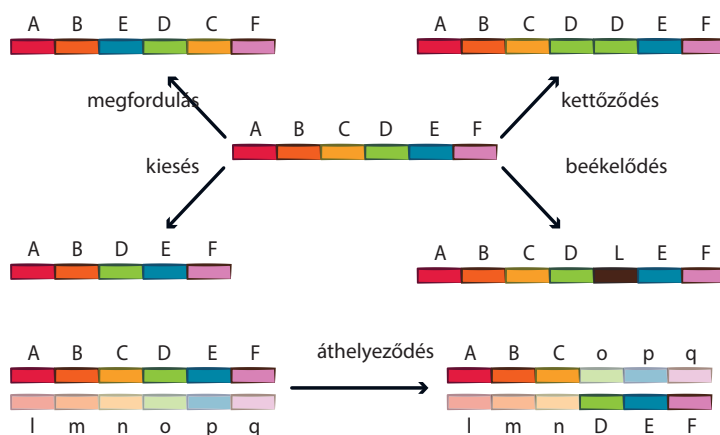
A meiózis során az allélcserélődés többnyire nagy pontossággal játszódik le. Ritkán azonban előfordulnak hibák az áthelyeződéskor. Ilyen esetekben a kromoszómadarabok például megfordulhatnak, és másik végükkel forrhatnak vissza (1. ábra). A letört darabok áthelyeződhetnek egy másik kromoszómára, esetleg a letört darab önálló maradhat. Ezek a változások a kromoszómák szerkezetét érintik, megváltoztatják a gének sorrendjét, elhelyezkedését, ezért **kromoszómamutációknak** nevezzük őket. Az ilyen típusú mutációk rendszerint súlyos következményekkel járnak. A rendellenességek gyakoriságát növelik az ionizáló sugárzások, például a röntgensugárzás. Kromoszómamutációk nem csak a meiózis során történhetnek. Bekövetkezhetnek a szöveti sejtekben is.

### Kromoszómaszám-változás

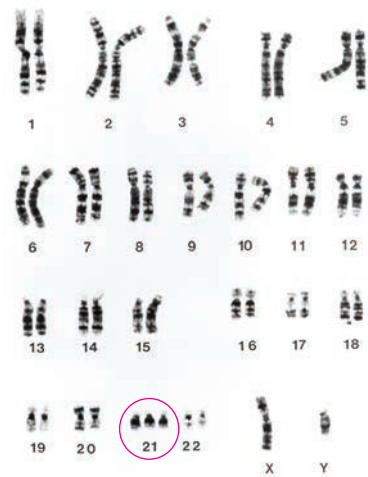
A meiózis során nemcsak az allélcserélődés vezet mutációhoz, hanem a homológ kromoszómapárok hibás szétválása is. Előfordul, hogy az egyik kromoszómapár tagjai nem különülnek el egymástól, hanem mindkét kromoszóma ugyanabba az utódsejtbe kerül. Ennek következménye, hogy a képződő ivarsejtek közül kettőben eggyel több, kettőben pedig eggyel kevesebb kromoszóma lesz. A rendellenes kromoszómaszámú ivarsejtekből képződő zigóta rendszerint nem fejlődik életképes utóddá. Az ilyen eltérések legtöbbször életképtelenséget okoznak. Az emberi kórképek közül kromoszómaszám-változás áll a **Down-szindróma** háttérében. Az anyagcsere-zavarokkal, értelmi fogyatékkal küzdő Down-szindrómás betegek testi sejtjeiben 47 kromoszóma található 46 helyett A 21. pár kromoszómából nem kettő, hanem három



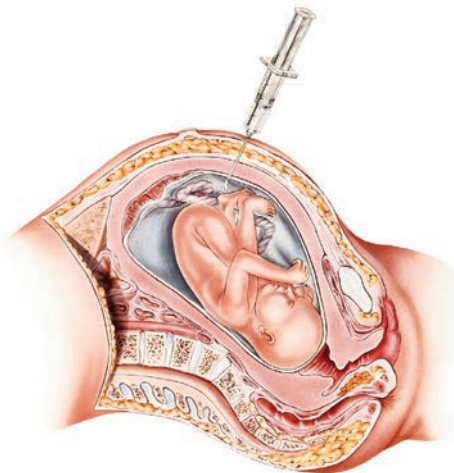
- Kromoszómamutációk
- Kromoszómaszám-változás
- Genetikai szűrés



1. A kromoszómamutációk fajtái. A betűk géneket jelölnek a kromoszómán



2. Down-szindrómás fiatal férfi képe és kromoszómatérképe



4. Magzatvízvizsgálat. A vizsgálat során a hasfalat és a méhfalat átszűrva mintát vesznek a magzatvízből. A magzatvízből centrifugálással kinyerik a magzati sejteket, megfelelő eljárással felszaporítják, majd megvizsgálják a kromoszómaszerelvényüket.

van sejtjeikben (2. ábra). A kromoszómaszám-változásra, illetve kromoszóma-mutációra visszavezethető emberi betegségeket a 3. ábra foglalja össze.

Szindróma neve	Eltérés jellege	A kór jellegzetességei
Edwards-szindróma	18. kromoszóma többlete ( $2n = 47$ )	Súlyos szervfejlődési rendellenességek (szív, vese), szellemi visszamaradottság, mozgásfejlődés súlyos zavara. Gyakoriság: 1/6000
Klinefelter-szindróma	XXY ivari kromoszómák ( $2n = 47$ )	A normálisnál kisebb mértékű tesztoszterontermelés, a herék fejletlenek, a másodlagos nemi jellegek kevésbé kifejezettek (gyér szőrzet, nőies emlők). Meddőség. Gyakorik a fiúgyermekek között: 1/1000
Turner-szindróma	Egy X ivari kromoszóma, a másik hiányzik ( $2n = 45$ )	Alacsony termet, gyenge csontok, a petefészkek fejletlen, meddőség. Gyakoriság a leánygyermekek között: 1/2500

### 3. Kromoszómaszám-eltérésre visszavezethető emberi betegségek

## Genetikai szűrés

A várandós anyák a terhesgondozási rendszernek köszönhetően meghatározott időközönként szűrővizsgálatokon vesznek részt. A vizsgálatok egyik célja a magzat esetleges fejlődési rendellenességének kimutatása. A terhesség 11. hetétől a magzat fejlődését ultrahangvizsgálatokkal ellenőrzik. Ezek a vizsgálatok alkalmasak a genetikai hátterű anatómiai rendellenességek megállapítására. Ha komoly gyanú merül fel valamilyen eltérésre, akkor mintát vesznek a méhlepényből, vagy elvégzik a **magzatvízvizsgálatot** (4. ábra). Mindkét eljárás célja a magzati sejtek kromoszómaszámának és kromoszómaszerkezetének meghatározása, az egyértelmű diagnózis felállítása.

A 35 éves kor fölött gyermeket vállaló nők esetében jóval nagyobb a kockázata a genetikai hátterű rendellenességek kialakulásának. Ennek az a magyarázata, hogy az életkor előrehaladtával a peteérés során nagyobb valószínűséggel következhet be a homológ kromoszómapárok rendellenes szétválása vagy kromoszóma-mutációval járó allélcserélődés.

**Új fogalmak** ■ spontán mutáció ■ indukált mutáció ■ kromoszóma-mutáció ■ kromoszómaszám-változás ■ Down-szindróma ■ magzatvízvizsgálat

### Megtanultam?

A(z) **..(1)..** a DNS bázissorrendjének, egy élőlény genetikai állományának **..(2)..** megváltozása. A(z) **..(1)..** érinthet egy gént, a(z) **..(3)..**, de jelentheti a kromoszómaszám megváltozását is. A(z) **..(4)..** kiváltó oka nem ismert. A(z) **..(5)..** hátterében valamilyen mutagén hatás áll. A radioaktív sugárzás **..(3)..**, például kromozómatörést okozhat. A Down-szindróma hátterében a(z) **..(5)..** kromoszóma többlete áll.

### Kérdések, feladatok

- Határozd meg a mutáció fogalmát!
- Foglald össze a mutációk fajtáit! Készíts felelettervet!
- Nézz utána, milyen változásokat idéz elő a röntgensugárzás a kromoszómák szerkezetében!
- Mit gondolsz, a génmutációk közül a báziscsere vagy a bázisbeépülés okoz-e nagyobb változást a kódolt fehérje aminosavsorrendjében? Válaszodat indokold!

# Összefoglalás

## Áttekintés

A sejtek információtároló és -átadó vegyülete a **DNS**. Kettőshélix-szerkezete alkalmas a megkettőződésre, így a benne tárolt információ a sejtosztódás során átkerülhet az utódsejtekbe. **Géneknek** nevezett szakaszai meghatározzák a fehérjék aminosavsorrendjét, és ezen keresztül az élőlények tulajdonságait.

A **DNS-szintézis** során a kettős hélix két szála elválik egymástól, és mindkét szál mellett képződik egy-egy új szál a bázispárképzés szabályai szerint. A megkettőződés nagy pontossággal történik, mégis előfordul, hogy hibás bázis épül be az új szálba. A következő megkettőződéskor az egyik utód DNS mindkét szálán megváltozik a bázissorrend, génmutáció történik. A génmutáció eredményeként egy génnek eltérő bázissorrendű változatai, alléljai léteznek.

A **prokarióta sejtek** genetikai állományát egyetlen gyűrű alakú **baktériumkromoszóma** alkotja, melyhez nem kapcsolódnak szerkezeti fehérjék. Maganyaguk a sejtplazmában található. Az **eukarióta sejtek** maghártyával határolt sejtmagjában fajra jellemző számú és méretű, fonál alakú kromoszóma van. A kromoszómákban a DNS szerkezeti fehérjékre tekeredik fel. A **haploid** sejtek kromoszómaszerelvénye egyszeres (n), azaz minden különböző alakú és méretű kromoszómából 1-1 található bennük. A **diploid** sejtekben a kromoszómaszerelvény kétszeres (2n), azaz minden különböző alakú és méretű kromoszómából 2-2 van. A hasonló alakú és méretű, azonos génsorozatokból álló kromoszómák párokba rendezhetők (homológ kromoszómák). Az ember haploid ivarsejtjeiben 23 kromoszóma van. A petesejtben a 22 testi kromoszóma mellett X ivari kromoszóma található. A hímivarsejtben ugyancsak 22 testi kromoszóma van, de az ivari kromoszóma X vagy Y. Az ember diploid szöveti sejtjeiben 44 (22 pár) testi és két ivari kromoszóma található (nőben XX, férfiakban XY).

A **sejtosztódást** megelőzően a sejtek DNS-tartalma megkettőződik. A prokarióta sejtek egyszerű kettéválással osztódnak. Az eukarióta sejtek mitózissal vagy meiózissal osztódnak. A **mitózis** számtartó osztódás, mely során a kromoszómaszám nem változik, a megkettőződött DNS-tartalom pedig pontosan megfelelődik a 2 utódsejt között. Mitózissal osztódnak például a szöveti sejtek. A **meiózis** számfelvező osztódás, diploid sejtekből (2n) 4 haploid (n) utódsejt keletkezik. Meiózissal képződnek a növények spórái és az állatok ivarsejtjei.

A **genetikai kód** bázishármasokból áll. A gének bázishármasai egy-egy aminosavat kódolnak. A genetikai kód **univerzális**, vagyis minden élőlényben ugyanaz a bázishármas ugyanazt az aminosavat kódolja.

A fehérjeszintézist megelőzően a gének bázissorrendje hírvívő RNS-re íródik át. A hírvívő RNS bázishármasai a riboszómák felszínén a szállító RNS-ek közreműködésével fehérjék aminosavsorrendjét határozzák meg.

Az örökítőanyag megváltozása a **mutáció**. **Génmutáció** (pontmutáció) esetén a DNS bázissorrendje egy ponton módosul. A **kromoszómamutáció** a kromoszómák szerkezetének megváltozását jelenti. A kromoszómaszám módosulása részleges vagy teljes. A mutációk gyakoriságát az ún. **mutagén hatások** (pl. UV- és röntgensugárzás) növelik.

## Tudom, értem, alkalmazom, elemzem

1. Határozd meg az alábbi fogalmakat:

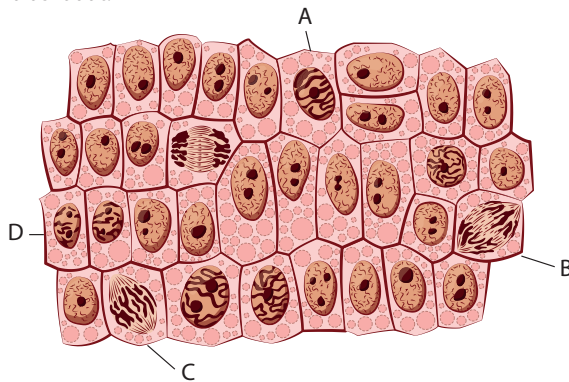
- átírás,
- gén,
- allél,
- transzportkromoszóma,
- haploid sejt,
- diploid sejt!

2. A következő táblázat első két sora a közönséges bélbaktérium egy génjének részletét mutatja. A táblázat 3. sorában a génről átíródó mRNS bázissorrendje olvasható.

- Melyik a DNS aktív szála?
- Add meg a fehérjébe beépülő aminosavak nevét a kódszótár segítségével!

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
<b>A</b>	T	A	C	C	C	C	T	T	C	A	A	G	T	C	A	A	T	C	T	T	T
<b>B</b>	A	T	G	G	G	G	A	A	G	T	T	C	A	G	T	T	A	G	A	A	A
<b>mRNS</b>	A	U	G	G	G	G	A	A	G	U	U	C	A	G	U	U	A	G	A	A	A
<b>Fehérje</b>		1.			2.			3.			4.		5.			6.			7.		

- c) A DNS aktív szálában a 4. bázis timinre cserélődött egy mutáció során. Hogyan alakul a kódolt fehérje aminosavsorrendje?
- d) A DNS aktív szálában a 6. bázis timinre cserélődött egy mutáció során. Hogyan alakul a kódolt fehérje aminosavsorrendje?
- e) A DNS aktív szálában a 16. bázis guaninra cserélődött egy mutáció során. Hogyan alakul a kódolt fehérje aminosavsorrendje?
- f) A DNS aktív szálában a 16. bázis után beékelődik egy guanintartalmú nukleotid, így az értelmes szál egy bázissal hosszabb lett. Hogyan alakul a kódolt fehérje aminosavsorrendje?
3. Azonosítsd az alábbi ábrán, hogy a betűkkel jelzett sejtek a mitózis melyik fázisában vannak! Röviden indokold is a válaszodat!



4. Foglald össze, hogy a meiózis miként járul hozzá az élőlények genetikai változatosságának növekedéséhez!
5. Hogyan alakul az emberi zigóta genetikai állománya, ha
- a meiózis I. fő szakaszában a hímivarsejtben a 18. kromoszóm pártagjai nem válnak el egymástól?
  - a meiózis I. fő szakaszában a hímivarsejtben az ivari kromoszómák nem válnak el egymástól?
  - a meiózis I. fő szakaszában a petesejtben az ivari kromoszómák nem válnak el egymástól?
6. A baktériumtranszformáció során a baktériumsejtek sejtfalukon és sejthártyájukon keresztül DNS-t vesznek fel környezetükből. Miért nem következhet be hasonló folyamat eukarióta sejtekben?

### Kitekintés, kutatási feladatok

- Nézz utána, hogy milyen kísérletek eredményeként írta le Frederick Griffith elsőként a baktériumtranszformáció jelentőségét!
- Végezzetek kiscsoportban vagy egyénileg kutatómunkát a mutagén hatásokról (pl. sugárhatások, rákkeltő anyagok)!
- Készítsetek tablót, bemutatót az atomerőmű-balesetek (Csernobil 1986, Fukushima 2011), valamint a Hirosima és Nagaszaki elleni atomtámadás (1945) hatásairól és hosszú távú következményeiről!
- Nézz utána, mi biztosítja azt, hogy a DNS aktív szálának, illetve az mRNS-nek az információtartalma mindig csak az egyik irányban íródik át, illetve fordítódik le!



# NEMZEDÉKRŐL NEMZEDÉKRE – AZ ÖRÖKLŐDÉS TÖRVÉNYEI

## II.



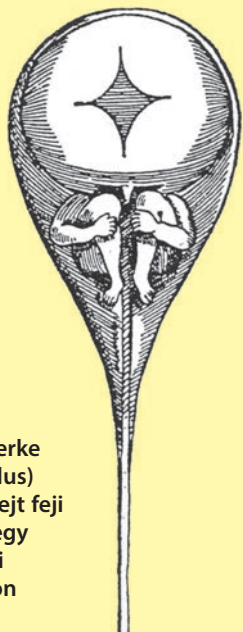
Multietnikus család. A bőr pigmentáltságát sok gén befolyásolja, így az  $F_1$  nemzedéknél felmerülhetne ugyan az intermedier öröklésmenet gyanúja, alaposabb megfigyeléssel azonban hamar egyértelművé válik, hogy mennyiségi jellegről van szó.

**Genetikai alapfogalmak ■ Egy gén, egy tulajdonság ■  
Nemhez kötött öröklődés ■ Változatok több génre ■ Az emberi  
öröklődés ■ Genetika a mindennapokban**

## A genetika évszázada

A genetika az öröklődés törvényszerűségeit kutató tudomány, amely vizsgálati módszereit tekintve alapvetően három nagy területre osztható. A klasszikus genetika azt vizsgálja, miként adódnak át az élőlények tulajdonságai a szülőkről az utódokra, egyik nemzedékről a másikra. A molekuláris genetika – melynek alapjait az előző fejezetben tárgyaltuk – az öröklődés biokémiai hátterét igyekszik felderíteni. Azoknak a molekuláknak a felépítését és működését vizsgálja, amelyeknek szerepük van az öröklődő információk tárolásában, átadásában és megnyilvánulásában. A populációgenetika pedig a népségek, más szóval populációk genetikai összetételének változását és a változás okait kutatja.

Apró emberke (homunculus) a hímivarsejt feji részében egy 18. századi ábrázoláson



Gregor Mendel (1822–1884)



Mendel emlékszobra Brnóban

### Tévutakon

Az emberek évezredek óta tudják, tapasztalják, hogy a szülők tulajdonságai megjelennek az utódokban, de a tulajdonságok öröklődésének törvényszerűségeit a 20. századig nem sikerült megfejteni. Az öröklődés természetére vonatkozóan két korabeli elgondolást érdemes felidézni. Egy, a 17–19. században elterjedt nézet (preformacionizmus) szerint az ivarsejtek valamelyikében előre megformált, apró emberke – homunculus – található, amely méhen belüli fejlődése során csupán növekszik. A „pángenezis” elméletét elsőként ókori görög filozófusok fogalmazták meg. Szerintük az ivarsejtekbe láthatatlanul apró darabokból álló testrészek áramlanak, és ezekből alakul ki az embrió. Érdekes tény, hogy a pángenezis elméletének egyik változata Charles Darwin nevéhez fűződik, aki evolúciós elméletét próbálta így módon megmagyarázni. Elképzelése szerint a különböző szervek által létrehozott apró részecskék, „csírácskák” (gemmulák) egyesülnek az ivarsejtekben, és keveredésükből alakul ki az embrió teste. Úgy vélte, hogy a csírácskák folyamatosan képződnek az egyedek élete során, de nem állandóak, tulajdonságaik változnak. A csírácskák folytonos változásában látta Darwin az egy fajba tartozó egyedek sokféleségének magyarázatát.

### A genetika atyja

Az öröklődés törvényszerűségeinek leírása *Gregor Mendel* osztrák tudós nevéhez fűződik. Korszakalkotó örökléstani felfedezéseiről a genetika atyjaként tiszteli az utókor. Ágoston-rendi szerzetesként a csehországi Brnóban szolgált, egy kolostorban végezte híres kísérleteit. A veteményborsó hét tulajdonságának öröklődését vizsgálta egymást követő nemzedékekben. Különböző tulajdonságokra (pl. virágszín, magháj, mag alakja, termés alakja) eltérő növényeket keresztezett egymással, és írta le a jellegek öröklődését. Kísérleteinek eredményeit matematikai-statisztikai módszerekkel elemezte. Munkájáról 1865-ben tartott előadást a Brnói Természetvizsgálók Egyesületének ülésén. Előadásának anyagát 1866-ban meg is jelentette egy tudományos folyóiratban *Kísérletek növényhibridekkel* címen. 8 éven át végzett igen alapos kutatásából arra következtetett, hogy a tulajdonságok öröklődéséért „faktorok” felelősek. A veteményborsó minden egyes tulajdonságra vonatkozóan 2-2 faktort tartalmaz, amelyek egy növényben lehetnek egyformák, de különbözőek is. A faktorok közül minden jellegre nézve csak 1-1 kerül be az ivarsejtekbe. A faktorok szétválása és kombinálódása az utódokban véletlenszerű. Mendel feltételezte,

hogy a különböző tulajdonságokat kialakító faktorok egymástól függetlenül öröklődnek.

A Mendel által faktoroknak nevezett egységeket nevezzük ma géneknek, utóbbiak változatait pedig alléloknak. Azt is tudjuk, hogy a meiózis során kerül minden faktorból (génből) 1-1 példány az ivarsejtekbe. Az utódokban az apai és az anyai eredetű gének kombinálódnak.

Mendel sajnos nem érthette meg azt az időt, amikor a tudomány művelői felismerték munkájának jelentőségét. 1868-ban a kolostor apátja lett, felhagyott a kutatással, és többé nem számolt be újabb tudományos eredményekről. 1900-ban három tudós is megismételte kísérleteit, és igazolta megállapításait.

## Muslicák a laborban

Azt, hogy a mendeli faktorok a kromoszómákon találhatóak, *Thomas Hunt Morgan* fedezte fel 1910-ben. Morgan a New York-i Columbia Egyetem állattani tanszékén dolgozott. Ecetmuslicákat (*Drosophila melanogaster*) tenyésztett, próbálta felderíteni a tulajdonságokat meghatározó gének anyagi összetételét. Az ecetmuslica szerencsés választásnak bizonyult a genetikai kísérletekhez. Egyetlen muslicapár a párzást követően nagyszámú, akár 100 utódot is létrehoz, a bábból kikelő rovarok alig 10 nap múlva már ivarérettek. Egyetlen év alatt akár 20-30 nemzedék vizsgálatára is lehetőség nyílik, nem kell egy egész évet várni az újabb nemzedékekre, mint például a borsó esetén. Az ecetmuslica tulajdonságai is változatosak (a szemszín, a testszín, a szem alakja, a szárny alakja stb.) és mikroszkópos vizsgálattal könnyen azonosíthatók. Így a keresztezési kísérletekben öröklődésük könnyen nyomon követhető. Az ecetmuslica szöveti sejtjeiben 4 pár jól megkülönböztethető kromoszóma található, köztük 1 pár ivari kromoszóma (nőstények XX, hímek XY).

A tudományos sikert az a fehér szemű hím ecetmuslica hozta, amelyet Morgan egyik nap felfedezett tenyészetében. Kíváncsi volt, hogyan öröklődik tovább ez a szokatlan tulajdonság a következő nemzedékekre. Kísérletei minden kétséget kizáróan arra a meglepő eredményre vezettek, hogy a szemszín kialakító gén az X ivari kromoszómán található. Ez azért is volt érdekes, mert Morgan korábban elvetette azt a lehetőséget, hogy az öröklődésért felelős gének a kromoszómákon lennének. Eredményei alapján Morgan megváltoztatta korábbi álláspontját, és megfogalmazta az öröklődés kromoszómaelméletét. Kimondta, hogy a gének a kromoszómákon helyezkednek el. Azt is megállapította, hogy egy kromoszómán nagyon sok gén található, és azok együttesen öröklődnek tovább, vagyis kapcsolódási csoportot alkotnak. Ezért az egy kromoszómán található gének nem egymástól függetlenül öröklődnek. Felfedezte, hogy a homológ kromoszómák egyes szakaszai az ivarsejtek képződésekor kicserélődnek, így a tulajdonságoknak olyan kombinációi jelennek meg az utódokban, amelyeket sem az apai, sem az anyai kromoszómák nem hordoztak. Bizonyította, hogy a sajátos apai és anyai jellegeket keverten tartalmazó, úgynevezett rekombináns utódok gyakoriságából következtetni lehet a vizsgált gének egymáshoz viszonyított helyzetére a kromoszómán, így az adatok felhasználhatók kromoszómatérképek készítésére. Morgan felfedezéseirért 1933-ban Nobel-díjban részesült.



Thomas Hunt Morgan (1866–1945)



Fehér szemű ecetmuslica



Vörös szemű ecetmuslica



- Genotípus – fenotípus
- Homozigóta – heterozigóta
- Az öröklődés változatossága

### Megtudhatod

Hogyan lehetséges, hogy egyes macskák bundája a fülük és a farkuk hegye felé fokozatosan sötétedik?

# 7.

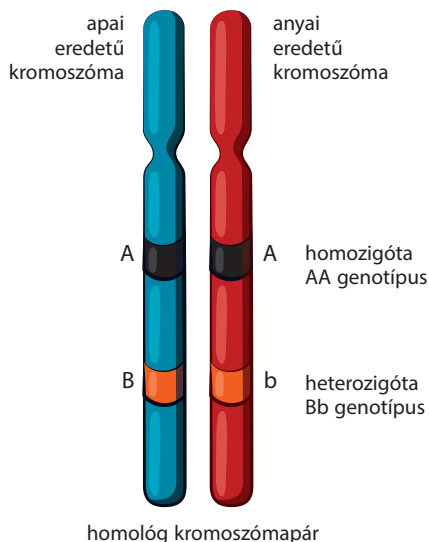
## Genetikai alapfogalmak

Ebben a fejezetben a **klasszikus genetika** eredményeivel, vizsgálati módszereivel ismerkedünk meg, de felfedjük az öröklődés alapvető törvényszerűségeinek molekuláris biológiai hátterét is. Az előző fejezetben megtudhattuk, hogy az élőlények tulajdonságait végső soron a sejtjeikben, a szervezetükben lejátszódó biokémiai átalakulások alakítják ki. Ezeket az átalakulásokat enzimek katalizálják, az enzimek aminosavsorrendjét pedig a gének, illetve azok eltérő bázissorrendű változatai, alléljai határozzák meg. A gének a kromoszómákon találhatóak, a kromoszómák a sejtosztódás során átkerülnek az utódsejtbe, ezért a gének és végső soron az általuk meghatározott tulajdonságok öröklődnek. Az egyes gének hatásának kifejeződését az élőlények tulajdonságaiban sokféle tényező, például a környezet is befolyásolja.

A klasszikus genetikai vizsgálatok célja annak felderítése, miként öröklődnek az élőlények különböző tulajdonságai egyik nemzedékről a másikra. Hány gén vesz részt kialakításukban; milyen kölcsönhatások érvényesülnek a gének alléljai között; milyen szerepe van a jellegek kialakulásában a környezetnek; stb.

### Genotípus – fenotípus

Az ivaros szaporodó élőlények teste egyetlen sejtéből, a megtermékenyítés során kialakuló zigótából indul fejlődésnek. Az **ivarsejtek haploidok**, kromoszómakészletük egyszeres. Az ivarsejtek összeolvadásával létrejövő zigótában megtalálhatók a petesejtéből származó anyai és a hímivarsejtéből származó apai eredetű kromoszómák. A **zigóta**, és a belőle kialakuló **szöveti sejtek** ezért **diploidok**. A zigóta kromoszómái tartalmazzák a szervezet felépítésére vonatkozó genetikai információt. Ez a génállomány jelenti az egyed **genotípusát**, amelynek összehangolt működése alakítja ki az élőlény megjelenési formáját, mérhető, megfigyelhető alaki és működési sajátosságait, más szóval **fenotípusát** (pl. szem- és hajszín, vércsoportok).



**1. Allélpárok egy diploid sejt homológ kromoszómáin.** Az A génre nézve az egyed sejtjei homozigóták, mivel homológ kromoszómáin egyforma allélok (A és A) vannak. A B génre nézve az egyed heterozigóta, mert a génnek különböző alléljait (B és b) tartalmazza

### Homozigóta – heterozigóta

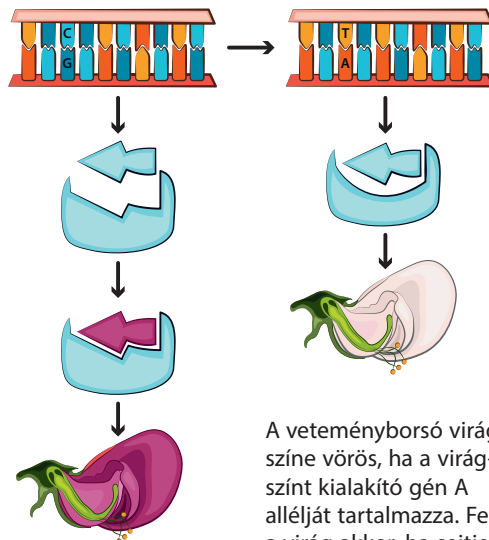
A diploid szervezetek szöveti sejtjeiben az egyes gének két példányban vannak jelen úgy, hogy egy-egy példány a homológ kromoszómák azonos részén helyezkedik el. Ugyanannak a génnek a példányait alléloknak nevezzük. A **homozigóta** egyedek sejtjei a vizsgált génre nézve azonos allélokat tartalmaznak. A **heterozigóta** egyedek sejtjeiben a vizsgált génre nézve két különböző allél található. A genetikai leírásokban a különböző géneket más-más betűvel jelöljük (pl. A, B, C, D), egy gén alléljait pedig ugyanannak a betűnek valamilyen módon megkülönböztetett változataival (pl.  $A_1 - A_2$  vagy  $A - a$ ) (1. ábra).

## Az öröklődés változatossága

A legegyszerűbb esetekben, ilyen például a veteményborsó virágszíne, a vizsgált tulajdonság kialakításában **egyetlen gén** alléljai vesznek részt. A veteményborsó virágszínét meghatározó génnek például két allélváltozata van. Az A allél által kódolt enzim felületén a szintelen előanyag megkötődik, és vörös festékanyaggá alakul. Az a allél által kódolt enzim a génben bekövetkezett mutáció miatt nem működőképes. A szintelen előanyag nem kötődik meg a felületén, ezért nem is alakul át (2. ábra).

Számos esetben **több gén együttműködése** alakítja ki a vizsgált jelleget (3. ábra). Ilyenkor fel kell deríteni, hogy a különböző gének és azok alléljai hogyan befolyásolják egymás hatását. Gyakran egyetlen gén több tulajdonság kialakulására is hat.

A fenotípus kialakulását nemcsak a genotípus határozza meg, a DNS információ tartalmának kifejeződésére a **környezetnek** is hatása van (4. ábra). A testméreteket (tömeg, magasság) például a genotípuson túl befolyásolja a táplálék mennyisége és minősége is, és az is közismert, hogy a sportolás növeli az izomtömeget.



2. A veteményborsó virágszíne.

A veteményborsó virágszíne vörös, ha a virágszín kialakító gén A allélját tartalmazza. Fehér a virág akkor, ha sejtjeiben csak az a allél található meg

**Új fogalmak** ■ genotípus ■ fenotípus ■ homozigóta ■ heterozigóta

### Megtanultam?

Az élőlények tulajdonságait meghatározó DNS-szakaszok a gének. A sejtekben található génállomány összessége adja az egyed **(1.)** A(z) **(2.)** szervezetek sejtjeiben a tulajdonságokat meghatározó gének 2-2 példányban vannak jelen. A(z) **(3.)** a vizsgált jellegre nézve egyforma, a(z) **(4.)** pedig különböző allélokat tartalmaznak. A gének összehangolt működése alakítja ki a(z) **(5.)**, vagyis az egyed megfigyelhető, kimutatható tulajdonságainak együttesét. A tulajdonságok egy részét egyetlen gén alléljai határozzák meg, míg más jellegek kialakításában több gén együttesen vesz részt. A gének hatásának kifejeződését gyakran befolyásolja a környezet.

### Kérdések, feladatok

- Határozd meg röviden a következő fogalmakat: genotípus, fenotípus, homozigóta, heterozigóta!
- Jellemezd a diploid szervezetek genetikai állományát!
- Add meg annak a diploid sejtnek a genotípusát, amely A génnel nézve heterozigóta, B génnel nézve homozigóta és C génnel nézve heterozigóta!
- Jellemezd annak az egyednek a genotípusát, amelyik ABCd genotípusú hímvarsejt és Abcd genotípusú petesejt egyesülésével jött létre! Hányféle genotípusú ivarsejt jöhet létre erre a 4 génnel nézve az egyed ivarszerveiben a meiózis során?



3. A dobermann szőrzetszínének kialakulása. A dobermann barna vagy fekete szőrzetszínét két gén alakítja ki. Az A gén által kódolt enzim (E<sub>1</sub>) szintelen előanyagból barna festékanyagot hoz létre, amit a B gén által kódolt enzim (E<sub>2</sub>) fekete pigmentté alakít



4. A környezet hatása. A sziámi macskák bundája születéskor egyszínű, füleik, mancsaik, orruk és farkuk sötét mintázata csak később alakul ki. Sejtjeikben a sötét festék képződéséért felelős enzim hőmérsékletre érzékeny, kb. 32 °C-on működőképes. Ezért a macskáknak csak az átlagnál (38 °C) alacsonyabb hőmérsékletű, könnyen lehűlő, kiálló testrészeiken képződik festék

**Keress rá!** ■ Himalája-nyúl



- Keresztezési kísérletek
- Domináns-recesszív öröklésmenet
- Tesztelő keresztezés
- Intermediér öröklésmenet
- Kodomináns öröklésmenet
- Allélikus kölcsönhatások

### Megtudhatod

Mivel magyarázható, hogy különböző növényfajoknál más eredményt hoz, ha piros és fehér virágú példányokat keresztezünk egymással?

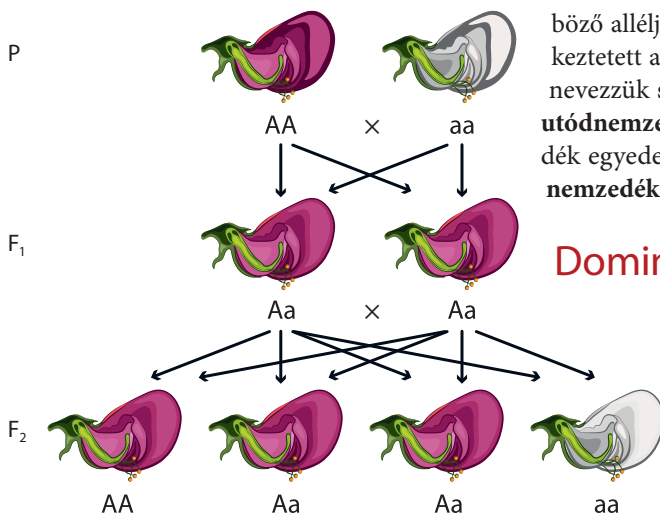
# 8. Egy gén, egy tulajdonság

**Vércsoportok** ■ A vörösvértestek sejtmembránjának külső felületén található molekulák, amelyek idegen szervezetbe jutva immunreakciót válthatnak ki (antigének).

Az öröklődés alapvető törvényszerűségeinek megismerését azokkal a tulajdonságokkal kezdjük, amelyek kialakításában egyetlen gén alléljai vesznek részt. Ezekben az esetekben a fenotípust az határozza meg, hogy az egyed sejtjeiben az adott génnek mely alléljai vannak jelen, és azok milyen kapcsolatban, kölcsönhatásban vannak egymással.

## Keresztezési kísérletek

A genetikai vizsgálatokban a kutatók a kérdéses tulajdonság öröklődésének tisztázására keresztezéseket végeznek. Az adott jellegre nézve eltérő tulajdonságú egyedeket szaporítanak egymással, és megfigyelik a jelleg alakulását a következő nemzedékekben. Gregor Mendel kísérleteiben a vizsgált jellegre nézve homozigóta egyedeket használt. Két eltérő származású, a gén két különböző alléljára homozigóta csoport (jelölése: AA és aa) keresztezéséből következő a kiválasztott jelleg öröklődésére. A keresztezések kiinduló egyedeit nevezzük **szülői nemzedéknek** (jelölése: P), leszármazottait pedig az **első utódnemzedéknek** vagy első hibridnemzedéknek (jelölése: F<sub>1</sub>). Az F<sub>1</sub> nemzedék egyedek egymás közötti keresztezéséből származnak a **második utódnemzedék**, második hibridnemzedék (jelölése: F<sub>2</sub>) tagjai.



## Domináns-recesszív öröklésmenet

Keresztezési kísérleteiben Mendel többek között a veteményborsó virágszínének öröklődését vizsgálta. Homozigóta bíbor virágú (AA), illetve homozigóta fehér virágú (aa) egyedeket keresztezett egymással. Az F<sub>1</sub> nemzedék valamennyi egyede bíbor virágot hozott. Az F<sub>1</sub> nemzedék egyedek között végrehajtott keresztezés az F<sub>2</sub> nemzedékben körülbelül háromszor annyi bíbor virágú utódot eredményezett, mint fehéret (1. ábra). Hogyan magyarázható ez az eredmény? A szülői nemzedék (P) tagjai az adott jellegre nézve homozigóták (AA, illetve aa), ezért haploid ivarsejtjeikbe csak egyféle allélt (A, illetve a) örökíthetnek. Így az F<sub>1</sub> nemzedék valamennyi egyede heterozigóta (Aa) lesz. Mivel virágaik egyöntetűen bíborszínűek, meg-

		Hímivarsejtek	
		♂ A	a
Petesejtek	♀ A	AA	Aa
	a	Aa	aa

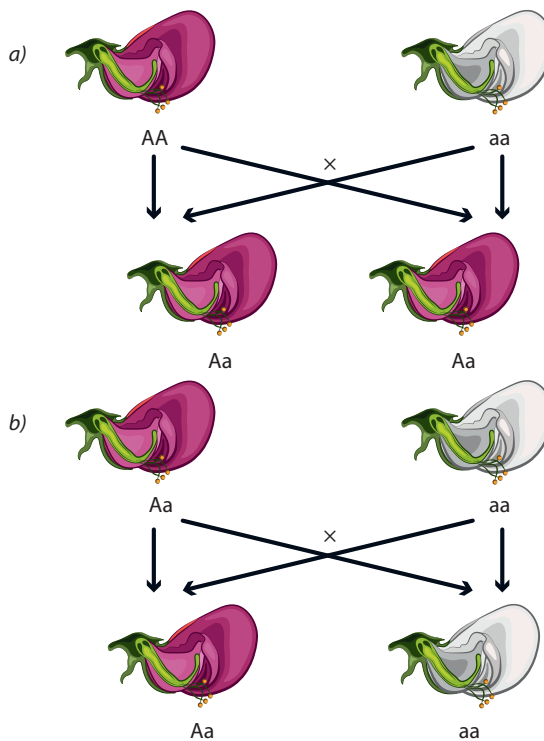
**1. Domináns-recesszív öröklésmenet.** A veteményborsó virágszínének öröklődése két nemzedéken keresztül. Az ún. Punett-táblázat áttekinthető formában mutatja az F<sub>1</sub> egyedek keresztezésének várható eredményét. A táblázat első sorában az F<sub>1</sub> nemzedék egyedek által termelt hímivarsejtek, első oszlopában a petesejtek lehetséges genotípusát tüntettük fel. A táblázat az ivarsejtek egyesülésével kialakuló diploid sejtek lehetséges genotípusát és az egyes genotípusok arányát szemlélteti

állapítható, hogy a bíbor virágszín kialakító allél (A) a heterozigótákban elnyomja a másik allél (a) hatását. A heterozigóta egyedek fenotípusát az uralkodó, más szóval a **domináns** allél határozza meg. A domináns allél jelenlétében a lappangó, **recesszív** allél hatása nem jut érvényre, rejtve marad. Az F<sub>1</sub> nemzedék heterozigóta egyedei ivarsejtjeikbe a meiózis révén 50-50%-ban örökítik a domináns, illetve a recesszív allélt. Ezért az F<sub>1</sub> egyedek egymás közti keresztezése 3:1 arányban bíbor és fehér virágú utódokat eredményez.

**Domináns-recesszív öröklődés** esetén tehát a homozigóta domináns és a heterozigóta egyedek fenotípusa megegyezik, így a három lehetséges genotípushoz (példánkban AA, Aa, aa) csak kétféle fenotípus (példánkban bíbor, illetve fehér virágszín) tartozik. A domináns allélt egyezményesen nagybetűvel, a recesszívet kisbetűvel jelölik.

## Tesztelő keresztezés

A virágszínre nézve hogyan lehet megállapítani, hogy az F<sub>2</sub> nemzedék bíbor virágú borsói közül melyik hetero- és melyik homozigóta? A megoldás viszonylag egyszerű: az ismeretlen genotípusú egyedeket homozigóta recesszív egyedekkel kell keresztezni. Ez az eljárás a **tesztelő keresztezés** (2. ábra). Ha a keresztezésből csak bíbor virágú



**2. A tesztelő keresztezés.** a) Ha a bíbor virágú egyed homozigóta (AA), akkor a tesztelő keresztezésből származó utódok mindegyike bíbor virágú. b) Heterozigóta (Aa) egyed esetén az utódok várhatóan 50-50%-ban bíbor és fehér virágúak

### Olvasmány

#### A mendeli kísérletek ■ Mendel

több szempontból is szerencsésen választotta ki keresztezési kísérleteihez a veteményborsót. Egyrészt azért, mert a veteményborsónak számos változata van, amelyek bizonyos tulajdonságaikban jól megkülönböztethetők egymástól. Mendel 7 tulajdonság öröklődését vizsgálta: a virág színe és elhelyezkedése; a mag színe és alakja; a termés színe és alakja; a növény termete. Másrészt a veteményborsó önbeporzással szaporítható, ami azt jelenti, hogy megporzáskor a bibére ugyanannak a virágnak a pollenjei kerülnek. Ennek magyarázata, hogy a megporzás többnyire még a virágszirmok kinyílása előtt bekövetkezik.

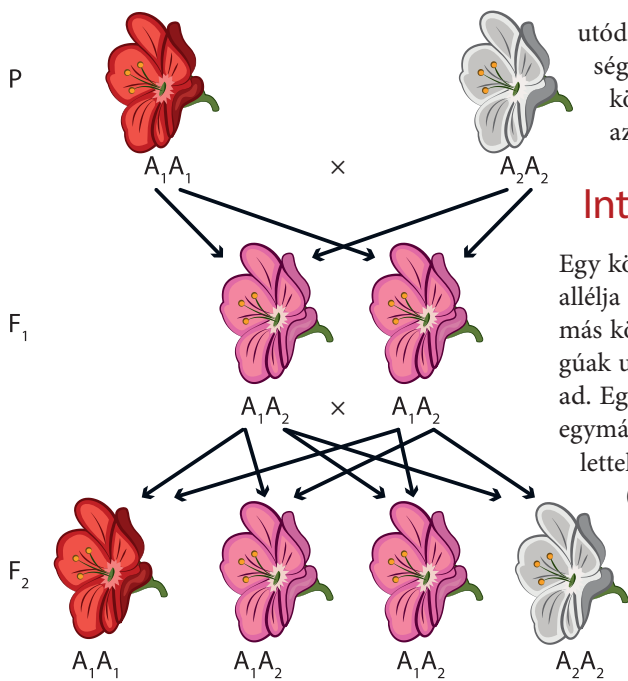
Keresztezési kísérletei előtt Mendel több nemzedéken keresztül önbeporzással szaporította növényeit, így állította elő a vizsgált jellegekre nézve homozigóta egyedeket (beltenyésztett, tiszta származéksorú). Amikor pedig ezeket az eltérő jellegű homozigóta egyedeket (szülői nemzedék) keresztezte egymással, kiküszöbölte az önbeporzást. Egyszerűen eltávolította a porzót azokból a virágokból, amelyekből magot akart nyerni, és ecsettel virágport kent a bibéjükre a másik genotípusú növény virágából. Végül a kifejlődött magokat elültette, és megvizsgálta az első utódnemzedék növényeit. A következő keresztezésben ismét önbeporzással szaporította az F<sub>1</sub> nemzedék egyedeit, így jutott az F<sub>2</sub> nemzedékhez. Kísérleteiben sok egyeddel dolgozott, így eredményeit a statisztikai valószínűség is igazolta, vagyis érvényesülhettek a nagy számok törvényei.

Mendel kísérleti eredményeiből, méréseiből vonta le azt a következtetést, hogy a tulajdonságok öröklődéséért „faktorok” felelősek. Az egyes tulajdonságokra vonatkozóan minden egyed 2-2 faktort tartalmaz, amelyek az ivarsejtben véletlenszerűen szétválnak, és az utódokban kombinálódnak.

A keresztezési kísérletek leírásában használatos P jelölés a latin *parentes* (szülők) szó kezdőbetűje, az F jelzés pedig a latin *filialis* (gyermek) kezdőbetűje.

		Aa			
P	AA 25%	Aa 50%			aa 25%
F <sub>1</sub>	AA 25%	AA 12,5%	Aa 25%	aa 12,5%	aa 25%
F <sub>2</sub>	AA 37,5%	AA 6,25%	Aa 12,5%	aa 6,25%	aa 37,5%
F <sub>3</sub>	AA 43,75%	AA 3,125%	Aa 6,25%	aa 3,125%	aa 43,75%
F <sub>4</sub>	AA 46,875%	AA 1,562%	Aa 3,125%	aa 1,562%	aa 46,875%

**A homo- és heterozigóta egyedek arányának alakulása öntermékenyítő populációban.** A kiindulási egyedek 100%-a heterozigóta (Aa)



		Hímivarsejtek	
		♂ A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
Petesejtek	♀ A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>
	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>

### 3. Az intermedier öröklésmenet.

A könnyebb áttekinthetőség kedvéért az F<sub>2</sub> nemzedékben az ivarsejtek és az összeolvadásukkal kialakuló diploid sejtek genotípusát táblázatban is feltüntettük. A táblázatból a lehetséges geno- és fenotípusok mellett kiolvasható azok aránya is

utódok származnak, akkor az ismeretlen genotípusú egyed nagy valószínűséggel homozigóta domináns (AA) volt. Ha a tesztelő keresztezés megközelítőleg 50-50% bíbor, illetve fehér virágú utódot eredményez, akkor az ismeretlen genotípusú egyed heterozigóta (Aa) lehetett.

## Intermedier öröklésmenet

Egy közismert kerti dísznövény, a csodatölcsér virágszínét egyetlen gén két alléja (A<sub>1</sub> és A<sub>2</sub>) alakítja ki. A piros virágú egyedek homozigóták (A<sub>1</sub>A<sub>1</sub>), egymás közti keresztezésükből csupa piros virágú utód származik. A fehér virágúak ugyancsak homozigóták (A<sub>2</sub>A<sub>2</sub>), keresztezésük csak fehér virágú utódot ad. Egy genetikai vizsgálatban piros és fehér virágú egyedeket kereszteztek egymással. Az első utódnemzedék valamennyi egyedének virágai rózsaszínűek lettek. A szülői nemzedék (P) homozigóta piros (A<sub>1</sub>A<sub>1</sub>) és homozigóta fehér (A<sub>2</sub>A<sub>2</sub>) virágú egyedei a virágszínre nézve csak egyféle allélt örökíthetnek. A piros virágú egyedek haploid ivarsejtjeibe csak A<sub>1</sub>, a fehér virágúakéba csak A<sub>2</sub> allél kerülhet. Így az F<sub>1</sub> nemzedék valamennyi egyede heterozigóta (A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>) lesz. A heterozigóták virágszíne átmenetet mutat a szülői fenotípusok között. A két allél gyengíti egymás hatását, így a heterozigóták köztes, ún. **intermedier** fenotípusúak. Az F<sub>1</sub> egyedek haploid ivarsejtjeibe 50-50% valószínűséggel az A<sub>1</sub> vagy az A<sub>2</sub> allél kerülhet. Az ivarsejtek egyesülésével az F<sub>2</sub> utódnemzedékben a piros, a rózsaszín és a fehér virágú utódok aránya rendre 1:2:1 (3. ábra).

A fentiekben vázolt **intermedier (köztes) öröklésmenetben** a három különböző genotípus három eltérő fenotípust alakít ki, így az egyedek fenotípusából egyértelműen következtetni lehet a genotípusra.

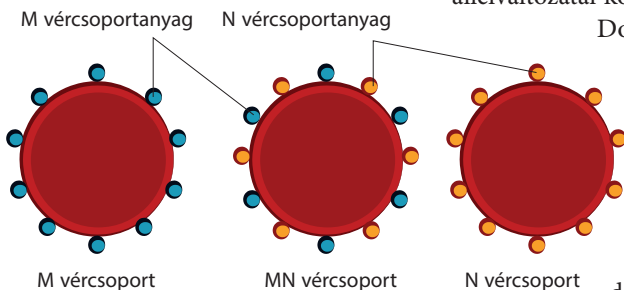
## Kodomináns öröklésmenet

Az emberi népségek genetikai állományának vizsgálatához fontos információkkal szolgálhat a vércsoportok meghatározása. Az ún. MN vércsoportrendszerben az emberek genotípusa háromféle lehet. Az L<sup>M</sup>L<sup>M</sup> homozigótákban M jelű vércsoportanyag, az L<sup>N</sup>L<sup>N</sup> homozigótákban pedig N jelű vércsoportanyag található a vörösvértestek sejtthártyájában. Az L<sup>M</sup>L<sup>N</sup> heterozigóták vörösvértestein pedig mind az M, mind az N jelű anyag kimutatható (4. ábra). A heterozigóta egyénekben tehát a gén mindkét alléljának hatása teljes egészében érvényre jut a fenotípusban. Ez a jelenség a **kodominancia** (egyenlő megnyilvánulási erély). Az MN vércsoportnak nincs jelentősége a vérátömlesztésben. Az emberi népségek genetikai vizsgálatára alkalmas.

## Allélikus kölcsönhatások

Áttekinthető az eddig vizsgált öröklésmeneteket, megállapíthatjuk, hogy egy gén allélváltozatai között háromféle kölcsönhatás ismert.

Domináns-recesszív allélikus kölcsönhatás, más néven **teljes dominancia** esetén a domináns allél által kódolt enzim nagy aktivitású, jelenlétében jelentős mennyiségű festékanyag képződik a virágszirmok sejtjeiben. A festékanyag koncentrációja a homozigóta domináns és a heterozigóta egyedek szirmaiban csaknem megegyezik. A homozigóta domináns és heterozigóta egyedek virágszínében ezért nincs látható különbség. A homozigóta recesszív (aa) egyedekben a recesszív allél által kódolt enzim nem működőképes, ezért szirmaikban nem képződik festékanyag.



4. Az MN vércsoportrendszer



Intermedier öröklődés esetén a heterozigóta egyedek sejtjeiben a vizsgált gén két allélja között **részleges dominancia** figyelhető meg. A csodatölcsér esetében az  $A_1$  allél által kódolt enzim aktivitása csekélyebb mértékű, az  $A_2$  allél által kódolt enzim pedig nem működőképes. Ezért a heterozigóta ( $A_1A_2$ ) egyedek virágaiban az enzim csak a rózsaszín árnyalat létrehozásához szükséges festékanyag termeléséhez elégséges, és nem elegendő piros színű virágok kialakításához. A rózsaszínű virágokban a festékanyag lényegesen kisebb koncentrációban van jelen, mint a homozigóta ( $A_1A_1$ ) piros virágúakban. Biokémiai vizsgálattal kimutatható, hogy mind a részleges, mind a teljes dominancia esetében a heterozigóta egyedek sejtjeiben kb. 50-50% a működőképes és a nem működőképes enzimek koncentrációja.

**Kodominancia** esetén a heterozigóta egyedekben mind a két allél hatása egyformán érvényre jut a fenotípusban, ezért az ilyen egyedek mindkét fenotípust azonos mértékben mutatják.

**Új fogalmak** ■ szülői nemzedék ■ utódnemzedék ■ hibridnemzedék  
 ■ domináns jelleg ■ recesszív jelleg ■ domináns-recesszív öröklésment  
 ■ intermedier öröklésment ■ kodominancia ■ teljes dominancia  
 ■ részleges dominancia

### Megtanultam?

Bizonyos tulajdonságokat egyetlen gén **(1.)** alakítanak ki. Egy jelleg öröklődésének vizsgálatakor eltérő származású **(2.)** egyedeket kereszteznek egymással. Domináns-recesszív öröklődés esetén az  $F_1$  nemzedék heterozigóta egyedei **(3.)** fenotípusúak, az  $F_2$  nemzedékben 3:1 a(z) **(3.)** és a(z) **(4.)** fenotípusú egyedek aránya. Ha egy jellegre **(5.)** öröklődés jellemző, akkor az  $F_1$  heterozigóta egyedei átmeneti fenotípusúak, és az  $F_2$  nemzedékben 1:2:1 a különböző fenotípusú egyedek aránya. A(z) **(6.)** egyes emberi vércsoportok (pl. MN vércsoportrendszer) öröklődésére jellemző, ilyenkor a heterozigóta egyedekben mindkét allél által meghatározott jelleg megjelenik a fenotípusban.

### Kérdések, feladatok

- Határozd meg a következő fogalmakat!
  - intermedier öröklődés
  - domináns jelleg
  - kodominancia
- Egy génnek két allélja van, amelyek között teljes dominancia áll fenn. Hány különböző geno-, illetve fenotípusú egyed van a vizsgált jellegre nézve?
- Mendel egyik keresztezési kísérletében zöld magvú és sárga magvú, a vizsgált jellegre homozigóta borsónövényeket keresztezett egymással. Az  $F_1$  nemzedék valamennyi egyede sárga magvú lett. Az  $F_2$  nemzedék terméseiben 2001 sárga és 705 zöld magvú borsószemét számolt. Melyik öröklésment jellemző a vizsgált jelleg esetében? Válaszodat a kísérlet eredményeivel indokold! Írd fel a keresztezésekben szereplő egyedek (szülők és utódok) genotípusát!
- Homozigóta fekete és homozigóta fehér tollazatú tyúkokat kereszteztek egymással. Az  $F_1$  nemzedék valamennyi egyedének szürkés-kék árnyalatú lett a tollazata. Melyik allélikus kölcsönhatás érvényesül a tollazat színének öröklődésében? Milyen geno- és fenotípusú egyedek várhatók az  $F_1$  nemzedék egyedeinek egymás közti keresztezéséből az  $F_2$  nemzedékben?
- Két MN vércsoportú ember házasságából milyen geno- és fenotípusú gyermekek születése várható az MN vércsoportra nézve, és mekkora valószínűséggel?
- Egy paradicsomfajta termésszíne piros és sárga lehet. A piros színt kialakító allél domináns a sárga színt meghatározó alléllal szemben. Tervezz keresztezési kísérletet annak eldöntésére, hogy egy piros termést hozó paradicsom homozigóta vagy heterozigóta-e a termésszínt kialakító génre!



**5. Mendel kísérleteiben vizsgálta a borsó maghéjának jellemzőit is. A sima maghéj domináns, a ráncos recesszív jelleg**

### Olvasmány

**A rózsaszín virágú csodatölcsér** ■ Azt gondolnánk, hogy az allélikus kölcsönhatás típusának azonosítása egyszerű dolog egy jelleg öröklődésében, hiszen csak a fenotípusokat kell megvizsgálunk, és máris megvan az eredmény. A csodatölcsér rózsaszínű virágszirmait mikroszkóppal vizsgálva kétféle színtest figyelhető meg a sejtokban: piros és fehér. A virágszirmok színe alapján az allélikus kölcsönhatás részleges dominancia, a mikroszkópos vizsgálat alapján pedig kodominancia. A klasszikus genetikai leírásokban a szabad szemmel, egyszerű mérőeszközökkel megfigyelhető sajátságok szintjén értelmezzük a fenotípust.





- Az ivarmeghatározás
- X-kromoszómához kötött öröklődés ecetmuslicánál
- Szintévesztés és vérzékenység



**1. Az ember ivari kromoszómái.**  
Az ember X-kromoszómája jóval nagyobb méretű, mint az Y-kromoszóma. Az X-kromoszómán a nemi sajátosságokat meghatározó géneken kívül több létfontosságú gén is található. Az Y-kromoszóma génei elsősorban a here, vagyis a férfi ivari jelleg kialakításában játszanak szerepet

### Megtudhatod

Miért gyakoribb a vörös-zöld szintévesztés a férfiak, mint a nők körében?

# 9.

## Nemhez kötött öröklődés

**Véralvadás** ■ Az a folyamat, amikor a folyékony vérplazma kocsonyás állagúvá válik és lezárja a sérült érfalat, ezzel megakadályozva, hogy a vér elfolyjon az érhálózatból. A reakciósorozat a vérplazmában zajlik enzimek (véralvadási faktorok) hatására.

A tulajdonságok közül eddig csak olyanokkal foglalkoztunk, amelyek a vizsgált egyedek nemétől, ivarától függetlenül öröklődnek. Számos olyan jelleget ismerünk azonban, amelynek öröklődése valamilyen módon kötődik az egyedek neméhez. Az ilyen sajátosságok öröklődésének jellegzetességeit vesszük közelebbről szemügyre ebben a leckében.

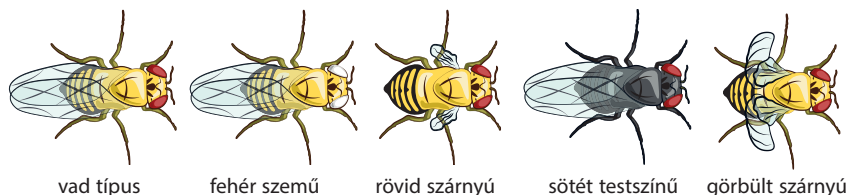
### Az ivarmeghatározás

Az eukarióta élőlényekben az ivar a génállományban meghatározott, öröklődő sajátosság. A növények ivarát általában egy vagy két gén alakítja ki. A legtöbb állat és néhány növény diploid sejtjeiben két ivari kromoszóma van a többi, úgynevezett **testi kromoszómák** mellett. Az **ivari kromoszómák** felelősek – több más tulajdonság mellett – az ivari jellegek kialakulásáért. Az emlősökben és sok más állatcsoportban a hím egyedek diploid sejtjei két különböző (X és Y), a nőivarúaké két hasonló (XX) ivari kromoszómát tartalmaznak. Egyes csoportokban, például a hüllőkben és a madarakban éppen fordítva van: a nőstényekre jellemzők az XY, a hímekre pedig az XX ivari kromoszómák.

Az X és az Y ivari kromoszómák nem homológok, hiszen alakjuk és információtartalmuk is eltérő, azaz különböző tulajdonságokra vonatkozó génsorozatokból épülnek fel (1. ábra). Az XY genotípusú egyedek szöveti sejtjeiben az ivari kromoszómákon található génekből ezért csak egy-egy példány van, míg az XX genotípusúakban kettő-kettő. Emiatt az ivari kromoszómához kötődő jellegek öröklődése a két nemből eltér egymástól.

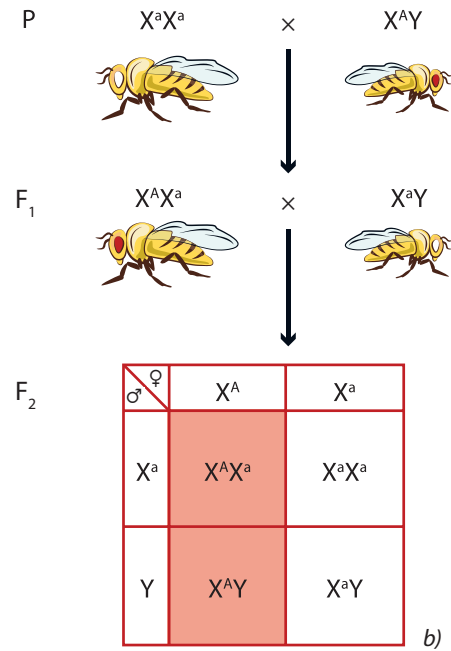
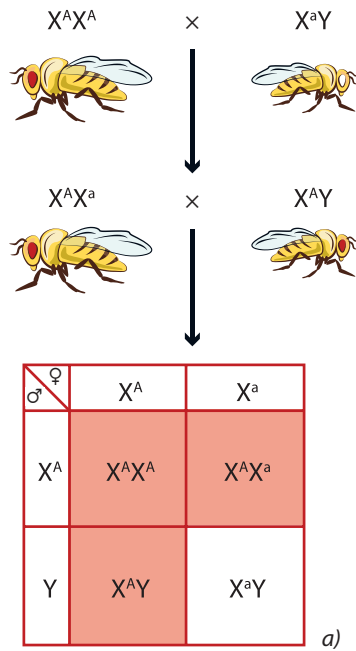
### X-kromoszómához kötött öröklődés ecetmuslicánál

A genetikai kísérletek kedvelt alanya az ecetmuslica, mivel könnyen tenyésztethető és nagyszámú, mutációval kialakult változata van (2. ábra).



**2. Az ecetmuslica normál („vad”) és mutáns változatai**

A nőtények XX, a hímek XY ivari kromoszómájúak. A szemszín meghatározó gének egyike az X ivari kromoszómán található. A normális (a leggyakoribb, ún. „vad”) vörös szemszín kialakító allél ( $X^A$ ) domináns, a fehér szemszín meghatározó alléllal ( $X^a$ ) szemben. Ha vörös szemű homozigóta nőtényeket ( $X^A X^A$ ) és fehér szemű hímeket ( $X^a Y$ ) kereszteznek egymással, akkor az  $F_1$  nemzedék valamennyi egyede vörös szemszínű (50%  $X^A X^a$  nőtény, 50%  $X^A Y$  hím) lesz. Az  $F_1$  egyedek egymás közti keresztezése az  $F_2$  nemzedékben 3:1 arányban vörös (25%  $X^A X^A$ , 25%  $X^A X^a$ , 25%  $X^A Y$ ) és fehér szemű (25%  $X^a Y$ ) utódokat eredményez, de a fehér szem szín csak a hímekben jelenik meg (3. ábra).



**3. Vörös és fehér szemű ecetmuslicák keresztezése.**

a) A szülői nemzedékben a nőtény homozigóta vörös szemű, a hím fehér szemű. Az  $F_2$  nemzedékben az utódok fenotípusos aránya látszólag megfelel a domináns-recesszív öröklésmentre jellemzőnek (3:1), de a recesszív fenotípusú, fehér szemű egyedek kizárólag hímek.  
 b) A szülői nemzedékben a nőtény homozigóta fehér szemű, a hím vörös szemű. Az  $F_1$  nemzedék egyedei nem egyformák, az  $F_2$  nemzedékben 1:1 a vörös és a fehér szemű egyedek aránya.

**Szintévesztés és vérzékenység**

Az emberben az X ivari kromoszómán a női ivarszerveket, a másodlagos nemi jellegek kialakulását szabályozó géneken kívül számos létfontosságú gén is található. Már az ókorban felfigyeltek arra, hogy egyes tulajdonságok, betegségek férfiakban sokkal gyakoribbak, mint nőkben. Ilyen tulajdonság többek között a **vörös-zöld szintévesztés**, melynek hátterében az X ivari kromoszóma színlátásért felelős génjei egyikének mutációja áll. A jellegre nézve a férfiak genotípusa kétféle lehet. A mutáns, recesszív allélt hordozó férfiak ( $X^a Y$ ) szintévesztők, míg a domináns allélt hordozók ( $X^A Y$ ) normál látásúak. A nők genotípusa háromféle lehet:  $X^A X^A$ ,  $X^A X^a$ ,  $X^a X^a$ . A nők csak akkor szintévesztők, ha homozigóták a recesszív allélra. A heterozigóta nők normál látásúak, de fiúgyermekük 50% valószínűséggel lehet szintévesztő (4. ábra).

Az X-kromoszómán található több, a véralvadásban szerepet játszó fehérjét (véralvadási faktort) kódoló gén. Ezeknek a géneknek is vannak olyan mutáns alléljaik, amelyek enzimterméke nem működőképes. Működőképes véralvadási faktor hiányában a betegek vérzékenyek, azaz vérük nem alvad meg. A **vérzékenység** egyik típusát (hemofília A) az egyik gén recesszív allélja okozza. Az allélpár hiánya miatt a jelleg sokkal gyakoribban jelenik meg férfiakban (5. ábra).

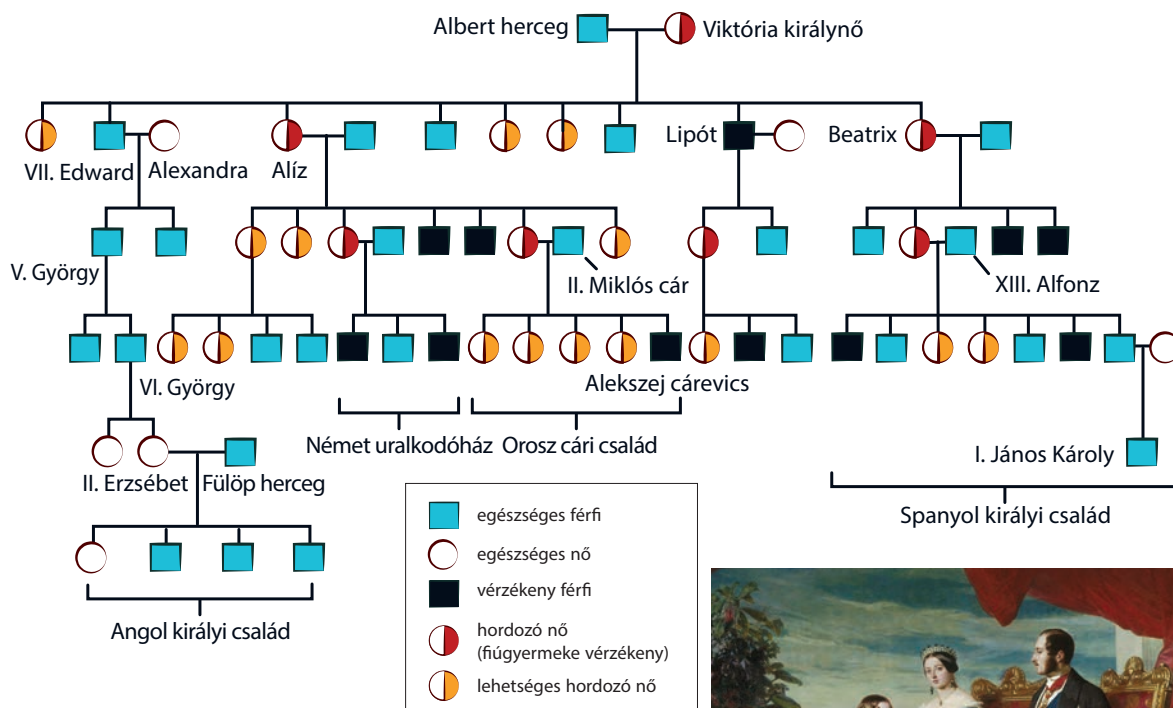
$\sigma^{\circ}$ ♀	$X^A$	$X^a$
$X^a$	$X^A X^a$ normál	$X^a X^a$ szintévesztő
Y	$X^A Y$ normál	$X^a Y$ szintévesztő

a) Normál látású, hordozó nő ( $X^A X^a$ ) és szintévesztő férfi ( $X^a Y$ ) gyermekeinek lehetséges genotípusa

$\sigma^{\circ}$ ♀	$X^A$	$X^a$
$X^A$	$X^A X^A$ normál	$X^A X^a$ normál
Y	$X^A Y$ normál	$X^a Y$ szintévesztő

b) Normál látású, hordozó nő ( $X^A X^a$ ) és normál látású férfi ( $X^A Y$ ) gyermekeinek lehetséges genotípusa

**4. A szintévesztés öröklődése.** Heterozigóta (hordozó) anyának a fiúgyermekei 50% valószínűséggel szintévesztők, függetlenül attól, hogy az apa szintévesztő (a) vagy normál látású (b)



**5. A vérékenység öröklődése.** A családfa Viktória angol királynő (1819–1901) leszármazottait ábrázolja. A királynő hordozó volt a vérékenységre (hemofília A) nézve. 9 gyermeke közül egyik fia vérékeny volt, lányai közül ketten egészen biztosan hordozták a recesszív allélt, mert voltak vérékeny fűgyermekük. A királyi családfán jól látható, hogy a recesszív allél hatása nőkben nem nyilvánul meg. A hordozó nők 50% valószínűséggel öröklítik recesszív alléljukat gyermekeikre. Az egészséges férfiaknak nem lehet vérékeny leánygyermekük, fiaik is csak anyai ágon öröklöthetik a jelleget



**Új fogalmak** ■ vörös-zöld szintézis ■ vérékenység

**Keress rá!** ■ ivari kromatinrög ■ Alekszej cárevis

### Megtanultam?

A tulajdonságok egy része az egyedek neméhez kötötten öröklődik. Az eukarióta egyedek jelentős részében az ivar kialakításában a(z) **..(1)..** található gének vesznek részt. Gyakori, hogy a két nemben eltérőek ezek a kromoszómák. Az emlősök nőivarú egyedei **..(2)..**, hímivarú egyedei XY **..(1)..** tartalmaznak. Az X- és Y-kromoszómák nem **..(3)..**, eltérő génsorozatokat tartalmaznak. Emiatt a hímelekben az X- és Y-kromoszómákon található gének csak egy-egy példányban vannak jelen. A két nemben a(z) **..(1)..** kötött jellegek nem egyforma gyakorisággal jelennek meg. Az emberi tulajdonságok közül X-kromoszómához kötötten öröklődő, **..(4)..** jelleg a vérékenység és a vörös-zöld szintézis.

### Kérdések, feladatok

- Mit nevezünk ivari kromoszómának?
- Milyen ivari kromoszómái vannak az emlősöknek?
- Miben tér el egymástól az emlősök és a madarak ivar-meghatározása?
- Egy házaspár gyermeket vár. Mekkora a valószínűsége annak, hogy a születendő gyermek lány lesz?
- Ismeretlen genotípusú ecetmuslicákkal végzett keresztezésben 50-50% arányban kaptak fehér és vörös szemszínű utódokat. Milyen lehetett a szülők geno- és fenotípusa? (A feladatnak több helyes megoldása van.)
- Péter és Zsófi testvérek. Mindketten szintézisűek. Milyen fenotípusúak lehetnek a szülei? (A feladatnak több helyes megoldása van.)

### Megtudhatod

Lehetséges-e, hogy két alacsony termetű ember gyermeke magasra nőjön?

# 10. Változatok több génre

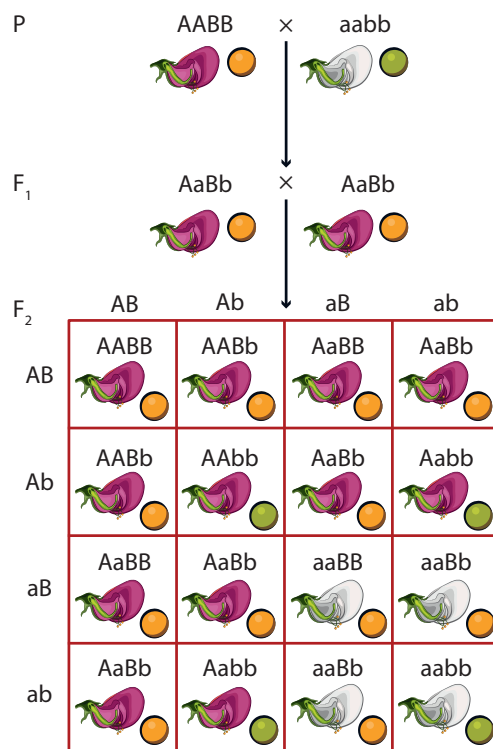
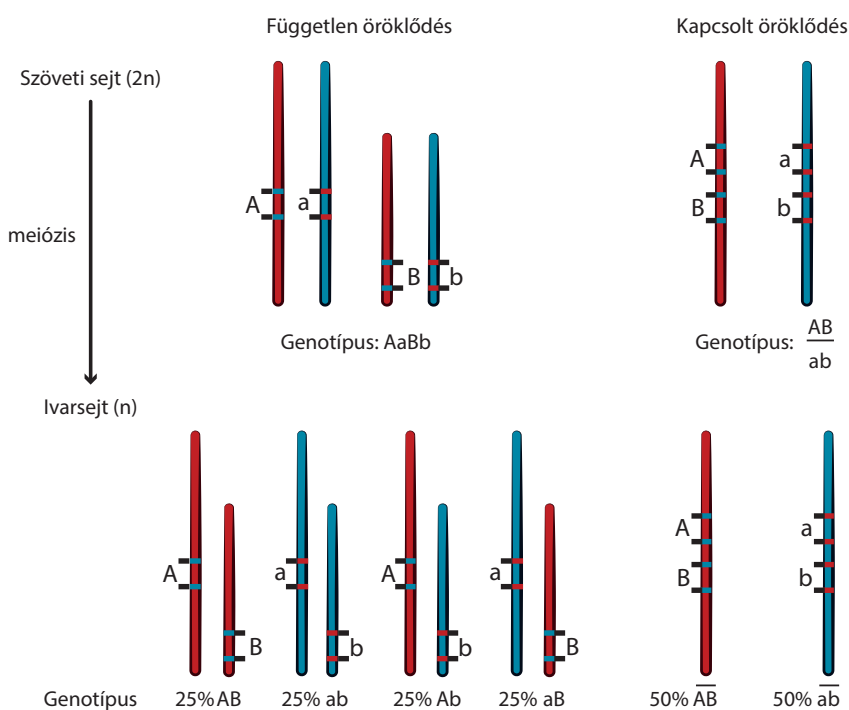
Ha nem csak egy gén, illetve alléljainak kölcsönhatását, az általuk meghatározott jellegek öröklődését vizsgáljuk, akkor nagyon nagy változatosságot tapasztalunk a tulajdonságok nemzedékről nemzedékre történő átadásában. Mi jellemző két tulajdonság együttes öröklődésére? Miként határozhat meg több gén egyetlen tulajdonságot? Hogyan befolyásolja a környezet a tulajdonságok kialakulását? Ezekre a kérdésekre keressük a választ ebben a leckében.

## Független és kapcsolt öröklődés

Ha két tulajdonság együttes öröklődését vizsgáljuk, akkor alapvetően két eset lehetséges. Amennyiben a vizsgált jellegeket kialakító gének különböző kromoszómákon vannak, akkor a két tulajdonság egymástól függetlenül öröklődik. Az ivarsejtekben véletlenszerűen kombinálódnak az apai és az anyai eredetű allélok (lásd 5. lecke, 7. ábra). Nem ez a helyzet, ha a két gén ugyanazon a kromoszómán van, vagyis egy **kapcsolódási csoportba** tartozik. Ez esetben a két jelleg nem függetlenül, hanem kapcsoltan öröklődik. Az apai és az anyai eredetű allélok az allélcserélődés gyakoriságától függően rekombináálódnak az ivarsejtekben (1. ábra).



- Független és kapcsolt öröklődés
- Két tulajdonság független öröklődése
- Minőségi és mennyiségi jellegek
- A mennyiségi jellegek öröklődése
- A gének és a környezet kölcsönhatása



**2. A veteményborsó virág- és magszínének öröklődése.** ■ A táblázat segítségével add meg a mindkét jellegre homozigóta, illetve a mindkét jellegre heterozigóta utódok várható arányát az F<sub>2</sub> nemzedékben!

**1. Független és kapcsolt öröklődés.** Mindkét génre nézve heterozigóta egyedekben független öröklődés esetén 25-25% valószínűséggel 4-féle ivarsejt képződhet a meiózis során. Kapcsolt öröklődés esetén, ha nem történik allélcserélődés, akkor csak kétféle ivarsejt képződhet 50-50% valószínűséggel

## Olvasmány

### Mendel-törvények ■ Kísérleteinek

eredményei alapján Mendel általános következtetéseket vont le az öröklődés törvényszerűségeire vonatkozóan. Ezeket a megállapításokat – emléke előtt tisztelgve – évtizedekkel később nevezték el Mendel-törvényeknek. Az uniformitás törvénye kimondja, hogy eltérő jellegű homozigóta szülők keresztezéséből származó első hibrid-nemzedék ( $F_1$ ) valamennyi egyede egyforma. A hasadás (szegregáció) törvénye szerint az  $F_1$  egyedeket egymás közt keresztezve az  $F_2$  nemzedékben ismét megjelennek a szülői tulajdonságok. A szabad kombinálódás törvénye kimondja, hogy az egyes tulajdonságok egymástól függetlenül öröklődnek.

Ma már tudjuk, hogy a Mendel-törvények csak korlátozottan, bizonyos megkötésekkel érvényesek. A szabad kombinálódás törvénye csak akkor igaz, ha a vizsgált jelleg különböző kromoszómákon helyezkednek el. Az uniformitás törvénye korlátozottan érvényes az ivari kromoszómához kötött jelleg öröklődésében. Ugyancsak eltérő eredményeket kapunk azokban az esetekben, amikor nem egy, hanem több gén alakítja ki a vizsgált tulajdonságot.

## Két tulajdonság független öröklődése

Mendel a veteményborsó több tulajdonságának együttes öröklődését is vizsgálta, többek között a virág és a maghéj színének alakulását. Egy keresztezési kísérletben homozigóta, bíbor virágú (AA) és sárga magvú (BB) egyedeket keresztezett ugyancsak homozigóta, fehér virágú (aa) és zöld magvú (bb) egyedekkel. Az első utódnemzedék ( $F_1$ ) valamennyi egyede bíbor virágú és sárga magvú lett. Az  $F_1$  nemzedék egyedeinek egymás közti keresztezéséből származó  $F_2$  nemzedékben a következő arányt kapta: 9/16 rész bíbor virágú, sárga magvú, 3/16 rész bíbor virágú, zöld magvú, 3/16 rész fehér virágú, sárga magvú és 1/16 rész fehér virágú, zöld magvú utód (2. ábra, lásd az előző oldalon).

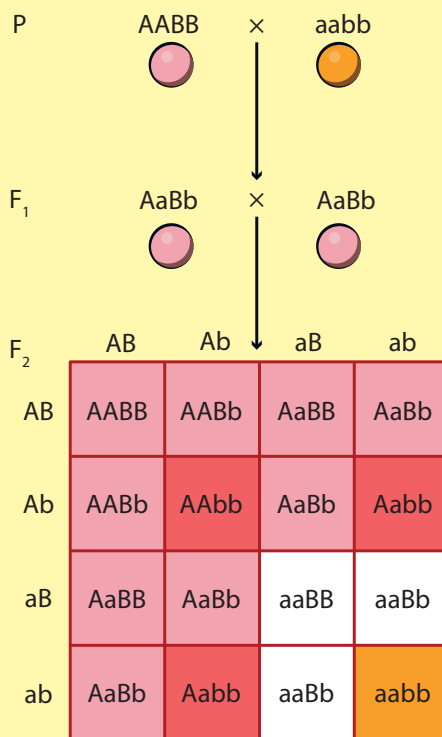
A kísérlet eredményei alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy mindkét jelleg domináns-recesszív módon öröklődik. A szülői nemzedék bíbor virágú és sárga magvú (AABB) egyedeinek haploid ivarsejtjei AB genotípusúak lehetnek, míg a fehér virágú, zöld magvú

## Olvasmány

### Két gén – egy tulajdonság ■ A bevezetőben említettük, hogy egyes tulajdonságok kialakításában nemcsak egy, hanem több gén is közreműködhet. Vizsgáljunk meg közelebbről erre vonatkozóan is egy példát!

Egy genetikai kísérletben a nyári viola virágszínének öröklődését vizsgálták. Homozigóta rózsaszín virágú egyedeket kereszteztek ugyancsak homozigóta sárga virágú növényekkel. Az  $F_1$  nemzedékben kizárólag rózsaszín virágú utódokat kaptak. Az  $F_1$  egyedek egymás közti keresztezése azonban meglepő eredményt hozott. Az  $F_2$  nemzedékben a szülői fenotípusok mellett megjelentek lazacszínű és fehér virágú egyedek is. Ez azt jelenti, hogy a jelleget nem örökítheti egy gén két allélja, hiszen abban az esetben legfeljebb 3 fenotípus alakulhat ki (intermedier kölcsönhatást feltételezve). Az  $F_2$  nemzedékben 9:3:3:1 volt a rózsaszín, a lazac, a fehér és a sárga virágú egyedek aránya, ami megfelel a kétgénes független öröklődésben tapasztalt hasadási aránynak. A rózsaszín virágúak mindkét génre homozigóta dominánsak (AABB), a sárga virágúak pedig mindkét génre homozigóta recesszívek (aabb). Az AAbb és Aabb genotípusú egyedek virágai lazacszínűek, az aaBB és aaBb genotípusúaké pedig fehérek.

Amikor egy jelleg kialakításában több gén is közreműködik, akkor az allélikus kölcsönhatásokon kívül figyelembe kell venni a gének közötti kölcsönhatást is.



### A nyári viola virágszínének öröklődése.

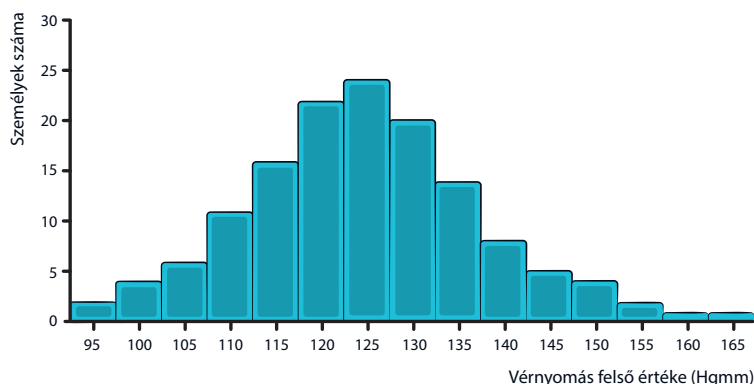
■ Milyen utódok és milyen arányban várhatók homozigóta lazacszínű és homozigóta fehér virágú egyedek keresztezéséből az  $F_1$  és az  $F_2$  nemzedékben?

(aabb) egyedekben ab genotípusú ivarsejtek képződhetnek. Az F<sub>1</sub> nemzedék egyedei e kétféle ivarsejt egyesülésével jönnek létre. Genotípusuk szerint tehát mindkét jellegre nézve heterozigóták (AaBb). Fenotípusukból pedig arra következtethetünk, hogy a bíbor virágszín, illetve a sárga maghéj a domináns jelleg. A heterozigóta egyedekben független öröklődés esetén – a homológ kromoszómák véletlenszerű kombinálódásának megfelelően – négyféle ivarsejt (AB, Ab, aB, ab) képződhet 25-25%-os arányban. Ezek egyesülésével az F<sub>2</sub> nemzedékben négyféle fenotípus alakulhat ki 9:3:3:1 arányban.

## Minőségi és mennyiségi jellegek

Mindeddig olyan jellegek öröklődésével foglalkoztunk, amelyek alapján a vizsgált egyedeket egyértelműen be lehetett sorolni egy-egy jól elkülöníthető kategóriába. Ilyen jelleg többek között a virág színe (pl. bíbor vagy fehér), a mag színe (sárga vagy zöld), a színlátás (színtévesztő vagy normál látású). Ezeket a sajátságokat **minőségi jellegeknek** nevezzük. Vannak azonban olyan, ún. **mennyiségi jellegek**, amelyek alapján az egyedek nem sorolhatók be egymástól jól elhatárolódó csoportokba. Mennyiségi jelleg például a testtömeg, a testmagasság, a szemszín vagy a hajszín mélysége, de az intelligencia, az alapanyagcsere mértéke és a nyugalmi szívfrekvencia, valamint a vérnyomás értéke is. A mennyiségi jellegek esetén nagyszámú egyed fenotípusát megvizsgálva két szélső érték között többé-kevésbé folyamatos sorozatot kapunk (3. ábra).

A mennyiségi jellegek öröklődésének hátterét vizsgálva a kutatók arra a megállapításra jutottak, hogy az ilyen tulajdonságok kialakításában rendszerint nagyszámú gén vesz részt, és a gének, illetve azok alléljainak hatása összegződik.



### 3. A nyugalomban mért vérnyomás alakulása nagyszámú mintán.

A vizsgálatban 140 véletlenszerűen kiválasztott felnőtt személyen határozták meg a vérnyomás felső értékét, vagyis azt a legmagasabb nyomást, ami az aortában a bal kamra összehúzódása alatt mérhető. ■ Elemezd a grafkont!

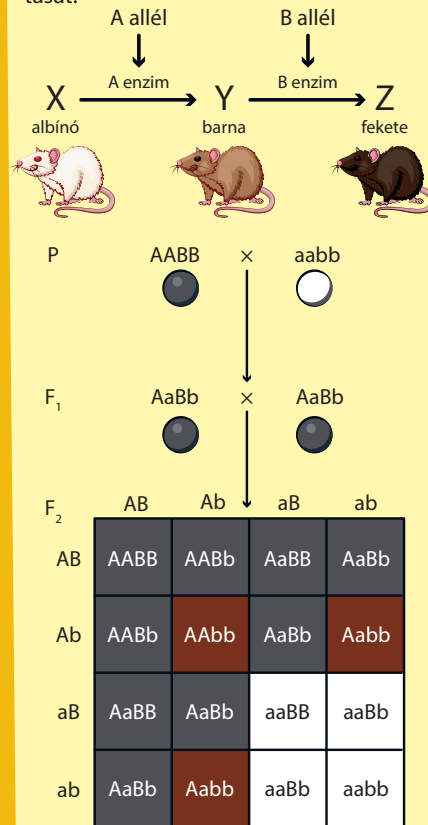
## A mennyiségi jellegek öröklődése

Egy növény testmagasságát 3 gén 2-2 allélja (A-a, B-b, C-c) határozza meg. Az aabbcc genotípusú növények átlagosan 5 cm magasra nőnek. Az AABBCC genotípusú növények pedig átlagosan 35 cm magasak. Egy kísérletben alacsony (aabbcc) növényeket kereszteztek magas (AABBCC) növényekkel. Az F<sub>1</sub> nemzedékben az utódnövények magassága 20 cm körül alakult. Az F<sub>1</sub> nemzedék egyedeinek keresztezésével kapott

## Olvasmány

### Az albinizmus

**öröklődése** ■ Laboratóriumi patkányok szőrzetszínének kialakításában számos gén vesz részt. Példánkban az A gén domináns alléljának jelenlétében (genotípus: AA vagy Aa) a B gén domináns allélja (genotípus: BB vagy Bb) fekete, recesszív allélja (genotípus: bb) pedig barna szőrzetszínt eredményez. Az A génre homozigóta recesszív egyedek (aa) albinók, mert működőképes enzim hiányában sejtjeikben egyáltalán nem képződik sötét színű festékanyag. Ez azt jelenti, hogy az aa genotípusú egyedek albinók, függetlenül attól, hogy B génből milyen allélokot tartalmaznak. A barna vagy fekete szőrzetszín csak az AA vagy Aa genotípusú egyedekben alakul ki. Az ilyen típusú génekölcsönhatást episztázisnak nevezzük, mert az egyik gén elnyomja a másik hatását.



**Albinó patkány.** A pigmentképződés hiánya miatt a szőrzet hófehér, a szem pedig – a pigmenthiányos érhártya miatt – piros

## Olvasmány

### Ikervizsgálatok – örökölhetőség

Az egészség megőrzése szempontjából fontos annak kiderítése, hogy milyen mértékben befolyásolják a környezeti hatások egyes tulajdonságok kialakulását. Ezt a célt szolgálják az egypetéjű ikrekkel végzett ikervizsgálatok. Az egypetéjű ikrek genetikai állománya ugyanis 100%-ban megegyezik, ezért ha bármilyen különbség mutatható ki közöttük, akkor az az eltérő környezeti hatásokra vezethető vissza. Átfogó ikervizsgálatok alapján megállapították például, hogy a nyaki artériában kialakuló érelmeszesedésnek 70% az örökölhetősége. Vagyis, ha a szülők ilyen betegségben szenvednek, akkor 70% az esélye annak, hogy gyermekeik is betegek lesznek.

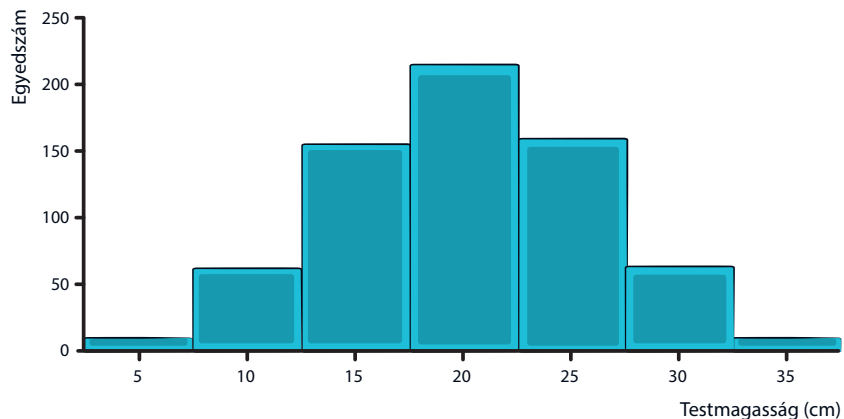
Ha egy betegségnek magas az örökölhetősége, akkor érdemes szűrővizsgálatokat végezni, hogy idejében felismerjék és kezeljék azt. Az érelmeszesedésre és a magas vérnyomásra való hajlam 40-50%-os örökletességet mutat. Tehát kialakulásukban a genetikának és a környezetnek, az életmódnak is nagy szerepe van.



F<sub>2</sub> nemzedék fenotípusos megoszlását és a lehetséges genotípusokat foglalja össze a 4. ábra. Az eredményekből látható, hogy a testmagasság a domináns allélok számától függ. Minden egyes domináns: A, B, C allél 5-5 cm-rel járul hozzá a testmagasság növekedéséhez. Az F<sub>2</sub> egyedek magasság szerinti megoszlása normál eloszláshoz hasonlít (5. ábra).

Domináns allélok száma	Lehetséges genotípusok	Egyedszám (Σ = 641)	Testmagasság (cm)
0	aabbcc	11	5
1	Aabbcc, aaBbcc, aabbCc	59	10
2	AABbcc, aaBBcc, aabbCC, AaBbcc, AabbCc, aaBbCc	148	15
3	AABbCc, AAbbCc, AabbCC, AaBBcc, AaBbCc, aaBBcc, aaBbCC	201	20
4	AABBcc, AAbbCC, AABbCc, AaBBcc, AaBbCC, aaBBCC	152	25
5	AABBcc, AaBBCC, AABbCC	61	30
6	AABBCC	9	35

#### 4. Egy növény testmagasságának öröklődése



#### 5. Az egyedek magasság szerinti megoszlása egy keresztezési kísérletben

## A gének és a környezet kölcsönhatása

A mennyiségi jellegek kialakulása sokszor erősen függ a környezeti hatásoktól. A genetikai állományban kódolt testtömeg vagy testmagasság csak abban az esetben alakul ki, ha a növekedés időszakában az egyed megfelelő mennyiségű és minőségű táplálékhoz jut, nem érik más negatív környezeti hatások sem (pl. súlyos betegség). Ugyanígy a termesztett növények termésátlaga csak akkor éri el a kívánt értéket, ha a növény fejlődéséhez biztosították a környezeti feltételeket (pl. ásványi anyagok, víz, napfény, megfelelő hőmérséklet).

A kivételes intelligencia, értelmi képesség is csak akkor teljeseedik ki, ha a tehetséges ember minőségi oktatásban, nevelésben részesül.

A környezeti feltételek tehát jelentős mértékben módosíthatják a genetikai állományban kódolt jellegek kialakulását.

A környezeti hatások játszanak szerepet számos betegség, például az asztma kialakulásában is. A hörgőrendszer krónikus gyulladásával járó betegségre való **hajlam** öröklődik. Asztmás szülők gyermeke nagyobb valószínűséggel lesz beteg, de a betegség kialakulásában nagyon fontos szerepe van a környezetnek: a szennyezett levegőnek, az aktív vagy passzív dohányzásnak, a stressznek. Az egészséges életmód, a tiszta levegő csökkenti a betegség kialakulásának kocká-



zatát. A rákos megbetegedések többségének hátterében is kimutatható az örökletes hajlam (pl. családi halmozódás) és az életmódból adódó kockázati tényező (pl. helytelen táplálkozás, egészségtelen környezet, stressz).

Környezeti tényező nem csak külső hatás lehet. Befolyásolják a genetikai állomány működését többek között a **hormonok** is. A pajzsmirigy tiroxin hormonjának hiányában a fejlődő magzat, csecsemő idegrendszere súlyosan károsodik, és aránytalan törpeség alakul ki. Ha az agyalapi mirigy növekedési hormonjának termelődése marad el a kívánatostól, akkor a következmény arányos törpenövés lehet. A növekedési hormon túltermelődése pedig óriás-növésel járhat.

**Új fogalmak** ■ független öröklődés ■ kapcsolódási csoport ■ kapcsolt öröklődés ■ mennyiségi jellegek ■ minőségi jellegek ■ hajlam

### Megtanultam?

Azok a tulajdonságok, amelyeknek génjei különböző kromoszómákon helyezkednek el, egymástól **(1.)** öröklődnek. Homozigóta egyedeket (P) keresztezve a két vizsgált tulajdonság **(1.)** öröklődése esetén az  $F_2$  nemzedékben **(2.)** a különböző fenotípusú egyedek aránya, ha mindkét gén alléljai között domináns-recesszív kölcsönhatás van. Azok a tulajdonságok, amelyeknek génjei egy kromoszómán helyezkednek el, **(3.)** öröklődnek. Vannak olyan jellegek, amelyek kialakításában nem csak egy gén vesz részt. Ilyenkor az allélikus kölcsönhatás mellett vizsgálni kell a két gén közötti kölcsönhatást is. A mennyiségi jellegek kialakítására rendszerint **(4.)** gén hat. A mennyiségi jellegek kialakulását jelentős mértékben befolyásolja a(z) **(5.)**. A genetikai állomány működését, kifejeződését befolyásoló külső vagy belső tényezőket **(6.)** hatásoknak nevezzük. Az emberi betegségek egy része nem öröklődik, csak a rájuk való **(7.)**. Ilyen például az asztma és a(z) **(8.)** daganatok egy része.

### Olvasmány

#### Epigenetika

■ A genetikai állományon kívüli, ún. epigenetikai tényezők is alapvető szerepet játszanak a tulajdonságok kialakításában. Az epigenetika egy viszonylag új és gyorsan fejlődő területe a biológiai kutatásoknak. Azokkal a génműködést befolyásoló tényezőkkel és változásaikkal foglalkozik, amelyek a sejtosztódás – mitózis és meiózis – során átkerülnek, „átörökítődnek” az utódsejtekbe, és nem a DNS bázissorrendje által meghatározottak. E tényezők összessége az epigenom. Az epi-genom vizsgálata többek között magyarázatot adhat arra, hogy a zigótából kialakuló azonos genetikai állományú sejtek milyen hatásokra differenciálódnak különböző szöveti sejtekké a DNS bázissorrendjének változása nélkül, és a differenciálódott sejtvonalak hogyan őrzik meg, örökítik át ezeket a sajátosságokat a számtartó osztódások során.

**Keress rá!** ■ expresszivitás ■ penetrancia ■ epigenom

### Kérdések, feladatok

- Milyen ivarsejtek képződhetnek és milyen arányban az alábbi genotípusú élőlényekben?  
a) AABb  
b) Aabb  
c) AaBBCC  
d) AABbCc
- Milyen geno- és fenotípusú utódok várhatók az AaBb genotípusú, bíbor virágú és sárga maghéjú veteményborsó tesztelő keresztezéséből?
- Az *ecetmuslica* szürke testszínét meghatározó allél (A) domináns a fekete testszínét meghatározó alléllal (a) szemben. A normál szárnyat kialakító allél (B) ugyancsak domináns a csökevényes szárnyat meghatározóval (b) szemben. A két gén ugyanazon a testi kromoszómán helyezkedik el. Milyen fenotípusú utódok és milyen arányban várhatók az  $F_2$  nemzedékben, ha egy AABB genotípusú szürke testű, normál szárnyú hímeket keresztezünk egy aabb genotípusú, fekete testű, csökevényes szárnyú nősténnyel? Feltételezzük, hogy az ivarsejtek képződése során nem történik allélkicserélődés a vizsgált géneket hordozó kromoszómák között.
- Milyen eredmény várható az előbbi feladatban, ha az  $F_1$  egyedek ivarsejtjeinek 10%-ában allélkicserélődés történt? (A szülői típusú AB, ab genotípusú ivarsejtek mellett megjelentek rekombináns típusú aB, Ab genotípusú ivarsejtek is.)
- Milyen utódok és milyen arányban várhatók homozigóta lazacszínű és homozigóta fehér virágú nyári violák keresztezéséből az  $F_1$  és az  $F_2$  nemzedékben?
- A lecke szerinti 5 cm és 35 cm magas növényeket keresztezték egymással. Várhatóan hány cm magasak az  $F_1$  nemzedék növényei? Mekkora testmagasságú utódok várhatók az AAbbcc és aaBBcc növények keresztezéséből? A megoldáshoz használd a 4–5. ábrát!
- Nézz utána, hogy milyen környezeti hatások növelik a vastagbélrák kialakulásának valószínűségét egy olyan emberben, akinek a családjában gyakori ez a betegség!
- Ismerünk olyan eseteket, amikor egy erősen dohányzó emberben nem alakul ki tüdőrák. Ugyanakkor az is előfordul, hogy egy nem dohányzó ember ebben a betegségben hal meg. Magyarázd meg ezt a jelenséget! Válaszodban használd a hajlam, a kockázati tényező, az epigenetikus hatás fogalmakat!



- Családfaelemzés
- A vércsoportok öröklődése
- Örökletes enzimhiány
- Genetikai tanácsadás

### Megtudhatod

Miért árusítanak a nagyobb üzletekben tejcukormentes élelmiszereket?

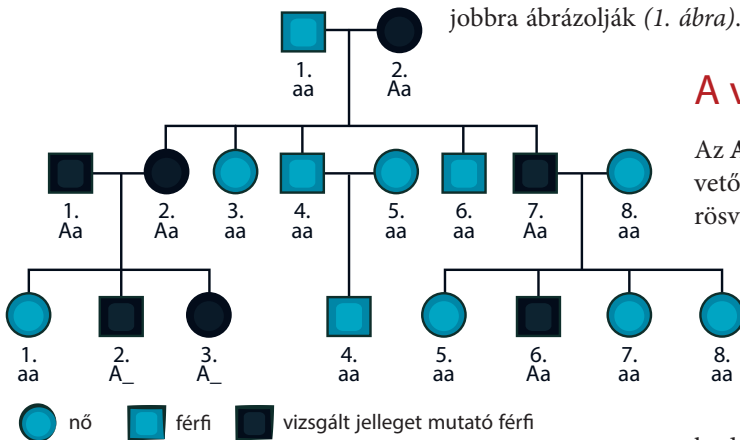
# 11. Az emberi öröklődés

Az emberi tulajdonságok öröklődésének genetikai hátterét a **klasszikus genetikai módszereivel**, jellemzően a családfaelemzéssel, meglehetősen nehéz felderíteni. Ennek oka, hogy az utódok alacsony száma miatt a statisztikai törvényszerűségek sokszor nem érvényesülnek. Ezért gyakran nehéz következtetéseket levonni a vizsgált jelleget kialakító génekre vonatkozóan, illetve a gének és az allélok közötti kölcsönhatások típusát illetően. A hagyományos családfaelemzést a technika fejlődésével egyre inkább háttérbe szorítják a **molekuláris biológiai módszerek**: a DNS és a fehérjék szerkezetének vizsgálata.

## Családfaelemzés

A családfán szereplő egyedek fenotípusából következtetni lehet az allélikus kölcsönhatás típusára (domináns-recesszív, intermedier vagy kodominancia), valamint arra, hogy a vizsgált jelleget kialakító gén testi, illetve ivari kromoszómán található-e. Meg lehet jósolni, hogy egy érintett házaspár születendő gyermekei milyen valószínűséggel örökölhetik a vizsgált jelleget, mekkora a kockázata a vizsgált öröklődő betegség kialakulásának.

A családfán a nőket körrel, a férfiakat négyzettel jelölik, az egymást követő generációk külön sorokban szerepelnek. A szülőpárokat egy vízszintes vonallal kötik össze, gyermekeiket a következő sorban születésük sorrendjében balról jobbra ábrázolják (1. ábra).



**1. A fehér hajtincs öröklődését szemlélítő családfa.** A családfán a vizsgált fenotípust – esetünkben a fehér hajtincset – mutató egyedeket sötét szín jelzi. A családfa elemzéséből kiderül, hogy a tulajdonság testi kromoszómához kötötten öröklődik, mert azonos valószínűséggel jelenik meg a nőkben és a férfiakban. ■ A családfából állapítsd meg, hogy domináns vagy recesszív allél örökíti-e a fehér hajtincset!

## A vércsoportok öröklődése

Az **ABO vércsoportrendszerben** az emberek négy alapvető fenotípusba sorolhatók. Az A vércsoportúak vörsvértestein A, a B vércsoportúakén B, az AB vércsoportúakén pedig A és B antigén található. A 0 vércsoportú egyének vérében nincs ilyen típusú antigén. A jelleg kialakításában egy testi kromoszómához kötött gén három allélja ( $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^0$ ) vesz részt. Ezek közül az  $I^A$  és az  $I^B$  domináns az  $I^0$ -val szemben, az  $I^A$  és az  $I^B$  között viszont kodominancia lép fel. Ennek megfelelően a négyféle fenotípust hatféle genotípus alakítja ki (2. ábra).

Az **Rh vércsoport** domináns-recesszív módon öröklődik, az Rh-pozitív a domináns (genotípus: DD vagy Dd), az Rh-negatív pedig a recesszív (genotípus: dd) jelleg.

A vércsoport-meghatározást nem is olyan régen még elterjedten alkalmazták az apasági perek eldöntésére. Az eljárás során vért vettek a feltételezett apától, az anyától és a gyermektől, majd megvizsgálták, hogy az eredmények alapján kizárható-e a férfi apasága vagy sem. Az egyik ilyen perben az anya A, a feltételezett apa B, a gyermek pedig 0 vércsoportú volt. Kizárható-e az adatok alapján a férfi apasága? A válasz: nem. Hiszen két heterozigóta ( $I^A I^0$ , illetve  $I^B I^0$ )

embernek születhet 0 vércsoportú gyermeke (3. ábra). Az apasági perek eldöntéséhez ma már DNS-vizsgálatot végeznek, azaz összehasonlítják a szülő és a gyermek DNS-ének bázissorrendjét. A vizsgálat sokkal biztosabb eredményt ad.

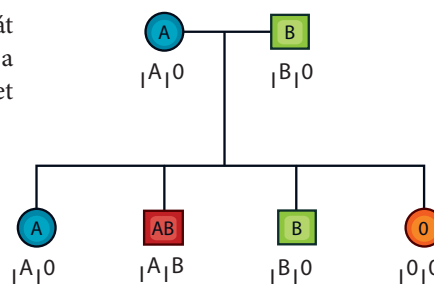
## Örökletes enzimhiány

Az ember egyik, viszonylag gyakori örökletes anyagcsere-betegsége a **fenilketonuria** (PKU), melynek háttérben egyetlen gén mutációja áll. A mutáns, recesszív allél által kódolt enzim nem működőképes, ezért a homozigóta recesszív személyekben a fenilalanin nevű aminosav lebontása zavart szenved, és emiatt káros anyagcsere-termékek halmozódnak fel szervezetükben. Csecsemőkorban ezek a mérgező vegyületek károsítják a fejlődő idegrendszert, ezért súlyos, visszafordíthatatlan értelmi fogyatékoság alakul ki. Ezt a kóros következményt úgy lehet elkerülni, hogy az érintett emberek egész életükön át fenilalaninban szegény táplálékot fogyasztanak. A diéta nem szünteti meg a betegség okát, de a tünetek kialakulása elkerülhető. Hazánkban az újszülötteket pár nappal születésük után megvizsgálják, nem öröklötték-e a betegséget.

A fenilketonuria csak azokban az emberekben alakul ki, akik homozigóták a hibás enzimet kódoló allélra. Heterozigótákban (genotípus: Aa) a mutáns allél mellett megtalálható a domináns (A) allél is. Az általa kódolt működőképes enzim biztosítja a fenilalanin normális anyagcseréjét. A heterozigóták fenotípusa így nem különbözik a homozigóta domináns egyedektől (egészségesek), de a heterozigótákban megfelelő módszerekkel mind a két enzim kimutatható. Az ember néhány örökletes betegségét foglalja össze a 4. ábra. A táblázatban szereplő tejcukor-érzékenység a fenilketonuriához hasonlóan enzimhiányra vezethető vissza. Tejcukormentes diétával a kellemetlen tünetek kiküszöbölhetők.

Fenotípus	Genotípus
A	$I^A I^A, I^A I^0$
B	$I^B I^B, I^B I^0$
AB	$I^A I^B$
0	$I^0 I^0$

2. Az AB0 vércsoportrendszer fenotípusai és genotípusai



3. Egy példa az AB0 vércsoportrendszer öröklődésére

	A betegség/rendellenesség neve	Következményei
Testi kromoszómához kötött recesszív jelleg	Albinizmus	A festékképződés hiánya. Fényérzékenységgel, szemtengelyferdüléssel társul.
	Sarlósejtes vérszegénység	A kóros hemoglobin miatt a vörösvérsejtek alakja megváltozik, oxigénhiány és az abból adódó szövetkárosodások, korai halál következik be.
	Fenilketonuria	Súlyos idegrendszeri károsodás.
	Tejcukor-érzékenység	A táplálékkal felvett tejcukor lebontásának zavara. Haspuffadás, hasmenés.
Testi kromoszómához kötött domináns jelleg	Akondroplázia	A kar és a láb csontjainak korai elcsontosodása miatt kialakuló törpenövés.
	Sokujjúság	Szám feletti ujj a kézen és/vagy a lábon.
	Fehér tincs	Fehér hajtincs jelenik meg a színes hajban.
	Huntington-kór	Az idegrendszer gyors és visszafordíthatatlan leépülése. A tünetek általában csak 40 éves kor felett jelentkeznek, így gyakori az átörökítés.
X-kromoszómához kötött recesszív jelleg	Hemofília	Súlyos vérárvadási zavar, melynek több típusa van. A hemofília a „királyi” betegség. A kórkép a VIII. vérárvadási faktor hibás szerkezetére vezethető vissza.
	Az izomsorvadás egyik típusa	A vázizomzat fokozatos leépülése, sorvadás. A tünetek hatéves kor táján jelentkeznek, a betegek rendszerint nem érik meg a 20. életévüket.
	Vörös-zöld szintévesztés	A színlátás zavara. Az érintettek nem tudják megkülönböztetni egymástól a vörös és a zöld színeket.

4. Néhány példa az ember öröklődő betegségeire, rendellenességeire

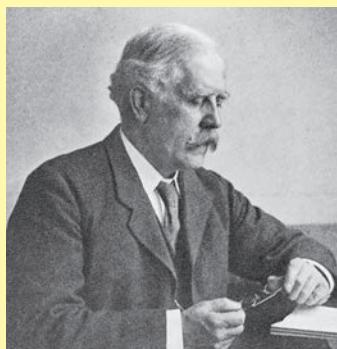
## Olvasmány

### Egy jelentős felismerés

Archibald Garrod angol orvos volt az első, aki igazolta, hogy a mendeli öröklődés szabályai egyes emberi tulajdonságokra is igazak. Az alkaptonuria nevű ritka emberi betegség kialakulásának hátterét, annak öröklődését vizsgálta. Az alkaptonuriában szenvedő betegek vizelete sötétre színeződik, ha állni hagyják a levegőn. A betegség nem jár súlyos következményekkel, csak idősebb korban jelentkeznek ízületi gyulladáshoz hasonló tünetek. Az elszíneződést okozó anyag (homogenzitinsav) ugyanis lerakódik az ízületekben és a gerincoszlopban.

Garrod családfák elemzéséből megállapította, hogy a tulajdonság recesszív módon öröklődik, és a vérrokonok házasságából született gyermekekben gyakoribb a megjelenése. A betegségnek nemcsak a genetikai, hanem a biokémiai hátterét is vizsgálta. Felismerte, hogy a betegséget az anyagcsere-folyamatokban bekövetkező zavar okozza. Elsőként mutatott rá arra, hogy a gének, a gének mutációja és a szervezetben zajló biokémiai folyamatok között szoros kapcsolat van.

Az alkaptonuria mellett több más veleszületett anyagcserezavar, köztük az albinizmus esetében is igazolta az örökletesség és a biokémiai háttér kapcsolatát.



Archibald Garrod (1857–1936)

## Genetikai tanácsadás

A születendő vagy már megszületett gyermek esetleges öröklődő betegségeinek időben történő megállapítása fontos feladat. Ha egy házaspárnak öröklődő betegségben szenvedő gyermeke születik, vagy szülei-nagyszülei között előfordult ilyen eset, akkor célszerű, ha **genetikai tanácsadáson** kéri annak megállapítását, hogy tervezett vagy születendő gyermekükben mekkora valószínűséggel jelenhet meg a betegség, mekkora a kockázata annak, hogy beteg gyermekük születik.



5. A Pullan család Delhiből – a legnagyobb ismert albinó család

Új fogalmak ■ családfaelemzés ■ fenilketonuria

### Megtanultam?

Az emberi jellegek öröklődésének felderítésére szolgáló klasszikus módszer a(z) **(1.)**. Az ABO vércsoportrendszer öröklődésében egy gén három alléja ( $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^0$ ) vesz részt. Az  $I^A$  és az  $I^B$  allélok **(2.)** az  $I^0$  alléllal szemben. Az  $I^A$  és az  $I^B$  allélok közötti kölcsönhatás pedig **(3.)**. A fenilketonuria **(4.)** jelleg. Az érintett személyek sejtjei nem képesek lebontani a fenilalanin nevű **(5.)**. A káros anyagcsere-termékek miatt súlyos idegrendszeri károsodás, értelmi fogyatékoság alakulhat ki. Az idegrendszeri károsodás kialakulása **(6.)** elkerülhető.

### Kérdések, feladatok

1. Írj legalább két példát arra az esetre, amikor kizárható egy férfi apasága az ABO vércsoportok vizsgálata alapján! Példáidban add meg a férfi, a nő és a gyermek vércsoportját!
2. Milyen vércsoportú gyermekei szülehetnek egy AB, Rh-negatív vércsoportú apának és egy O, Rh-pozitív vércsoportú anyának? A két jelleg egymástól függetlenül öröklődik.
3. Egy egészséges házaspárnak öt gyermeke van, három lány és két fiú. A lányok egészségesek, az egyik fiú vérzékenységben szenved. Milyen lehet a szülők valószínű genotípusa? Rajzold fel a családfát!
4. Egy egészséges házaspárnak albinó gyermeke született. Mi a valószínűsége, hogy második gyermekük albinó lesz?

### Megtudhatod

Hogyan lehet az emberi inzulint baktériumsejtekben előállítani?

# 12. Genetika a mindennapokban

**Inzulin** ■ A hasnyálmirigy belső elválasztású sejtjeiben termelődő peptidhormon. Fontos szerepe van a sejtek anyagcseréjének szabályozásában. Az egyetlen olyan hormon, amelyik csökkenti a vércukorszintet. Hiányában cukorbetegség alakul ki.

**Növekedési hormon** ■ Az agyalapi mirigy elülső lebenyének sejtanyagcserét szabályozó peptidhormonja. Szerepe van a növekedés szabályozásában, fiatalkori hiánya miatt arányos törpenövés, túltermelődése esetén óriásnövés alakul ki.

A genetika vitathatatlanul az egyik leggyorsabban fejlődő területe a természet-tudományoknak. Alig néhány évvel a DNS örökítő szerepének bizonyítása, a DNS szerkezetének felfedezése után a kutatóknak sikerült megfejteniük a genetikai kódot, tisztázniuk a nukleinsavak és a fehérjék szintézisének alapjait. Komoly eredmények születtek a génműködés szabályozásának felderítésében is. Géntechnológiai eljárásokkal sikerült nagy mennyiségben előállítani és más élőlények sejtjeiben működésre készíteni különböző szervezetek génjeit. Mindez óriási előrelépést jelentett például a gyógyszergyártásban, hiszen megoldódott az emberi inzulin, a növekedési hormon és számos más fehérjetermésztű hatóanyag nagy mennyiségben való előállítása. Génbevitellel egy sor genetikailag módosított növényt és állatot állítottak elő (1–2. ábra). Új módszerek születtek a klónozott, genetikailag azonos élőlények előállítására is. A felsorolásból kitűnik, hogy a genetika óriási lehetőségeket jelent az iparban, a mezőgazdaságban, a gyógyításban. Ugyanakkor az élőlények genetikai állományának megváltoztatása ma még beláthatatlan következményekkel is járhat. A genetikailag módosított élőlények létrehozása, a klónozás, a beltenyésztés mind-mind olyan problémák, amelyek ismerete fontos, hogy szükség esetén felelős döntéseket tudjunk hozni a vitás kérdésekben.

Az egyik legelső genetikailag módosított állat a „szuperegér” volt. Fejlődő embriójába bejuttatták az ember növekedési hormonjának génjét. Az állat sokkal nagyobbra nőtt alomtestvéreinél.

## Genomika

A **genomika** új tudományág, amely az élőlények teljes genetikai állományát (genom) és annak működését kutatja. A genomikai kutatások egyszerre jelentik egy élőlény DNS-ének analízisét, RNS-molekuláinak és fehérjéinek vizsgálatát, összehasonlító elemzését. A genomika az utóbbi évtizedben indult fejlődésnek. Ennek magyarázata, hogy a teljes genom vizsgálata során óriási mennyiségű adat keletkezik, amelynek tárolása és feldolgozása nagyon fejlett informatikai hátteret igényel. Az élőlények genomjában rejlő információk feldolgozása **bioinformatikai módszerekkel** történik.

2000-ben jelentették be, hogy a **Humán Genom Projekt** keretében meghatározták egy személy teljes genetikai állományának, kromoszómái mindegyikének a bázissorrendjét. A munka több mint 10 évig tartott. Napjainkban már



- Genomika
- Génomészet
- Transzgenikus növények és állatok
- Génterápia
- Klónozás, őssejtek
- Nemesítés, házasítás, beltenyésztés



**1. Genetikailag módosított dohány.**  
A növény sejtjeibe bejuttatták és működésre készítették a szentjánosbogárnak azt a génjét, amelynek köszönhetően a rovar világít a sötétben



**2. Szuperegér**



**3. A DNS vizsgálatához először enzimek segítségével sokszoroztják a vizsgálandó DNS-szakaszt, majd meghatározzák a bázissorrendet**

néhány hét alatt elkészül egy ilyen elemzés. Ezzel együtt valószínűleg még sok évnél kell eltelnie ahhoz, hogy a bázisok pusztán sorrendje mellett megismerjük annak jelentését is, vagyis azt, hogy az egyes kromoszómákon milyen hatású, szerepű gének és szabályozó régiók sorakoznak.

A genomikai kutatások jelentős fejlődést hozhatnak a gyógyításban, hiszen a genom ismeretében a terápia egyénre szabott is lehet.

A genomika kiemelkedően fontos eszköze az **evolúciókutatásnak**. A különböző élőlények genomjának összehasonlító vizsgálata folyamatosan felülírja eddigi tudásunkat az élőlények rendszerben elfoglalt helyéről, a származási kapcsolatokról.

## Génebesztet

A baktériumtranszformáció és a vírusfertőzés mechanizmusának tisztázása, a prokarióta génműködés szabályozásának megismerése vezette a kutatókat arra a gondolatra, hogy megpróbálkozzanak gének mesterséges előállításával, idegen sejtekbe való bejuttatásával és működtetésével. A kutatások arra irányultak, hogy a bevitt idegen gének, az ún. **transzgének** segítségével nagy mennyiségben állítsanak elő gyakorlati szempontból is fontos fehérjéket. Az idegen géneket tartalmazó, genetikailag módosított szervezetek a **transzgenikus élőlények** vagy **GMO-k** (Genetically Modified Organisms).

Az első géntechnológiai módszerrel előállított peptid a növekedési hormon volt. Első lépésben mesterségesen létrehozták az emberi növekedési hormont kódoló DNS-molekulát (gént), és hozzákapcsolták azokat a szabályozó szakaszokat, amelyek a gén átírásához szükségesek (4. ábra). A gént közös baktériumsejtbe juttatták. Az idegen gén a baktériumsejtben átíródott mRNS-re, a baktériumok riboszómáin pedig nagy mennyiségben szintetizálódott a növekedési hormon. Végül a hormont kivonták a sejtekből.

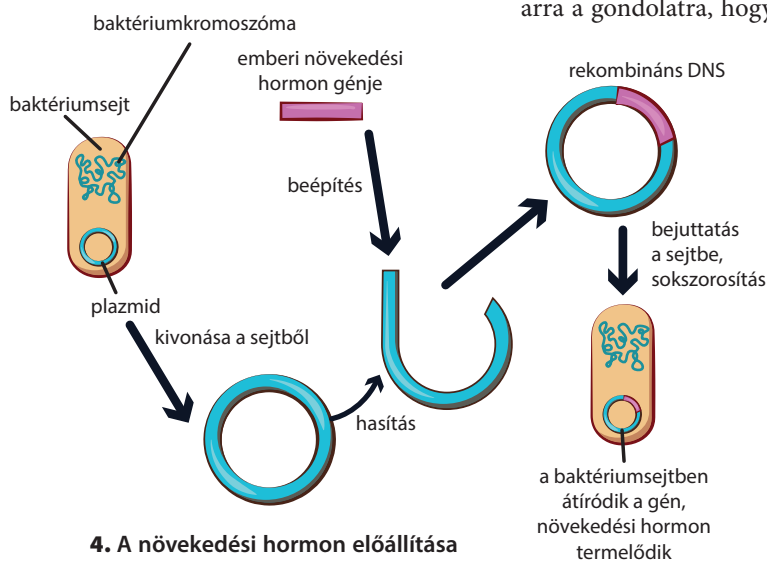
A növekedési hormon után a kutatóknak hamarosan sikerült hasonló módszerrel előállítaniuk a cukorbetegség kezeléséhez nélkülözhetetlen peptidhormont, az inzulint is.

A géntechnológiai eljárások környezetvédelmi szempontból is fontosak, hiszen sikerült már kifejleszteni olyan transzgenikus baktériumokat, amelyek képesek hatástalanítani a természetes úton nem bomló olajszármazékokat, egyes rovarirtó és növényvédő szereket, illetve egy sor más mérgező anyagot.

## Transzgenikus növények és állatok

Az élőlények genetikai módosítása a mezőgazdasági kutatásokban is előtérbe került. A kutatók előállítottak olyan GM-növényeket, amelyek ellenállóak egyes gyomirtó szerekkel, illetve bizonyos vírusokkal szemben. Paradicsom- és eperfajtákba olyan gént juttattak, amely megakadályozza, hogy a termés az érés során megpuhuljon (5. ábra). Így nem szükséges félig éretlenül betakarítani a termést, a transzgennek köszönhetően a gyümölcs nem károsodik szállítás közben.

Sikeresnek bizonyultak azok a kísérletek, amelyek során magas tejhozamú emlősállatok (szarvasmarha, juh, kecske) tejmirigysejtjeibe építettek be és működtettek különböző géneket (pl. véralvadási faktor génjét). A gén által



**4. A növekedési hormon előállítás géntechnológiai módszerrel**



**5. GM-paradicsomnövény**

kódolt fehérje nagy mennyiségben jelenik meg a genetikailag módosított állatok tejében, és megfelelő tisztítási eljárás után veszélytelenül felhasználható a vérzékeny betegek kezelésére.

Az élőlények genetikai állományának módosítása nagyon sok problémát vet fel. Jelenlegi tudásunk ugyanis nem elegendő ahhoz, hogy biztosak legyünk abban, vajon a genetikai módosítás során nem jönnek-e létre súlyos betegségeket okozó vírusok, baktériumok, esetleg olyan élőlények, amelyek megzavarják az életközösségek természetes egyensúlyát stb. Ezért a genetikailag módosított élőlényekkel végzett kísérleteket szigorúan szabályozzák, a génszétszét eljárással előállított termékeket fokozottan ellenőrzik.

Magyarországon a GM-növényfajták termesztése rendkívül szigorú biztonsági feltételek mellett, kizárólag kutatási céllal történhet. A kísérleti parcellákat körbe kell keríteni, biztosítani kell folyamatos őrzésüket. A kísérleti céllal termesztett GM-növények semmilyen formában nem kerülhetnek kereskedelmi forgalomba, minden részüket meg kell semmisíteni.

Az Európai Unióban, így hazánkban is, több GM-élőlényből előállított termék – élelmiszer, takarmány – kereskedelmi forgalomba hozatala engedélyezett. A termékek csomagolásán fel kell tüntetni az élelmiszer eredetét, így mindenki eldöntheti, hogy vásárol-e belőle vagy sem (6. ábra).

## Génterápia

Az öröklődő emberi betegségek kezelésével kapcsolatban is kísérleteznek a génbevitellel. A cisztás fibrózis aránylag gyakori, recesszíven öröklődő, súlyos kimenetelű betegség, amely a légutak, a nyálmirigyek és a hasnyálmirigy kóros nyálkatermelésével jár. A mirigyek rendellenes működését egy ártalmatlan vírus segítségével bevitt génnel próbálják megszüntetni. A gént tartalmazó módosított vírust orrspray segítségével juttatják be a légutak nyálkahártyájának sejtjeibe. A kezelést időközönként ismételni kell, hiszen a genetikailag módosított sejtek egy idő után eltűnnek a nyálkahártyából. Egyes esetekben eredményesnek bizonyult cukorbeteg emberek inzulintermelő sejtjeinek genetikai módosítása is. Ezek a példák a géntechnológia jelentős eredményei, de tudni kell, hogy a hatékony génterápia, a mutáns, betegséget okozó allélok kiküszöbölése a genetikai állományból még messze van a megvalósítás lehetőségétől.

## Klónozás, őssejtek

A **klónok** genetikailag tökéletesen egyforma egyedek. A növényi klónok ivartalan szaporítással könnyen előállíthatók, az eljárást a növénytermesztésben, -nemesítésben elterjedten alkalmazzák is (pl. hajtátás, tőosztás, dugványozás, szövettenyésztés).

A magasabb rendű állatok (madarak, emlősök) klónozása már sokkal nehezebb, bár az állattenyésztők régóta ismerik az ún. **embriófelezési eljárást**, amely során az embrionális fejlődés kezdeti stádiumában levő embriókat elfelezik, így egyetlen egyed helyett két, genetikailag azonos utódot kapnak. Az eljárást az értékes tulajdonságú egyedek szaporítására használják.

A klónozási kísérletek közül az utóbbi időben azok kerültek a figyelem középpontjába, amelyekben egy már kifejlett állat szöveti sejtjének sejtmagját használták klónozásra. Az első ilyen jellegű klónokat egy békafajból (afrikai karmosbéka) állították elő. Egy nőstény állat érett petesejtjeiből eltávolították a sejtmagot, és egy ebihal bélmájsejtjeiből vett diploid sejttaggal helyettesítették (7. ábra). A módosított petesejtjeiből genetikailag tökéletesen egyforma békák fejlődtek. A kísérlettel megdőlt az a nézet, mely szerint az állati szervezetekben a már differenciálódott szöveti sejtek egyes génei visszafordíthatat-



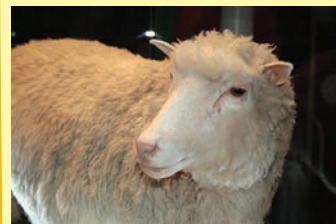
6. GM-mentes élelmiszer tájékoztató címkéje

### Olvasmány

#### Dolly, az első klónozott emlős

■ Szöveti sejt genetikai állományából emlősállatot, juhot is klónoztak már sejtmagátültetéssel. Egy hatéves anyaállat petesejtjéből eltávolították a sejtmagot, és helyére egy, az emlőmirigyből vett sejtmagot juttattak. A módosított sejteket osztódásra készítették, majd a fejlődésnek indult embriókat beültették az anyaállat méhében. A vemhességből két utód született, egyikük fejlődési rendellenességek miatt rövid időn belül elpusztult. A másik állat, Dolly hat évet élt, de egész élete során nagyon sokféle betegséggel küszködött. A klónozáshoz használt mirigysejt a szöveti őssejtekhez hasonló mértékben, csak részben differenciálódott sejt típus.

Az emlősállatokkal végzett klónozási kísérletek azt bizonyítják, hogy a klónozott egyedek túlnyomó része az embrionális fejlődés korai szakaszában elpusztul (az embrió rendellenes fejlődése, a méhlepény kóros szerkezete miatt), és a megszületett állatok többsége valamilyen fejlődési rendellenességben szenved. Mindez valószínűleg azzal függ össze, hogy nagyon sok mutáció történik a differenciálódott sejtekből vett sejttag génállományában, amikor a működőképességüket már elvesztett gének aktiválódnak.



Dolly, az első klónozott emlős

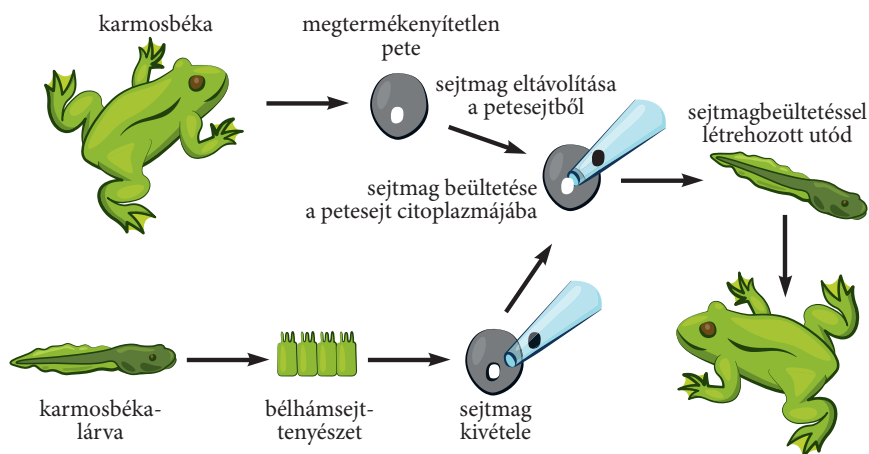
## Olvasmány

### Gyógyítás

**Össejtekkel** ■ Már több mint 30 éve használják az össejtek tartalmazó csontvelőt fehérvérűségben (leukémiában) szenvedő rákos betegek gyógyítására. Jelenleg az össejtekkel végzett gyógyításnak ez a legelterjedtebb formája. A másik, egyre gyakrabban végzett beavatkozás az infarktusban elhalt szívizomsejtek össejtekkel való pótlása.

Az össejtekben rejlő gyógyítási lehetőségeknek csak a képzelet szab határt. Japán kutatóknak testi sejtekből sikerült létrehozniuk össejteket, amelyeket indukált pluripotens össejteknek neveznek. Ezek hasonló tulajdonságokkal bírnak, mint az embrionális össejtek. A testi sejtek genetikai átprogramozása során olyan szabályozó anyagokkal kezelték a sejteket, amelyek a gének kifejeződésének megváltoztatásával az össejtekre jellemző állapotba vezették vissza a sejteket. A remények szerint az indukált össejtek idegrendszeri sérülések kezelésénél is felhasználhatók lesznek. Ezért a munkájáért Shinya Yamana 2012-ben Nobel-díjat kapott.

Az össejterápia kétélű fegyver: a nem megfelelően végrehajtott, az igen szigorú orvosi előírásoknak nem megfelelő össejtbeültetés nagyon veszélyes lehet, mivel az erőteljesen osztódó össejtek nem megfelelő szöveti környezetben rákos sejtekké alakulhatnak és daganatokat hozhatnak létre. Sajnos a mai orvosi tudás mellett gyógyíthatatlan betegségekben szenvedők igen drága illegális össejtkezeléseket is hajlandók igénybe venni gyógyulásuk érdekében, jelentős kockázatnak kitéve magukat.



## 7. Klónozás sejtmagátültetéssel

lanul elvesztik működőképességüket. A petesejt citoplazmája olyan anyagokat tartalmaz, amelyek hatására ezek a gének működni kezdenek.

A fenti kísérlethez használt bélhámsejt az ún. szöveti össejtek közé tartozik. Az **össejtek** általános jellemző sajátossága, hogy korlátlan osztódással képesek önmagukat fenntartani, ugyanakkor differenciálódva más sejtekké, szövetekké is tudnak fejlődni. Az össejtekkel végzett kísérletek azzal a reménnyel kecsegtetnek, hogy felhasználásukkal pótolhatók lesznek elhalt, véglegesen károsodott szöveti sejtek. A szívinfarktus akár a szívizomszövet 25%-ának pusztulásával is járhat. Ha alkalmas össejtből sikerül szívizomrostokat előállítani, pótolhatók lennének az infarktus során elpusztult sejtek.

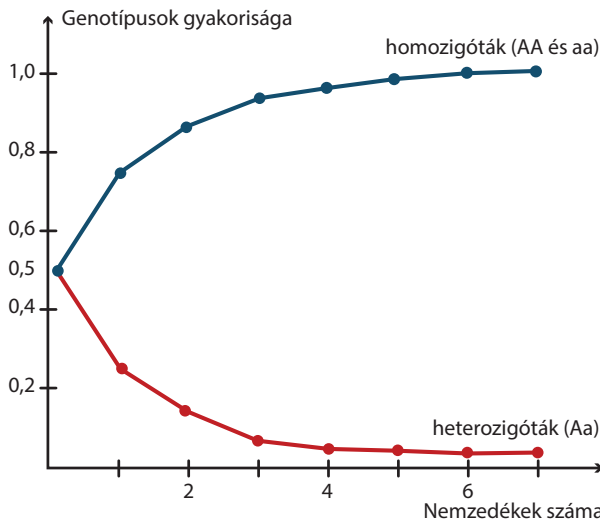
## Nemesítés, háziasítás, beltenyésztés

A növénytermesztésben és az állattenyésztésben olyan fajták létrehozása a cél, amelyek kitűnnek magasabb termés-, hús- és tejhozamukkal, jobb ellenálló képességükkel stb. A nemesítés, a háziasítás során kiválogatják a kedvező tulajdonságú egyedeket, és azokat szaporítják tovább. A cél olyan fajták létrehozása, amelyekben a kívánt jellegeknek nagy az örökölhetőségük. Minél nagyobb egy jelleg örökölhetősége, azaz minél erősebb a genetikai háttér szerepe a vizsgált tulajdonság kialakításában, annál kevésbé van szerepe a környezeti tényezőknek.

Az ember a háziasított élőlények mesterséges szelektálása közben gyakran törekszik **beltenyésztésre**, azaz közeli rokon egyedek párosítására, mert a homozigóta egyedek utódai megbízhatóan a szüleikével megegyező tulajdonságúak. Ennek a nemesítési-tenyésztési eljárásnak az a genetikai következménye, hogy a háziasított növények és állatok körében a legtöbb génnek csak egy-egy allélja maradt meg, vagyis csökkent az állomány genetikai változatossága (8. ábra). A kívánt jelleg rögzítése gyakran együtt jár nem várt, kedvezőtlen tulajdonságok megjelenésével. A beltenyésztésre vezethetők vissza például egyes kutyafajták gyakori rendellenességei, betegségei.

Az emberi társadalmak túlnyomó részében az erkölcsök és a törvények is tiltják a közeli rokonok házasságát, tehát a beltenyésztést. Ennek biológiai értelmé az, hogy a rokonházasságok esetén az utódokban jelentősen megnő a homozigóta genotípus kialakulásának valószínűsége. Sok, ritkán előforduló, káros hatású recesszív allél szinte kizárólag heterozigóta egyénekben van jelen, de a rokonok házassága esetén nagyobb a valószínűsége, hogy utódaikban megjelenik valamely recesszíven öröklődő betegség, különösen akkor, ha a családban már előfordult valamilyen genetikai ártalom.





8. A homozigóta és a heterozigóta genotípusok gyakoriságának változása a beltenyésztés során (öntermékenyítő növénypopulációban)

**Új fogalmak** ■ genomika ■ géntechnológia ■ transzgén ■ transzgénikus élőlények (GMO) ■ génterápia ■ klónozás ■ őssejt ■ beltenyésztés

### Megtanultam?

A(z) **(1)** új tudományág, amely az élőlények teljes genetikai állományát (genom) és annak működését kutatja. A(z) **(2)** eljárások során idegen géntet juttatnak be és működtetnek más sejtekben. Genetikailag módosított baktériumsejteket használnak például az emberi inzulin és a növekedési hormon előállítására. A genetikailag módosított élőlényekbe bevitt idegen géneket **(3)** nevezzük. A klónozás során különböző módszerekkel azonos genetikai állományú egyedeket, klónokat állítanak elő. Klónozás például a növények vegetatív szervekkel történő szaporítása. A klónozás szöveti őssejt és petesejt felhasználásával is történhet. Az őssejtet általánosan jellemző sajátossága, hogy képesek korlátlan **(4)** önmagukat fenntartani, ugyanakkor a **(5)** folyamata során más sejtekké, szövetekké is fejlődhetnek. Az őssejtterápia lehetőséget teremthet az elhalt szöveti sejtek pótlására.

### Kérdések, feladatok

- Határozd meg az alábbi fogalmakat!
  - genomika
  - géntechnológia
  - transzgén
  - klón
- Mi a célja a transzgénikus élőlények előállításának
  - a gyógyításban,
  - a növénytermesztésben,
  - az állattenyésztésben?
- Nézzetek utána, mi az oka annak, hogy Magyarországon nem engedélyezik a genetikailag módosított növények termesztését! Rendezetek vitát, soroljátok fel az érveket és ellenérveket!
- Mit nevezünk őssejtnek, és milyen felhasználási területei lehetnek az őssejtnek?
- Milyen előnyökkel járhat a beltenyésztés a mezőgazdaságban? Mik lehetnek a hátrányai?

### Olvasmány

#### Nemesítés

**tévéton** ■ A nemesítés az a tevékenység, melynek során az ember bizonyos növények és állatok fontos tulajdonságait célzottan javítja, a genetikai adottságok és az értékesnek tekintett tulajdonságok alapján. Haszonállatoknál ezek a tulajdonságok mennyiségiek, mint a nagyobb méret, nagyobb hús-, illetve tojáshozam, nagyobb ütemű szaporodás stb.

Díszállatok esetében inkább minőségi, sokszor esztétikai jellemzők kerülnek előtérbe. Az egyik legjobb példa erre az aranyhal. Az aranyhal őse az ezüstkárász, nemesítése Kínában már több mint 2500 éve elkezdődött. A ritka változatokért a gyűjtők hatalmas pénzsommegeket fizetnek. Egyes változatok már egyenesen bizarr kinézetűek, és testi jegyeik (pl. a hatalmas úszók vagy az úgynevezett teleszkópszem) sokkal inkább akadályozzák az állat normális életét.



# Összefoglalás

## Áttekintés

Az élőlények tulajdonságait meghatározó DNS-szakaszok a **gének**. A sejtekben található génállomány összessége adja az egyed **genotípusát**. A diploid szervezetek sejtjeiben a tulajdonságokat meghatározó gének 2-2 példányban vannak jelen. A **homozigóták** a vizsgált jellegre nézve egyforma, a **heterozigóták** pedig különböző allélokat tartalmaznak. A gének összehangolt működése alakítja ki a **fenotípust**, vagyis az egyed megfigyelhető, kimutatható tulajdonságainak együttesét. A tulajdonságok egy részét egyetlen gén alléljai határozzák meg, míg mások kialakításában több gén együttesen vesz részt. A gének hatásának kifejeződését gyakran befolyásolja a környezet.

Bizonyos tulajdonságok kialakításában egyetlen gén alléljai vesznek részt. Ilyen jellegeket vizsgált Gregor Mendel azokban a kísérleteiben, amelyek eredményeként felfedezte az öröklődés alapvető törvényszerűségeit. A genetikai kísérletekben eltérő származású homozigóta egyedeket kereszteznek egymással. **Domináns-recesszív öröklődés** esetén az  $F_1$  nemzedék heterozigóta egyedei domináns fenotípusúak, az  $F_2$  nemzedékben 3:1 a domináns és a recesszív fenotípusú egyedek aránya. Ha egy jellegre **intermediér öröklődés** jellemző, akkor az  $F_1$  heterozigóta egyedei átmeneti fenotípusúak, és az  $F_2$  nemzedékben 1:2:1 a különböző fenotípusú egyedek aránya. A **kodominancia** egyes emberi vércsoportok (pl. MN vércsoportrendszer) öröklődésére jellemző, ilyenkor a heterozigóta egyedekben mindkét allél által meghatározott jelleg megjelenik a fenotípusban.

A tulajdonságok egy része az egyedek **neméhez kötötten** öröklődik. Az eukarióta egyedek jelentős részében a nem kialakításában az ivari kromoszómákon található gének vesznek részt. Gyakori, hogy a két nemben eltérőek az ivari kromoszómák. Az emlősök nőivarú egyedei XX, hímivarú egyedei XY ivari kromoszómákat tartalmaznak. Az X- és az Y-kromoszómák nem homológok, eltérő génsorozatokat tartalmaznak. Emiatt a hímekben az X- és az Y-kromoszómákon található gének csak egy-egy példányban vannak jelen. A két nemben az ivari kromoszómához kötött jellegek nem egyforma gyakorisággal jelennek meg.

Azok a tulajdonságok, amelyek génjei különböző kromoszómákon helyezkednek el, egymástól **függetlenül öröklődnek**. Két tulajdonság független öröklődése esetén az  $F_2$  nemzedékben 9:3:3:1 a különböző fenotípusú egyedek aránya, abban az esetben, ha mindkét gén alléljai között domináns-recesszív kölcsönhatás van. Azok a tulajdonságok, amelyek génjei egy kromoszómán helyezkednek el, **kapcsoltan öröklődnek**.

A tulajdonságok jelentős részének kialakulásában több gén is közreműködik, ilyenek az ún. **mennyiségi jellegek**. A mennyiségi jellegek tekintetében az egyedek nem oszthatók egyértelműen elkülöníthető csoportokba. A mennyiségi jelleg kialakító gének hatása összegződik, és a fenotípus kialakulásában a genetikai háttér mellett fontos szerepe van a környezetnek is. A keresztezési kísérletekből következtetni lehet a jelleg meghatározó gének számára és a génkölcsönhatások típusára.

Az emberi jellegek öröklődésének felderítésére szolgál a **családfaelemzés**. Az ABO vércsoportrendszer öröklődésében egy gén három allélja ( $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^0$ ) vesz részt. Az  $I^A$  és az  $I^B$  allélok dominánsak az  $I^0$  alléllal szemben. Az  $I^A$  és az  $I^B$  allélok pedig kodominánsak. A vörös-zöld színtévesztés és a vérzékenység (hemofília) X-kromoszómához kötötten öröklődő, recesszív jellegek.

A **géntechnológiai eljárások** során módosított vírusok, illetve plazmidok segítségével idegen géneket juttatnak be és működtetnek más sejtekben. Genetikailag módosított baktériumsejteket használnak például az emberi inzulin és a növekedési hormon előállítására.

A **klónozás** során különböző módszerekkel genetikailag megegyező egyedeket állítanak elő.

A 20. századot gyakran a genetika évszázadaként emlegetik. Az alábbi táblázat segít áttekinteni a legfontosabb mérföldköveket a genetika és a molekuláris biológia történetében.

Időpont	Esemény
1865	Gregor Mendel ismerteti a veteményborsó hét különböző tulajdonságának öröklődésével kapcsolatos kísérleteinek eredményeit.
1869	Friedrich Miescher svájci kutató kivonja a fehérvérsejtekből a sejtmag foszforban gazdag anyagát, és elnevezi nukleinnek.
1909	Wilhelm Johannsen dán botanikus bevezeti a gén kifejezést az öröklődés alapegységeire vonatkozóan.
1911	Thomas Hunt Morgan amerikai kutató ecetmuslicákkal végzett kísérleteivel igazolja, hogy a gének a sejtmagban, a kromoszómákon találhatóak.

Időpont	Esemény
1944	Oswald Avery, Colin McLeod és Maclyn McCarty igazolják, hogy a Griffith által 1928-ban leírt baktérium-transzformációért a DNS a felelős.
1951	Alfred Hershey és Martha Chase amerikai kutatók bakteriofágokkal végzett kísérletükkel igazolják, hogy a DNS az örökítőanyag.
1953	Francis Crick és James Watson leírják a DNS kettőshélix-szerkezetének modelljét.
1958	Matthew Meselson, Franklin Stahl és munkatársaik igazolják, hogy a DNS megkettőződése szemikonzervatív módon történik, vagyis a képződő utód molekulák egyik szála régi szülői DNS, a másik újonnan szintetizálódik a régi, szülői szál mellett.
1961	Jacob és Monod megfogalmazzák a prokarióta szervezetek génműködésének szabályozására vonatkozó operonelméletet.
1966	Több laboratórium kutatóinak együttműködésével sikerül megfejteni a genetikai kódot, vagyis a génekről átíródó mRNS-molekulák minden egyes bázishármasának a jelentését.
1977	Kidolgozzák a DNS bázissorrendjének meghatározására alkalmas módszert.
1978	Beépítik és működtetik az emberi inzulint kódoló gént közös baktérium sejtjeibe. Ezzel megkezdődött a géntechnológiai módszerek alkalmazása a gyógyszergyártásban.
1996	Megszületik az első klónozott emlős, Dolly.
2000	A Humán Genom Projekt keretében meghatározzák az ember teljes genetikai állományának (genom) bázissorrendjét.

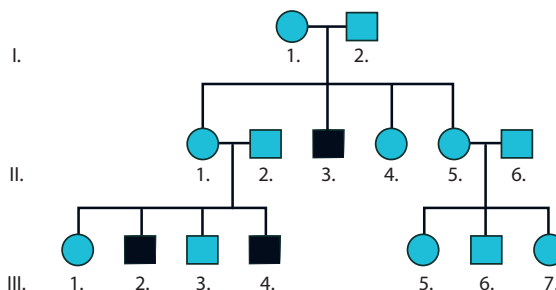
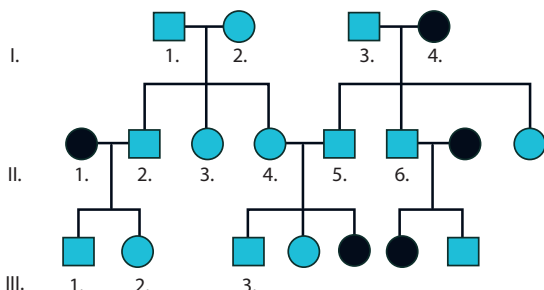
### Tudom, értem, alkalmazom, elemzem

1. Határozd meg az alábbi, párba állított fogalmakat!

- a) gén – allél
- b) genotípus – fenotípus
- c) haploid – diploid
- c) homozigóta – heterozigóta
- d) mennyiségi jellegek – minőségi jellegek
- e) független öröklődés – kapcsolt öröklődés

2. Hasonlítsd össze az allélikus kölcsönhatásokat!

3. A bal oldali családfa az albinó jelleg öröklődését mutatja egy család három nemzedékében. Írd fel a családfában szereplő egyének valószínűsíthető genotípusát! (A kör a nőket, a négyzet a férfiakat jelöli. A feketével jelölt személyek albinók.)



4. A fenti, jobb oldali családfa a vörös-zöld színtévesztés öröklődését mutatja egy család három nemzedékében. Add meg a családtagok valószínűsíthető genotípusát! (A kör a nőket, a négyzet a férfiakat jelöli. A feketével jelölt személyek színtévesztők.)

## Kitekintés, kutatási feladatok

1. A tulajdonságok öröklődésében legtöbbször nem egy, hanem több gén vesz részt. Ilyenkor a gének közötti kölcsönhatások alakítják ki a vizsgált jelleget. Az alábbi feladatokban olyan jelleget vizsgálunk, amelyek meghatározásában két gén alléljai vesznek részt. Az öröklésment leírásából kell következtetnünk a gének közötti kölcsönhatás természetére!

a) Homozigóta sárga és homozigóta fekete patkányokat kereszteztek egymással, az  $F_1$  utódok mind szürkék lettek. Az  $F_1$  egyedek keresztezése az  $F_2$  nemzedékben a következő megoszlást eredményezte: 9 sárga, 28 szürke, 3 csontszínű és 8 fekete. Írd fel a szülői, valamint az  $F_1$  és az  $F_2$  nemzedék egyedeinek geno- és fenotípusát!

b) A spárgatök fehér színét domináns allél (A), színes termését recesszív allél (a) biztosítja. Homozigóta (aa) genotípus esetén egy másik gén domináns allélja (B) sárga színt alakít ki. Ha a genotípus „bb”, akkor a termés színe zöld. Jellemezd a gének kölcsönhatását! Milyen  $F_2$  fenotípusokat vársz és milyen arányban az AABB fehér és az aabb zöld termésszínű növények keresztezéséből? Lehetséges-e két fehér termésű egyednek színes termésű utódja? Indokold a választ!

c) Tiszta származéksorú egerek között ismert hosszú farkú (100 mm) és rövid farkú (50 mm) változat is. Ha ezeket egymás között keresztezik, utódaik egyöntetűen köztes (75 mm) farokméretűek lesznek. Melyik a legegyszerűbb öröklésment, amellyel magyarázható a jelleg öröklődése? Milyen  $F_2$  megoszlás várható ebben az esetben?

Az  $F_2$  nemzedék fenotípusaránya azonban így alakult:

Farokhossz (mm)	50	62	75	88	100
Egyedszám	5	20	30	20	5

Hogyan módosítod ennek alapján a kérdésre adott válaszod? Írd fel az  $F_2$  egyedek geno- és fenotípusát!

2. Az alábbi táblázat heterozigóta ( $AaBb \times AaBb$ ) egyedek keresztezésének eredményét mutatja különböző gének kölcsönhatások esetén. Írd fel az  $AaBb \times aabb$  tesztelő keresztezés eredményét (geno- és fenotípus) az egyes esetekben!

Gének kölcsönhatás típusa	Genotípus-kategória				Fenotípus-megoszlás
	A B	A bb	aaB	aabb	
Két domináns gén együttes hatása (nem módosul az arány)	9	3	3	1	9:3:3:1
Domináns episztázis (A episztatikus B-re és bb-re)	12		3	1	12:3:1
Recesszív episztázis (aa episztatikus B-re és bb-re)	9	3	4		9:3:4
Alternatív dominancia (A és B hatása azonos)	9	6		1	9:6:1
Kiegészítő faktorhatás (A és B kiegészíti egymás hatását)	9	7			9:7
Domináns génhatás (A és B azonos fenotípust alakít ki)	15			1	15:1

3. A 3. leckét bevezető fotón a macska egyik szeme kék, a másik sárgászöld. Mi lehet a jelenség magyarázata?
4. A közelmúltban fedezték fel a molekuláris ollónak is nevezett CRISPR/Cas9-rendszert, amelyről azt tartják, hogy forradalmasíthatja a génszerkesztést. Készítsetek kiselőadást a Cas9 enzim működéséről!

# AZ ÉLET LEHETŐSÉGEI ÉS AZ EVOLÚCIÓ

## III.



Egy impala (*Aepyceros melampus*) bika a száraz évszakban bővebb legelők felé tereli háremét. A sikeres szaporodásért a bikának nem csupán a vetélytársakkal kell megküzdenie, gondoskodnia kell az utódokról is. A tehenek a legrátermettebb bika örökítőanyagát szeretnék utódukban tudni.

*Fotó: Nikolay Stanev, Tanzánia*

**Alkalmazkodás a környezethez ■ A véletlen szerepe ■  
Populációgenetika KIEGÉSZÍTŐ ANYAG ■ Az élet megjelenése  
és kezdetei ■ Az élet lehetőségeinek fejlődése ■  
A mai élővilág és az ember kialakulása**

## Evolúciós elméletek

A 20. század első felében a tudományos világ egyik legizgalmasabb kérdése az volt, hogy miként lehet összeegyeztetni a mendeli öröklődés törvényszerűségeit a darwini evolúciós elmélettel. Miféle kapcsolat van a tulajdonságok anyagi részecskékhöz (génekhez) kapcsolt öröklődése és a darwini evolúció hajtóereje, a természetes szelekció között? Mendel munkájának újrafelfedezése és az öröklődés kromoszómaelméletének igazolása után sokan vitatták az evolúció természetes szelekción alapuló darwini elméletét.

### Kibékíthetetlen ellentét?

*Charles Darwin* evolúciós elmélete három pilléren nyugszik. Az első pillér a fajok egyedeinek változatossága. A második az élőlények potenciális szaporodóképessége, vagyis a fajok egyedeinek az a sajátossága, hogy számuk „mérési haladvány” szerint, egyre gyorsuló mértékben növekedik. A harmadik az a tény, hogy a számbeli növekedésre való hajlam ellenére a populációk egyedszáma a valóságban többé-kevésbé állandó. Ez utóbbi két tényből – a potenciális szaporodóképességre való hajlamból és a környezet eltartóképességéből – vonta le Darwin azt a következtetést, hogy a fajok – populációk – egyedei között versengés folyik a létért, a fennmaradásért, a növekvő egyedszám miatt szűkössé váló erőforrásokért. A létért való küzdelemben az egyedek nem egyformán sikeresek, egyes változatok előnyben vannak másokkal szemben. Az előnyösebb, rátermettebb változatok több táplálékhoz jutnak, nagyobb valószínűséggel szaporodnak és örökítik át tulajdonságaikat a következő nemzedékre. A kevésbé rátermett egyedek szaporodási esélyei kisebbek, ezért tulajdonságaikat kisebb valószínűséggel örökítik. „A fennmaradásnak ezt az elvét, avagy másképpen a legalkalmasabbak fennmaradását neveztem én természetes kiválasztásnak. Ez formál minden egyes lényt egyre tökéletesebbé szerves és szervetlen életkörülményeihez; és ez vezet a legtöbb esetben ahhoz, amit szervezettségében fejlődésnek kell tekintenünk” – írta Darwin *A fajok eredete* című művében 1859-ben.

Darwin a fajok egyedeinek változatosságára, pontosabban annak eredetére nem adott elfogadható magyarázatot. Egyrészt azért, mert nem ismerte Mendel öröklődésre vonatkozó elméletét, azt, hogy a szülői tulajdonságok az utódokban rekombinálnak, vagyis az utódok eltérőek lehetnek a szülői típusoktól. Másrészt a mutáció, a tulajdonságok hirtelen, ugrásszerű, öröklődő változásának fontosságára csak 1900-ban hívta fel a figyelmet *Hugo de Vries* holland természettudós, botanikus.

Darwin szerint a természetes kiválasztás eredménye a fajok lassú, folyamatos változása, alkalmazkodása a környezethez. A darwini elméletet vitató tudósok éppen ezt a lassú, egyirányú változást kérdőjelezték meg. Úgy tartották ugyanis, hogy ezzel a mechanizmussal nem magyarázhatók az élővilág evolúciójában bekövetkező hirtelen változások, véletlenszerű események. *Hugo de Vries* így írt erről *Mutációelmélet* című művében: „A jelen munka feladata ezzel szemben az, hogy kimutassa, a fajok lökészerűen alakulnak ki egymásból, és ezek a lökések olyan folyamatok, melyeket éppen olyan jól meg lehet figyelni, mint bármilyen más élettani folyamatot [...]. Az említett lökések vagy mutációk átmenetek nélkül jelentkeznek és ritkák. [...] a fajok nem folyamatosan, hanem elkülönült fokozatokként alakulnak ki egymásból. [...] a mutációknak nincs irányuk. Az új típusok egy része utódok nélkül elpusztul. A többi újonnan keletkezett fajok között azután a természetes szelekció dönt.”

A mendeli öröklődés újrafelfedezését követően, az 1900-as évek elején új tudományág jelent meg, a populációgenetika. A cél annak bizonyítása volt, hogy a mendeli öröklődés szabályai nemcsak a genetikai kísérletekben szereplő egyedekre igazak, hanem alkalmazni lehet az egyedek nagyobb csoportjaira, a populációkra is. Igazolódt, hogy matematikai modellek segítségével jellemezni lehet a populációk genetikai összetételét, tehát a geno- és fenotípus-gyakorosságokat, és ezek változásait. Többek között modellezték a mutáció és a természetes szelekció hatását is a különböző populációkra.

### A közös nevező: neodarwinizmus

Az 1930-as években került sor az addig kibékíthetetlennek tűnő evolúciós elméletek szintézisére. A modern evolúciós szintézis (neodarwinizmus) szerint a fajokon belül az egyedek változékonyságának hátterében egyrészt a mutációk, másrészt az ivaros szaporodás során történő rekombináció áll. A változatos tulajdonságú egyedek közül a természetes szelekció válogat. A modern evolúciós szintézis választ próbál adni a hirtelen bekövetkező, ugrásszerű, véletlenszerű evolúciós változásokra éppúgy, mint a lassú, egyirányú változásokra.

Az evolúciókutatás módszerei sokat változtak az utóbbi évtizedekben. Az evolúció közvetlen bizonyítékainak, a kőületeknek a vizsgálata mellett egyre nagyobb teret kapnak a biokémiai összehasonlító vizsgálatok (DNS, fehérjék), a számítógépes szimulációs elemzések stb. Az evolúció tényét a tudományos világban ma már aligha vitatja valaki. Mechanizmusáról, időbeli lefolyásáról azonban mind a mai napig élénk viták folynak.

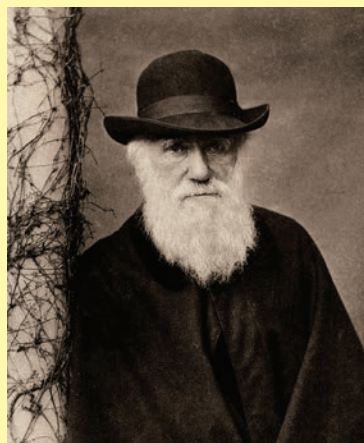
Visszatérő kérdése az evolúciós elméleteknek az is, hogy jogos-e az embert kiemelni az élővilágból, és evolúciós szempontból a legfejlettebb, legsikeresebb fajnak tekinteni. A válasz: igen. Az emberi evolúció kivételes, egyedülálló sajátossága a kulturális evolúció. Az ember nemcsak genetikai információt (géneket) örökít egyik nemzedékről a másikra, hanem képes kulturális információ átadására is. Ez tette, teszi lehetővé az emberek társadalmakba való szerveződését. A kulturális információ átadásának legfontosabb eszköze a nyelv, azon belül is az információ változatlan átadását biztosító írás. Az írásbeliség széles körű elterjedése, a nyomtatás megjelenése rendkívüli mértékben felgyorsította a kulturális, társadalmi evolúciót. Ehhez mérhető óriási változás napjainkban a digitális kultúra elterjedése, az elektronikus média térhódítása, a globalizáció.

## Az önző gén

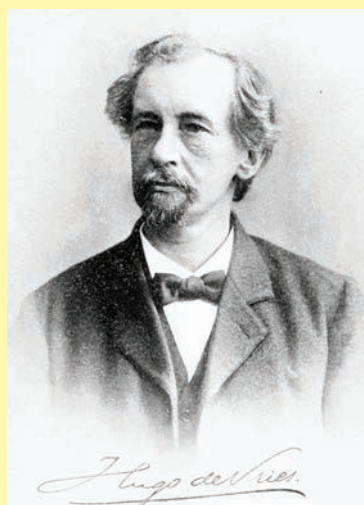
Az evolúciós elméletek sorát *Richard Dawkins* angol etológus 1976-ban megfogalmazott önzőgén-elméletével zárjuk. Dawkins szerint a természetes szelekció alapegysége nem a faj, nem a populáció, sőt nem is az egyed. Az alapegység a gén. Az elképzelés szerint az evolúció során először olyan molekulák jelentek meg az ősóceánokban, amelyek képesek voltak önmaguk megsokszorozására, replikációjára. A sokféle, véletlenszerűen kialakult replikátor molekulák közül azoknak lehetett előnyük, amelyek hosszú élettartamúak voltak, nagy sebességgel sokszorozódtak és másolásuk megbízhatóan, kevés hibával történt. A replikátorok között versengés folyt a fennmaradásért – az őslevesben ugyanazokért az anyagokért versengtek replikációjuk során. Végül azok maradtak fenn, amelyek „túlélőgépeket” építettek maguknak, ezzel biztosították a hosszú élettartamot, a sokszorozódást (termékenységet) és a megbízhatóságot (kiszámú másolási hiba). Dawkins szerint a mai élőlények a versengésben legsikeresebbnek bizonyult DNS-molekulák túlélőgépei. A gének fennmaradása attól függ, mennyire hatékonyak azok a testek, amelyekben élnek.

Önzőgén-elméletét Dawkins a kulturális evolúcióra is kiterjesztette. A kulturális evolúció információs egységét mémnek nevezte el, és a következőként határozta meg: „A mém egy dallam, egy gondolat, egy jelszó, egy ruhadivat, edények készítésének vagy boltívek építésének módja. Éppúgy, ahogy a gének azáltal terjednek, hogy spermiumok vagy peték révén testből testbe költöznek, a mémek úgy terjednek a memkészletben, hogy agyból agyba költöznek egy olyan folyamat révén, amelyet tágabb értelemben utánzásnak nevezhetünk. Ha egy tudós egy jó gondolatot hall vagy olvas, akkor továbbadja a kollégáinak és tanítványainak. Megemlíti cikkeiben és előadásaiban. Ha egy gondolatnak sikere van, azt mondhatjuk, hogy agyról agyra terjedve elszaporodik.” A génekhez hasonlóan a mémek „sikerét” is három feltételhez köti: hosszú élet, sokszorozódás, másolási megbízhatóság. Ez utóbbi három feltételt kiugróan magas színvonalon először a nyomtatott írás megjelenése biztosította. Az infokommunikációs technológia megjelenése újabb kiemelkedően fontos mérföldkövet jelent a kulturális evolúcióban.

Az önzőgén- és a mémelmélet más evolúciós elméletekhez hasonlóan vita tárgya. A tudomány minden bizonnyal egyre több nyitott kérdésre ad majd választ, és ezzel együtt újabb és újabb kérdéseket vet fel.



Charles Darwin (1809–1882)



Hugo de Vries (1848–1935)



Richard Dawkins (1941–)



- A genetikai sokféleség
- A genetikai sokféleség forrása
- Természetes szelekció
- Mesterséges szelekció
- A szelekció iránya

### Megtudhatod

Miért kicsi a sarki nyúl és a sarki róka fülkagylója?

# 13. Alkalmazkodás a környezethez

**Populáció** ■ Egy fajba tartozó egyedek, amelyek tényleges szaporodási közösséget alkotnak. Más szóval népeség.

Az evolúció fogalmán a köznap életben az élővilág történeti fejlődését értjük, vagyis azt a folyamatot, melynek során évmilliók alatt kialakultak a mai élővilág különféle csoportjai, miközben más csoportok eltűntek, kihaltak. De milyen folyamatok állnak az evolúció hátterében, mivel magyarázhatók ezek a változások? A leginkább elfogadott elmélet szerint a biológiai evolúció alapja az öröklődő tulajdonságok változása a populációk egymást követő nemzedékeiben. A **mikroevolúciós** változások, köztük például a természetes szelekció során a populációkban egyes öröklődő jellegek megritkulnak, mások gyakoribbá válnak; az is előfordul, hogy mutációval új tulajdonságok jelennek meg. Ezáltal egy faj egymástól elszigetelt populációi az idők során kisebb-nagyobb mértékben különbözővé válnak. A mikroevolúciós változások halmozódásával a népeségek egyedei elődeiktől oly mértékben eltérővé válhatnak, hogy már nem is tekinthetők ugyanazon fajba tartozóknak. Az új fajok populációinak evolúciója végső soron elvezethet másféle szerveződésű, a kiindulási fajjal már csak távolabbi rokonságban álló csoportok kialakulásához: új nemzetségek, családok, osztályok, törzsek megjelenéséhez. Ezen változások összefoglaló neve: **makroevolúció**.

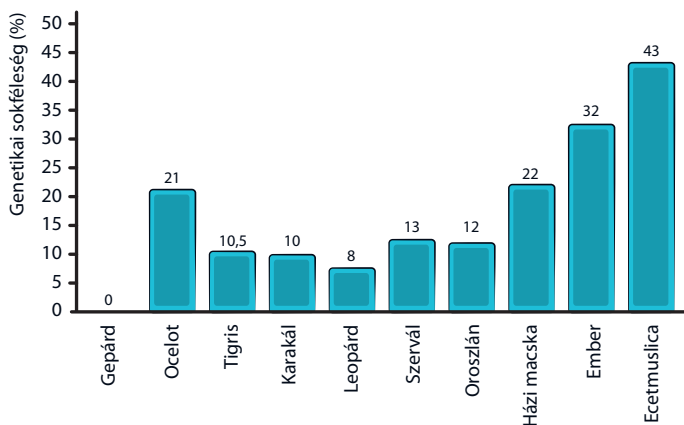
## A genetikai sokféleség

Az evolúció alapja a populációk egyedeinek genetikai sokszínűsége. Egy populáció egyedei egyértelműen jellemezhetők bizonyos tulajdonságokkal, hiszen testfelépítésük alapvonásaiban, élettani sajátágaikban nagymértékben hasonlítanak egymásra. Számos tulajdonság vonatkozásában azonban kisebb-nagyobb különbségek is megfigyelhetők közöttük. A hasonlóság alapja, hogy a populáció egyedeinek testi sejtjeiben (az ivart kialakító géneket leszámítva) jellemzően

azonos számú és típusú gén található. A populáció gényeinek összessége adja a népeség **génállományát**. A génállomány annál változatosabb, minél többféle allélja van jelen az egyes géneknek a populációban (1. ábra). Ráadásul az egyedek különböző kombinációkban tartalmazzák az allélokat, ennek köszönhető a geno- és fenotípus sokfélesége.

De miért előnyös a genetikai sokféleség? A genetikai állomány változatossága teszi lehetővé a populációk alkalmazkodását a változó környezeti feltételekhez. A genetikailag sokszínű népeségekben jelen vannak azok az allélok, azok a tulajdonságok, amelyek segítik a megváltozott feltételekhez való alkalmazkodást.

**1. Genetikai sokféleség egyes fajokban.** A grafikon azoknak a géneknek a százalékos arányát mutatja, amelyeknek egynél több allélja van jelen a faj egyedeiben





A populációk genetikai sokféleségét molekuláris biológiai módszerekkel határozzák meg, például a DNS bázissorrendjének, a fehérjék aminosav-sorrendjének összehasonlító elemzésével.

A populációk genetikai vizsgálatával megállapítható az egyes tulajdonságokat kialakító allélok gyakorisága is. Az **allélgyakoriságok** számértéke azt adja meg, hogy egy gén példányainak hányadrészét adják a különböző allélok a népességben. Az Rh vércsoportot meghatározó D allél gyakorisága a magyarországi népességben 0,6. A recesszív d allél pedig 0,4. A 100 ivarsejt közül átlagosan 60 a domináns, 40 a recesszív allélt tartalmazza.

## A genetikai sokféleség forrása

A populációk genetikai sokfélesége alapvetően négy tényezőre vezethető vissza. Az első a **mutáció**, hiszen ez az egyetlen olyan folyamat, amely új allélokat hoz létre, vagy módosítja a kromoszómákon a gének sorrendjét, de az is előfordul, hogy megváltozik a kromoszómák szerkezete, illetve száma.

A másik három tényező az **ivaros szaporodással** áll kapcsolatban. A meiózis során bekövetkező **allélkicserélődés** az allélok új, a szülői típusoktól eltérő kombinációját eredményezi a kromoszómákon, majd ezt követi az apai és anyai eredetű **kromoszómák véletlenszerű szétválása**. Végül a **megtermékenyítés** során véletlenszerűen egyesülnek a különböző allélösszetételű ivarsejtek. Becslések szerint a felsorolt tényezők együttesen az emberi ivarsejtek  $10^{600}$ -féle változatát hozhatják létre. Éppen ezért – az egytetű ikreket leszámítva – egészen valószínűtlen, hogy két megegyező genetikai állományú ember éljen a Földön.

## Természetes szelekció

A populációk génállományában az egyes allélok gyakorisága rövidebb vagy hosszabb időtartam alatt módosul. Az allélgyakoriságok változását az **evolúciós tényezők** idézik elő. Az egyik legfontosabb evolúciós tényező a **természetes szelekció**.

A populációk különböző geno- és fenotípusú egyedei nem egyenértékűek. Az adott környezetben kevésbé életképes vagy szaporodóképes egyedek géneiket kisebb valószínűséggel adják tovább a következő nemzedéknek. A kedvezőtlen tulajdonságú egyedek tehát kiválogatódnak, ez a folyamat a természetes szelekció. A folyamat eredményeként az adott környezetben hátrányos tulajdonságot kialakító allélok ritkulnak, a kedvező sajátosságokat létrehozó allélok pedig gyakoribbá válnak. A szelekció eredményeként a populációkban az adott környezethez egyre jobban illeszkedő fenotípusok terjednek el, így tehát a népségek alkalmazkodnak környezetükhöz. Az evolúciónak ezt a formáját **adaptív evolúciónak** nevezzük (adaptáció: 'alkalmazkodás').

Az adaptív evolúciós folyamatok eredménye jól megfigyelhető a különböző éghajlatú területeken honos, egymással közeli rokonságban álló – rendszerint egy családba tartozó – emlősállatok testfelépítésében. Az emlősök állandó testhőmérséklete a hőtermelés és a hőleadás egyensúlyának beállításával alakul ki. A testhőmérséklet fenntartásához szükséges hő a sejtek lebontó folyamataiban szabadul fel, ezért a hőtermelés sebessége a testtömegtől függ: minél nagyobb tömegű az állat, annál nagyobb lehet a hőtermelés mértéke. A hőleadás viszont a testfelületen keresztül zajlik: minél nagyobb a test felülete, annál nagyobb lehet a hőleadás. A hideg területeken honos fajok rokonaikhoz képest nagyobb tömegűek, de tömegükhöz viszonyított testfelületük kisebb, a felületet növelő, kiálló testrészeik (pl. a fülkagylójuk) kis méretűek. A meleg éghajlaton honos fajoknál ezek a testarányok éppen fordítottak (2. ábra).

sarki róka



vörös róka



sivatagi róka



### 2. A róka fajok elterjedése, jellemzői.

A három róka faj közül a szubtrópusi éghajlaton élő sivatagi róka testtömege a legkisebb, nagy füleinek felületén keresztül pedig jelentős hőleadásra képes. A tajgán és a tundrán élő sarki róka testtömege nagy, dús szőrzete segít megőrizni a megtermelt hőt. Testfelülete a lehető legkisebb, apró fülein is kevés hő távozik a környezetbe. A vörös róka a mérsékelt övezetben él, hőtermelése és hőleadása is közepes



**3. Az antibiotikum-rezisztencia bemutatása.** A baktériumok rezisztenciájának tesztelése olyan edényekben lehetséges, amelyekben a baktériumok megfelelő táptalajon növekedhetnek. Antibiotikum-kezelés nélkül az edény alját egyenletesen benövik a baktériumok. Ha apró, antibiotikummal átitatott papírkorongokat helyezünk az edénybe, akkor a korongok körül az ellenálló baktériumok túlélnek (jobb oldali edény), míg a nem ellenállóak eltűnnek (bal oldali edény)



**4. Az uszár törpe és óriás változata**

## Mesterséges szelekció

Adaptív evolúciós folyamatokat az ember is előidézi. Az orvosok sokféle antibiotikumot használnak a baktériumok okozta fertőző betegségek kezelésére. Az antibiotikumok gátolják egyes baktériumok anyagcseréjét, ezáltal elpusztítják ezeket a kórokozókat. Megfigyelték, hogy egyes baktériumsejtekben mutációval olyan gén jelenik meg, amely által kódolt enzim hatástalanítja az antibiotikumot, így a baktérium ellenálló, **rezisztens** lesz az antibiotikummal szemben. A rezisztenciáért felelős gént tartalmazó baktériumsejtek a gyógyszer jelenlétében is szaporodhatnak, míg a mutáns gént nem tartalmazó sejtek elpusztulnak. A gyógyszer hatására tehát előnybe kerülnek és elterjednek az ellenálló kórokozók. A néhány évtizeddel ezelőtt még hatékony antibiotikumok egy részét a rezisztens baktériumok elterjedése miatt már ki kellett vonni a forgalomból. A rezisztencia kialakulását nem akadályozhatjuk meg, de terjedését lassíthatjuk, ha csak akkor használunk antibiotikumot – az orvosi előírásnak megfelelő adagolásban és időtartamban –, amikor az feltétlenül szükséges.

A növény- és állattenyésztők által végzett **mesterséges szelekción** is jól tanulmányozhatók a szelekciós mechanizmusok. Annál is inkább, mivel a változások gyorsan bekövetkeznek. A városi emberek körében nagyon népszerűek lettek a kis termetű kutyafajták. Ezért számos fajtát tenyésztettek ún. törpe változatban (4. ábra). A törpe méret a kis méretű egyedek kiválogatásával és egymás közötti szaporításával alakítható ki.

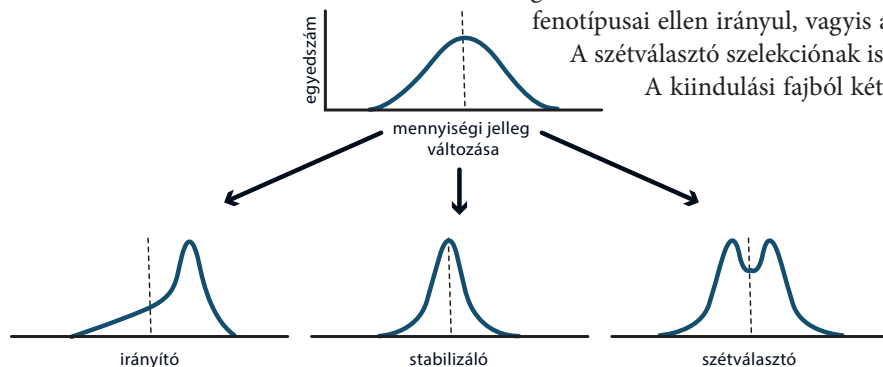
## A szelekció iránya

A természetes szelekció hatásait, a természetes kiválogatódás elvét és evolúciós szerepét Charles Darwin elsősorban a mennyiségi jellegeken tanulmányozta. A mennyiségi jellegek tekintetében a populációk legtöbbször ún. normál eloszlást mutatnak, vagyis a legtöbb egyed testtömege, testhossza, hőigénye, pigmentációjának mértéke stb. egy átlagérték körül mozog, a szélső értékekhez jóval kevesebb egyed tartozik. Mennyiségi jelleget vizsgálva a természetes szelekciónak három alapvető típusa van (5. ábra).

**Irányító szelekció** esetén a populációra jellemző átlag valamelyik lényeges tulajdonság tekintetében az egyik szélső érték felé tolódik el. Kiváltó oka a környezet tartós, egyirányú változása (pl. lehűlés, felmelegedés). Ha egy élőhelyen az átlaghőmérséklet tartósan emelkedik, akkor az a populáció melegkedvelő egyedeinek kedvez, ha pedig csökken, akkor a hidegkedvelők kerülnek előnyösebb helyzetbe. Az irányító szelekció fontos evolúciós tényező, amely egy kiindulási fajból új faj létrejöttéhez vezethet. **Stabilizáló szelekció** kiküszöböli a populációból a szélső értékekhez tartozó fenotípusokat. Ez a jelenség akkor figyelhető meg például, ha az élőhely átlaghőmérséklete állandó. **Szétválasztó szelekció** a populáció köztes fenotípusai ellen irányul, vagyis a szélső értékeket részesíti előnyben.

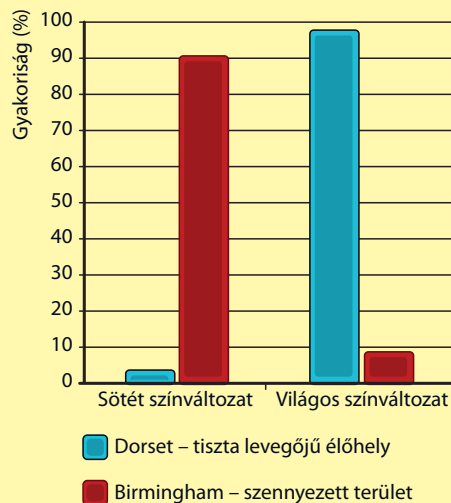
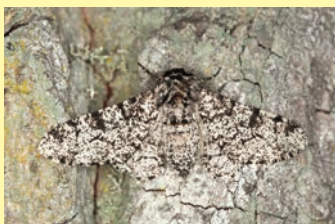
A szétválasztó szelekciónak is fontos szerepe lehet az evolúcióban.

A kiindulási fajból két új faj jöhet létre.



**5. A szelekció típusai**

**Munkában a természetes szelekció** ■ A nyírfaaraszoló példáján a természetes szelekció evolúciós hatása látványosan és viszonylag gyorsan érvényesül. A rovarnak két színváltozata van. A szárnyak világos színezetét egy gén recesszív, a sötétet pedig domináns alléja határozza meg. A világos színű példányok jóval gyakoribbak a sötéteknél azokon az élőhelyeken, ahol a levegő nem szennyezett. Ezzel szemben a sötét példányok elterjedtebbek a szennyezett levegőjű ipartelepek környékén. A jelenség magyarázata egyszerű. A tiszta levegőjű élőhelyeken a fák törzsét zuzmók borítják, a fatörzsön pihenő világos színű rovarok beleolvadnak környezetükbe, így ritkábban válnak a rovarevő madarak prédájává. A szennyezett levegőjű területeken, mivel a fák törzse kormos, és nincsenek rajta zuzmók sem, a sötét mintázatú rovarok a gyakoribbak. Azokon az egykor szennyezett levegőjű területeken, ahol a környezetvédelmi intézkedések hatására tisztább lett a levegő, ismét a világos színű példányok kerültek többségbe.



A nyírfaaraszoló színváltozatainak gyakorisága szennyezett és tiszta levegőjű élőhelyen

A nyírfaaraszoló sötét és világos színváltozatú példányai zuzmós fakérgen

**Új fogalmak** ■ genetikai sokféleség ■ allélgyakoriság ■ adaptív evolúció, szelekció ■ irányító, szétválasztó, stabilizáló szelekció

### Megtanultam?

Az evolúció során különböző evolúciós tényezők hatására a populációk egymást követő nemzedékeiben megváltozik a(z) **1.** gyakorisága, és ennek következtében a különböző geno- és fenotípusú egyedek gyakorisága is. Az evolúció forrását, a népségeket **2.** a(z) **3.** teremti meg az új allélok létrehozásával. A génállomány kismértékű változásai jelentik a(z) **4.**, amelynek következtében a fajok populációi egymástól eltérővé válnak. A(z) **5.** során az eltérések és az új tulajdonságok halmozódásával új élőlénycsoportok alakulnak ki. A(z) **6.** a környezetnek jobban megfelelő fenotípust létrehozó allélok elszaporodásához vezet. Ennek eredménye a(z) **7.** evolúció, vagyis a változó környezethez való evolúciós alkalmazkodás.

### Kérdések, feladatok

- Röviden fogalmazd meg, mit értünk az evolúció fogalmán  
a) köznap értelemben,  
b) populációgenetikai megközelítésben!
- Mi a különbség a mikroevolúció és a makroevolúció között? Válaszodat példákkal támaszd alá!
- Mi az ivaros szaporodás jelentősége evolúciós szempontból?
- Mi a jelentősége annak, hogy a népségeken belül sokféle genotípusú és fenotípusú egyed él?
- Röviden foglald össze, milyen kapcsolat lehet a mutáció, a természetes szelekció és az adaptív evolúció között!
- Hogyan függ össze az egészségügyi ellátás és az antibiotikum-rezisztencia elterjedése?
- Döntsd el, hogy a mesterséges szelekció adaptív evolúciós folyamat-e! Válaszodat indokold!



- Génáramlás
- Genetikai sodródás
- Génerózió

### Megtudhatod

Milyen kapcsolat van a népvándorlás és a vércsoportok gyakorisága között?

# 14. A véletlen szerepe

Az evolúciós folyamatok többnyire véletlenszerű események, így nem feltétlenül szolgálják a környezethez való alkalmazkodást. A **nem adaptív evolúció** tényezői a génáramlás és a genetikai sodródás.

## Génáramlás

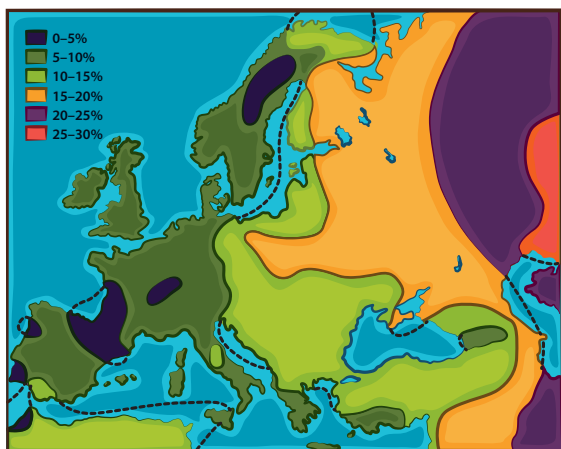
A **génáramlás** a populációk közötti vándorlás eredménye. A be-, illetve elvándorló egyedek új élőhelyük népességében szaporodnak, ezzel megváltozhat mind az eredeti, mind pedig az új populációban az allélgyakoriság. A génáramlás hatását jól megvilágítja az AB0 vércsoportokat kialakító allélok jellegzetes területi eloszlása az eurázsiai népességekben (1. ábra).

## Genetikai sodródás

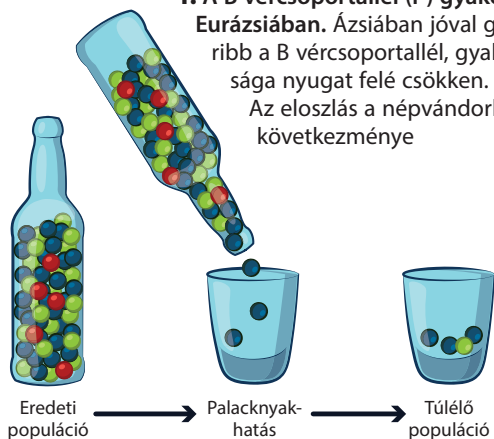
A **genetikai sodródás** véletlenszerűen bekövetkező allélgyakoriság-változás a populációban. Alapesete a **véletlenszerű sodródás**, ami minden populációra jellemző, hiszen a természetes populációkban az egymást követő nemzedékek genetikai állománya különböző. Az ún. **palacknyakhatás** akkor érvényesül, amikor egy populáció egyedszáma egy természeti katasztrófa, például áradás, vulkánkitörés, járvány hatására hirtelen lecsökken. A populációban a géneknek kevés vagy csak egyetlen alléja marad meg (2. ábra). A kis egyedszám miatt beltenyésztes lép fel. A genetikai sodródás következményeként a népesség egyedei a legtöbb génre nézve homozigótákká válhatnak. A genetikai sokszínűség elvesztése rontja az egyedek alkalmazkodóképességét a környezet változásaihoz.

A palacknyakhatásra példa az alapító hatás is. Ha egy népes populációból kisszámú egyed elvándorol élőhelyéről, és új populációt alapít, akkor a csoport az eredeti népesség génállományának csak kis hányadát viszi magával. Az elvándorló csoportban egyes allélok előfordulása sokkal kisebb lehet, mint a kiindulási populációban volt.

A ritka allélok pedig a kis egyedszámú népességben a genetikai sodródás révén elveszhetnek. Ennek a fordítottja is előfordulhat, vagyis az eredeti populációban ritka allélok az elkü-



**1. A B vércsoportallél (I<sup>B</sup>) gyakorisága Eurázsiaiában.** Ázsiában jóval gyakoribb a B vércsoportallél, gyakorisága nyugat felé csökken. Az eloszlás a népvándorlás következménye



**2. A palacknyakhatás szemléltetése.** A genetikai sodródás hatását az allélgyakoriságra jól szemlélteti az ún. palacknyakhatás. Az üvegből nagyszámú és sokféle golyó van. Az üvegből kis számban, véletlenszerűen kihulló golyók nem tükrözik az eredeti gyakorisági értékeket

lönülő közösségekben feldúsulhatnak. Az alapító hatásra számos példát kínálnak a kontinensektől távoli szigetek életközösségei (pl. Galápagos-szigetek, Hawaii).

Egyes kis létszámú, zárt emberi közösségekben jól megfigyelhető az alapító hatás következménye. A Pennsylvániában élő amish közösség tagjainak körében feltűnően gyakori egy recesszív öröklődő betegség, amelynek jellegzetes tünete a lábak rövidegsége, valamint a hatujjúság (3. ábra). A populációt 13 ezer fő alkotja, közülük minden százhatvanadik homozigóta a betegséget kialakító allélra, és mutatja a kór tüneteit. Valószínűleg a közösséget alapító házaspár egyik tagja hordozta a rendellenességet okozó allélt, a populáció számos tagja pedig az ő leszármazottja.

## Génerózió

**Génerózió**nak nevezzük mindazokat a folyamatokat, amelyek során a populációk genetikai sokszínűsége csökken. A génerózió megnehezíti vagy lehetlenné teszi, hogy a környezet tartós megváltozásakor a populációk adaptív módon alkalmazkodjanak. Az ember géneróziót idéz elő a természetes populációk megritkításával és pusztításával. Génerózióval jár a növény- és állatfajták nemesítése is. A házasított növény- és állatfajták az eredeti fajuk genetikai változatosságának csak töredékével rendelkeznek. Ezáltal ugyan megfelelnek az ember egykori tenyésztési céljainak, de az esetleg megváltozó igények szerint már nemigen alakíthatók tovább, mivel hiányoznak az ehhez szükséges génváltozatok. Ha közben a vadon élő alapfajok is eltűntek, akkor remény sincs arra, hogy újranemesíthessük a természetett növényeket, tenyésztett állatokat. Mindezek nyomán kezdték el a kutatók **génbankok** létesítését szorgalmazni. A génbankok céljaira kijelölt területeken biztosítani kell az életközösségek és környezetük szigorú védelmét annak érdekében, hogy az ott élő populációk genetikai sokfélesége fennmaradjon. Magyarországon is számos természetvédelmi területen és nemzeti parkban jelöltek ki génbankokat.



3. Az alapító hatás következtében a recesszív allél okozta törpeség és hatujjúság gyakori az elszigetelt amish populációban

### Olvasmány

**Kihalás szélén** ■ A világ leggyorsabb szárazföldi emlőse, a gepárd a kihalás szélén áll. A kövületek tanúsága szerint elődei több millió éven át nagy egyedszámban népesítették be az ázsiai és az afrikai kontinens füves területeit. Az egykor oly sikeres ragadozó mai populációi már csak Dél- és Kelet-Afrikában élnek, népességeik létszáma 20 ezer alá csökkent.

A gepárdok veszélyeztetettségének fő oka a genetikai sokféleség elvesztése. A vizsgálatok szerint a ma élő egyedek genetikai állománya csaknem teljesen azonos, genetikai sokféleségük 0%. A tudósok azt feltételezik, hogy mintegy 10–12 ezer évvel ezelőtt a gepárd populációk egyedszáma valószínűleg egy járvány következtében hirtelen, drasztikusan csökkent. A palacknyakhatás miatt a megmaradt kis létszámú populációk korábbi genetikai sokfélesége eltűnt. Ráadásul az alacsony egyedszám miatt fellépő beltenyésztés tovább csökkentette a genetikai sokféleséget, megnőtt azon egyedek száma, amelyek egyes káros, a mai populációk fennmaradását közvetlenül veszélyeztető recesszív allélokra homozigóták. A gepárdok különösen érzékenyvé váltak egy fertőző bélgulladás okozó vírusra. A hímek körében gyakori egy öröklődő rendellenesség, amelynek következtében ivarsejtjeik ostora szabálytalan alakú, emiatt a termékenység nagyon alacsony. A megszülető utódok gyengén fejlettek, ami a fizikai teljesítőképesség romlásához vezet. Ráadásul a gepárdok többnyire magányosan vadásznak, ez pedig tovább csökkenti versenyképességüket élőhelyük nagyragadozóival, az oroszlánokkal szemben.



Gepárdok



4. Autópálya feletti vadátjáró

Mitől csökkenhet le a populációk mérete és ezzel genetikai sokszínűsége? Megnő a genetikai sodródás – és ezzel a génerózió – veszélye, amikor például a kultúrterületek terjeszkedésével, a vadon élő növényzet felhasználásával (pl. fakitermeléssel) a természetes élőhely mérete egyre kisebbre zsugorodik, vagy amikor a vadállat-populációkat túlvadásszák. De a populációk egyedszámát csökkentheti akár egy út megépítése is. Az életközösség élőhelyét átszelő közút sok-sok élőlény számára ugyanis átjárhatatlan. Ezen élőlények esetén az eredeti populáció két kisebbre esik szét, amelyekben már előtérbe kerülhet a genetikai sodródás.

### Olvasmány

**A változatosság forrása** ■ Az egyes gének különböző alléljai mutációk révén alakulnak ki. Mutációt több minden is okozhat, az egyik gyakori hatás a nagy energiájú sugárzás, ami vagy közvetlenül képes eltörni a DNS-szálat, vagy olyan vegyületeket hoz létre a sejtekben, amelyek áttételesen károsítják az örökítőanyagot.

Csernobil 1986-os katasztrófája során erősen sugárzó por szennyezte az erőmű környezetét, lassan csökkenő hatása évszázadokig kimutatható lesz még.

A „tiltott zóna” élővilágát 25 évvel később alaposan megvizsgálták. A kutatás során új fajt ugyan nem találtak, de a genetikai vizsgálatok jelentős kromoszomális eltéréseket és egyéb mutációkat azonosítottak, emellett egyes gének eloszlásában kimutatható a megváltozott szelekciós nyomás hatása is. A balesetet követően azok a genotípusok váltak előnyösebbé, amelyek a DNS védelmére több erőforrást szántak, így például számos madárfajnál megemelkedett a szövetekben az antioxidánsok szintje, a csernobili lúdfüveknél pedig a 2-3-szoros mennyiségben termelt DNS-javító enzimek működésének köszönhetően, extrém magas sugárdózis mellett sem igen mutatható ki mutációs eltérés – ezen az egy különleges tulajdonságon kívül.



A csernobili atomerőmű

**Új fogalmak** ■ nem adaptív evolúció ■ génáramlás ■ genetikai sodródás, alapító hatás ■ génerózió

### Megtanultam?

A génáramlás és a(z) **(1.)** véletlenszerű, **(2.)** evolúciós változások. A(z) **(3.)** során csökken a populációk genetikai sokszínűsége, és ezzel a változó környezethez való alkalmazkodás lehetősége.

**Keress rá!** ■ HáGK ■ Darwin-pintyek

### Kérdések, feladatok

1. Milyen hatással van a genetikai változatosságra a genetikai sodródás és a beltenyésztés?
2. Röviden vázold fel, hogy az emberi tevékenységek milyen úton csökkentik a genetikai sokszínűséget!
3. Nézz utána, hol vannak Magyarországon génbankok!
4. Miért építenek az autópályák fölé vadátjárókat?
5. A leckét bevezető képen a norvégiai Spitzbergák egy régi szénbányájában létesített Nemzetközi Magbunker bejárata látható. Milyen céllal és miért éppen ezen a zord éghajlatú területen alapították ezt az intézményt?

### Megtudhatod

Hogyan lehet meghatározni egy genetikai eredetű betegség gyakoriságát egy népességben?

# 15.

## Populációgenetika KIEGÉSZÍTŐ ANYAG

**Sarlósejtes vérszegénység** ■ Recesszíven öröklődő emberi betegség, hátterében a hemoglobingénben bekövetkezett pontmutáció áll. A hemoglobin rendellenes szerkezete miatt a vörösvértestek sarló alakban meggyömbülnek.  
**Malária** ■ A trópusi és szubtrópusi területeken gyakori, magas halálozási arányt mutató, fertőző betegség. Időszakosan jelentkező lázrohammal jár. Kórokozója egy állati egysejtű, amelyet a maláriaszúnyogok terjesztenek.

A **populációgenetika** matematikai eszközökkel írja le a népségeket genetikai állományában lejátszódó mikroevolúciós változásokat, matematikai módszerekkel elemzi az egyes evolúciós tényezők – pl. mutáció, természetes szelekció, génáramlás, genetikai sodródás – hatását a populáció genetikai összetételére, az allélgyakoriságok változására. A tudományág a genetikából alakult ki az 1900-as évek elején, amikor a mendeli öröklődés újrafelfedezését követően határozott igény mutatkozott az öröklődés és az evolúció közötti kapcsolat felderítésére.

### Ideális populáció

A populációk genetikai vizsgálatát megkönnyíti, ha olyan modellt alkotunk, amely bizonyos adatok birtokában lehetővé teszi az allélgyakoriságok, illetve a geno- és fenotípus-gyakoriságok számszerű meghatározását a populációban, ugyanakkor lehetőséget ad arra is, hogy megbecsüljük az allélgyakoriságok változását okozó tényezők, például a mutáció, a szelekció, a be- és a kivándorlás szerepét a génkészlet változásában. Ilyen modell az **ideális populáció**.

Az ideális populációban **nincs mutáció**, minden genotípus által kialakított fenotípusnak **egyforma a rátermettsége**, egyformán élet- és szaporodóképes. Az egyedek **véletlenszerűen szaporodnak** egymás között. A populáció **zárt**, vagyis belőle egyedek nem vándorolnak ki, és más populációból sem érkeznek fajtársak. Végül a populáció igen **nagy létszámú** (az egyedszám végtelenhez közelinek tekinthető), ezért alkalmazhatók rá a nagy számok törvényei.

Ideális populáció a valóságban nincs, kiindulási modellként mégis fontos, mivel azt az állapotot képviseli, amelyben a gének minden allélja az idő múlásával állandó gyakorisággal van jelen. Az ideális populációban minden geno- és fenotípus gyakorisága nemzedékről nemzedékre változatlan, tehát nem zajlik evolúció.

Hogyan határozható meg egy ideális populációban az allélgyakoriságok ismeretében egy domináns-recesszív módon öröklődő jelleg geno- és fenotípusainak gyakorisága? A vizsgált jelleg legyen az Rh vércsoport. Az Rh pozitív vércsoportot kialakító D allél gyakoriságát paraméteresen  $p$  betűvel jelöljük, értéke példánkban:  $p = 0,6$ . A recesszív d allél gyakorisága:  $q = 0,4$ . Ha egy génnek kétféle allélja fordul elő a populációban, akkor:  $p + q = 1$ .

Mivel a megtermékenyítés véletlenszerűen történik, az utódok genotípus-gyakorisága egyszerűen kiszámítható (2. ábra).



- Ideális populáció
- Hardy–Weinberg-szabály
- Genetikai egyensúly
- A természetes szelekció számokban



**1. Antilopok küzdelme.** Egy valós populációban a szaporodás sikere nem független a fenotípustól, ami az allélgyakoriság változását okozhatja

		Petesejtek	
		$p = 0,6$ (D allél gyakorisága)	$q = 0,4$ (d allél gyakorisága)
Hímivarsejtek	$p = 0,6$ (D allél gyakorisága)	$p^2 = 0,36$ (DD genotípusúak)	$pq = 0,24$ (Dd genotípusúak)
	$q = 0,4$ (d allél gyakorisága)	$pq = 0,24$ (Dd genotípusúak)	$q^2 = 0,16$ (dd genotípusúak)

**2. Az allélgyakoriságok, a genotípus-gyakoriságok alakulása ideális populációban.** Az ábrán a négyzet oldala 10 egység. Ebből  $p$  méretarányosan 6 egység,  $q$  4 egység. A négyzetek területének nagysága arányos a genotípusok gyakoriságával



**3. Barnamedve műholdas nyomkövetővel.** A populációból történő ki- és bevándorlást nagy testű emlősöknél ilyen eszközzel vizsgálják

Homozigóta domináns egyedek (D) akkor jönnek létre, ha két olyan ivarsejt egyesül, amelyek D allélt tartalmaznak, genotípusuk DD. Ennek valószínűsége a D allélt tartalmazó ivarsejtek gyakoriságának szorzata, vagyis:  $D = p^2$ . Hasonló megfontolásból a heterozigóták (H) gyakorisága:  $H = 2pq$ , a homozigóta recesszívéké (R) pedig:  $R = q^2$ .

A népességben mindegyik egyed tartozik valamelyik genotípusba, vagyis:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1, \text{ azaz}$$

$$(p + q)^2 = 1.$$

## Hardy–Weinberg-szabály

A Hardy–Weinberg-szabály egyszerű azonosság formájában foglalja össze az ideális populációkban az allélok gyakorisága és a genotípusok gyakorisága közötti összefüggést egy gén két allélváltozata esetén:

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1.$$

Az összefüggésben  $p^2$  a homozigóta domináns (DD),  $2pq$  a heterozigóta (Dd),  $q^2$  pedig a homozigóta recesszív (dd) genotípusú egyedek előfordulási arányát jelenti.

Most nézzük meg, hogyan alakulnak az allélgyakoriságok a következő nemzedékben! A domináns allélt a DD genotípusú egyedek gyakoriságuknak megfelelően örököltik, mert ivarsejtjeikbe csak ez az allél kerülhet. Domináns allélt tartalmazó ivarsejtek képződnek a heterozigótákban is, mégpedig gyakoriságuk felének megfelelő arányban. Így a következő nemzedékben a domináns allél gyakorisága ( $p_1$ ):

$$p_1 = p^2 + pq = p(p + q), \text{ ahol } p + q = 1, \text{ vagyis}$$

$$p_1 = p.$$

A fentieket általánosítva, a **Hardy–Weinberg-szabály** kimondja, hogy az ideális populációkban az allélgyakorisági értékek nemzedékről nemzedékre változatlanok.

## Genetikai egyensúly

A természetes populációk génállományának összetételét – mint azt az előzőekben láttuk – sokféle tényező: mutáció, szelekció, ki- és bevándorlás, genetikai sodródás befolyásolja. Ennek ellenére előfordulhat, hogy a populációban egy vagy néhány génre nézve látszólag nem változnak az allélgyakorisági értékek, mivel a módosító tényezők kiegyenlítik, kioltják egymás hatását, vagyis a populáció erre vagy ezekre a génekre nézve **genetikai egyensúlyban** van.

Genetikai egyensúly esetén alkalmazható a Hardy–Weinberg-összefüggés, segítségével kiszámítható egy gén alléljainak gyakorisága az egyensúlyi populációban.

Tegyük fel, hogy az Rh vércsoportra nézve egyensúlyban levő populáció 2400 személyből áll, és közülük 2016 az Rh-pozitív vércsoportú. Ebből meghatározható a homozigóta recesszív egyedek gyakorisága a népességben:  $384/2400 = 0,16$ , ami  $q^2$  értékének felel meg. Ebből egyszerű gyökvonással megkaphatjuk a recesszív allél gyakoriságát:  $q = 0,4$ .



Kiszámíthatjuk azt is, hogy az Rh-pozitív vércsoportúak között mekkora hányadot képviselnek a heterozigóták (Dd). Az Rh-pozitív személyek gyakorisága:  $p^2 + 2pq$ , közülük  $2pq$  a heterozigóták gyakorisága. Az összes Rh-pozitív egyed között a homozigóták aránya:  $0,48/0,84 = 0,429$ , vagyis 57%.

## A természetes szelekció számokban

Vizsgáljuk meg az evolúciós tényezők közül a természetes szelekció hatását! Egyes allélok által kialakított fenotípus az adott környezetben az egyed szaporodó- vagy életképességét okozza (letális allélok). Az ilyen egyedek értelem-szerűen nem örökítik letális alléljukat a következő generációba. Ez a **teljes szelekció** jelensége. Az emberi népességekben recesszíven öröklődő letális jelleg a sarlósejtes vérszegénység. Ha a teljes szelekció a homozigóta recesszív egyedekre hat, akkor a recesszív allélt csak a heterozigóták örökítik 50% eséllyel. Ha a teljes szelekció tartósan fennáll, akkor a szelektálódó allél gyakorisága fokozatosan, nemzedékről nemzedékre lassuló mértékben csökken. A mutáció természetesen újratermelheti a letális allélt (4. ábra).



4. A teljes szelekció hatása a recesszív letális allél és a genotípus gyakoriságára

Nézzünk erre is egy példát! Egy genetikai egyensúlyban levő emberi népességben a sarlósejtes vérszegénységet okozó recesszív allél gyakorisága  $q_0 = 0,2$ . Hogyan alakul a recesszív allél gyakorisága ( $q_1$ ) a következő nemzedékben?

A recesszív allélt a heterozigóták örökítik 50% valószínűséggel ( $p_0q_0$ ). A populációban csak a domináns allélt tartalmazó egyedek adják át alléljaikat a következő nemzedéknek ( $p_0^2 + 2p_0q_0$ ), így a recesszív allél gyakorisága a következő összefüggésből számítható ki:

$$q_1 = \frac{p_0 q_0}{p_0^2 + 2 p_0 q_0} = \frac{0,16}{0,96} = 0,17.$$

Tehát a következő nemzedékben a recesszív allél gyakorisága 0,17, a domináns allél pedig 0,83.

A homozigóta domináns egyedekre ható teljes szelekció esetén a domináns allél gyakorisága is a fenti elv szerint változik. A domináns allélt a heterozigóták 50%-os valószínűséggel örökítik, és a következő nemzedékre a heterozigóták és a homozigóta recesszív egyedek adják át alléljaikat.

Ha a teljes szelekció a domináns fenotípusra hat (genotípus: AA, Aa), akkor a domináns allél egy nemzedéken belül eltűnik a populációból, hiszen csak a homozigóta recesszív egyedeknek lesznek utódaik.

Bonyolultabb a helyzet akkor, ha a szelekció nem teljes. Ilyenkor a gén egyes alléljai nem letálisak, de a többinél kedvezőtlenebb fenotípust alakítanak ki. Ez esetben a **részleges szelekció** lassabban csökkenti a kedvezőtlen hatású allél gyakoriságát.

### Olvasmány

#### Jelölésvisz-

**szafogás** ■ Növények esetén, ha nem is egyszerű, de meg lehet számolni az adott populációhoz tartozó egyedeket, mert nem mozognak. Állatoknál, különösen, ha nagy a létszámuk, erre nincs esély. Ezért a kutatók megelégszenek a becsléssel: befognak egy nagyobb mennyiséget, egyesével megjelölik, majd elengedik. Néhány nap múlva ismét befognak valamennyit, és megállapítják, mekkora részük jelölt. Az összes jelölés ismeretében már kiszámítható a teljes populáció mérete.



Jelölt monarchialepke

### Olvasmány

#### Ivari szelek-

**ción** ■ Az ivari szelekció a természetes szelekció sajátos esete. Az ausztráliai elterjedésű lugasépítő madarak hímjei fűből, gallyakból készített lugast építenek, amelyet a környezetükben található feltűnő tárgyakkal – virágokkal, színes kavicsokkal, újabban eldobott fémtárgyakkal, színes papírokkal – feldíszítenek. A tojók azzal a hímekkel párosodnak, amelyek a legdíszesebb fészket építette. A feltűnő fészket azonban gyakran kirabolják a ragadozók. A pávakakasok feltűnő dísztoollaikkal imponálnak a tojóknak. A párvalasztásban a díszesebb tollú hímek vannak előnyben, annak ellenére, hogy az sokszor kifejezetten hátrányos a ragadozók elleni védekezésben, és a fajfenntartás szempontjából sincs előnye.



## Olvasmány

### Malária és sarlósejtes vérszegénység

A sarlósejtes vérszegénységet okozó recesszív allél gyakorisága feltűnően magas azokon a területeken, ahol gyakori a malária. Kimutatták, hogy a heterozigóta személyek ritkábban betegszenek meg maláriában, mint a homozigóta domináns genotípusúak. A homozigóta recesszív egyedekre teljes szelekció hat. A homozigóta domináns egyedek halál-ozási aránya viszont a malária miatt magas. A heterozigótákat nem szelektálja sem a malária, sem a sarlósejtes vérszegénység, így szaporodási fölényben vannak. Ennek következménye a recesszív allél nagy gyakorisága ezekben a népeiségekben.

Érdekes, hogy a recesszív allél gyakorisága mind a mai napig magasabb az Egyesült Államok fekete bőrű lakosságának körében, mint a fehér bőrű népeiségben.

Népeiség	Allélgyakoriság
Nyugat-Afrika	0,1–0,2
USA (afrikai származású)	0,08
USA (európai származású)	< 0,001

A sarlósejtes vérszegénység recesszív alléljának gyakorisága

**Új fogalmak** ■ ideális populáció ■ Hardy–Weinberg-szabály ■ egyensúlyi populáció ■ teljes és részleges szelekció

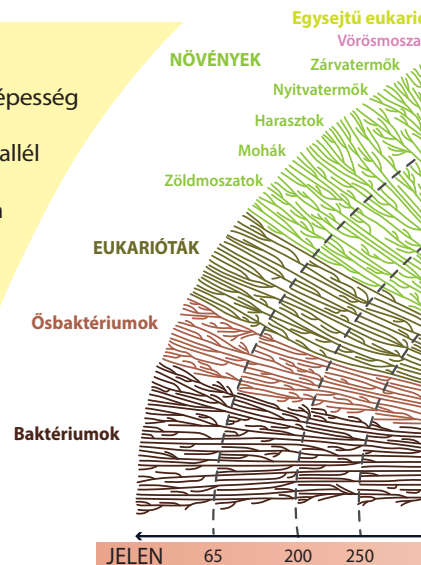
## Megtanultam?

A populációgenetika matematikai eszközökkel írja le a populációkban lejátszódó evolúciós változásokat. A modell alapja a(z) **(1)** populáció, amelyben nem hatnak evolúciós tényezők, ezért nem változnak az allélgyakoriságok sem. A(z) **(2)** írja le a kapcsolatot az allélgyakoriságok és a genotípus-gyakoriságok között. **(1)** populációban egy gén két alléja esetén a homozigóta domináns egyedek gyakorisága  $p^2$ , a heterozigótáké  $2pq$ , a homozigóta recesszívoké  $q^2$ . A(z) **(3)** populációkban a vizsgált gén különböző alléljainak gyakorisága nem változik, mert az evolúciós tényezők kiegyenlítik egymás hatását. Az ilyen népeiségekben alkalmazható a(z) **(2)** az allél- és a genotípus-gyakoriságok meghatározására. **(4)** szelekció esetén a kedvezőtlen fenotípusú egyedek nem szaporodnak, nem örökökítik génjeiket a következő nemzedékre. **(5)** szelekció esetén a kedvezőtlen fenotípusú egyedek szaporodási esélye kisebb a többiekénél.

**Keress rá!** ■ evolúciósan stabil stratégia ■ polimorfizmus ■ Cope-szabály

## Kérdések, feladatok

- Mi a különbség az ideális és az egyensúlyi populáció között? Lehet-e egy természetes népeiség ideális, illetve egyensúlyi?
- Egy egyensúlyi populáció 1000 egyedéből 10 homozigóta recesszív. Mekkora a domináns allél gyakorisága?
- Az előző kérdésben szereplő populációban a domináns fenotípusú egyedek hány százaléka heterozigóta?
- Egy genetikai egyensúlyban levő népeiségben az emberek 84%-a Rh-pozitív vércsoportú.
  - Mekkora az Rh-pozitív vércsoportot előidéző, domináns allél gyakorisága a vizsgált populációban?
  - Egy Rh-negatív vércsoportú anyának mekkora valószínűséggel születik Rh-pozitív vércsoportú gyermeke, ha ebből a népeiségből választ párt magának?
- Egy gén három alléja van jelen egy ideális populációban. Az allélgyakoriságok ( $p$ ,  $q$ ,  $z$ ) ismeretében hogyan írható le a genotípus-gyakoriságok?
- Egy populációban a homozigóta recesszív egyedekre teljes szelekció hat. A kiindulási nemzedékben a recesszív allél gyakorisága  $q = 0,4$ . Ábrázold grafikusán a recesszív allél gyakoriságának változását 5 nemzedéken keresztül!



## Megtudhatod

Hányféle élőlényből alakultak ki az ősi eukarióta sejtek?

# 16. Az élet megjelenése és kezdetei

**Nyílt rendszer** ■ Olyan anyagi rendszer, amely környezetével anyag- és energiafelvételt, valamint anyag- és energialeadást folytat.

**Zárt rendszer** ■ Olyan anyagi rendszer, amely a környezetével semmiféle anyagcserélődést nem folytat.

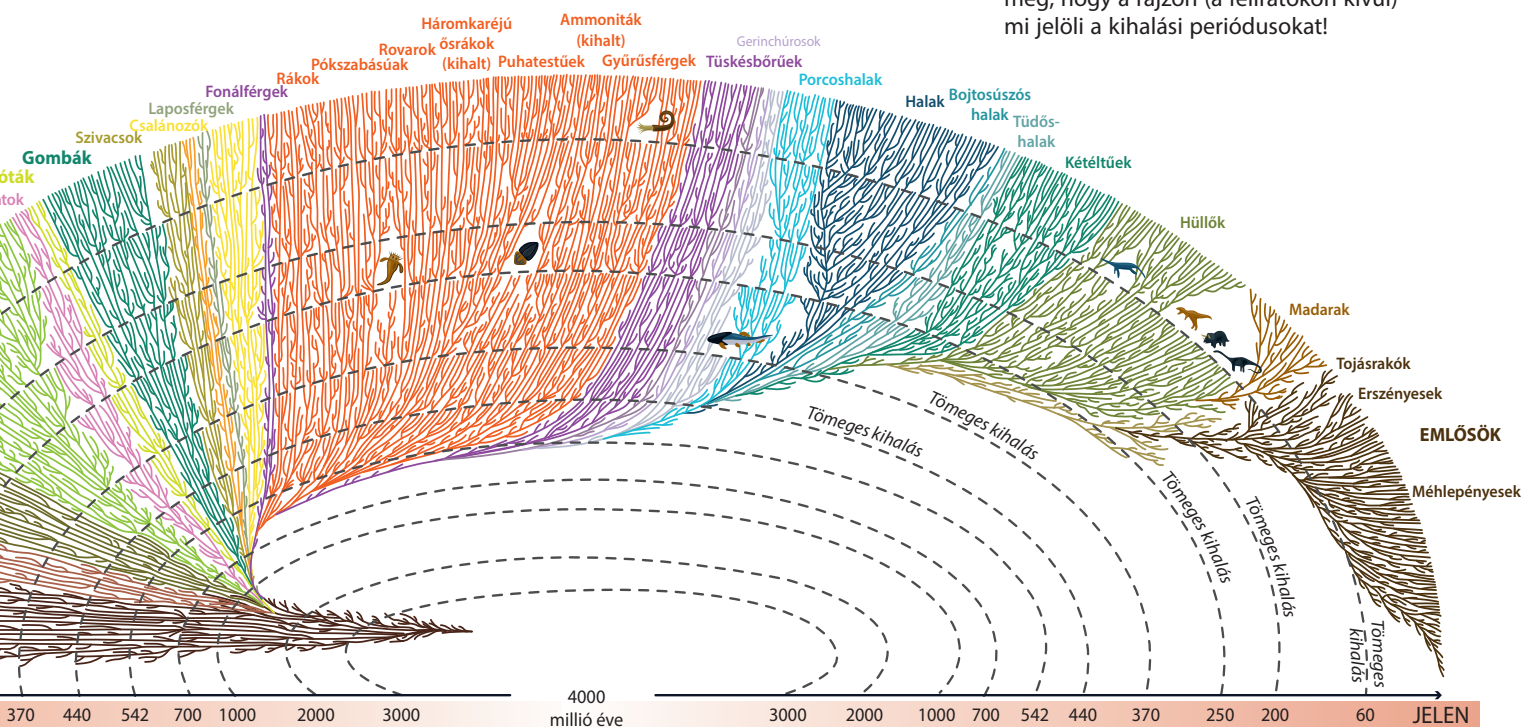
**Életjelenségek** ■ Az élőlények sajátos jellemzői. Az élőlények anyagcserét folytatnak, tehát anyagokat vesznek fel környezetükből, ezeket átalakítják, és egyes anyagokat leadnak. Képesek szaporodni, növekedni, fejlődni. Környezetük hatásaira valamilyen módon reagálnak, tehát alkalmazkodnak a környezetükhöz. Mindezek mellett képesek arra, hogy saját belső energiaszolgáltató folyamataik révén aktív mozgást végezzenek.

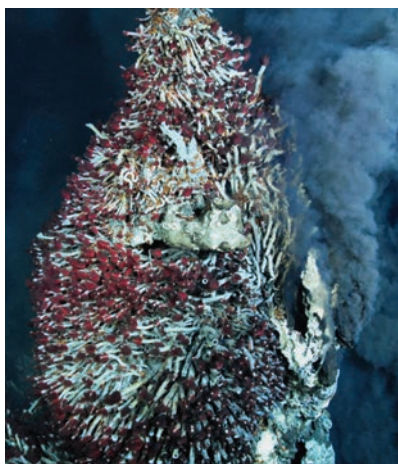
## A földi élet megjelenése

Jelenlegi ismereteink szerint a Föld kb. 4,6 milliárd éves. A legrégebbi kőületek tanúsága szerint bolygónkon az élet legalább 3,8 milliárd évvel ezelőtt jelent meg (1. ábra). Ezek az ősmaradványok egykor élt baktériumokból származhatnak. A kőzetekbe zárt fossziliák vizsgálatával rendkívül sokféle, egyre bonyolultabb testszerveződésű élőlénycsoportok megjelenésére, elterjedésére derült fény. Azt azonban máig sem tudhatjuk, hogy az első sejtek hogyan alakultak ki Földünkön. Erre vonatkozóan legalább háromféle, biológiai szempontból elfogadható magyarázat kínálkozik.

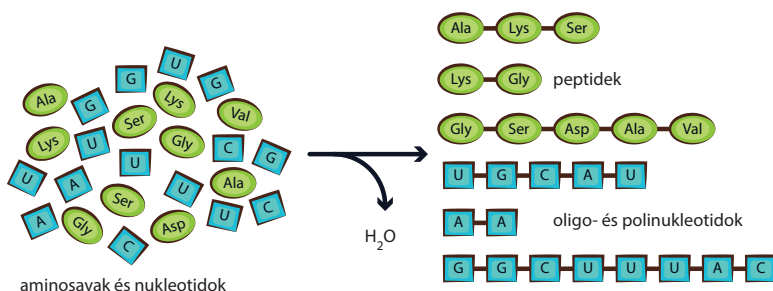
- A földi élet megjelenése
- Az élet feltételei módosultak
- Az eukarióták kialakulása és jelentősége
- Élővilág az ősidő végén

**1. Földtörténeti korszakok.** ■ Állapítsd meg, hogy a rajzon (a feliratokon kívül) mi jelöli a kihalási periódusokat!





**3. Mélytengeri életközösség.** A kénhidrogénben gazdag aljzaton a kemoszintetizáló baktériumok az életközösség termelői



## 2. Aminosavak és nukleotidok spontán módon összekapcsolódhattak

Az evolúciókutatók ma azt tartják a legvalószínűbbnek, hogy az egykori földi környezet lehetővé tette a szerves vegyületek kialakulását, a légkörben és az óceánok vizében található anyagokból. Ezt azok a kísérleti bizonyítékok is alátámasztják, amelyekkel korábban már megismerkedtünk. A laboratóriumi kísérletekből az is kiderült, hogy az aminosavakból bizonyos feltételek mellett fehérjék, a nukleotidok alkotóiból pedig nukleinsavszerű molekulák képződhetnek (2. ábra). Sőt, az ilyen oldatokban burokkal határolt, elkülönülő egységek alakultak ki, amelyek valamelyest a sejtekre emlékeztethettek. Az első sejtek kialakulásához vezető kémiai folyamatok összességét **kémiai evolúciónak** nevezzük. Sajnos arra nincsenek bizonyítékok, hogy a szerves anyagokból miképpen jöttek létre a valódi sejtek. Hogyan alakult ki a nukleinsavak genetikai információtartó és -átadó szerepe, valamint a kémiai reakciókat irányító enzimszerek összekapcsolódása – vagyis az anyagcserét folytató és osztódó sejt?

Újabban annak a lehetőségét is fölvetették a kutatók, hogy az élet esetleg nem is az ősléggör anyagaiból, hanem a **mélytengerekben** alakult ki, ahol az aljzatról feltörő meleg források kénhidrogénben, ammóniában, széndioxidban gazdagok. Ezeken a helyeken is létrejöttek a sejtek felépítéséhez szükséges szerves molekulák, amelyekből kialakulhattak az első sejtek. A tenger mélyén a világűrűből érkező káros (pl. ibolyántúli) sugárzás sem fenyegette a sejteket, hiszen a felső vízrétegek elnyelik azt. Napjainkban népes életközösségek fedezhetők fel ezeken az élőhelyeken (3. ábra).

Végül az sem zárható ki, hogy az élet akár a világegyetem egy másik pontjáról is érkezhetett a Földre. Egyes meteoritokban szerves molekulákat, aminosavakat találtak.

## Az élet feltételei módosultak

Biztosak lehetünk benne, hogy az ősi élet sokáig csak a tíz méternél mélyebb vizekben maradt fenn. A felszínen és a felső vízrétegekben ugyanis a világűrűből érkező intenzív ultraibolya sugárzás a nukleinsavak és a fehérjék roncsolódását okozta volna, ott tehát sejtek nem maradhattak fenn. Az élőlényeket károsító sugárzást napjainkban a magasléggöri ózonréteg szűri ki, az ősléggör azonban oxigént – és a belőle képződő ózont – nem tartalmazott.

Az elsőként megjelent primitív sejtek a mai prokariótákhoz hasonlíthatók. Feltehetően heterotróf anyagcseréjűek voltak, a vízben felhalmozódott, oldott szerves anyagokat hasznosították. Oxigén hiányában energiaszükségletüket erjedés fedezte. Idővel megjelentek az autotróf anyagcseréjű sejtek, amelyek az ősoceán szervesanyag-készletének csökkenésekor szelekciós előnybe kerültek. Az ősi fotoszintetizáló baktériumok azonban nem termeltek oxigént. Mintegy 3,5 milliárd évesek azok a kőzetek, amelyekben kimutatták a kékbaktériumok jelenlétét. Ezek a szervezetek fotoszintézisük során oxigént termeltek, és ezzel elkezdődött a légkörben az oxigén felhalmozódása.

### Olvasmány

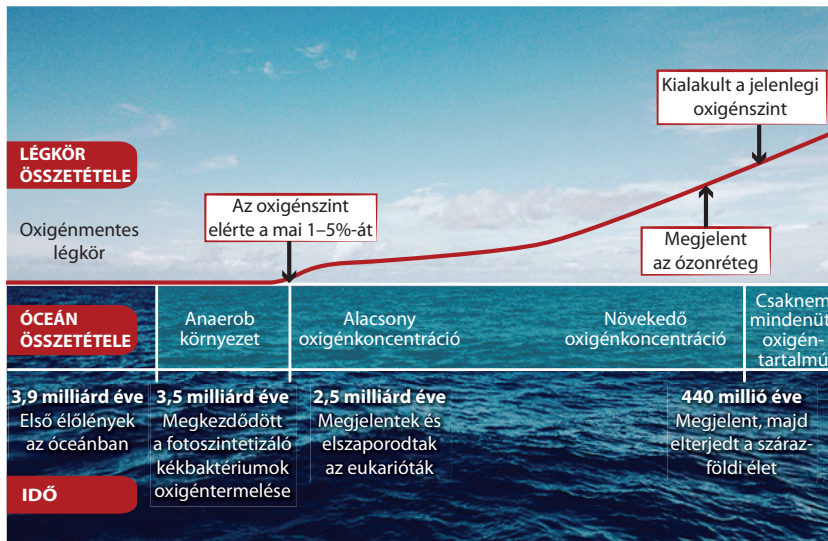
#### Élet a Földön

**kívül?** ■ Nem zárható ki, hogy a világegyetemben más égitest(ek)en is kialakult élet. Bizonyíték egyelőre nincs rá, de kutatások folynak ebben az irányban. A szakemberek szerint a Naprendszer több égitestén adóttak olyan körülmények, amelyek lehetővé tehetnék az élet megjelenését. A földi élőlények ismeretében az a kutatók álláspontja, hogy a folyékony víz nélkülözhetetlen az élet kialakulásához és jelenlétéhez. A Marson folyékony víz volt a múltban, és még mindig lehet a felszín alatt. A marsi életet még nem sikerült megnyugtatóan sem bizonyítani, sem kizárni. Mai ismereteink szerint azonban elképzelhető akár napjainkban is létező, vagy már kihalt baktériumszerű életforma felfedezése. A Marsról származó meteoritokban baktériumokhoz, illetve azok nyomaihoz hasonló képződményeket találtak, ám a maradványok biológiai eredetét sok szakértő vitatja.

A Jupiter egyik holdján, az Európán a vízből álló jégkéreg alatt valószínűleg folyékony víztömeg található. A Szaturnusz Titán holdja az egyetlen ismert hold, amelynek atmoszférája is van. Bizonytalan, hogy víz található-e rajta, de szénhidrogének nagy mennyiségben vannak jelen. Ha vizet is tartalmaz, akkor a kozmikus sugárzások hatására akár nukleinsavak is keletkezhetnek – akár csak a földi élet feltételezett kialakulásakor.

## Az eukarióták kialakulása és jelentősége

A légkörben lassan növekvő mennyiségű oxigéngáz erősen oxidáló hatása újabb szelekciós tényezőként hatott. Az oxigéntartalom növekedése miatt az anaerob sejtek jelentős része kipusztult. Közben azonban kialakultak, majd egyre jobban elterjedtek az aerob, vagyis oxigénigényes sejtek. Amikor a légkörben az oxigén koncentrációja elérte a mai érték 1%-át, akkor lehetővé vált az erjedés mellett a biológiai oxidáció, vagyis a sejtlégzés. A sejtlégzés az erjedésnél mintegy hússzor jobb hatásfokú energianyerést biztosít. A jobb energiahasznosítás megteremtette az eukarióta sejtek kialakulásának és a sejtek differenciálódásának lehetőségét. Ezzel megindulhatott a soksejtű szövetes szervezetek evolúciója (4. ábra).



4. A légköri oxigénszint alakulása és hatásai

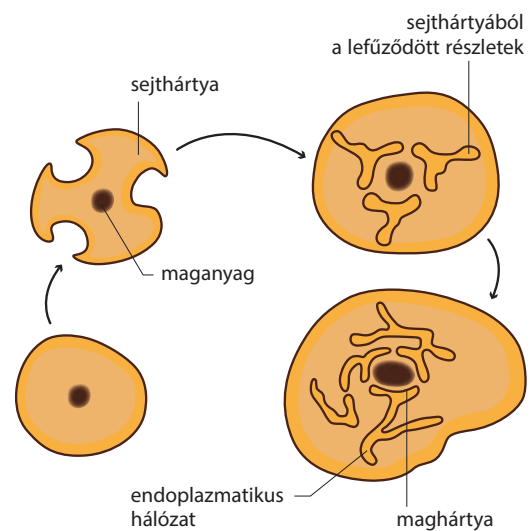
Az **eukarióta sejtek** valószínűleg 1,5–2 milliárd éve jelentek meg. A belső membránrendszerekkel tagolt sejtekben az anyagcsere-folyamatok hatékonyabban, magasabb szinten szerveződnek. Az egymástól membránokkal elválasztott belső terekben a felépítő és a lebontó anyagcsere-folyamatok jól szabályozható módon, egyidejűleg játszódhatnak le. A belső membránok jelentőségét bizonyítja, hogy a szövetes szerveződés csak az eukarióta élőlények körében fordul elő. Az eukarióta sejtek kialakulására vonatkozóan többféle elmélet létezik.

A sejt belső membránrendszerei valószínűleg a sejthártya betűrődéseiként, befelé irányuló nyúlványaiként alakultak ki. A sejt belsejében a sejthártyáról leváló membránszakokból jöhetett létre a maghártya és az endoplazmatikus hálózat (5. ábra). Az eukarióta sejt mitokondriumai és színtestjei más eredetűek: valószínűleg különböző anyagcserejű sejtek tartós együttélésének eredményeként alakultak ki. A mitokondrium létrejöttékor az ősi eukarióta sejt aerob baktériummal lépett szimbiózisra. Ezzel az eukarióta sejt képessé vált a biológiai oxidációra. A fotoszintézis képességét kékbaktériummal való szimbiózis fennmaradása alakította ki (6. ábra). A mitokondriumok és színtestek kialakulását **endoszimbiózisnak** nevezzük, mivel az együttélés a sejt belsejében történik (endo: belső). Az elmélet alátámasztására több bizonyíték is kínálkozik. Ezeket a sejtalkotókat kettős membrán határolja, bennük a prokarióta sejtekéhez hasonló riboszómák, valamint gyűrű alakú DNS található, és az is lényeges, hogy a sejten belül önálló osztódásra képesek.

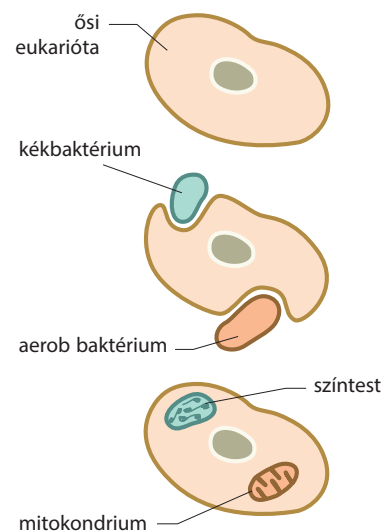
### Olvasmány

#### Sorozatos

**endoszimbiózis** ■ Az endoszimbiózis elmélete szerint a mitokondriumok és a színtestek mellett az ostorok és a csillók is bekebelezett baktériumsejtekből származnak. Sőt, az evolúció során úgynevezett másodlagos endoszimbiózis is történt: a közismert egyszelű, a zöld szemesostoros rokonsági körének kialakulása során az ősi eukarióta egyszelű egy eukarióta zöldmoszatsejtet bekebelezett be, így alakult ki a szemesostorosok színtestje.



5. Az eukarióta sejt belső membránrendszerének kialakulása



6. Endoszimbiózis. A mitokondrium és a színtest endoszimbiózissal alakult ki

## Olvasmány

### Párhuzamos

**elméletek** ■ A sejttaggal, belső membránrendszerrel és sejtvázzal rendelkező eukarióta sejtek kialakulásának módjára vonatkozóan nincs egységes álláspontja a tudósoknak. Az „endocitózisos” elmélet hívei szerint az ősi prokarióta sejtek először elvesztették szilárd sejtfalukat, és kialakult bennük a sejt alakját és mozgását biztosító fonalrendszer, a sejtváz. A sejtfall eltűnése lehetővé tette a táplálék bekebelezéssel történő felvételét és feldolgozását. Úgy érvelnek, hogy a sejtben belüli emésztés jóval kisebb energiavesztéssel jár, mint a sejtől leadott enzimekkel történő lebontás. Az elmélet hívei szerint a sejtváz megjelenését követően a mitokondriumok és a szintestek kialakulásában ugyancsak a bekebelezés játszhatta a vezető szerepet. Az „energetikai” hipotézis követői szerint a sejtváz működtetése olyan sok energiát igényel, ami elképzelhetetlen a sejt lélegzés képessége nélkül. Ezért úgy érvelnek, hogy a sejtfall nélküli, sejtvázzal rendelkező eukarióta sejt megjelenését megelőzte a sejt lélegzés képességének kialakulása. Elképzelésük szerint az energia-termelő prokarióta sejt a sejtfall anyagát fellazítva juthatott a másik prokarióta belsejébe. A két sejt szimbiózisra lépett egymással. Ezt követően történhetett meg a sejtfall elvesztése és a sejtváz kialakulása. Abban megegyezik a kutatók álláspontja, hogy a szintestekhez bekebelezéssel jutott az ősi eukarióta sejt.

**Új fogalmak** ■ kémiai evolúció  
■ endoszimbiózis

**Keress rá!** ■ őspizza ■ Burgess-pala ■ kambriumi robbanás

## Élővilág az ősidő végén

A prokarióták és az eukarióták között is megjelentek tehát a fotoszintetizáló **termelő** szervezetek, valamint az általuk előállított szerves anyagokat és oxigént hasznosító **fogyasztó** és **lebontó** élőlények. A három élőlénycsoport anyagcseréje teremtette meg és tartja fenn a bioszférában az **anyagok körforgását** és az **energiaáramlást**.

A földtörténeti ősidő végéig a növényvilág evolúciója a teleptestes moszatokig jutott el. Az állatok országának fejlődése során megjelentek az összes, ma is élő gerinctelen állattörzs ősi, mész- vagy kovaváz nélküli képviselői: a szivacsok, a csalánozók, a különböző férgek és az ízeltlábúak.

## Olvasmány

**Ediacara** ■ Az ősidőben élt állatvilág maradványainak leggazdagabb lelőhelye a dél-ausztráliai Ediacarából került elő. A több száz méter vastag üledékes kőzetben nagyszámú többsejtű, lágytestű tengeri állat lenyomatai találhatóak, amelyek azonban meglehetősen kevés csoportot képviselnek. Túlnyomórészt csalánozók és gyűrűsférgek, valamint kevesebb



ízeltlábú maradványait találták meg. Olyan állatok kőületei is előkerültek, amelyekhez hasonlóak napjainkban nem élnek, ezért rendszertani besorolásuk bizonytalan.

**A kőületek alapján rekonstruált tengeri életközösség**

## Megtanultam?

Az első élőlények a(z) **(1.)** méternél mélyebb vízrétegekben alakult, a mai prokariótákhoz hasonló, **(2.)** anyagcseréjű egysejtűek lehettek. A szerves anyagok fogyasztásakor evolúciós előnybe kerültek az időközben megjelent **(3.)** anyagcseréjű élőlények. Közéjük tartoztak a(z) **(4.)**, amelyek a(z) **(5.)** anyagcsere-folyamata révén megkezdték a légkör feltöltését **(6.)** gázzal. A(z) **(6.)** lehetővé tette a biológiai oxidációt, a hatékonyabb energiahasznosítás pedig a sejtek differenciálódását, a soksejtűek kialakulását. A belső membránrendszerek fejlődésével és a(z) **(7.)** folyamata révén kialakult a(z) **(8.)** sejt típus. Ez tette lehetővé a(z) **(9.)** testszerveződés megjelenését. Az ősidő végére megjelentek a moszatok és a gerinctelen állattörzsek ősi képviselői.

## Kérdések, feladatok

1. Mivel magyarázható, hogy az élő rendszerek a vízben alakultak ki, és csak ott maradtak fenn az ősidőben?
2. Milyen anyagcseretípusúak lehettek az első sejtek?
3. A 6. ábra segítségével foglald össze a mitokondrium és a szintest kialakulását! Nevez meg legalább három tényezőt, amely alátámasztja ezt a feltevést!

### Megtudhatod

Miért a hüllők uralták a Földet a középidőben?

# 17. Az élet lehetőségeinek fejlődése

**Állandó vízállapotú növény** ■ A párologtatás szabályozása miatt a növény víztartalma száraz környezetben sem csökken jelentősen.

**Változó vízállapotú növény** ■ A növény jelentős vízvesztést is elvisel károsodás nélkül, tehát túri a kiszáradást.

Az ősidei eljegesedést az óidő elején az éghajlat lassú felmelegedése követte, majd egyenesen meleg klíma uralkodott. A felmelegedő tengervíz magasabb sókoncentrációja szerepet játszott abban, hogy a gerinctelen állatok több csoportjában szinte egyidejűleg kialakult a külső meszes váz.

## A külső meszes váz elterjedése

A ragadozók elleni védekezésben nyilvánvaló szelektív előnye volt a szilárd külső burokkal bíró fajoknak, ezért nem meglepő, hogy az óidő elején, amikor a környezeti körülmények lehetővé tették, igen gyorsan és széles körben elterjedtek a mészből, illetve meszes kitinből felépülő, szilárd vázú állatok (1. ábra). Közülük legismertebbek a háromkaréjú ősrákok (2. ábra). A gerincesek első ismert képviselői a páncélos őshalak voltak, ezek ősi képviselőiből fejlődtek ki később a porcos és a csontos halak máig fennmaradt csoportjai.

## A szárazföld meghódítása

A kékbaktériumok és a moszatok elterjedésével, a tengeri növények fotoszintézisének növekedésével a légkör oxigéntartalma lassan elérte a jelenlegi szint 10%-át, ami már elegendő volt ahhoz, hogy a belőle kialakuló **ózonpajzs** kielégítő védelmet nyújtson az ultraibolya sugárzás ellen. Ez tette lehetővé, hogy az élőlények a tíz méternél mélyebb vízrétegekből a felszínhez közeledjenek, megjelenjenek a víz felszínén és a szárazföldet is meghódítsák (3. ábra). Az erősen oxidáló légkör ugyanakkor megszüntette a kémiai evolúció megismétlődésének lehetőségét.

A földtörténeti óidő közepe táján a **teleptestű zöldmoszatok** evolúciója két irányba ágazott el (4. ábra). Egyrészt kialakultak a változó vízállapotú, kiszáradástűrő **mo hák**, másrészt pedig a nedves környezetet kedvelő, de a kiszáradástól már némileg védett **ősharaszatok** (5. ábra). Ezeknek a növényeknek a szárazföldi elterjedését a szövetes testszerveződés tette lehetővé. Vastag falú szilárdítószöveti sejtek biztosították a test megtartását, a szállítószövet továbbította az oldatokat a gyökértől a többi testtáj felé, a bőrszövet pedig a párologtatás szabályozásával korlátozta a kiszáradás lehetőségét. Emellett a vastag



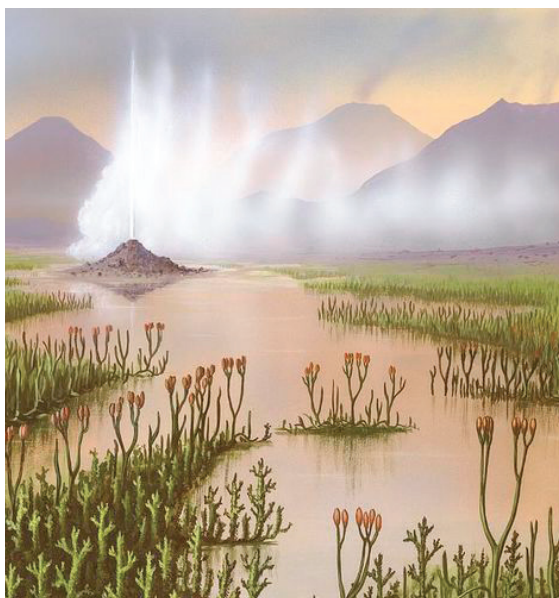
- A külső meszes váz elterjedése
- A szárazföld meghódítása
- Kihalás az óidő végén
- Az élővilág új kibontakozása a középidőben
- Az emlősök és a madarak megjelenése
- Kihalás a középidő végén



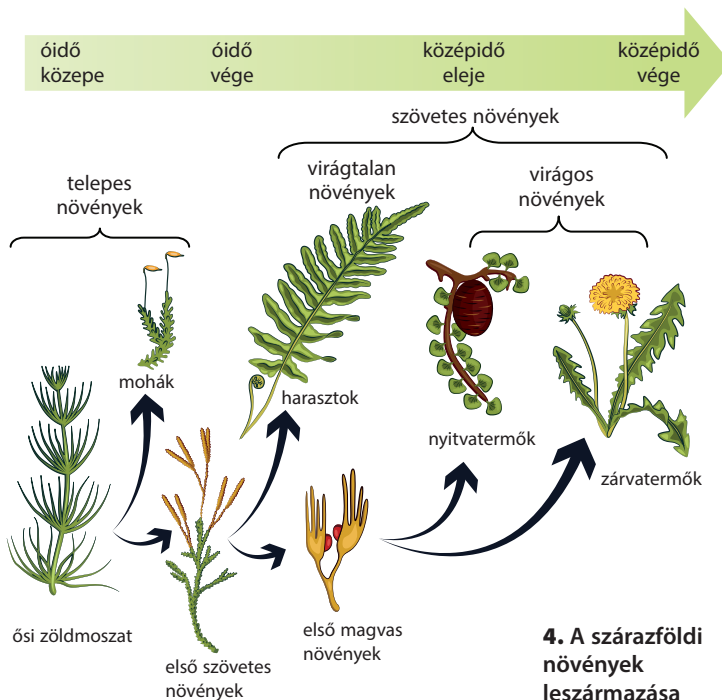
1. Élet a földtörténeti óidő elején



2. Háromkaréjú ősrák kövülete



3. A szárazföld meghódítása



4. A szárazföldi növények leszármazása



5. Ősharaszt kőülete

falú, széllel terjedő spóra a szárazföldi szaporodást és terjedést szolgálta. A megtermékenyítéshez azonban az ősharasztoknak is vízre volt szükségük, hímivarsejtjeik vízben úszva érték el a petesejtet. Az ősharasztokból kiindulva a szárazföldi növényvilág gyors fejlődésnek és burjánzásnak indult, amivel egy időben az állatvilág szárazföldi elterjedése is elkezdődött az ízeltlábúak megjelenésével (6. ábra). A ma is legnagyobb fajszerű csoportot alkotó ízeltlábúak, a rovarok rövidesen az egész szárazföldet benépesítették.

A szövetes szerveződés lehetővé tette az ősharasztok méretének növekedését. Az **első erdők** a fatermetű ősharasztok kialakulása után jelentek meg. Később a harasztok mellett a nyitvatermők is egyre nagyobb szerepet játszottak az erdők összetételében (7. ábra). Az erdők megjelenésével ugrásszerű fejlődésnek indulhatott a szárazföldi élővilág, hiszen a fás társulások jóval nagyobb mennyiségű táplálékot és változatosabb élőhelyeket nyújtottak.



6. Az első szárazföldi állatok az ízeltlábúak közé tartozó százlábúakhoz hasonlítottak



7. Az első erdők



A nedves területeken virágkorukat élték az ősi bojtosúszós halakhoz hasonló ősből elkülönült **kétéltűek**. Bőrüket még vékony szaruréteg fedte, ami csekély védelmet nyújtott a vízvesztés ellen. A kétéltűek egyik csoportjából azonban kifejlődtek a **hüllők**, amelyek testfelületét már vastag szarubevonat borította és óvta a kiszáradástól (8–10. ábra).

## Kihalás az óidő végén

Az óidő végén az éghajlat hűvösebbé és szárazabbá vált. A fatermetű növények közül a víztől független szaporodású, szárazságtűrő **nyitvatermőknek** volt esélyük a túlélésre. Az egyre szárazabb klíma a hüllők előretörésének kedvezett, a kétéltűek csak a nedves területeken maradtak fenn. A hideg éghajlatú részeken alakultak ki az **emlősszerű őshüllők**, amelyek valószínűleg állandó testhőmérsékletű állatok voltak. Belőlük indult ki az emlősökhöz vezető fejlődés útja (11. ábra).

Az üledékes kőzetek kőületeiben jól nyomon követhető, hogy az óidő végén egy nagyszabású kihalási hullám söpört végig az élővilágon. Kihaltak például a háromkaréjú ősrákok és a páncélos őshalak, a szárazföldön pedig eltűnt a kétéltűek és a hüllők családjainak nagy része. Becslések szerint a tengeri fajoknak több mint 90%-a, a szárazföldieknek pedig hozzávetőlegesen 70%-a pusztult el.

## Az élővilág új kibontakozása a középidőben

Az óidő végén bekövetkezett kihalási hullám után a tengerekben óriási faj- és egyedszámban terjedtek el a fejlábúak közé tartozó, mészvázaz **ammoniták**. A középidőből származó üledékes kőzetekben nagy tömegben megtalálhatók



8. A ma is élő bojtosúszós hal. 10. osztályban már tanultál róla!



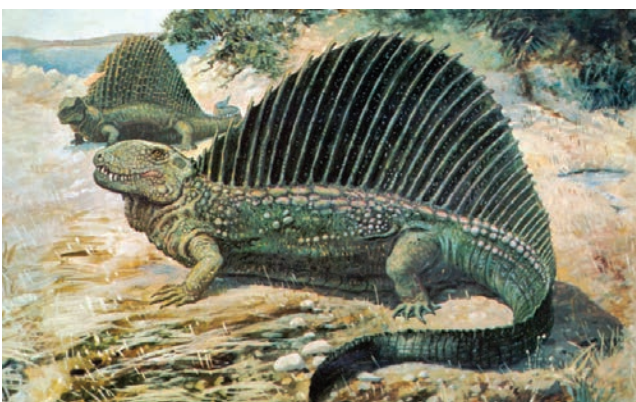
9. Az óidőben megjelent ősi hüllő



10. Őskételtű fosszilis csontváza és rekonstruált rajza



11. Emlősszerű őshüllő csontváza és rekonstruált rajza

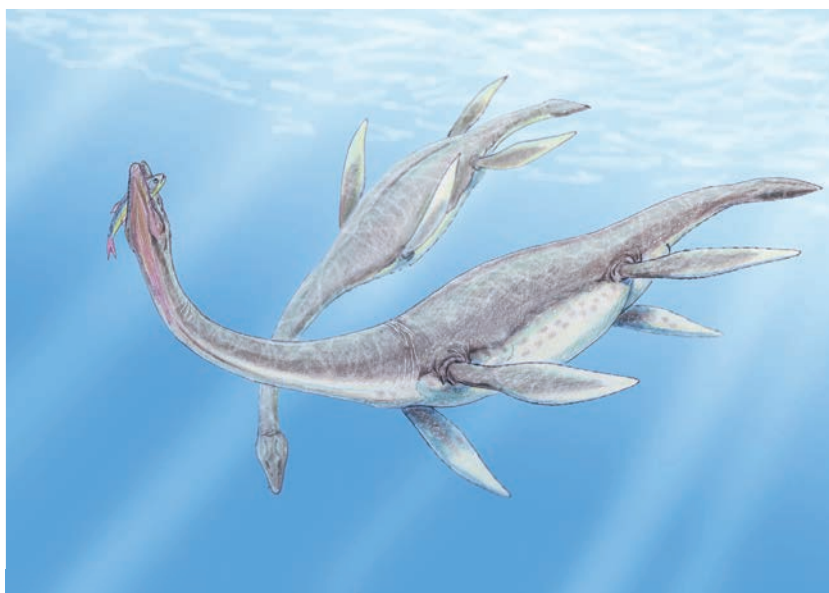




vázmaradványaik, amelyek változatos felépítéséből a kőzetek relatív korára is következtetni lehet. A szárazföldeken az éghajlat általában meleg és java-részt száraz volt. A középidő volt a **nyitvatermők virágkora**, így nagyméretben elterjedtek a fenyők. A **zárvatermők** a középidő vége felé jelentek meg, és néhány tízmillió év alatt a szárazföldek uralkodó növényeivé váltak. A gerincesek közül feltűnő a hüllők uralma. Legismertebb képviselőik, a dinoszauruszok a szárazföldön éltek (12. ábra). Ragadozók, növényevők és mindenevők is voltak köztük. A dinoszauruszokon kívül számos más hüllőcsoport is elterjedt a középidőben: egyesek meghódították a levegőt, mások vízi életmódra tértek át (13–14. ábra).



**12. Növényevő, illetve ragadozó dinoszauruszok.** ■ Nézz utána, mely dinoszauruszok képe szerepel az ábrán!



**13. Tengeri őshüllő**



**14. Repülő őshüllő**

## Az emlősök és a madarak megjelenése

A középidőben a hüllők voltak a legelterjedtebb gerincesek, de evolúciójuk különösen jelentékeny fordulatokat vett. A középidő elején az emlősszerű őshüllőkből kialakultak az első valódi **emlősök**. Apró, jelentéktelen állatok voltak (15. ábra). Sokáig nem töltöttek be jelentős szerepet az élővilágban, de fejlett



**15. Ősi emlősök a középidő elején**

ivadékgondozásuk és a hullókhöz képest fejlett idegrendszerük lehetővé tette, hogy a „hüllők árnyékában” átvészeljék a középidőt.

A középidő derekán az őshüllők egyik csoportjából fejlődtek ki az első **madarak**. A hüllők és a madarak közötti átmeneti formát képviselte az ősmadár (*Archaeopteryx*), amely mindkét csoport jellemző vonásait magán viselte (16. ábra). Bizonyára nem repült jól, mivel szegycsonti taraja nem volt.



16. Az ősmadár fossziliája. ■ Nyomozd ki, hogy hol találták ezt a kőületet!

## Kihalás a középidő végén

A földtörténeti középidő végén ismét nagyarányú kihalási hullám tizedelte meg az élővilágot a tengerekben és a szárazföldön is. Az ősmaradványok arra engednek következtetni, hogy az összes növény- és állatfaj 75%-a kipusztult. Eltűntek az ammoniták, a dinoszauruszok, valamint a repülő és a vízi őshüllők is.

### Olvasmány

**A kihalások okai** ■ A kőzetrétegekből a földtörténet számos kihalási periódusának nyomai olvashatók ki. A legnagyobb pusztulás mintegy 250 millió évvel ezelőtt, az óidő végén következett be. Ennek okait nem ismerjük, de számos feltételezés és elmélet látott napvilágot ezzel kapcsolatban. A szakemberek valószínűnek tartják, hogy nem egyetlen, hanem több jelenség egymással kölcsönhatásban okozta a tömeges pusztulást. Szibériában kimutatták egy, abban az időben lezajlott nagyszabású vulkánkitörés nyomait, amely egyrészt hatalmas mennyiségű szilárd port, másrészt szén-dioxidot és kénvegyületeket juttatott a légkörbe. A portömeg árnyékoló hatása ellehetleníthette a fotoszintézist, ami a növények, majd a növényevő állatok, illetve a táplálékláncok révén a ragadozók fennmaradását is korlátozta. A szén-dioxid az üvegházhatás révén globális fölmelegedést okozhatott, a kénvegyületek pedig savas esőzést idézhettek elő – ezek a tényezők szintén fajok tömegeinek a kihalásához járulhattak hozzá. A fotoszintézis csökkenése miatt az óceánok vize oxigénben elszegényedhetett, ami – a légzést lehetetlenné téve – az aerob anyagcseréjű élőlények pusztulását okozhatta. Az oxigénhiány ráadásul kedvezett a mérgező gázokat, például kén-hidrogént termelő anaerob baktériumok elszaporodásának.

A középidő végén, 65 millió éve újabb tömeges – bár az óidő végén lezajlottnál jóval kisebb mértékű – kihalási esemény következett be. Ennek okait is többféleképpen magyarázzák a hozzáértők, de körvonalazódik egy széles körben elfogadott elmélet. A teória szerint egy kisbolygó csapódott be a mai Yucatán-félsziget partjainál, s ennek következményei vezettek a kihalásokhoz. Maga a becsapódás jelentős fölmelegedést, tűzviharokat okozott, ami óriási pusztítást végezhetett. A hatalmas porfelhő hosszú ideig beárnyékolta a földfelszínt, ez pedig a fotoszintézis gátlása révén a táplálékláncok összeomlásához vezetett. Emellett a kisbolygó a földkéregből kén-dioxidot szabadított fel, aminek az átalakulása a légkörben további árnyékoló hatású anyagok képződését idézte elő, másrészt savas csapadékot okozva az állatok meszes héjának oldásával járult hozzá a pusztításhoz. A kihalás kisbolygóelméletét támasztja alá, hogy a becsapódás helyén 170 km átmérőjű kráter található, a kisbolygó anyagából egykor szétszóródott por nyomán pedig a 65 millió éves kőzetrétegek világszerte jellegzetes módon rendkívül gazdagok irídiumban, noha ez az elem a földkéregben egyébként alig fordul elő.

Az elmélet logikus, de több ponton támadható. A kisbolygó-becsapódással nem magyarázható meg például, hogy miért volt a kihalás egyes élőlénycsoportokban szelektív, illetve arra a kérdésre sem ad választ, hogy miként húzódnak el a pusztulás egy több ezer évig tartó folyamattá.



A középidő végén bekövetkezett kisbolygó-becsapódás feltételezett helyszíne

**Új fogalmak** ■ kihalás ■ emlős-szerű őshüllők

**Keress rá!** ■ neoténia ■ törzfarkú rák ■ Rhyntia

**Olvasnivaló** ■ Douglas Palmer: Evolúció – Az élet története ■ Szathmáry Eörs, John Maynard Smith: A földi élet regénye

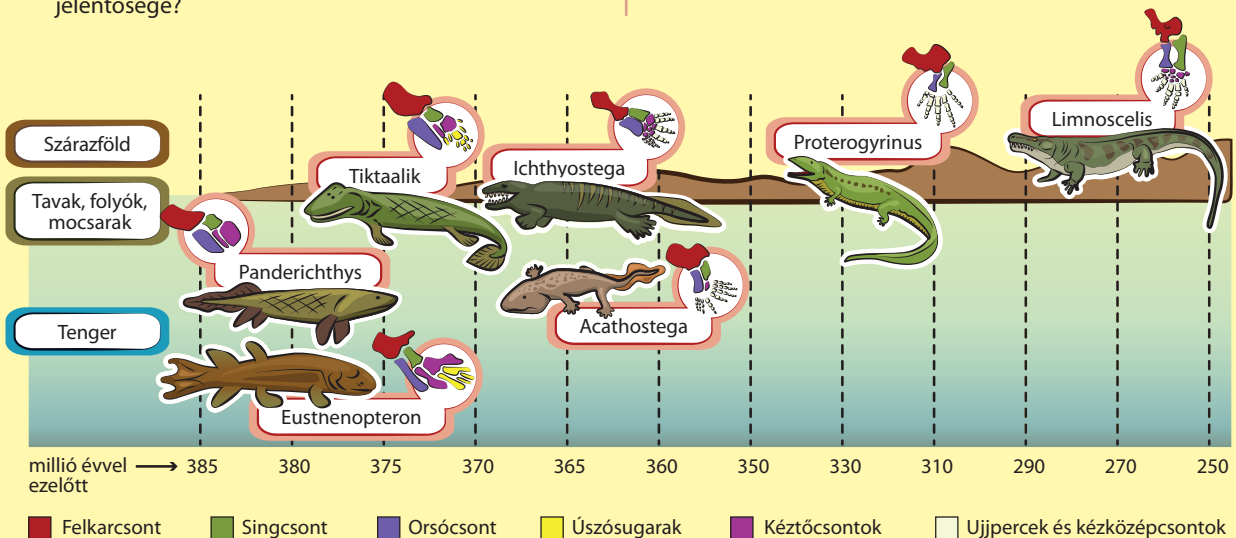
## Megtanultam?

Az óidő elején több állatcsoportban egyszerre kialakult a külső, (1.) anyagú váz. A fotoszintézis során képződő (2.)-ból/ből az óidő közepe táján megkezdődött az ultrabolya sugárzástól védő (3.) kialakulása, ami lehetővé tette az élőlények megjelenését a szárazföldön. Az ősi zöldmoszatokból kifejlődtek a(z) (3.), illetve velük párhuzamosan a(z) (4.). A(z) (3.) fatermetű képviselői később hatalmas erdőségeket hoztak létre, majd megjelentek a(z) (5.) növénytörzsének képviselői is. Az első szárazföldi állatok a(z) (6.) törzsébe tartozhattak, de rövidesen megjelentek a szárazföldön a gerincesek is: a (7.)-ból/ből kialakultak a (8.), majd belőlük a szárazföldhöz teljesen adaptálódott (9.). Az óidő végén az élővilág nagy csoportjait érintő nagyszabású (10.) zajlott le.

A középidőben a többnyire száraz éghajlat kedvezett a(z) (5.) elterjedésének. A középidő vége felé a(z) (5.)-ból/ből kialakultak és fejlődésnek indultak a(z) (11.). A tengerek állatvilágának jellemző képviselői voltak a(z) (12.) közé tartozó ammoniták. A középidőt a(z) (9.) virágkorának is nevezik, hiszen a szárazföldek mellett meghódították a vizeket és a levegőt is. A középidő elején a(z) (9.)-ból/ből kialakultak az első (13.), majd később a(z) (14.). A középidő végét is (10.) jelzi, az ammoniták és a szárazföldi (9.) közé tartozó, közismert (15.) is eltűntek.

## Kérdések, feladatok

- Mivel magyarázható, hogy az állatvilágban a meszes váz a megjelenése után gyorsan elterjedt?
- Mutasd be a légkör összetételének legfontosabb változásait, és mutass rá, hogy ezekben a változásokban mi volt az élővilág szerepe, és milyen hatásuk volt az élővilág további evolúciójára!
- Értelmezd a növények szövetes testszerveződésének kialakulása és a szárazföldi életmódhoz történő alkalmazkodás összefüggését!
- Mely tényezők játszottak szerepet az erdők elterjedésében, és mi volt az erdőtakaró kialakulásának evolúciós jelentősége?
- Melyik makroevolúciós jelenséget példázza a repülő és a tengeri őshüllők kialakulása?
- Foglald össze a hüllők evolúciós szerepét! Vedd figyelembe a következő szempontokat:
  - Mi volt a megjelenésük evolúciós jelentősége?
  - Milyen szerepet játszottak más állatcsoportok evolúciójában?
- Nevez meg legalább két állatcsoportot, amely kihalt az óidő végén, és kettőt, amely a középidő végén tűnt el!
- Az alábbi ábra segítségével értelmezd a divergencia jelenségét! Mit jelent a homológ szerv kifejezés?



A gerincesek szárazföldre lépésének rekonstrukciója, és a végtagok evolúciója a fossziliák alapján

## Megtudhatod

Élt-e egyidejűleg több emberi faj is a Földön?

# 18. A mai élővilág és az ember kialakulása

Az újidő elejére már kialakult a kontinensek jelenlegi helyzete. Az éghajlat az utolsó 2,5-3 millió évben lehűlt. A lehűlés azonban időben nem volt egyenletes, hanem eljegesedési hullámokban jelentkezett. Ezek az éghajlati viszonyok alakították az újidő növényzetét, amelynek uralkodó fajai a zárvertermők közül kerültek ki.

## A Föld az újidőben

A zárvertermők evolúciójához kapcsolódva látványosan fejlődött a megporzásukban szerepet játszó rovarok osztálya is. Az új feltételekhez az emlősök és a madarak egyedülállóan sikeres adaptív evolúciós folyamatok révén alkalmazkodtak (1–2. ábra). Az eljegesedési hullámok a sarkok felől a kontinensek belseje felé haladtak, majd visszahúzódtak. Az élővilág is ilyen irányban vándorolt, az éghajlatváltozással párhuzamosan. Észak-Amerikában a vándorlási események a hegyvonulatok észak–déli iránya miatt zavartalanul történtek, Európában azonban a kelet–nyugati irányú hegyláncok ezt jelentősen nehezítették. Ezzel magyarázható, hogy az észak-amerikai kontinens fajgazdagsága lényegesen nagyobb, mint Európáé.

Az újidő legjelentősebb evolúciós eseménye az **ember megjelenése** és az emberi társadalmak kialakulása volt.



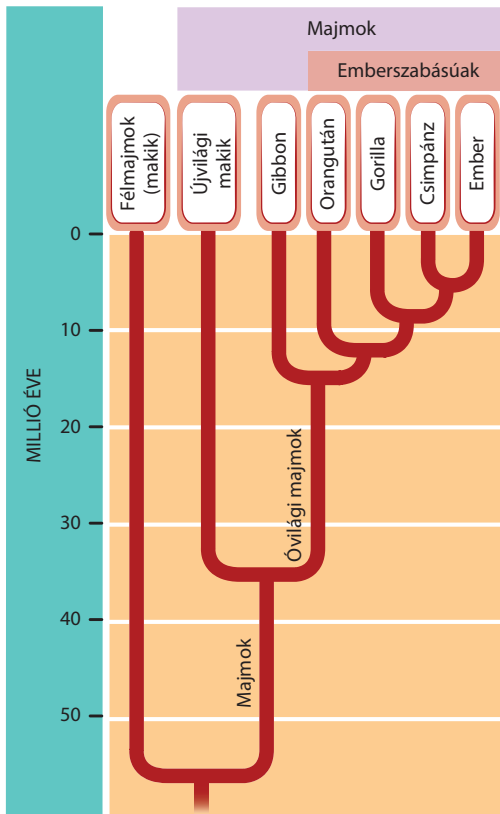
- A Föld az újidőben
- A főemlősök evolúciója
- Az ember felé vezető evolúciós út
- Az ember kialakulása
- A modern ember



**1. Kardfogú tigris.** Ez az elnevezés sok kihalt macskaféle gyűjtőneve. Közös jellemzőjük volt a jókora, 10–28 cm-es felső szemfog. Eurázsia, Afrika és Észak-Amerika ragadozói voltak



**2. Mamut.** Az európai mamut Eurázsia, Afrika és Észak-Amerika tundráin élt. Testét hosszú, durva szálú szőrzet borította, magassága elérte a 2,7 m-t. Az utolsó eljegesedést követően, mintegy 10 ezer éve halt ki



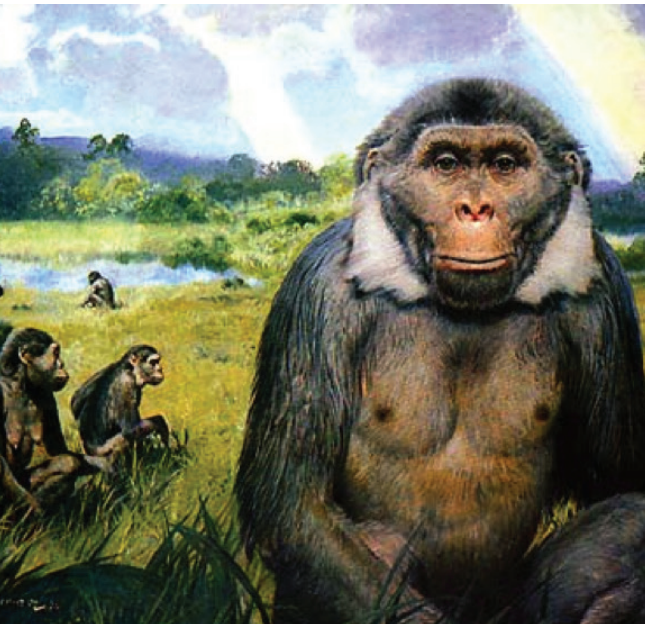
3. A főemlősök rokonsági viszonyai, leszármazása

## A főemlősök evolúciója

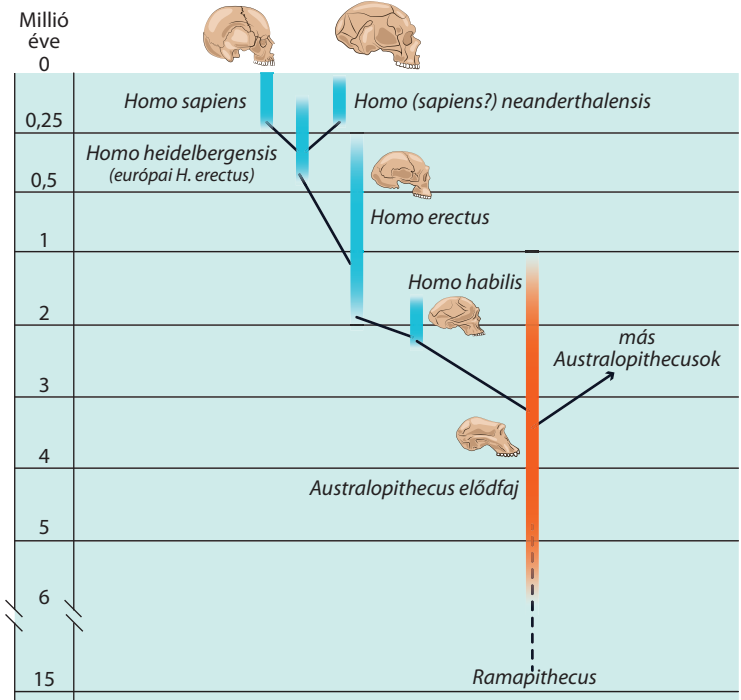
Az ősi főemlősök leletei 60-70 millió évesek, a középidő végéről származnak. Maradványaikat az északi félgömbön több helyen megtalálták. A főemlősök evolúciója során a testfelépítés jelentősen átalakult. A végtagok alkalmassá váltak a **markolásra**, mivel a **hüvelykujj** szembefordítható lett a többi ujjal. A főemlősök elődei oldalirányba tekintő szemekkel környezetük nagy részét egyszerre láthatták, de két szemükkel más-más képet észlelhettek. Ettől eltérően a főemlősökben a szemek a koponya mellső részére, a homlok-síkba kerültek, így a két szem közös látótere lehetővé tette a **térlátást**, s ezáltal a távolság felmérését. A végtagok és a látás ilyen irányú átalakulása a fákon élő állatok számára volt előnyös. Az **agy mérete** a testtömeghez viszonyítva jelentősen megnőtt, ami javította a tanulási képességet, és ezzel megteremtette a környezet gyors változásaihoz történő alkalmazkodás lehetőségét.

A majmok ősei a kontinensek szétválásával földrajzilag két csoportra különültek el. Egyik csoportjukból Amerikában az **újvilági majmok**, másik csoportjukból Ázsiában és Afrikában az **óvilági majmok** alakultak ki. Az ember leszármazási vonala az **óvilági majmok** egyik fejlődési ágára vezethető vissza, köztük alakultak ki az emberszabásúak (3. ábra). Az afrikai **emberszabású majmok** ma is élő képviselői a gorillák és a csimpánzok; az ázsiai emberszabású majmok közül napjainkban az orangután él.

Napjainkban elfogadottnak tűnik, hogy az ősi főemlősökből több mint 15 millió éve alakultak ki a mai emberszabású majmok és az ember közös ősei, a **Ramapithecusok** (pithecus: 'majom') (4-5. ábra). Ősmaradványaik Ázsiából, Európából és Afrikából is előkerültek. Hazánkban Rudabányán is találtak egy jelentős, kb. 10 millió éves leletet, amelyet lelőhelyéről **Rudapithecusnak** neveztek el.



5. Ramapithecus rekonstrukciója



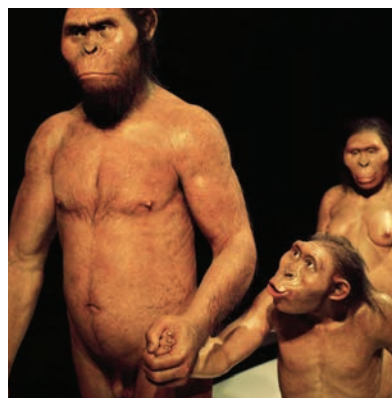
4. Az ember származásának egyik lehetséges törzsfája. ■ Értelmezd az ábrát! Mit jelentenek a színes sávok és a fekete vonalak?

## Az ember felé vezető evolúciós út

Az emberszabásúak és ezen belül az ember evolúciójának számos részlete bizonytalan. Az új kutatási eredmények tükrében a korábbi elméletek gyakran átértékelődnek. Az sem ritka, hogy a régről ismert csontmaradványokat a kutatók átminősítik, új vagy más fajokba sorolják. A szakemberek közt jelenleg is vita zajlik a leletek értelmezéséről, az emberi evolúció folyamatáról.

Az emberi faj elődeinek maradványai Afrikából kerültek elő. Tudjuk, hogy a néhány millió évvel ezelőtti időszakban a trópusi Afrika éghajlata lehűlt, emiatt az erdők területe csökkent. A szárazabb, ligetes szavannákon egészen más életmódra kellett áttérniük az emberelődöknek, mint amit a sűrű erdőben folytattak. Ennek következményeként három fő irányban zajlott evolúciós változás. Egyrészt a **két lábón járás** kialakulása lehetővé tette, hogy a kezek a helyváltoztatás helyett más tevékenységet végezzenek. Másrészt a növényi táplálkozás előtérbe kerülésével csökkent a szemfogak mérete, az őrlőfogak pedig megnagyobbodtak. Harmadrészt átformálódott és növekedett az agykoponya, ami az értelmi képességek további növekedését eredményezte.

Az emberi faj kialakulása felé vezető evolúciós út ősi képviselőinek tekintik az **Australopithecusokat** (jelentése: déli majom) (6. ábra). Ez a csoport kb. 6 millió éve jelent meg, és képviselői mintegy 5 millió évig éltek Afrikában. Csaknem 4 millió éves, megkövült lábnyomukból megállapítható, hogy két lábon jártak, és ezt 3 millió éves csontvázmaradványaik is igazolják (7. ábra). Agykoponyájuk még csimpánzszerű, lapos volt, agyuk térfogata 500 cm<sup>3</sup> körüli, testtömegük 50–60 kg lehetett.



6. Australopithecus múzeumi rekonstrukciója



7. Egy Australopithecus megkövült lábnyoma

### Olvasmány

**Rokonaink** ■ A különböző fajok leszármazási rokonságának mértékét ma elsősorban az örökítőanyag hasonlóságával hozzuk összefüggésbe. A 21. században már megvan a lehetőség arra, hogy különböző fajok akár többbezernyi génjében elemezzék a bázissorrendet. Széles körű érdeklődés kísérte az emberszabású majmok örökítőanyagának vizsgálatát. Az orangután és az ember DNS-e mintegy 97%-os egyezést mutat, ebből a kutatók arra következtetnek, hogy közös ősük kb. 14 millió éve élt. A gorilla és az ember DNS-e 98%-ban azonos, ami hozzávetőleg 10 millió évvel ezelőtti evolúciós szétválásra utal. Az ember DNS-éhez leginkább a csimpánzé hasonlít, az egyezés a vizsgált gének bázissorrendjében 99,4%-os. Ebből a kutatók arra következtetnek, hogy a két faj fejlődése 5-6 millió éve vált szét.

A kutatók egy része a nagymértékű genetikai hasonlóság alapján az orangután, a gorilla, a csimpánz és az emberi faj közös családba, az emberfélék közé sorolását javasolta.



Csimpánz



Orangután



Gorilla



8. Homo habilis kőeszközei



9. A Homo habilis rekonstruált képe



10. A Homo erectus rekonstruált képe



11. A Neander-völgyi ember rekonstruált képe

## Az ember kialakulása

Az egykori Australopithecusokból kialakult első valódi emberi faj a **Homo habilis** (jelentése: 'ügyes ember') volt. A faj elnevezése onnan származik, hogy megmunkált kőeszközöket találtak a feltárt telephelyeken (8. ábra). Ez az emberelőd már célszerűen kialakított szerszámokat készített. A koponya vizsgálatából az is kiderült, hogy az agyvelő mérete elérte a  $700 \text{ cm}^3$ -t. Az agy felépítése jobban hasonlított a mai emberéhez, mint az Australopithecusokéhoz, de beszéde a feltételezések szerint még nagyon kezdetleges lehetett. A Homo habilis eddig feltárt legidősebb csontmaradványai 1,8 millió évesek, de a legkorábbi kőeszközök kora 2,5 millió év (9. ábra).

Az emberi evolúció következő lépésében, mintegy 1,5 millió éve a Homo habilisből kialakult a **Homo erectus** (jelentése: felegyenesedett ember), más néven előember (10. ábra). E faj fejlődése során az agy mérete jelentősen megnövekedett. Korai képviselőinek agytérfogata kb.  $800 \text{ cm}^3$  volt, a késői típusoké viszont már meghaladta az  $1200 \text{ cm}^3$ -t. Az agykoponya csontjaiból arra is következtetni lehet, hogy agyuk „beszédközpontjai” fejlettek voltak, tehát közösségben élő, beszéd útján kommunikáló emberek voltak. Leleteikből megállapítható, hogy ismerték a tüzet, amelyet sütésre, főzésre használtak, ezenkívül meleget és fényt adott, sőt távol tartotta a vadállatokat is. Afrikában több százezer éven át egymás mellett éltek a késői Australopithecusok, a Homo habilis és a Homo erectus. Az Australopithecusok lassan kiszorultak, majd kb. 1 millió éve kihaltak. Az előemberek vándorlásaik során benépesítették egész Afrikát, egyes csoportjaik elhagyták a kontinentet, megjelentek Ázsiában, és végül mintegy félmillió éve Európában is megtelepedtek. Az előemberek leleteit a magyarországi Vértesszőlősen is megtalálták.

A ma leginkább elterjedt álláspont szerint az előemberek populációjából különült el a **heidelbergi ember** (Homo heidelbergensis), és ezt tartják a **Neander-völgyi ember** (Homo neanderthalensis), illetve a mai ember, a **Homo sapiens** közös őséneke. A korai Homo sapiens kb. 250 ezer éve Afrikában jelent meg, aztán Ázsiában és Európában is széleskörűen elterjedt. A Neander-völgyi ember Európában fejlődhetett ki mintegy 200 ezer éve (11. ábra). Ez az embertípus a



jégkorszaki körülményekhez alkalmazkodott, testfelépítése ennek megfelelően specializálódott. A Neander-völgyiek alacsony, zömök testalkatúak voltak, agytérfogatuk elérte az 1500 cm<sup>3</sup>-t. Vadászközösségben éltek, szépen megmunkált kőeszközöket készítettek. Az állcsúcs hiánya miatt valószínűleg nem voltak képesek tagolt beszédre. Fejlett kultúrájukra utal, hogy halottaikat eltemették. Mintegy 28 ezer évvel ezelőtt eltűntek.

## A modern ember

A korai Homo sapiensekből mintegy 100 ezer éve, valószínűleg Afrikában fejlődött ki a máig fennmaradt modern embertípus. Szétterjedve benépesítette Ázsiát és Európát is, miközben a korábbi embertípusokat kiszorította e kontinensekről. A modern Homo sapiensek legismertebb képviselője a **cròmagnoni ember** (12. ábra). Csontmaradványainak jellemzői lényegében megegyeznek a ma élő emberével.

Az emberszabású majmognál már kimutatható a **tudat** megjelenése, tehát az a tulajdonság, hogy az egyed saját magát képes elkülöníteni a környezetétől, a fajtársaktól. Az emberre már igen magas szintű tudatos gondolkodás jellemző. Jól példázza ezt, hogy az embernek nemcsak tudása van, de tudja is magáról, hogy mekkora, milyen és mire használható az általa birtokolt tudás. A tudatosságon alapul az **önreflexió** képessége, amely azt jelenti, hogy az egyén képes saját cselekedeteinek következményeit racionálisan és erkölcsileg is megítélni, és ezt a további magatartásának szabályozásához felhasználni.

A ma élő emberiség egyetlen fajba tartozik. Ezen a fajon belül a különböző helyi környezeti körülményekhez való alkalmazkodás eredményeként a testi jellemzőkben eltérő négy alfaj (nagyrasz) alakult ki (13. ábra). A **veddo-ausztraliidok** Ausztrália és környékének őslakói. Az **europidok** az európai embertípust képviselik. A **mongolidok** Dél- és Kelet-Ázsia őslakói, belőlük származnak az amerikai indiánok és az északi sarkvidéken elterjedt inuitok (eszkimók). A **negridek** Afrika sötét bőrű őslakosai. Az emberi nagyraszok képviselői testalkatukban eltérnek, de értelmi és érzelmi fejlődésre irányuló adottságaikban nem különböznek egymástól.

### Olvasmány

**Vita a Neander-völgyi emberről** ■ A Neander-völgyi ember rendszertani besorolását illetően nincs egyetértés a kutatók között. Egyes elgondolások szerint egy kihalt emberi faj. Mások szerint nem önálló faj, hanem a mai ember, a Homo sapiens alfaja. Sőt, a szakemberek egy része szerint nem is halt ki, hanem keveredett a modern Homo sapiens populációjával. Európa és a Közel-Kelet egyes területein élt, az utolsó időkben a mai emberrel egyidejűleg és közös területeken. Azt is kimutatták, hogy a Neander-völgyi emberek génállománya megtalálható az európai lakosságban (1–4% közötti mértékben), amit egyesek a közös őssel magyaráznak, mások viszont azzal érvelnek, hogy a mai ember őse és a Neander-völgyi ember keveredett egymással.



12. A cròmagnoni ember rekonstruált képe

13. Az emberi faj nagyraszai. ■ Azonosítsd a négy nagyraszot a fényképek alapján!



## Olvasmány

**Bizonytalanságok** ■ Az emberi evolúcióval foglalkozó kutatók sokáig úgy vélték, hogy miután a Neander-völgyi ember eltűnt, a Homo nemzetségből csak a Homo sapiens faj maradt a Földön. Nagy meglepetést keltett, amikor 2003-ban az Indonéziához tartozó Flores-sziget egyik barlangjában különleges, apró emberi csontokra bukkantak. A fölfedezők az élőlényt külön fajba sorolták, s lelőhelyéről Homo floresiensisnek nevezték el. A leletek 35–14 ezer évesek, de a lelőhelyen talált kőszerszámok között 9400 éve készült eszközök is akadnak. A csontmaradványok alapján ezek az emberek 1 méter körüli magasságúak voltak, testtömegük mintegy 30 kg, agytérfogatuk pedig mindössze 420 cm<sup>3</sup> volt, szemben a ma élő Homo sapiens 1300–1400 cm<sup>3</sup> körüli agytérfogatával. A flores-szigeti emberek leszármazási kapcsolatairól, evolúciós jelentőségéről élénk vita folyik felfedezésük óta. A kutatók egy része szerint ezek az emberek nem is sorolhatók külön fajba, mivel az egyedek talán csak egy betegség, örökletes elváltozás miatt lettek apró termetűek.

2008-ban Szibéria déli részén egy barlangban kb. 40 ezer éves emberi csontmaradványokat találtak. A DNS-vizsgálatokból kiderült, hogy ez az ember nem volt sem Neander-völgyi, sem modern ember, de a Neander-völgyiekkel közös származású. Ezek szerint a 40 ezer évvel ezelőtti időszakban legalább három, vagy talán négy emberi faj élt a Földön: a Neander-völgyi, a szibériai és a modern ember, illetve (ha külön faj volt) a flores-szigeti.



**A flores-szigeti ember rekonstrukciója.** Ábránk a mai emberhez viszonyítva mutatja be a Homo floresiensis méreteit

**Új fogalmak** ■ Australopithecus  
■ Homo habilis ■ Homo erectus  
■ Homo heidelbergensis ■  
Homo neanderthalensis ■ Homo sapiens ■ cró-magnoni ember ■ nagygrasz ■ veddo-ausztraliid ■ europid ■ mongolid ■ negrid

**Olvasnivaló** ■ Jared Diamond: A harmadik csimpánz felemelkedése és bukása ■ Csányi Vilmos (szerk.): Fékevesztett evolúció – Megszaladási jelenségek az emberi evolúcióban

## Megtanultam?

Az újidő második felének klímájára jellemző, hogy többször ismétlődő **(1.)** hullámok váltották egymást. A növénytakaró meghatározó képviselői a(z) **(2.)** törzsébe tartoztak, a gerinces állatvilágban pedig elterjedtek a(z) **(3.)** és az emlősök. A főemlősökből megkezdődött a(z) **(4.)** evolúciója. Az emberelődök az ősi emberszabású majmok képviselőiből alakultak ki a(z) **(5.)** kontinensen. A füves térségek meghódításával párhuzamosan kialakult a két lábon járás, nőtt a(z) **(6.)** mérete, a fogazat pedig a növényi eredetű táplálék feldolgozásához alkalmazkodott. Ezek a változások vezettek **(5.)** kontinensen a(z) **(7.)**-k kialakulásához. Valószínűleg az ősi **(7.)**-k evolúciójának egyik oldalágán alakulhatott ki a Homo habilis, majd belőle fejlődött ki az előember, a(z) **(8.)**. Európában jelent meg a jégkorszaki környezethez alkalmazkodott ősember, vagyis a(z) **(9.)**. Ez az ember napjainkban már nem él a Földön. A modern ember, a(z) **(10.)** fontos jellemzője a tudat és az ezen alapuló **(11.)**. Az emberiség ma élő képviselői ebbe az egyetlen **(10.)** fajba tartoznak.

## Kérdések, feladatok

1. Melyek a legfontosabb különbségek az ősi emlősök és a belőlük kialakult egykori főemlősök között?
2. Egyszerű folyamatábrán vázold fel a ma élő emberi fajig vezető evolúciós út fontosabb állomásait az ősi főemlősöktől kiindulva! A vázlaton tüntesd fel a fontos evolúciós események hozzávetőleges idejét és helyszínét is!
3. A környezet mely változásai járultak hozzá az ember kialakulásához? Melyek a legfontosabb alkalmazkodási jellegek, amelyek az Australopithecusok maradványain felismerhetők? A leckén kívül az internetet is segítségül hívhatod.
4. Magyarázd el, hogy a Neander-völgyi emberek alacsony, zömök alkata miért felelt meg jobban a jégkorszaki körülményeknek, mint a meleg éghajlatnak!
5. Készíts táblázatot, amelyben összehasonlítod az Australopithecusok és a Homo nemzetség tagjainak legfontosabb testi vonásait (koponya jellegzetességei, fogazat, testtartás)! Az internetet, valamint a leckében található ábrákat és adatokat is használhatod segítségül.
6. Az emberi nagygraszok képviselői testfelépítésükben alkalmazkodtak elterjedési területük környezeti viszonyaihoz.
  - a) Mely környezeti feltételekhez jelent alkalmazkodást a negridek sötét bőr- és szemszíne, sűrű, göndör haja, telt ajka és tág orrlyuka?
  - b) Mely környezeti feltételhez jelent alkalmazkodást a mongolidok jellegzetes alakú szeme és a szemzugban található bőrrödő?
  - c) Miért gyakoribb a sötét haj és a sötét szem a dél-európai lakosság körében?
7. Milyen érvek támasztják alá, hogy a mai emberek mind egy fajba tartoznak?

# Összefoglalás

## Áttekintés

A megszokottól eltérően ebben az áttekintésben olyan ismereteket, összefüggéseket, problémákat is felidézünk és rendszerezünk, amelyeket nem ebben a fejezetben, hanem korábban tárgyaltunk (pl. az első kötetben). Az evolúciókutatás ugyanis számos tudományág: őslélektan, régészet, molekuláris biológia (DNS-, fehérjeelemzés), genetika, populációgenetika, ökológia, etológia stb. eredményeiből építkezik.

Az evolúció köznapi jelentése az élővilág történeti fejlődése, az a folyamat, melynek során évmilliók alatt kialakultak a mai élővilág különféle csoportjai, miközben más csoportok eltűntek, kihaltak. Az evolúciós jelenségek hátterében a populációk genetikai összetételének megváltozása áll. A populációk génállománya, allélgyakorisági értékei az evolúciós tényezők: a mutáció, a szelekció, a génáramlás, a genetikai sodródás és egyes szaporodási sajátosságok hatására változnak. Az **evolúciós tényezők** közül a mutáció (pontmutáció, kromoszóma mutáció, kromoszómaszám-változás) növeli a populációk genetikai sokféleségét. A természetes szelekció a genetikailag sokszínű populációkban adaptív evolúciós változást okoz. A rátermettebb, a környezetükhöz jobban illeszkedő egyedek nagyobb valószínűséggel örökölték alléljaikat a következő nemzedékre. A génáramlás (egyedek ki- és bevándorlása) és a genetikai sodródás (hirtelen bekövetkező egyedszámcsökkenés, ami gyors, kiszámíthatatlan változást okoz) véletlenszerű folyamatok. Ezen kis lépések összessége a **mikroevolúció**.

A **fajok keletkezését** vizsgálva találunk olyan eseteket, amikor egy faj fokozatosan egy másik, új fajjal alakult át. Gyakoribb esemény, hogy a kiindulási faj két vagy több populációra különült, majd a szétvált populációk öröklődő tulajdonságai idővel olyan mértékben megváltoztak, hogy bekövetkezett a szaporodásbeli elkülönülés, vagyis az elkülönült populációk egyedei már nem képesek egymással szaporodni. A szaporodásbeli elkülönülés kialakulását elősegíti, ha a populációk elszigetelődnek egymástól. Ennek oka lehet például a földrajzi és az ökológiai elkülönülés.

Az új fajok populációinak evolúciója elvezethet másféle szerveződésű, a kiindulási fajjal már csak távoli rokonságban álló csoportok kialakulásához is. Ezeknek a folyamatoknak az összefoglaló neve **makroevolúció**.

Az evolúció közvetlen bizonyítékai a **kövéletek** (fossziliák). Koruk meghatározása, összehasonlító vizsgálatuk fontos támpont a makroevolúciós folyamatok felderítésében. A hasonló ősmaradványokat kialakulásuk sorrendje alapján fokozati sorokba állítják, ebből következtetnek az evolúció történéseire. A **kormeghatározás** során azt próbálják kideríteni, hány ezer, hány millió vagy éppen hány milliárd éves a talált lelet. Elterjedt módszer az izotópos kormeghatározás, ami azon alapul, hogy megvizsgálják a maradványban bizonyos izotópok arányát, és abból számítják ki a lelet keletkezésének időpontját. A szénizotópos vizsgálat (radiokarbon módszer) néhány ezer vagy tízezer éves maradványok kormeghatározására alkalmas, míg a kálium-argon módszerrel több millió éves leletek korát tudják hozzávetőlegesen pontossággal megállapítani. Egy másik lehetséges kormeghatározási módszer az úgynevezett **vezérvövények** keresése ugyanabban a kőzetrétegben, amelyből a kérdéses fosszília előkerült. A vezérvövények vagy szintjelzők a földtörténet meghatározott időszakában élt, egykor nagyon elterjedt élőlények fossziliái. Olyan élőlények maradványai, amelyek a földtörténeti időléptékeiben mérve viszonylag rövid ideig, de nagy faj- és egyedszámban fordultak elő, majd kihaltak. Jelenlétükből így következtetni lehet arra, hogy melyik időszakból származik a vizsgált kőzet (korrelációs elv).

A kövéleteket vizsgálva megfigyelhető, hogy a különböző környezeti viszonyokhoz való alkalmazkodás eredményeként bizonyos közös származású csoportok nagyon eltérő fejlődési utat jártak be. Egyesek a szárazföldi, mások a vízi, megint mások a repülő életmódhoz alkalmazkodtak. Az ilyen szétágazó evolúciós út a **divergens fejlődés**. Divergens fejlődés például az emlősök evolúciója, melynek során az ősi emlősökből változatos életmódú, testfelépítésű csoportok alakultak ki. Az ősi, ötujjú végtágtípusból vezethető le a denevérek szárnya, a cetek uszonya, a lovak páratlanujjú patás végtagja. Az ilyen közös eredetű, de eltérő működésű szerveket **homológ szerveknek** nevezzük. Arra is van bőségesen példa, hogy a hasonló környezetben élő, hasonló életmódú, de eltérő eredetű élőlények az evolúció során hasonlóná váltak. Ez a jelenség a **konvergens fejlődés**. Konvergens fejlődésre jó példa a halak és a cetek hasonló testalakja, uszonya. Ezek **analóg szervek**, azaz hasonló a szerepük, de nincs közöttük leszármazási kapcsolat.

A Föld 4,6 milliárd éves. Első légköre valamivel később alakult ki, és kémiaiilag redukáló sajátosságú volt. A kémiai evolúció során az ősi légkör anyagaiból és vízből villámítás, ultrabolya sugárzás hatására szerves anyagok képződhettek, amelyekből létrejöttek az első élő rendszerek.

Az első élőlények a 10 méternél mélyebb vízrétegekben alakultak, a mai prokariótákhoz hasonló, heterotróf egysejtűek lehettek. A szerves anyagok fogyasztásakor evolúciós előnybe kerültek az időközben megjelent autotróf élőlények. Az oxigéntermelő fotoszintézist végző kékbaktériumok kb. 3,5 milliárd éve alakultak ki. Az oxigén lehetővé tette a biológiai oxidációt, a hatékonyabb energiahasznosítást pedig a sejtek differenciálódását, a soksejtűek kialakulását. Az eukarióta sejtípus kb. 2 milliárd éve alakult ki a belső membránrendszerek fejlődésével és prokarióta egysejtűek szimbiózisával. Az ősidő végére megjelentek a moszatok és a gerinctelen állattörzsek ősi képviselői.

Az óidő elején több állatcsoportban egyszerre fejlődött ki a külső meszes váz. A fotoszintézis során képződő oxigénből megkezdődött az ultraviolet sugárzástól védő ózonréteg kialakulása, ami lehetővé tette az aerob élőlények megjelenését a szárazföldön. Az ősi zöldmoszatokból kifejlődtek az ősharaszok, majd velük párhuzamosan a mohák. Később a haraszok fatermetű képviselői már hatalmas erdősegeket alkottak, és kialakultak a nyitvatermők is. Az első szárazföldi állatok az ízeltlábúak közül kerültek ki, de rövidesen megjelentek a szárazföldön a gerincesek képviselői is: a bojtosúszós halakból kialakultak a kételtűek, majd belőlük a hüllők. Az óidő végén az élővilág nagy csoportjait érintő kihalás zajlott le. A középidőben a többnyire száraz éghajlat kedvezett a nyitvatermők elterjedésének. A középidő vége felé a nyitvatermők közül kialakultak és fejlődésnek indultak a zárvatermők. A tengerek állatvilágának jellemző képviselői voltak a puhatűek közé tartozó ammoniták. A középidőt a hüllők virágkorának is nevezik, hiszen a szárazföldek mellett meghódították a vizeket és a levegőt is. A hüllőkből kialakultak az első emlősök, majd később, a jura időszakban a madarak. A középidő végén nagyszabású kihalás zajlott, eltűntek az ammoniták és a dinoszauruszok is.

Az újidő második felében eljegesedési hullámok követték egymást. A növénytakaró meghatározó képviselői a zárvatermők lettek, elterjedtek a madarak és az emlősök. A főemlősökből megkezdődött az emberfélék evolúciója. Az emberelődök az ősi emberszabású majmok afrikai képviselőiből alakultak ki. Az emberfélék és a mai emberszabásúak közös őse a Ramapithecus lehetett. A füves térségek meghódításával párhuzamosan kialakult a két lábon járás, nőtt az agykaponya mérete, a fogazat pedig alkalmazkodott a növényi eredetű táplálék feldolgozásához. Ezek a változások vezettek az Australopithecusok kialakulásához. Valószínűleg az ősi Australopithecusok evolúciójának egyik oldalán alakulhatott ki a Homo habilis, majd belőle fejlődött ki a mai ember következő elődje, a Homo erectus. Ez a faj lehetett a heidelbergi ember közvetlen őse, amelynek evolúciója vezetett a később kihalt Neander-völgyi ember, valamint a mai, modern ember kialakulásához. Az emberiség ma élő képviselői egyetlen fajba tartoznak.

## Tudom, értem, alkalmazom, elemzem

- Határozd meg a következő, párba állított fogalmakat!
  - mikroevolúció – makroevolúció
  - adaptív evolúció – nem adaptív evolúció
  - konvergens fejlődés – divergens fejlődés
  - homológ szerv – analóg szerv
- Hasonlítsd össze az ivaros szaporodás és a mutáció szerepét a populációk genetikai sokféleségének kialakításában!
- Az északi elefántfóka a kíméletlen vadászat következtében a 20. század elején csaknem kihalt. Egykor népes populációjának egyedszáma 100 alá csökkent. A megmaradt állományt szigorú védelem alá helyezték, a mentést siker koronázta. Napjainkban több tízezerre tehető az egyedszámuk. Mit gondolsz, mi jellemző a népesség genetikai állományára?
- Egy közetértegen megtalálták egy addig ismeretlen, ősi hal kőületét. A lelet mellett ammoniták fossziliáit fedezték fel. Melyik földtörténeti időben élhetett a hal? Válaszodat részletesen indokold, használd a következő kifejezéseket: fosszília, vezérkőület, szintjelző.
- Melyik kormeghatározási módszerrel állapítanád meg a 4. feladatban szereplő hal tényleges korát?
- Gyűjtsetek példákat a konvergens és a divergens fejlődésre!

## Kitekintés, kutatási feladatok

- Végezzetek méréseket iskolátokban a következő tulajdonságok vonatkozásában a fenotípus- és az allélgyakoriság meghatározására!
  - vörös-zöld szintévesztés
  - fehér tincs a hajban (domináns allélhoz kötött jelleg)
 Tervezzétek meg a mérést, az adatok feldolgozásának, értékelésének, publikálásának módját! Legalább 200 személyt vonjatok be a felmérésbe!
- Végezzetek kutatómunkát a bevezető olvasmányban szereplő evolúciós elméletekről! Rendeztetek vitát ezekről az elméletekről. Érveljetek mellettük és ellenük!
- Válasszatok az alábbi témák közül! Párban vagy csoportban végezzetek kutatómunkát a választott témában!
  - Az evolúciókutatás módszerei.
  - Nagy kihalások a földi élet története során.
  - Véletlenek szerepe az evolúció folyamatában.
  - Az emberi evolúció vitatott kérdései.

# AZ EMBER EGYÉNI ÉS TÁRSAS VISELKEDÉSE

## IV.

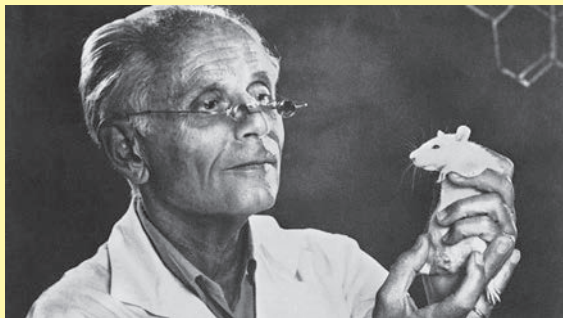


Győzelmi mámor. Az emberi faj kiemelkedő képessége az egyedek viselkedésének precíz összehangolása. A csapatjátékok erre nevelnek, még ha a jutalom jelképes is.

*Fotó: Andres Rodriguez*

**A megismerő lény ■ A társas lény ■  
A szociokulturális lény ■ A pszichés terhelés**

## A stressz felfedezése



Selye János (1907–1982)

A stressz mai fogalmát egy magyar származású orvos kutató, Selye János ismertette meg a világgal a 20. század közepén. Édesapja révén magyarnak tartotta magát, noha Bécsben született, munkáját, kutatásait pedig Kanadában végezte. Az *Életünk és a stressz* (*The Stress of Life*) című könyve révén vált világszerte ismertté.

## A stresszreakciók előnye és hátránya



Walter Cannon (1871–1945)

Selye jól ismerte a vészreakció fogalmát, amelyet Walter Cannon vezetett be a köztudatba. A 11. évfolyamos tankönyvben említettük Cannon nevét, és részletesen tárgyaltuk, hogy a vészreakciót a vegetatív idegrendszer szimpatikus része szervezi. Ennek aktiválódásakor gyorsul a szív működés és a légzés, emelkedik a vérnyomás, több vérhez és energiaszolgáltató szőlőcukorhoz jutnak az izmok, mivel emelkedik a vércukorszint és kitágulnak a vázizomzat erei. Ez a bonyolult reakció a védekezés szolgálatában áll: lehetőséget teremt arra, hogy támadással vagy meneküléssel próbáljunk megoldani vagy legalább túlélni egy megterhelő, esetleg fenyegető helyzetet. Ugyanakkor a vészhelyzet legyőzésében nem szereplő szervek vérellátása csökken az erek összehúzódása miatt, mérséklődik a gyomor- és a bélműködés is. Selye, miközben a hormonrendszer kutatásával foglalkozott, arra a következtetésre jutott, hogy a vészreakcióval nem fejeződik be a szervezet válasza. Akármilyen megterhelés éri is a szervezetet, ez mindig ugyanazt a mechanizmust indítja be. A folyamatnak három szakaszát különböztette meg. Az első a készültség, vagyis a vészreakció, második az ellenállási fázis, amikor a szervezet még megfelelően alkalmazkodik, a harmadik pedig a kimerülés állapota. Az utolsó fázis tartós fennmaradása esetén az egyed akár el is pusztulhat. Selye a megterhelést jelentő, provokáló tényezőket stresszoroknak, az állapotot stressznek nevezte el. Ebben a háromfázisú folyamatban alapvető szerepet játszik a mellékvese velőállományának hormonja, az adrenalin, amely az első fázisért, a vészreakció lezajlásáért felelős. A második és harmadik fázis kialakításában a mellékvesekéreg szénhidrát-anyagcserét szabályozó szteroid hormonjai játszanak szerepet.

A stresszállapot folyamatainak elemzésével Selye bizonyította a központi idegrendszer és a hormonrendszer összefüggéseit, tehát azt, hogy a szervezet belső egyensúlyának (homeosztázisának) fenntartásában egységes rendszer működik, és ezzel együtt igazolta, hogy a tartós stressz betegséget okozhat. A stresszor hatására aktiválódik a hipotalamusz, amely fokozza az agyalapi mirigy működését. Az itt termelődő faktor a mellékvesekéreg szénhidrát-anyagcserét szabályozó hormonjának elválasztását serkenti. A hipotalamusz–agyalapi mirigy–mellékvese együttműködő rendszert egyértelműen Selye ismerte fel. Ugyancsak ő indította el és támogatta azokat a kutatásokat, amelyek végül a mellékvesekéreg-serkentő hormon, továbbá az ennek termelődését befolyásoló hipotalamuszhormonok és számos más hormon felismeréséhez vezettek.



A pozitív stressz, például egy izgalmas feladat határidőre történő megoldása nem káros, hanem éppenséggel kedvező élettani hatású

Selye arra is felhívta a figyelmet, hogy a stressz nem szükségszerűen rossz, hanem nélkülözhetetlen az élet különböző káros hatásainak leküzdésében, a változó környezethez való alkalmazkodásban. A stresszre az állatoknak és az embernek is szüksége van ahhoz, hogy fenntartsa aktivitását. A túl erős vagy többszörösen ismétlődő stressz viszont betegségek okozójává válhat, mi több, súlyosan károsíthatja az immunrendszer és a központi idegrendszer működését is.

## A stressz oldása

Az intenzív stressz oldására is vannak lehetőségek. Az állatvilágban ilyen például a majmokban a kurkászás. Az emberek gyakran alkalmaznak stresszoldásra a humort, illetve a töprengést előző, figyelemelterelő tevékenységeket, programokat, például a tévézést, könnyed kikapcsolódást nyújtó filmeket, játékokat. A baráti és párkapcsolatok is lehetőséget adnak a stresszoldásra, akár beszélgetések, akár más közös tevékenységek formájában. A megterhelő kihívásokat kísérő feszültség csökkentéséhez a monogám párkapcsolatokban megvalósuló szexualitás is hozzájárulhat.

Különböző emberekre eltérően hat ugyanaz a stresszor. Az egyének öröklötten eltérő tűrőképességűek, és más-más társas környezetben nőnek fel, emiatt másféle stresszkezelő megoldásokat tanulnak életük során. Van, akiről leperregnek a stresszhatások, míg mások azt is súlyos stresszként élik meg, amit a többség szinte észre sem vesz.

A stressz tehát szükséges a mindennapi élethez, de a túladagolt stressz betegséget, sőt akár életveszélyt is okozhat. A hasznos és a káros mértékű stresszt azonban nagyon nehéz egymástól elhatárolni. A folytatódó, durva stresszhatás következtében a kedvezőnek induló stressz is kártékonyá válhat, mivel a különböző stresszorok hatásai összeadódnak. A hétköznapi szóhasználatban a stresszes életmód említésekor a káros stresszre gondolunk. Amennyiben a stresszreakció második, alkalmazkodási fázisa hosszúra nyúlik, és közben nincs elegendő pihenő (nyugalmi időszak), akkor kimerültség, koncentrációzavar léphet fel. Az elhúzódó, tartós stressz hatásairól, valamint a megküzdés módjairól a következő leckékben lesz szó.



A csimpánzoknál a kurkászás egyik fontos szerepe a stresszoldás



„Az ember tudjon nevetni saját magán, különben szenvedni fog.” Kirk Douglas



**Kumulatív stressz.** Néha elég csak néhány stresszort kiiktatni, és pozitívvá válik a kihívás

## Megtudhatod

Hogyan lehet véleményünk soha nem látott és hallott emberekről?

# 19. A megismerő lény



- Társításos tanulás
- A belátásos tanulás
- A szociális tanulás
- A megismerés útjai és tévútjai
- Érzelmi élet

**Tanulás** ■ Képességek és ismeretek elsajátítása, amelyek révén az ember gondolkodása, viselkedése megváltozik, és ezáltal egyre eredményesebben alkalmazkodhat a környezetéhez.

**Operáns tanulás** ■ Az állat vagy az ember megtanulja, hogy valamely magatartása milyen következménnyel jár. Az egyed számára kedvező következményű, tehát pozitív megerősítést elnyerő viselkedéselemek gyakorisága növekszik, a negatív megerősítés (pl. büntetés) hatására pedig ritkul vagy akár el is tűnik egy-egy viselkedésforma.

**Feltételes reflex** ■ Az állat vagy az ember megtanulja, hogy a környezetéből érkező egyes ingerek előre jeleznek valamilyen eseményt.

Az állatok viselkedésével kapcsolatban megismert operáns tanulás és feltételes reflexek kialakulása az emberek mindennapjaiban nagyon gyakori jelenség.

## Társításos tanulás

A környezet valamely ingeréhez egy másik inger vagy egy saját magatartás-elem társul. Az előbbi esetben feltételes reflex alakul ki, az utóbbiban operáns tanulás zajlik. A kellemetlen szag például rossz közérzetet okoz, ezért a büdösnek talált helyet legközelebb elkerüli az ember. Ez a jelenség a **negatív megerősítésre** ad példát, amikor az egyén azt tanulja meg, hogy mely inger következményét kell elkerülni. **Pozitív megerősítés** viszont, amikor egy vonzó környezet kedvező érzelmi állapotot hoz létre, ennek elérése érdekében pedig az ember más alkalommal is igyekszik felkeresni ugyanazt a helyet. Közismertek azok a változatos reklámfogások, melyek funkciója szintén a pozitív megerősítés, például az áruházakban különféle élelmiszerek, italok kínálása.

A magatartás alakításában a leggyakoribb és legfontosabb tényezők azonban a család és a közeli társadalmi környezet megerősítő hatásai. A **dicséretet** és az **elmarasztalást** a viselkedés alakításának fontos eszközeként tartják számon. Az operáns tanulás, illetve tanítás során a dicséretet pozitív megerősítésnek, az elmarasztalást pedig negatív megerősítésnek szánják. Ritkábban gondolnak arra, hogy ezek az események feltételes reflexek kiépülését is eredményezhetik. Az elismerést adó ember egyúttal ingerként társulhat a dicséret kellemes érzéséhez, ezért társaságát később is szívesen keresi a megdicsért személy. Ezzel szemben a „rosszaságért” megbüntetett ember képe az elutasítás kínos élményéhez társul. Így az is lehet, hogy a megfenyített „vétkes” nem a megbüntetett magatartást szünteti be, hanem az elmarasztaló egyént kerüli el, vagy letagadja a büntetett magatartást. Ezzel együtt is erősen befolyásolhatja a viselkedést az, hogy a fontosnak vagy megkerülhetetlennek tartott emberek mely magatartásokat ismerik el helyesnek, és melyeket utasítják vissza (1. ábra).



**1. „Jóvá szidni senkit sem lehet.”**  
Minimum háromszor annyi dicséretre van szükség, mint elmarasztalásra



## A belátásos tanulás

A világ megismerése és a társas kapcsolatrendszer kialakulása bonyolult folyamat. Egyrészt emlényomok rögzülnek, másrészt az emlényomok között kapcsolatok, úgynevezett asszociációk alakulnak ki – ez a megértés kulcsa. Mindezekon túl az ember – más emlősökhöz hasonlóan, de azoknál sokkal magasabb szinten – képes belátásos tanulásra. A világ tárgyait és eseményeit elménkben leképezzük, és azután ezekkel a képekkel, tudáselemekkel végzünk műveleteket a gondolkodás, a tanulás során. Így fejünkben absztrakt fogalmak, környezetünk elrendeződésére vonatkozó kognitív térképek alakulnak ki.

Egy új információ hatására a korábban mutatott magatartás átszerveződik, és új megoldási módok alakulnak ki, majd ezeket a megoldásokat általánosítva alkalmazzuk a hasonló problémáknál. A tanulás során egy cél eléréséhez eszközt, módszert találunk gondolatainkban. A belátással megtanultakat könnyedén átvisszük új helyzetekre, így más hasonló problémát is meg tudunk oldani. Jellegzetes belátásos tanulási forma például, amikor meggyőznek bennünket és alakítják a véleményünket.

A belátásos tanulás fontos szerepet játszik az emberi tanulásban, hiszen **olyan tudás birtokába juttatja az egyént, amelyet ő maga tárt fel (2. ábra).**

## A szociális tanulás

A szociális tanulás során az ember a csoportba illeszkedés magatartásait tanulja, így válik egy csoport, akár a társadalom tagjává. A szociális tanulás legfontosabb formái az utánzás, a modellkövetés és a belsővé tétel.

**Utánzással** számtalan viselkedésformát sajátítunk el. Például anyanyelvünk megtanulása is utánzáson alapul (3. ábra). A fejlődés során legkorábban az utánzás jelenik meg. Az utánzásban nagyon fontos a jutalom és a büntetés szerepe. A kisgyermek elismerést, mosolyt kap, ha megfelelően ejt ki, használ egy szót. Feddő tekintetet lát, szidást kap, ha megpróbál meggyújtani egy szál gyufát. A gyermekek számára az utánzás révén kialakuló beleélés szinte az egyedüli eszköze mások megértésének.

A **modellkövetés** során kiválasztjuk, hogy kit akarunk utánozni. A modell kiválasztása történhet egyszerű rokonszenv alapján, vagy a környezetben megjelenő személy tekintélyének, elismertségének vonzó hatására is. Az agresszív viselkedésformák átvételét elősegíti, ha egy agresszív személy viselkedését megerősítés követi. Mintaadóvá válhat például az az egyén, aki az agressziója révén kedvező helyzetbe kerül.

A **belsővé tétel (interiorizáció)** folyamatában a modell már nem fontos. A viselkedésformák átvétele azért történik, mert az egybevágnak az egyén saját értékrendszerével, és így egy magatartás vagy ismeret átvétele önmagában is jutalomértékű. Az átvett viselkedésforma, vélemény a forrástól függetlenedik, és szervesen beépül a személyiségbe, vagyis belsővé válik.

A szociális tanulás formái nem különülnek el élesen egymástól. Egymásra épülve, együttesen alakítják és formálják személyiségünket.

## A megismerés útjai és tévútjai

A magatartást befolyásoló gondolati tényezőket a hétköznapokban „értékrend” néven szokták emlegetni, ezek közül kiemelhetjük az úgynevezett **attitűdöket**, amelyek értékelő viszonyulást, hozzáállást jelentenek az emberben valamilyen konkrét vagy elvont tárgy (személy, embercsoport, tett, gondolat) irányába. Az attitűdök lehetnek pozitív vagy negatív tartalmúak (pl. kedvel vagy elutasít valamit az ember), és persze az erősségük is sokféle lehet. Attitűdjeink részben



2. A belátásos tanulás kisgyermekkorban is fontos tanulási forma



3. Az utánzás az első tanulási formák egyike az életünkben

### Olvasmány

#### Behódolás

■ A szociális tanulást befolyásolnak is nevezhetjük. Ennek folyamata az alkalmazkodástól a belső elfogadásig, az interiorizációig terjed.

A környező személyekhez történő alkalmazkodás első foka a behódolás is lehet. Ilyenkor az ember azért viselkedik az elvárt módon, mert ezzel jutalmat, elismerést szerezhet, illetve elkerülheti az elmarasztalást. A behódoló egyén azonban csak akkor tanúsítja ezt a viselkedést, ha az őt értékelő személy jelen van, vagy nagy valószínűséggel tudomást szerezhet a viselkedéséről. A behódolás az egyszerű társításos tanulást, ezen belül az operáns tanulást példázza.

## Olvasmány

### A Pygmalion-hatás, az önbeteljesítő jóslat

■ Az ember környezetében újonnan megjelenő egyénekről az első benyomások és információk alapján kialakul egy kép, amely meghatározza, hogy milyennek tartja őt, mire számít tőle. Ezek az elvárások szavakban, akaratlan arckifejezésekben, hanglegtésben is megnyilvánulnak. E jelek hatására a megítélt ember magatartása egyre inkább megfelel az elvárásoknak. Akiben hisz a környezete, annak a teljesítménye javul, a kedvezőtlen vélemény pedig a teljesítmény romlásához vezethet. Ez a tanárok és diákjaik kapcsolatában is jellemző: a jónak tartott tanár egyre jobban tanít, a (bármilyen okból) pozitívan értékelt diák egyre jobban tanul.

tudatosulnak, részben pedig az érzelmekre gyakorolt hatásukkal befolyásolhatják a viselkedésünket, akár úgy is, hogy nem is tudatosul bennünk cselekvésünk háttere.

Jó példa az attitűdök gondolkodást, érzelmeket, viselkedést befolyásoló hatására az **előítéletek** kialakulása. Ennek elsődleges biológiai oka abban keresendő, hogy az emberekben öröklötten működik egy, más egyének tulajdonságainak, szándékainak azonosítására törekvő mechanizmus. Számítani lehet-e az idegen együttműködésére vagy inkább versenytársnak kell őt tekinteni? Ha hasonló emberrel már találkozott, vagy hallott róla, akkor a korábbi információk alapján általánosítva következtethet az ismeretlen lehetséges tulajdonságaira. Így alakulnak ki a **sztereotípiák**: valamely közös jellemző alapján egy csoportba sorolt emberek tulajdonságait, jellemvonásait is egyformának tekintjük. Ilyen, széles körben elterjedt sztereotípia például, hogy a kamaszok nyeglék, a férfiak erősek, célratörőek, agresszívek, a nők gondoskodók, visszahúzó-dók, a németek precízek, a svédek hűvösek, a franciák bohémek (4. ábra). Ezek a példák is bizonyítják, hogy a sztereotípiák többsége nem saját tapasztalatokon alapul, hanem másoktól látott-hallott, vélt vagy valós információkon.

A sztereotípiából születhet az **előítélet**, amely hiányos vagy téves információkból származó, általánosításon alapuló, vélt tudásként jelenik meg. A sztereotípiához hasonlóan az előítéleteknek is pozitív vagy negatív érzelmi töltése van.

Az előítéletek merev **gondolkodási sémákká**, vagyis kész, bejárt gondolatláncokká alakulnak, amelyek azt is irányítják, hogy környezetünkől mit vegyünk észre, és azt milyennek érezzük. Az előítéletek gondolkodási sémái cáfoló tapasztalatok hatására is alig vagy egyáltalán nem változnak (5. ábra).



**4. Más nemzetek tagjaira sokszor sztereotípiák alapján gondolunk, a valóság viszont csak ritkán erősíti meg ezeket. ■ Milyen sztereotípiákkal találkoztál a magyarokkal kapcsolatban?**

**Keress rá!** ■ rossz hír hozója

## Olvasmány

**Az előítéletek okai** ■ Az előítéletek tanulás során alakulnak ki, nem veleszületett, öröklött jellegek. Milyen okok húzódnak meg a háttérben?

Gyakori jelenség az öngigazolás. Amikor például véletlenül vagy szándékosan kárt okozunk egy másik embernek vagy embercsoportnak, akkor cselekedetünk igazolása céljából tettünk elszenvédőjét lekcinyeljük. Ha így sikerül elhítenni magunkkal, hogy az a csoport értéktelen, tagjai buták, erkölcstelenek stb., akkor elkerülhetjük, hogy magunkat hibáztassuk.

Előfordul, hogy a társadalmi pozíció veszélybe kerülése alapozza meg az előítéletet. A társadalmi-gazdasági hierarchiában lejjebb levőkkel szemben fölényben érezheti magát az ember. A tapasztalatok szerint az emberek sokkal hajlamosabbak az előítéletes gondolkodásra, amikor szociális státuszuk hanyatlik, például jelentős jövedelemcsökkenést szenvednek el vagy állásukat veszítik.

Az is gyakran megesik, hogy a rossz közérzetet okozó egyének túlságosan nehezen megközelíthetők ahhoz, hogy bosszút lehessen állni rajtuk (pl. távoli politikusok). Ilyenkor bünbakképzés történhet, vagyis egy ártatlan, de viszonylag gyenge személyt vagy csoportot kezdenek okolni olyasmért, ami nem az ő hibájából történt. Ha valaki például munka nélkül marad, vagy megtakarított pénze az infláció miatt elértéktelenedik, akkor nem tud mit tenni a gazdasági rendszer ellen, viszont könnyen találhat bünbakot. Ez a jelenség is szerepet játszott például a második világháború előtt és alatt a zsidóellenes előítéletek elterjedésében. A bünbakképzésre különösen hajlamosak a fenyegető, tekintélyelvű környezetben felnövő és élő emberek.

A legtöbb előítélet pusztán azért maradt fenn és terjedt, mert az emberek átveszik a környezetükben élő véleményét.

## Érzelmi élet

Az ember magatartását a gondolkodáson, a tanuláson kívül az érzelmi élet is befolyásolja. A külvilág ingerei vagy gondolataink jellegzetes folyamatokat indítanak el bennünk, amelyeket érzelmeknek, indulatoknak nevezünk. Az **érzelem** tartós, nem túl nagy intenzitású gondolati állapot. Érzelem például a szimpátia és az ellenszenv. Az **indulat** hirtelen megnövekedett, rövid hatású, de a gondolatokat teljesen kitöltő állapot, mint például a félelem, a düh. Az indulatok ébredését a szimpatikus idegrendszer aktiválódása kíséri.

Ennek biológiai jelentősége az, hogy elősegíti az indulatot kiváltó jelenséggel szembeni védekezésünket (düh esetén) vagy menekülésünket (félelem esetén). Erős érzelmi hatás során vagy indulatos állapotban az emlékek sokkal erősebben rögzülnek, ismétlés nélkül is felejthetetlen nyomot hagynak.

A **hangulat** az egyidejű érzelmek összességével kialakuló tartós állapot. Tevékenységünk általában éppen arra irányul, hogy jól érezzük magunkat, kellemes legyen a hangulatunk. Céljaink elérése elégedetté, vidámmá tesz bennünket, a kudarc viszont bánatot okoz. Éppen ezért fontos, hogy lehetőségeinknek megfelelő, erőfeszítéssel elérhető célokat tűzzünk ki magunk elé, és azokat igyekezzünk is elérni.



**5. Előítélet megnyilvánulása gyerekek között.** Az Egyesült Államokban az egykori rabszolgák sötét bőrű leszármazottaival szembeni előítéletes gondolkodásnak és magatartásnak még napjainkban is számos jele van

### Olvasmány

**Érzelmi intelligencia** ■ Az érzelmi intelligencia (EQ) a saját és mások érzelmeinek érzékelésével, kezelésével és pozitív befolyásolásával kapcsolatos képességek együttese, tehát magában foglalja a gondolkodás érzelmek segítségével való előmozdítását is. Az érzelmi intelligencia hatással van az emberi kapcsolatok minőségére, a stresszel szembeni magatartásra és a tanulási, munkahelyi eredményességre is. Azt a képességet jelöli tehát, hogy egy ember milyen jól tudja megérteni, kezelni a saját érzelmeit, valamint adott esetben átérezni másokét. Akinek magas az EQ-ja, az érzékenyebb más emberek érzéseire, illetve szociálisan is aktívabb lehet, és könnyebben alakíthat ki kapcsolatot emberekkel. Jó tudni, hogy az értelmi és az érzelmi intelligencia között nincs kapcsolat, viszont mindkettő alakítható.

### Megtanultam?

A(z) **(1.)** tanulás során a korábbi ismeretek felhasználásával megoldunk egy problémát. A kialakult megoldási sémát más problémák megoldására általánosítjuk. A szociális tanulás három legfontosabb formája közül a korai gyermekkorban elsőként a(z) **(2.)** jelenik meg. A(z) **(3.)** során egy személyt választunk ki, akit mintaadónak tekintünk. Egyes viselkedések, vélemények beépülnek a(z) **(4.)**-ba/be, ezáltal belsővé válnak. Az emberek megismerésében fontos szerepet játszanak a(z) **(5.)**: egy-egy tulajdonságban hasonlító egyéneket a többi jellemzőikben is hasonlóknak tekintünk. A(z) **(5.)** -ből/ből alakulhatnak ki a(z) **(6.)**, amelyek téves vagy hiányos információkból származó általánosításokon alapulnak.

**Fogalmak** ■ utánzás ■ modell-követés ■ belsővé tétel (interiorizáció) ■ attitűd ■ előítélet ■ sztereotípa ■ gondolkodási séma ■ érzelem ■ indulat ■ hangulat

**Olvasnivaló** ■ Jene Nelsen: Pozitív fegyelmelés ■ Elaine Mazlish – Adele Faber: Beszélj úgy, hogy érdekelje, hallgasd úgy, hogy elmesélje

### Kérdések, feladatok

1. A belátásos tanulást néha „hirtelen megvilágosodás-ként” éljük meg („aha” élmény). Miért?
2. Magyarázd el, hogy amikor egy probléma megoldására rájövünk, az miért tekinthető tanulásnak!
3. A szociális tanulás folyamatai fokozatosan jelennek meg az ember élete során. Melyek ezek a fokozatok? Az egymást követő fokozatok miben különböznek a korábban megjelenő szintektől?
4. Gondold át és nézz utána, összefügghet-e az előítélet és az önbeteljesítő jóslat! Magyarázd meg a válaszodat!

Keress legalább három iskolai példát az önbeteljesítő jóslat kialakulására!

5. Interneten keressetek olyan videókat, ahol negatív előítéletek dőlnek meg! Az ötletek alapján készítsetek ti is ilyen felvételeket, és mutassátok be egymásnak!
6. Nézz utána az interneten a következő témáknak, és készíts kb. fél-, egyoldalas fogalmazást róluk: az előítéletek kialakulására hajlamosító tényezők; az előítéletek megelőzésének, csökkentésének módjai!

### Megtudhatod

Mi lehet az oka, hogy egyes csoportok jól működnek, mások nem?

# 20. A társas lény

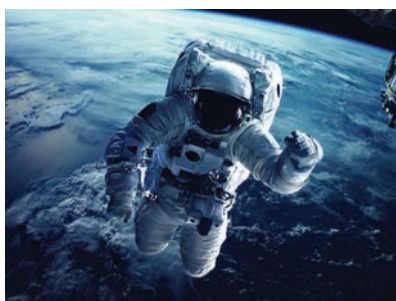
Az embert több tudományág is úgy szokta jellemezni mint társas lényt, vagyis kapcsolatokra van szüksége a boldogsághoz és a fejlődéshez, még akkor is, ha időnként szeret egyedül lenni. **Az emberi boldogtalanság egyik legfőbb oka a magány**, amikor a személy nem élheti meg azt, hogy szerethet, szeretve van, feltétel nélkül elfogadják. Olyan mély emberi igény ez, hogy egészen magas árat is megadunk érte: elfogadjuk a szabályokat, akár saját igényeinkről is lemondunk, s önként vállaljuk a korlátokat.

## Csoportok, közösségek kialakulása

A társas viselkedés evolúciós alapját minden állatcsoportnál az olyan együttműködés képezi, ahol a csoport tagjai **közösen többet képesek elérni, mint az egyedek összesen** (1. ábra). Az együttműködő társas magatartás kialakulásának fontos feltétele volt az agresszió visszaszorulása. Jól kimutatható, hogy az emberi közösségekben sokkal alacsonyabb a fizikai agresszió szintje, mint más főemlősöknél. A legfontosabb a táplálékelosztással és a szexualitással kapcsolatos agresszió csökkenése volt. A szexualitással kapcsolatos versengés csökkenése alapvetően két okra vezethető vissza. Egyrészt a szexualitás nem szezonális, hanem folyamatos, másrészt pedig kialakult a **párkötődés**. Az emberi fajra igen nagy arányban jellemző állandó párkapcsolat, a monogámia megjelenése és fennmaradása a szexualitás jelentős funkcióváltozásával hozható kapcsolatba. Az emberi szexualitás ugyanis az utódok létrehozásán kívül örömszerző és párkapcsolatot erősítő szerepet is felvett, és együtt járt a párkötődés kialakulásával. A szexualitás erősíti a hosszabb-rövidebb ideig tartó monogám kapcsolatot, ez pedig lehetővé teszi a szexuális versengés minimalizálását.

A **közös utódnevelés** miatt vált lehetővé, hogy az öröklött ösztönök helyett hosszú ideig tanulhassa az utód a viselkedésének elemeit, ami pedig nagy fokú alkalmazkodóképességet jelent az emberi fajnak (2. ábra).

- Csoportok, közösségek kialakulása
- A csoporton belüli viselkedés összehangolása
- A szocializáció



1. Ez az űrhajós, még ha képes volna is mindarra, amit a többiek végeznek, nagy bajba kerülne, ha magára hagynák

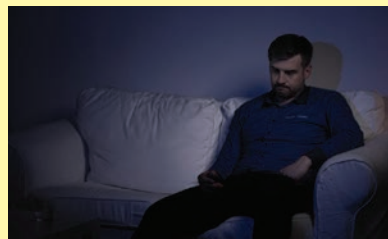


2. A közös utódnevelés az új nemzedékek adaptív magatartásának lehetőségét biztosítja

### Olvasmány

#### A társas és magányos lét hatása az egészségre

- Az elmagányosodás nagyobb egészségügyi kockázat, mint a dohányzás vagy az elhízottság. A magányos emberek immunrendszere kimutathatóan gyengébb, emiatt gyakoribbak és súlyosabbak a fertőzéseik, nincs segítségük a bajban – sokszor pont a betegséggel, dohányzással vagy az elhízással kapcsolatban!



A csoporton belüli agresszió csökkenése azonban nem feltétlenül járt együtt a **csoportok közötti agresszió** csökkenésével. Idegenek elleni akciókra a modern ember is könnyen kapható, jól példázzák ezt a háborúk.

Csoportnak nevezzük az egyedeknek azt az együttesét, amelynek a tagjait **közös célok** kötik össze, bár a célok nincsenek szükségszerűen kimondva, amire jó példa a család. Egy csoport tagjai hatással vannak egymás viselkedésére, még akkor is, ha épp nincsenek együtt.

Az embernél új tulajdonságként megjelenik a **csoport iránti hűség** is, amely a csoportban szocializálódott egyénekben erős motivációs erőt ad. Ennek legnyilvánvalóbb példája az **önfeláldozás**, amely a saját érdekeket teljesen nélkülözi, csupán a csoport (pl. egy nemzet vagy egy család) előnyeit szolgálja.

## A csoporton belüli viselkedés összehangolása

A közösség akkor működőképes, ha az egyének tevékenysége összehangolt, vagyis **szinkronizált**. A csoporttagok összehangolásának talán a legfontosabb módja a **szabálykövetés**, vagyis az a készség, hogy elfogadjunk egy szabályrendszert és betartjuk azt. A szabálykövetés alapvető aspektusa az írott jogszabályok betartása. Emellett mind a társadalmak, mind a kisebb közösségek szintjén rendkívül fontos az íratlan **csoportnormák** önkéntes követése. Az emberi közösségek szabályainak jelentős része éppen arra irányul, hogy az agresszió okait kiiktassa, például védik az egyének területét, tulajdonát. A szabálykövetés a csoporton belüli rangsorral is összefügg. **Az ember a társait és a szabályokat közös rangsorba rendezi**, vagyis a rangsor egyes pozícióiban emberek, más pozíciókban pedig szabályok állnak. Általában azoknak a személyeknek és szabályoknak engedelmessé válik az ember, amelyekről úgy érzi, a rangsorban saját maga előtt állnak (3. ábra). A szabályok, normák megtartását a társadalmak felügyelik, és nyilván enyhébben bánnak a véletlen tévesztővel, mint azzal, aki szándékosan sérti a törvényt. A szabálykövetés óriási jelentőségét könnyű belátni, ha csak a közlekedés rendjére gondolunk: a nagyszámú jármű dacára viszonylag kevés a baleset, mivel a résztvevők követik a szabályokat (4. ábra). Autó vezetésére egy csimpánz is megtanítható lenne, de a közlekedési szabályok követésére nem. Ezt csak az ember biológiaiailag megalapozott szabálykövető tulajdonsága teszi lehetővé.

Korábban tanultunk már arról, hogy a magatartást szabályozó tényezők közül meghatározó az érzelmek szerepe. Az érzelmek összehangolását szolgálja a beleérzés, más néven **empátia**. Az empatikus ember képes értelmezni mások metakommunikációját, ezáltal felfogja mások érzéseit, hangulatát, így bele tudja élni magát azok helyzetébe. Ennek mindkét fél irányából feltétele van. Ha az empátiára törekvő ember nyílt, hiteles, őszinte segítségnyújtást tükröz, akkor lehet rá számítani, hogy a segített személyek nem zárkoznak el az empátiás próbálkozások elől. A beleérzés képessége egyénenként eltér, a legtöbb esetben jól tanulható, ha a csoportban erős az erre irányuló késztetés.

A feladatok és a csoporton belüli munkamegosztás tervezésének, végrehajtásának eredményét is nagymértékben befolyásolja, hogy milyen a közös légkör. Az empátiával megalapozott kedvező csoportlégkör jelentősen hozzájárul az esetleges nehézségek megoldásához, majd a tevékenység elvégzését kísérő elégedettség kialakulásához.

A mozgásos tevékenységek összehangolását elsősorban az utánzásos tanulást követő gyakorlás teszi lehetővé, de tapasztalatainkból tudjuk, hogy a magyarázat és a fegyelmezés is szerepet játszik ebben.



3. A rangsor betartása az emberi közösségekben összehangolja a tevékenységeket és kiiktatja az agressziót



4. A szabálykövetés hatékonyságát jól példázza a közúti közlekedés



5. A család a szocializáció legfontosabb színtere



6. A csoportos tevékenységek elősegítik a közös értékek és egymás megismerését, elfogadását

## Olvasmány

### A flow-élmény

■ Csíkszentmihályi Mihály (1934–) magyar származású pszichológus már gyerekkorában felfigyelt rá, hogy a háborús nyomor közepette sokan vannak, akik mégis olyan boldogan élnek körülötte, mintha semmi sem történt volna. Felnőttként is végig az a kérdés foglalkoztatta: mi teszi erőssé, elégedetté és boldoggá az embereket. Kutatásai alapján megalkotta a flow (áramlat) pszichológiai fogalmát. Az emberi elme a flow-élmény során teljesen elmerül abban a tevékenységben, amit végez, minden más eltörlődik mellette, az időérzékelés megszűnik, és nem próbálja kontrollálni a tevékenység kimenetelét sem, mert nem fél a következményektől. A tevékenység nem túl nehéz, de nem is túl könnyű, a jutalom pedig belülről fakad. Sportolók, zenészek, festők kimondottan gyakran élnek át flow-t a munkájuk során, de az élet bármely területén megtapasztalható – azonban nem megvásárolható! Gyerekkorban gyakoribb, felnőttkorra sajnos gyakran leértékeljük és háttérbe szorítjuk ezt a képességünket fontosabbnak tűnő célok érdekében.



Ha a cél egy tökéletes kép volna, azt letölthetné a netről, és kinyomtathatná színesben. Flow-élmény, amit a felnőtteknek is érdemes rendszeresen megtapasztalni

## Olvasmány

### A szabálykövetésnek is van határa

■ A rangsor kialakítása az ember mellett más fajok esetében is evolúciósan előnyösnek bizonyult, de megvannak a maga korlátai. A csoportok alacsonyabb rangú tagjai folyamatosan mérlegelik, hogy számukra is megéri-e, megfelelően részesülnek-e a pozitív hatásokból. Zsarnok az a vezető, aki visszaél a pozíciójával, és nem szolgálja megfelelően a közösséget a tevékenységével. Az emberi történelemben a sokszorosan összetett csoportok miatt sajnos számtalan példát találni elnyomókra és lázadókra, az állatvilágban azonban kevésbé elterjedt a jelenség.

## A szocializáció

A **szocializáció** a társadalomba való beilleszkedés folyamata, amely jórészt a szociális tanulás formái révén valósul meg. A szocializáció során az egyén megtanulja megismerni önmagát és a környezetét, elsajátítja az együttélés szabályait, a lehetséges és elvárt viselkedésmódokat. Magában foglalja tehát a szabálykövetést, de emellett az adott környezetben használatos hagyományok, nézetek elsajátítását is. A szocializáció folyamata során az emberek elfogadják környezetük elvárásait, belátják ezek jogosságát és helyességét, és ezért belső meggyőződésből tartják be azokat. Lemondanak bizonyos előnyökről is, például elfogadják, hogy a javak eltulajdonítása helyett dolgozni kell a megszerzésükért. A szocializáció a családban kezdődik, majd később egyre nagyobb szerepe lesz a tágabb környezetnek, a kortársaknak, az iskolának, az egész társadalomnak (5–6. ábra).

A szocializáció egyik funkciója abban keresendő, hogy **megtanuljunk uralkodni fölölseges indulatainkon**. Rájövünk, hogy mások érdekei és igényei éppoly fontosak, mint a mieink, és – az agresszív késztetések dacára – céljaink eléréséhez nem alkalmazhatunk erőszakot embertársainkkal szemben. A teljesíthetetlen késztetések, vágyak feletti uralkodás egyik lehetősége, hogy a feszültséget hasznos, pozitív cselekedet felé tereljük. Jó példa erre, amikor a szexuális vagy éppenséggel az agresszív késztetést a művészet vagy a sport felé irányítja át az ember: verset ír, fest vagy intenzív sportolásba kezd.

Az is előfordul, hogy a szocializáció nem működik jól: a csoportok vagy a társadalom nélkülözhetetlennek tartott értékei nem mindenkinek épülnek be a belső értékrendjébe. Ennek sokféle oka lehet, például az, hogy a gyermek nevelése során a környezet rossz mintát mutat, vagy a felnőttek az elfogadtatás helyett durva erőszakkal igyekeznek ráerőltetni elvárásaik teljesítését a gyermekre, ami viszont éppen az érték dacos elutasítását válthatja ki. Mindezek következménye az lehet, hogy az egyén **szilárd értékrend** nélkül, döntéshelyzetekben bizonytalanodva, rövid távú előnyöket helyezhet előtérbe, s így akár saját maga, akár családja vagy tágabb környezete számára súlyos károkat okozhat.

## Olvasmány

### Az információs technológia szocializáló hatása

■ Az USA-ban 1965 és 1995 között átlagosan heti 6 órával lett több egy iskolás korú szabadideje, amit gyakorlatilag maradéktalanul a tv-nézésre fordított.

Azóta természetesen más IT-eszközök is behelyettesíthetők a tv helyére, de a tendencia továbbra is ebbe az irányba mutat, Magyarországon is. Az emberi kapcsolatok, rokonok és barátok helyét jórészt virtuális idegenek foglalták el.

Az AAP (American Academy of Pediatrics) ajánlása: 2 éves kor alatt egyáltalán ne nézzenek képernyőt a gyerekek, utána is csak keveset, és szülővel együtt!

## Olvasmány

### Metakommunikáció

Bezárdunket mozdulatok és más testi változások kísérik, amelyek ösztönösen vagy tudatosan a szóbeli (verbális) mondanivalót alátámasztják vagy módosítják – akár gyengíthetik is a kimondott gondolatok tartalmát. A tapasztalatok szerint ilyen esetekben a partnerek inkább ezeknek a metakommunikációs jelzéseknek hisznek, nem a szavaknak. Ilyen jelek lehetnek hangok (pl. hűmmögés), mimika, testmozgás (gesztikuláció, testtartás), olykor ruha vagy hajviselet stb. A jelzések egy része öröklött, mint például az érzelmi megnyilvánulások (öröm, meglepetés, félelem, harag, undor stb. arckifejezése), másokat pedig környezetünkől tanulunk (bólintás, fejrázás, vállvonogatás, „like”-jel).



Érzelmi állapotot kifejező mimikák ■ Próbáld meg beazonosítani őket!

**Fogalmak** ■ együttműködés ■ önfeláldozás ■ közösségi szinkronizáció ■ szabálykövetés ■ csoportnorma ■ empátia ■ szocializáció

## Megtanultam?

Az emberi magatartás fontos eltérése az állatokhoz képest, hogy megjelent a csoport érdekeit előtérbe helyező **(1.)**, amelynek lényeges eleme a munkamegosztás. Ezen társas magatartás egyik feltétele a csoporton belüli **(2.)** visszaszorulása. Ugyanakkor azonban a csoportok közötti **(2.)** fennmaradt. Az emberi közösségek eredményes működésének másik feltétele a tevékenységek és az érzelmeik összehangolása, vagyis a(z) **(3.)**. Ennek legfontosabb eleme a(z) **(4.)**, amely a normák betartását jelenti. Az érzelmeik mint magatartás-szabályozó tényezők összehangolása a(z) **(5.)** révén valósul meg. A mozgásos viselkedésformák összehangolása főleg **(6.)** útján történik. Egy-egy embernek a társadalomba való beilleszkedési folyamata a(z) **(7.)**, ennek egyik legfontosabb eleme a(z) **(4.)**. A(z) **(7.)** folyamatának kezdete a(z) **(8.)**-ban/ben zajlik, majd a társadalmi környezet egyre táguló köre is szerepet kap benne. Ezeknek a hatást gyakorló tényezőknek a hibás működése az egyén beilleszkedési zavarához vezethet.

**Olvasnivaló** ■ Jared Diamond: Miért élvezet a szex? ■ Dr. Henry Cloud: Határok a vezetés szolgálatában ■ Elliot Aronson: A társas lény

**Keress rá!** ■ Hikikomori ■ Dunbar-szám ■ asszertivitás ■ Milgram-kísérlet

## Kérdések, feladatok

1. Életed folyamán, akár utazásaid során, milyen más kultúrájú emberekkel találkoztál? Milyen meglepő vagy nem elvárt módon cselekedtek?
2. Mely feltételek biztosítják az együttműködő, zárt embercsoportok kialakulását? Röviden magyarázd meg, hogy ezen feltételek teljesülése miatt szükséges a csoport működéséhez!
3. Miben különbözik az emberek által felállított rangsor az állati rangsoroktól?
4. Mely jelenségekkel magyarázható, hogy az emberi közösségekben az agresszió jelentősen kisebb mértékű, mint az állatscsoportokban általában?
5. Mi a szabálykövetés, az empátia és az utánzások szerepe a csoporttagok viselkedésének összehangolásában?
6. Írj kb. 10–12 soros (120–150 szóból álló) fogalmazást a következő témában: *A szocializáció folyamata és jelentősége!*
7. Mondj két példát az egyéni feszültségek agressziómentes levezetésére!
8. Keress két példát arra, hogy a szükségtelenül indulatos megnyilvánulás nehezíti egy probléma megoldását!
9. Melyek lehetnek az okai annak, ha valaki nem illeszkedik be a társadalmi környezetbe?



- Saját magunk megítélése: a testkép és a testképzavarok
- Mások megítélése

### Megtudhatod

Miért válik az utóbbi időszakban egyre gyakoribbá a tizenéves lányok körében az anorexia, holott néhány évtizede még alig fordult elő?

## 21. A szociokulturális lény

Az embereket érő **szociokulturális hatások** közé soroljuk az embert körülvevő közvetlen társadalmi környezetet, például a különböző csoportokhoz tartozást vagy a család jellemzőit. Ezek a tényezők befolyásolják az ismeretszerzés módjait és a különféle forrásokból származó tudás mennyiségét, mélységét, illetve az ember gondolkodásmódját, érzelmeit. Belátható például, hogy jelentősen eltér a vallásos családban felnövő, érettségire készülő nagyvárosi gimnazista diák és a kicsiny vidéki településen, nem vallásos környezetben élő fiatal gazdálkodó élettapasztalata és gondolkodása.

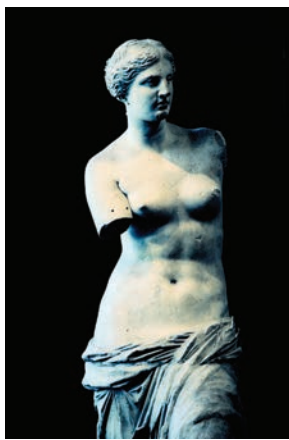
### Saját magunk megítélése: a testkép és a testképzavarok

A **testkép** az ember saját testének, vonzerejének szubjektív megítélése. Az egyes emberek testképét alapvetően befolyásolja, hogy a társadalom mit tart szépnek (1–4. ábra). A testkép tehát általában az adott kultúrában kialakult ideálhoz viszonyítva formálódik gyermekkortól kezdve. Negatív testkép esetén az ember kedvezőtlennek tartja saját megjelenését, a pozitív testképű személy pedig vonzónak tekinti a külsejét. Nem ritka, hogy a saját testről alkotott kép eltér attól, ahogy az adott személyt mások megítélik.

Honnan származnak a testkép kialakulására ható elvárások? Meghatározó szerepű a **média**, amely alapvetően befolyásolja a közízlést és a közvéleményt. A vékony, szélsőséges esetben a kórosan sovány női szépségideálnak való megfelelés vágya nagyon sok nőt állandó fogyókúrára készítet. Sajnos egyre gyakoribb, hogy a testkép fokozatosan távolodik a valóságtól, az egyén túlságosan



**1. A willendorfi Vénusz.**  
■ Nézz utána, mikor és hol készült, mi a jelentősége!



**2. A milói Vénusz.** ■ Nézz utána, mikor és hol készült, mi a jelentősége!



**3. Szépségideál napjainkban.** ■ Nézz utána, hol él az a népcsoport, amelynek női szépségideálja a kép alapján következtethetünk!



**4. Greta Garbo szépségét milliók csodálták.** ■ Nézz utána, mikor és milyen téren aratta sikereit!



kövérenek látja magát akkor is, amikor már nagyon sovány (5. ábra). Az ilyen betegek szélsőséges esetben elutasíthatják a táplálékfelvételt, mert nincs étvágyuk. Ez a betegség az **anorexia nervosa** (étvágy elvesztése), amely súlyosabb esetben halálos kimenetelű is lehet.

Nem ritka esetben a fogyókúra, az állandó önsanyargatás ellenállhatatlan falási kényszert vált ki. A mértéktelen evést aztán erős büntudat követi, és az egyén önhánytatással, hashajtó beszedésével, túlzott mértékű testmozgással akar megszabadulni a felesleges kalóriáktól. Ha a falási rohamok és a felesleges kalóriáktól való megszabadulás kóros módja hosszabb-rövidebb időszakonként, de rendszeresen jelentkezik, kialakul a **bulimia** nevű betegség.

A bulimia és az anorexia legnagyobb gyakorisággal a nőket érinti, a férfiakra másféle testképzavar lehet jellemző. A média gyakran azt közvetíti, hogy az izmos, kigyúrt test a férfias, és a nők is kizárólag ezt tartják vonzónak. Amíg ezek a hatások edzésre, erősítésre készítetnek, addig nincs baj, sőt hozzájárulhat az egészség megőrzéséhez. Amikor azonban valaki már minden szabadidejét a konditeremben tölti, az izomnövekedéshez szükséges táplálékkiegészítők egész sorát fogyasztja rendszeresen, szinte folyamatosan pózol egy tükör előtt, akkor már kóros állapotról beszélhetünk, amelynek orvosi neve **izomdiszmorfia**. Az ilyen emberek az elvártnál kisebbnek, gyengébbnek érzik magukat, ezért egyre többet erősítenek, végül életüket már szinte csak a testépítés tölti ki (6. ábra). Ennek az állapotnak a kialakulásához az is hozzájárulhat, ha gyermekkorban gyakran kap lelkisnyiló vélekedést magáról a gyermek. Ha a folyamatos edzés miatt az izomzat nem kap kellő regenerálódási lehetőséget, akár komolyabb sérülés is bekövetkezhet, a túledzés veszélyeztetheti az egészséget. A túlfejlesztett izomzat a keringési rendszer betegségeinek kockázatát növeli, és veseelégtelenséget okozhat. Mindezekon túl fontos megemlékezni az izomzat növesztésére szolgáló hormonok (pl. növekedési hormon, a mellékvesekéreg anabolikus szteroidjai) használatának veszélyeiről, amelyekről az előző tanévben tanultunk.

A testkép zavara miatt – a kívánatos küllem elérése érdekében – sokan vetik alá magukat plasztikai sebészeti beavatkozásnak.

Mit lehet tenni a **testképzavar leküzdése** érdekében? Ezeknek az embereknek a saját testükkel kapcsolatos attitűdjük erősen negatív, gyakran igen alacsony az önértékelésük. Fontos ezért ilyenkor a hangulatok és testérzetek elkülönítése, például tudatosítani, a hangulat rossz-e, vagy csúnyának látja magát az egyén. Az önbecsmérlő gondolatok beszüntetésére, korrigálására kell törekedni. Érdemes önségítő olvasmányok feldolgozására sort keríteni. Központi jelentőségű a testre irányuló figyelem csökkentése, kívülág felé fordítása, a testtel kapcsolatos kritikák mérséklése. A testképzavarral küzdő emberek számára specifikus pszichoterápia áll rendelkezésre.

### Olvasmány

A kutatók szerint az emberek nagy része szívesen készít és tesz közzé saját magáról készített fotókat, úgynevezett szelfiket a közösségi médiában, miközben kevésbé kíváncsi másokéra. Az is kiderült, hogy az önértékelést károsíthatja a pozitív visszajelzések hajhászása, illetve az ezek csekély számából származó kudarcélmény. Az is kedvezőtlenül hat az önértékelésre, ha a szelfiző az elismerések érdekében a valóság állandó elferdítésére kényeserül, például trükkös beállításokkal, képfeldolgozó szoftverek használatával.



5. Az anorexiás ember kövérenek tartja magát



6. A testképzavarral küzdő férfi az elvártnál és a valóságosnál is vékonyabbnak, gyengébbnek érzi magát



7. A társadalom szabályokat alkot a fogyatékkal élők helyzetének megkönnyítésére, ám ezek csak akkor hatékonyak, ha mindenki elfogadja fontosságukat

## Olvasmány

### Civilizációk,

**kultúrák egymás mellett** ■ Más emberek megítéléséhez kapcsolódik az előzőekben tárgyalt előítéletek kialakulása is. Érdeemes mindezekkel kapcsolatban megemlíteni azt a folyamatot, amikor az eltérő társadalmakban, más kultúrában élő emberek megismerik egymást. A 20. század előtt a különböző civilizációk között meglehetősen szórványos, ritka volt az érintkezés. A közlekedés és a kereskedelem fejlődésével, a gazdaság nemzetközivé alakulásával, majd az utazás tömegessé válásával a 20. század második felétől felgyorsult a különböző kultúrákba született emberek találkozása, sőt együttélése. Ebben a helyzetben nélkülözhetetlenül fontos, hogy az eltérő civilizációs környezetben felnőtt, sok tekintetben más elveket valló emberek megértsék, hogy a kultúrákat nem lehet egymás alá vagy fölé rendelni. Amennyiben a különböző civilizációkat képviselő csoportok ellentmondó következtetésekre jutnak bizonyos kérdésekben, akkor egyeztetés, megbeszélés útján közös, mindenki számára elfogadható, lehetőleg senkit nem károsító kompromisszumos vagy konszenzusos megoldásokra kell törekedni.



A nagyvárosokban kimagaslóan intenzív a különböző kultúrák érintkezése

## Mások megítélése

A szociokulturális tényezők nemcsak a saját magunk megítélését befolyásolják, hanem más emberek helyzetének értékelésére is hatnak.

Nagyon különböző attitűdjei vannak az embereknek például a fogyatékkal élőkkel, a beteg és az idős emberekkel kapcsolatban. Ők az igényeiket nem tudják önállóan kielégíteni, esetleg még a mindennapi tevékenységeket sem képesek zökkenőmentesen elvégezni. Mivel az egészséges fiatal vagy középkorú ember saját maga még nem élte át az ilyen egyének helyzetét, ezért hiányzik a közvetlen tapasztalat, így a szociokulturális környezet ad támaszt ahhoz, hogyan viszonyuljon hozzájuk. Sokféle lehetőség kínálkozik, az erre vonatkozó gondolatokat és döntéseket az ember aktuális helyzete és attitűdje befolyásolja. Az egészséges ember lehet közömbös, hiszen neki is megvan a saját élete, miért vállalná fel mások problémáit? Sajnálkozhat. Ha ideje, energiája engedi, akkor segíthet. Végiggondolhatja, hogy a fogyatékkal élők, az idős emberek nem maguk választották a helyzetüket. Tisztában lehet vele, hogy az ő életük értéke nem tér el az egészségesekétől. Tudatosan gondolkodva rájöhet, hogy saját maga is kerülhet hasonló helyzetbe. Továbbgondolva következtethet arra, hogy neki ilyen helyzetben mire lenne szüksége ahhoz, hogy életét minél kevesebb zavarral tudja élni. Ezeken a területeken a szociokulturális (családi, társadalmi, kulturális) környezet egyrészt mintát adhat az empátiával megalapozott magatartásformákról, másrészt szabályokat állít fel, harmadrészt bővítheti az ismereteket, illetve befolyásolja a gondolkodást (7. ábra).

**Fogalmak** ■ szociokulturális hatás ■ testkép ■ anorexia ■ bulimia ■ izomdiszmorfia

### Megtanultam?

A testkép az adott <sup>(1.)</sup>...-ban/ben jellemző ideálhoz viszonyul. A nők esetében a testképzavar leggyakrabban a(z) <sup>(2.)</sup>... és a(z) <sup>(3.)</sup>... betegségek kialakulásában nyilvánul meg. A(z) <sup>(2.)</sup>... betegségben szenvedők alig vagy egyáltalán nem tudnak enni, a <sup>(3.)</sup>... betegség tünete pedig a rendszeres nagyszabású étkezési rohamot követő önhánytatás, hashajtás. A férfiak testképzavara leggyakrabban a(z) <sup>(4.)</sup>... túlhajszolt, kényszeres fejlesztésében nyilvánul meg, mivel ők saját magukat a szükségesnél <sup>(5.)</sup>...-nak/nek tartják.

### Kérdések, feladatok

1. Sorolj fel az embereket érő szociokulturális hatások közül legalább ötfélét!
2. Egy mondatban fogalmazd meg, mit jelent, ha valakinek negatív a testképe!
3. Magyarázd el, milyen szerepet játszhat a média egy fiatal nő és egy fiatal férfi negatív testképének kialakulásában!
4. Ismertess legalább négyféle attitűdöt, amely a saját magukat csak korlátozottan ellátni képes emberekkel kapcsolatosan a társadalomban jelen van! Fogalmazd meg a saját álláspontodat, attitűdödöt ebben a témában!

### Megtudhatod

Előfordulhat-e, hogy az segíti jobban a megoldást, ha nem akarjuk megoldani a problémát?

# 22. A pszichés terhelés

A **stressz** a szimpatikus idegrendszer aktiválódásával járó állapot, amely életünk természetes része. Akkor veszélyeztetheti az egészséget, ha a folyamatos feszültség miatt a stresszes állapot állandósul.

## Stressz

A folyamatosan és gyorsan változó, megterhelő körülményekhez ugyanis a szervezet nehezen tud alkalmazkodni. Ilyen például, amikor gyakran ismétlődően nehezen teljesíthető elvárásokkal, szűk határidőkkel találja magát szembe az ember, vagy a mindennapokban megerőltető próbatételeket kell teljesíteni (pl. vizsgákon helytállni), esetleg magánéleti konfliktusok tűnnek fel, vagy fontosnak tartott vágyak nem teljesülnek stb. (1–2. ábra). Az ezek hatására kialakuló, állandósuló stressz komoly egészségkárosodáshoz vezethet.

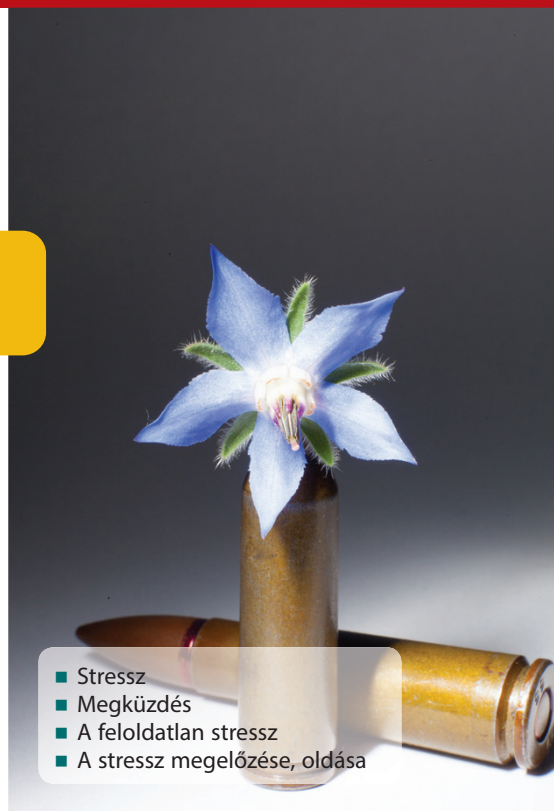
## Megküzdés

A megküzdési képességek azt mutatják meg, hogyan tud az ember a nehéz, stresszkelte élethelyzetekkel megbirkózni. Alapvetően kétféle **megküzdési stratégia** fordul elő: az **érzelempontú** és a **problémaközpontú megküzdés** (3. ábra).

A stresszhelyzettel való érzelempontú megküzdés során az egyén a stressz által okozott negatív érzelmek (rosszkedv, düh, bosszúvágy) elhatalmasodását igyekszik enyhíteni. A negatív érzelmekkel többféle módon is meg lehet küzdeni. Egyrészt megváltoztathatja a viselkedését, például intenzív testmozgással elterelheti a figyelmét a problémáról, érzelmi támaszt kereshet a barátainál, vagy esetleg alkoholt, drogot fogyaszt, dühkitörései lehetnek. Másrészt a gondolkodásában juthat érvényre az érzelmi megküzdés, például véglegesen elkerülheti a problémát (menekül), vagy amíg erőt gyűjt, egy időre félreteheti a nehézséget, esetleg átértelmezheti azt, hogy veszélytelenebbnek



3. A stressz csökkentéséhez gyakran mindkét stratégiára szükség van, nem ellentétei egymásnak



- Stressz
- Megküzdés
- A feloldatlan stressz
- A stressz megelőzése, oldása



1. Komoly stresszt okozhat egy rossz légkörű munkahely



2. A mindennapi tevékenységek is gyakran stresszforrást jelentenek



4. A tartós, súlyos stressz depresszióhoz vezethet



5. Apátiába süllyedve



6. A bűnbakképző szemrehányás révén a stressz továbbterjedhet

**Olvasnivaló** ■ Selye János: Stressz distressz nélkül ■ Bagdy Emőke: Pszichofitness ■ Pál Ferenc: A függőségtől az intimitásig

tűnjön. A stresszt kiváltó tényező mindentől nem változik meg, ezért az érzelmezőpontú megküzdési stratégiák tartósan megterhelhetik a hangulatot, amely akár a depresszió veszélyét is magában hordozhatja. Természetesen vannak olyan befolyásolhatatlan stresszhelyzetek, amelyek csak érzelmezőpontú stratégiával küzdhetők le, például egy természeti katasztrófa átétele vagy egy szeretett hozzátartozó elvesztése.

A problémaközpontú megküzdésben a személy a problémára összpontosít, hogy megkísérelje azt megoldani, illetve hogy a jövőben el tudja kerülni. Vagy a problémás helyzetbe történő beavatkozás, vagy ön maga megváltoztatása lesz az eredmény. Ilyenkor az érzelmi, hangulati teher csekélyebb, a depresszió valószínűsége kicsi. A sikeres megküzdéshez szükség van a helyzet higgadt mérlegelésére, és indokolt esetben segítség kérésére is.

Mindkét típus lehet eredményes és sikertelen is, mindig az adott helyzet és az egyén személyiségének függvénye. Helyes, ha egymást erősítve alkalmazzuk a különböző lehetőségeket, például úgy, hogy ha a negatív érzéseket háttérbe szorítva jobban tudunk fókuszálni a probléma megoldására.

## A feloldatlan stressz

Az állandósuló, feloldatlan stressz egyrészt a benne élő egyének testi és lelki egészségét befolyásolja, másrészt a stressztől szorongó emberek a környezetükre is kedvezőtlen hatást gyakorolnak.

A tartós stressznek kitett személyek körében gyakori a fáradtság, ami a figyelmetlenség következtében a balesetek kockázatát is növelheti. A stresszel összefüggésbe hozható megbetegedések közül a legsúlyosabb talán a **gyomorfekély**, valamint a szív- és érrendszer kóros elváltozásai, például a magas vérnyomás és a **szívinfarktus**.

A súlyos stresszhelyzet az emberek pszichés állapotára is kedvezőtlenül hat. Gyakoriak a szenvedélybetegségek, az alkoholizmus, a droghasználat. Az arra hajlamos egyéneknél a tartós szorongás súlyosbodása **depresszió** kialakulásához vezethet. A depressziót nem szabad összetéveszteni a napi rosszkedvvel, bár a legkönnyebben észrevehető tünete a kilátástalanul rossz hangulat (4. ábra). A depressziós ember tartósan levert, érdeklődése minden iránt elvész, nem képes rá, hogy a korábbi módon gondolkodjon. Éjszakái nagy részét álmatlanul tölti. Mindig fáradt, erőtlen. Semmiben nem tud dönteni. Saját magát értéktelennek, hasznavehetetlennek tartja, és állandóan önvádoló büntudattal gyöttri, sokszor még öngyilkosságra is gondol. A depressziós állapot rendkívül nehezen elviselhető teher az egyén és környezete számára. Ha a betegség valamilyen konkrét okra, például közeli hozzátartozó elvesztésére vezethető vissza, akkor tünetei később enyhülnek, és nyomtalanul el is múlnak. Sajnos azonban az sem ritkaság, hogy a depressziós beteg életében a súlyos állapot enyhülése után, idővel visszatérnek a tünetek. Az orvos megfelelő gyógyszerek előírásával a depresszió tüneteit csökkentheti vagy meg is szüntetheti, de a valódi, tartós megoldás eléréséhez nagyon gyakran nem nélkülözhető a pszichológus segítsége.

Nehéz helyzetben levő, az élet stresszes állomásain küzdelmet folytató embereknek hatékony segítséget adnak a családsegítő szolgálatok, nevelési tanácsadók és számos más intézmény mentálhigiénés szakemberei is.

A feloldatlan stresszállapot lényegesen befolyásolja az egyének közötti kommunikációt és kapcsolatokat. A naponta stressztényezők tömegével megküzdési kényszerülő ember ingerküszöbe növekszik, lassan észre sem veszi a csekélyebb problémákat, illetve más egyének helyzetét, kialakul az érdektelen közöny, vagyis az **apátia** (5. ábra).

A tartós, feloldatlan stressz másik kedvezőtlen közösségi hatása, hogy a szorongó ember belső feszültsége miatt hajlamosabbá válik az agresszív megnyilvánulásokra. Esetlegesen egyet nem értését, információhiányból származó feltételezéseit durván a környezetében levők fejére olvassa. Az elhangzó mondatokat az érintettek indokolatlan szemrehányásnak tekinthetik, úgy érzik, hogy – bár végtelenen – partnerük bűnbaknak tekinti őket (6. ábra). Így bennük is feszültség alakul ki, és a stressz továbbadódik. A folyamat végeláthatatlanul folytatódhat, amíg tárgyyszerű, problémaközpontú megközelítéssel meg nem szakítja valaki.

## A stressz megelőzése, oldása

A stressz káros hatásainak megismerése után következzen néhány jó tanács: hogyan lehet megelőzni mindezt? A megküzdési stratégiák ismételt áttekintése segít a megelőzésben és a feloldásban is.

A stressznek gyakori oka az időzavar, ami a bizonytalanság érzését keltve szintén feszültség kialakulásához vezet. Meg kell tanulni a **hatékony időbeosztást**, például a feladatokat tanácsos részekre osztani, s ezekhez a munkarészekhez külön időhatárokat kialakítani.

Erősíti a stresszt a pesszimizmus. Racionálisan gondolkodva a korábbi sikereket kell előtérbe helyezni, és nem érdemes felelőssé tenni magunkat olyan dolgokért, amelyekről nem tehetünk. Ne általánosítsunk esetleges egyszeri kudarcból, hiszen **a kudarc nem örök időkre szól** (pl. most elszúrtam, de legközelebb nem fog előfordulni, tanultam belőle)! Ez megalapozza, hogy bízhatunk magunkban, teljesíteni tudjuk az elvárást. Esetleges sikertelenségénél ne akarjuk az érzelmeket magunkban tartani, mutassuk ki őket! Beszéljünk a hozzánk közel állókkal problémáinkról, félelmeinkről (7. ábra)! Próbáljuk új, örömteli elfoglaltsággal kárpótolni magunkat! Az elszigetelődés fokozza a stresszhajlamot, ezért érdemes gyakran baráti társaságba menni, társas tevékenységeket végezni, **kötetlenül beszélgetni, közös játékokban részt venni, sportolni**. Hosszú távú hasznót hoz, ha igyekszünk saját magunkat minél alaposabban megismerni. Eljárhatunk önismereti tréningekre, olvashatunk ilyen témájú ismeretterjesztő írásokat, könyveket.

Nem utolsósorban érdemes mindig megvizsgálni, hogy a stresszforrás valóban érint-e minket! Gyakran olyan célokat tűzünk ki, amelyek valójában nem is annyira fontosak (8. ábra).



7. Kudarcélmény után a közeli baráttal folytatott beszélgetés segíthet elkerülni a stresszt



8. Többet kellene dolgoznom, hogy fizetésemelést kapjak, különben nem tudok nyaralni menni. ■ Mivel csökkenthetné a hölgy legegyszerűbben a rá nehezedő nyomást?

**Fogalmak** ■ stressz ■ érzelemközpontú és problémaközpontú megküzdési stratégia ■ depresszió ■ apátia

### Megtanultam?

A stressz önmagában nem káros, de ha a folyamatos feszültség miatt állandósul, komoly kockázatot jelent. A stresszhelyzetekkel történő megbirkózásnak kétféle módja van. A(z) **(1.)** során az ember igyekszik **(2.)** a negatív érzelmeket. Ennek módja lehet például, hogy **(3.)** vagy **(4.)**. A másik megküzdési stratégia, a(z) **(5.)**, amely azt jelenti, hogy **(6.)**. Az állandósuló, feloldatlan stressz következtében szomatikus betegségek alakulhatnak ki, például **(7.)**, **(8.)**. A feloldatlan stressz a szenvedélybetegségek mellett a(z) **(9.)** kialakulására hajlamosít. Ennek legfontosabb tünetei a(z) **(10.)**.

### Kérdések, feladatok

1. Adj tanácsot pár évvel idősebb barátodnak, ha arra panaszkodik, hogy nem tudja magát utolérni, élete egyre feszültebb, mert annyiféle kötelezettsége van, hogy nem bír velük! Megosztja veled azt is, hogy a közelmúltban már nem sikerült egy vizsgája, ezért most úgy érzi, kudarcok sora előtt áll.
2. Melyek a stresszes helyzetek fő megküzdési stratégiái? Hasonlítsd össze ezeket!
3. Röviden mutasd be a feloldatlan stressz lehetséges kedvezőtlen következményeit!
4. Nézz utána, hol találhat lakóhelyeden vagy közelében segítő szakembert a depresszióban szenvedő ember!

# Összefoglalás

## Áttekintés

Önmagunk és a bennünket körülvevő világ **megismerése** során feldolgozzuk a beérkező ingereket, információkat. Figyelmünk révén az ingerek közt szelektálunk, az információkat összehasonlítjuk, átalakítjuk, újrendezzük. A megszerzett tudás pedig befolyásolja figyelmünket, viselkedésünket.

Magatartásunk alakításában fontosak a belátásos tanulás, valamint a szociális tanulás különböző formái. A **belátásos tanulás** útján összefüggéseket ismerünk fel, a szociális tanulás pedig úgy módosítja a viselkedésünket, hogy magatartásunk megfeleljen a csoport, a társadalom elvárásainak. A **szociális tanulás** során az emberek kölcsönhatásba kerülnek: versengenek, együttműködnek, kommunikálnak egymással. A szociális tanulás formái az utánpótlás, a modellkövetés és a belsővé tétel (más néven interiorizáció). Ezek révén az ember szocializálódik társadalmi környezetébe.

Különösen érdekes és fontos a körülöttünk megjelenő **emberek, csoportok megismerésének** útja. Mindnyájunkban öröklötten él az a feltételezés, hogy a különféle csoportokhoz tartozó emberek egyes tulajdonságai együtt járnak – így alakulnak ki a **sztereotípiák**. Ezekben a feltételezésekben gyakran közömbös vonásokhoz kedvezőtlen tulajdonságok kapcsolódnak. Az ilyen, információhiányból származó ellenséges viszonyulásokat tekintjük negatív **előítéleteknek**, amelyek mereven állandósulnak, s ezáltal rendkívül megnehezítik az emberek valóságos megismerését.

Az emberek közös célkitűzésű, egymást segítő csoportjait tekintjük közösségeknek. A társadalmakban a **csoportok** tagjai között és a csoportok között is **együttműködés** alakul ki. A kooperáció egyik feltétele a csoportokon és a társadalmon belüli **agresszió csökkenése**. A csoportok eredményességének, az együttműködésnek másik feltétele az egyének tevékenységének szinkronizálása. A közösségeket alkotó emberek tevékenységének összehangolása azért valósulhat meg, mert az egyének magatartása igazodik az írott **szabályokhoz** és az íratlan **normákhoz**. Különösen hatékonyan segíti elő a csoportokon belüli együttműködést, az összehangolódást az **empátia**, tehát az érzelmi beleélés kialakulása.

A társadalomban élő emberekre meghatározó hatást gyakorolnak a környezetükből érkező **szociokulturális hatások**. Ezek közé tartoznak például a hagyományok, a közvetlen kapcsolatban álló emberek, a média és a virtuális közösségek hatásai is. Mindezek jelentősen befolyásolják önismeretünket. Az önismeret egyik fontos eleme a testkép, tehát az, hogy saját magunkat milyennek ítéljük meg. A **testkép zavara** akár súlyosan kóros állapotok kialakulásához is vezethet. Erre jó példa az **anorexia**, amikor valaki a valóságosnál jóval testesebbnek véli magát, s ezért kíméletlenül fogyókúrázik. A testképzavar másik jellemző típusa az **izomdiszmorfia**, amely akkor alakul ki, ha egy ember a ténylegesnél sokkal gyengébbnek, vékonyabbnak tartja saját testét. Ennek következménye a mértéktelen edzés, izomnövelés.

Az állandó vagy gyakran ismétlődően feszült lelkiállapot, a tartós vagy gyakori **stressz** az egészség károsodásához vezethet. A kezelésére szolgáló **megküzdési stratégiák** közül a problémaközpontú ígérkezik eredményesebbnek. Ennek lényege, hogy az önsajnálattal, illetve a feszültséget okozó tényezők elkerülése helyett a probléma megoldására fókuszál az egyén. Ha ez nem sikerül, akkor a feszültségforrás fennmarad, ami testi és lelki betegségek kialakulásához vezethet. Ezek közül talán legveszélyesebb a **depresszió**, aminek legfontosabb tünete a tartósan mélyre süllyedő hangulat, valamint az, hogy az egyén értéktelennek és tehetetlennek érzi magát – mindezek miatt pedig bűntudat gyötri.

## Tudom, értem, alkalmazom, elemzem

1. Sorold fel és értelmezd a szociális tanulás módjait és ezek jelentőségét!
2. Elemezd, mely okok és miért játszottak szerepet abban, hogy az emberek csoportjaiban visszaszorult az agresszió! Az agresszió csökkenésének mi a jelentősége a társadalmakban, illetve az azokon belüli kisebb közösségekben?
3. Fogalmazd meg, mit jelentenek a következő kifejezések: szabálykövetés, empátia, csoportnorma! Értelmezd, mely társadalmi jelenség kialakulásában hogyan függenek össze!
4. Keress példákat arra, amikor a saját testkép megítélése kedvezőbb, illetve kedvezőtlenebb annál, mint ahogy az egyént mások megítélik!

## Kitekintés, kutatási feladatok

1. Nézz utána, mit jelent az, hogy az attitűdök gondolati, érzelmi és viselkedésbeli összetevőkből állnak!
2. Készíts kb. ezer szóból álló tanulmányt a negatív előítéletekről! Munkádban térj ki a következőkre: az előítéletek okai, kialakulása, az előítéletesség fokozatai, az előítéletek lehetséges hatásai, az előítéletek mérséklésének lehetséges módjai. Munkádat minél több példával illusztráld! Példáid az iskolai életből is származhatnak.
3. Írjatok megtörtént esetet vagy rövid, a valóságban is elképzelhető történetet, amelyben egyetlen stresszelő esemény a személyes kapcsolatok, kommunikációs láncolat révén sok személyt hajszol stresszhelyzetbe!

# GAZDÁLKODÁS ÉS FENNTARTHATÓSÁG

## V.



Monokultúrás káposztaültetvény egy füves puszta helyén.  
Az evolúció során kialakult emberi agy működése lehetővé teszi a technológia rohamos fejlődését, de az igények mellett a felelősség nem nőtt a szükséges tempóban.

**A talaj károsodása és védelme ■ A vizek károsodása és védelme ■  
A légkör és az éghajlat ■ A bioszféra és az emberiség ■  
A bioszféra védelme**

## A Húsvét-sziget története

A Húsvét-sziget egy a Csendes-óceánból kiemelkedő, magányos, vulkáni eredetű szárazulat a Baktériító közelében. A hozzá legközelebb eső lakott sziget mintegy kétezer kilométernyire fekszik, a dél-amerikai kontinens partjainak távolsága pedig több mint 3600 km. A sziget területe alig 170 km<sup>2</sup>, tehát nagyjából akkora, mint Győr. Felszíni vízfolyások nincsenek rajta, de három vulkáni krátertő jelentős édesvíztartalékot jelentett az őslakosok számára. A tavak iszapjában lerakódott virágpór elemzéséből pedig következtetni lehet a sziget növényvilágának átalakulására. Innen állapították meg a kutatók, hogy az emberek betelepülése következtében hogyan változott meg a Húsvét-sziget növényzete.



A Húsvét-sziget elhelyezkedése

A kontinensektől való óriási távolság miatt a sziget eredeti növényzete és állatvilága meglehetősen fajszegény lehetett, napjainkig összesen négytucatnyi őshonos növényfajt azonosítottak. A sziget legnagyobb részét ezekből a növényekből álló, sűrű szubtrópusi erdő borította.



A Húsvét-sziget látképén látható a vulkáni eredet



A kellemes szubtrópusi éghajlat miatt az óceáni vizeken hajózó, új otthont kereső polinézek megtelepedtek a szigeten. A megtelepedők természetű növények magjait, tenyészhető tyúkokat és patkányokat is hoztak magukkal. A szigeten honos és akkortájt szélesen elterjedt, nagy termetű pálma törzse házak építéséhez és halászhajók készítéséhez szolgáltatott nyersanyagot. Ugyancsak pálmatorzseket használtak a későbbiekben hatalmas kőszobrai mozgatására.

A szigetet több törzs osztotta fel egymás közt. Köztük hatékony együttműködés, kereskedelem zajlott, s ugyanakkor egyre nagyobb kultikus szobrok, moaik állításával vetélkedtek egymással. A lakosság idővel több ezer főre gyarapodott, ennek ellátására a termőterületek egyre feljebb kúsztak a hegyek oldalán. Pár száz év alatt az erdővel borított területek drasztikusan megfogyatkoztak, a 18. század elejére pedig teljesen eltűntek. Az erdők megújulását gátolta, hogy a pálmák termését az emberek – és az általuk behurcolt patkányok is – szívesen fogyasztották. A csupasz hegyoldalokról a felgyorsuló erózió lemosta a talajt, ami a növénytermesztést is megnehezítette.

Az erdők eltűnése miatt a 18. századtól kezdődően lehetetlenné vált egyrészt a hajóépítés és ezáltal a halászat, másrészt a házépítés és a kőszobrok mozgatása is.

Röviden mindez úgy is tekinthető, hogy a Húsvét-sziget lakossága a népesség növekedése következtében a természetes erőforrásokat gyorsuló ütemben, nagymértékben felhasználta, ami a későbbi nemzedékek számára a fennmaradást is megnehezítette. Az ökológiai katasztrófa következtében fellépő élelemhiány miatt belháború indult a törzsek között a fogyatkozó erőforrásokért, ami a népesség gyors csökkenéséhez vezetett. Ehhez hozzájárult a 19. században az európai és dél-amerikai emberek érkezése, akik egyrészt magukkal hozták és elterjesztették számos fertőző betegség kórokozóját a Húsvét-szigeten, másrészt pedig a szigetlakók ezreit fogták be és adták el rabolgának.

Sok kutató szerint a Húsvét-szigetet benépesítő emberek ökológiai krízishez vezető kultúrája, amely saját populációjuk fennmaradását is veszélybe sodorta, jelképesen, egy apró földdarabra lekicsinyítve mutathatja be Földünk lehetséges sorsát.



**A törzsi háborúk és a hódítók érkezése hatására a szigeten 1877-ben már csak 111 felnőtt élt.** Leszármazottaik ma háromezren vannak, akik igyekeznek megtartani régi hagyományaikat



A szigetlakók sorba rendezett kultikus szobrai, a moaik



- Környezetterhelés, környezetvédelem
- Talajszennyezés
- Erózió

### Megtudhatod

Lehetséges-e, hogy a növénytermesztés vagy az állattenyésztés hatására terméketlenné válik a talaj?

## 23. A talaj károsodása és védelme

**Bioszféra** ■ A legnagyobb ökológiai rendszer, a földi élet színtere, magában foglalja a Föld összes élőhelyét és életközösségét.

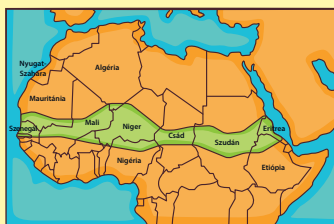
**Talaj** ■ A talaj a földkéreg felső szilárd rétege, amely fizikai, kémiai és biológiai mállás révén alakul ki. Alapvető tulajdonsága a termékenység, vagyis az a képesség, hogy kellő időben és szükséges mennyiségben képes ellátni a növényeket vízzel és tápanyaggal.

**Szikesedés** ■ Száraz területeken az erős párolgás miatt a talajvíz fölfelé áramlik, így a benne oldott sók a felszíni talajrétegekben felhalmozódnak. Emiatt a talaj tömörödik, levegőtlené válik, és a legtöbb növény nem tudja felszívni belőle a vizet. Egyes emberi tevékenységek nagymértékben fokozzák a szikesedést.

Az emberi tevékenységek egy része átalakítja a bioszféra kisebb vagy nagyobb körzetét. Ennek következtében **környezeti károk** jelenhetnek meg, vagyis a talaj, a vizek, a levegő, az élővilág károsodhat.

### Olvasmány

**Száhel** ■ Afrikában, a szavannák szárazabb területein a túlzott legeltetés vezetett sivatagosodáshoz. A hagyományosan pásztorkodó állattartással foglalkozó lakosság a növekvő népesség miatt egyre több állatot tartott, a nyájuk pedig szinte letarolták a szavanna növényzetét. A fű nem sarjadt újra, a kiszáradt talajt a szél széthordta, a csordák nyomában sivatag maradt. Ma ezt a területet Száhel ('éhség') övezetnek nevezik.



### Környezetterhelés, környezetvédelem

A talaj, a levegő, a víz, az élővilág, valamint az ember által létrehozott mesterséges környezet képezi a **környezeti elemeket**. **Környezetterhelés** akkor következik be, amikor az emberi tevékenységek anyagokat vagy energiát bocsátanak ki a környezetbe. A szennyeződések kibocsátását **emisszióknak** nevezik. A különböző környezetterhelő hatások veszélyessége eltérő, szakértői vélemények alapján jogszabályok rögzítik az egyes tényezők **határértékeit**, amelyek még megengedhetők. A határértéket meghaladó terhelést nevezzük **környezetszennyezésnek**.

Egyes emberi tevékenységek hatása nem terjed nagy távolságra, a következmény csupán helyi, **lokális** jelenség marad. A vízburok és a légkör azonban a Földön közös. A **globális** problémák, mint a légkör és az óceánok szennyezése, a 20. században tűntek fel, és az ezredfordulóra olyan súlyúvá váltak, hogy a bioszférát – és benne az emberiséget is – súlyosan veszélyeztetik.

A **környezetvédelem** az ember által az ökológiai környezetben okozott károsodások megelőzésére, mérséklésére vagy elhárítására irányuló törekvés.

### Talajszennyezés

A talaj károsodása általában helyi, nem globális probléma. Könnyen beláthatjuk, hogy a talajréteg károsodása vagy elvesztése a növények és ezáltal az egész életközösség leromlásához vagy eltűnéséhez vezethet. A legnagyobb veszélyt a **talajszennyeződése, eróziója, szikesedése**, továbbá a **sivatagosodás** jelenti.

A talajszennyezés gyakori formája a **műtrágyázásból** ered. A természetes életközösségekben az anyagok körforgásban vannak, a művelésbe vont területeken viszont a természetű növényeket betakarítják, ezért anyagaik nem jutnak vissza az adott élőhely környezetébe. A talaj tápanyagtartalma trágyázás nélkül így folyamatosan csökkenne, ami a terméshozam visszaesésével járna. Különö-

sen veszélyes ebben a tekintetben a **monokultúrák** hatása, ami azt jelenti, hogy egy területen évről évre ugyanazt a növényt termesztik. Ilyen esetben a termesztett növény folyamatosan a saját igényei szerinti arányban veszi föl az anyagokat, így egyes tápanyagok eltűnhetnek az adott területen a talajból. A növénytermesztés miatt bekövetkező tápanyagszint-csökkenés elkerülésére a talajok tápanyagtartalmát pótolni kell. Évezredekken át a trágyázás szolgált erre a célra, a 20. századtól kezdve pedig a vegyipar által előállított **műtrágyákat** használ a mezőgazdaság. A növénytermesztés szempontjából a műtrágyázást szükségesnek tartják, ám túlzott mértéke veszélyekkel jár. A növények által föl nem vett műtrágya a talaj mélyebb rétegeibe mosódik, az élővizekbe kerülve pedig károsíthatja azok élővilágát és eutrofizációt idézhet elő.

A talajokba **mérgező anyagok** is kerülhetnek, például veszélyes hulladékok gondatlan elhelyezése miatt (1. ábra). A káros anyagokat a növények felszívhatják, majd a **méreg továbbjuthat a táplálékláncon**, s a ragadozóknak, illetve az emberi szervezetben is felhalmozódhat. Azzal is számolni kell, hogy a nem kellően körültekintő mezőgazdasági tevékenység révén **növényvédő szerek** kerülhetnek a talajba, amelyek károsíthatják a talaj élővilágát. A szennyező anyagok a talajvízzel az élővizekbe is eljuthatnak, és így hatásuk távolabbi területekre is terjedhet.

## Erózió

**Erózió** során a víz vagy a szél hordja el a talaj felső rétegeit. A folyamat következtében a **termőréteg vékonyodik**, és csökken a termőképessége. A talaj ugyanis viszonylag hosszú idő alatt, az életközösséggel együtt fejlődik és vastagodik. A természetes növényzet gátolja, hogy az esővíz, illetve a szél lesodorja a talajréteget. Az eredeti növényzet eltávolítása után a csapadék és a szél romboló hatása szabadon érvényesülhet, ezért a talajréteg az erózió áldozatává válhat.

A **trópusi esőerdőket** az utóbbi évtizedekben széles körben **irtják**, ennek helyi és globális következményei is súlyosak (2. ábra). Lokális károsodásként fogható fel, hogy az amúgy is rossz minőségű talajt a nagy mennyiségű csapadék gyorsan lemossa, így néhány év alatt a **növénytermesztés lehetősége is megszűnik**. Ilyen körülmények között természetesen az eredeti társulás felújulása is lehetetlen. Az esőerdők a legnagyobb fajgazdagságú életközösségek, így irtásuk globális következménye egyrészt a Földön élő **fajok számának gyors csökkenése**, másrészt a fotoszintetizáló növényzet fogyása miatt a földi légkör szén-dioxid-koncentrációjának fokozott növekedése.

A **szárazabb területeken a sivatagosodás** jelenti a legnagyobb veszélyt. Az amerikai prérin egykor beszántották a szárazságtűrő gyeptársulásokat, helyükön növénytermesztő gazdaságok létesültek. A csupaszon maradt, kiszáradt, porrá vált talajt a szél akadálytalanul széthordta (3. ábra). A megoldást szélfogó erdősávok telepítése és a növénytermesztés szüneteltetése jelentette. Számos más példa mellett ez is jól szemlélteti, hogy az ember – kellő körültekintés, szaktudományos tervezés nélküli – nagyszabású beavatkozásai gyakran saját maga számára is súlyos károkat vonnak maguk után. Az okozott károk csökkentése utóbb jelentős további költséggel jár.

A mérsékelt övezetben elsősorban a meredek hegyoldalakon végzett egyidejű fakitermelés, az úgynevezett **tarvágás** vezethet erózióhoz, mivel a növénytakaró védő hatásának megszűnése után a csapadék lemoshatja a talajt. Az erdővel borított hegyoldalon a csapadékvíz lassan szivárog lefelé, a csupasz hegyoldalon lezúdulva azonban gyorsan eléri a vízfolyásokat, és pusztító áradásokat okozhat (4. ábra). A fa természetesen nélkülözhetetlen nyersanyag, ezért a fák kivágásával járó erdőgazdálkodásra szükség van. Lényeges azonban, hogy a helyi adottságokhoz, például a terepviszonyokhoz alkalmazkodva, tervszerűen történjen a fakitermelés, hogy az erdei életközösség mielőbb regenerálódjon.



1. A veszélyes hulladék tárolása szervezést és infrastruktúrát igényel



2. Trópusi esőerdő nagyüzemi kivágása



3. Kellő körültekintés nélkül végzett talajművelés esetén a szél a talaj termékeny rétegét elhordhatja



4. Lejtős hegyoldalon végzett erdőirtás

## Olvasmány

### Montana erdői és bányái

Az Amerikai Egyesült Államok nyugati, a Sziklás-hegységet magában foglaló tájain a természeti környezet nem kedvez a mezőgazdaságnak. Montana állam nagy része száraz és hűvös éghajlatú. A 19. század második felében azonban kiderült, hogy a hegyek mélyén ércek rejtőznek, méghozzá jelentős mennyiségben. Eleinte rezet és aranyat találtak, később pedig még számos más, az ipar szempontjából fontos fém érceinek lelőhelyét is fölfedezték. A bányászat megindulását és fejlődését követte a fakitermelés megnövekedése, hiszen ez biztosította a bányafát, az építőanyagot és a tüzelőt.

A bányászat napjainkban is virágzik, s nemigen vitatható, hogy erről a modern gazdaság (főképp a vegyipar, az építőipar és az elektronikai ipar) nem mondhat le. A bányák kialakításához és üzemeltetéséhez hatalmas mennyiségű talajt és kőzetet kell megmozgatni és felhalmozni. Ezek az óriási meddőhányók is tartalmazzák még a bányák termékeit és szennyező anyagait, például rezet, arzént, kadmiumot. E fémek ionjai mérgezőek, a csapadékkal kimosódva a felszíni és felszín alatti vizek útján pedig szélesen szétterjedhetnek a környéken. A montanai ércek és kőzetek szulfidos ásványokat is tartalmaznak, amelyekből víz jelenlétében, a levegőre kerülve kénsav képződik. A kénsavas víz az élettelen környezetet és az élővilágot súlyosan károsítja. A bányászat mérgező következményét már régen felismerték, a 20. század elején egyes nagy rézbányák és -kohók környékén a tehenek tömegesen pusztultak el. De ki végezze el a rég bezárt bányák környezetének helyreállítását? Az eredeti tulajdonos rendszerint már nem érhető el, az örökösöknek pedig nincs pénzük a környezet helyreállítására...

A bányászatot szigorú törvények szabályozzák, amelyek betartásáért számos állami hatóság felelős. A bányák fenntartóinak napjainkban is csekély érdeke fűződik ahhoz, hogy kitermelés közben érvényre juttassák a környezetvédelmi szempontokat, illetve a termelés befejezése után helyreállítsák a bánya és a meddő területét, hiszen mindez a költségeket esetenként jelentősen megnöveli. Sokan úgy vélekednek, hogy be kell zárni a környezetet szennyező bányákat és kohókat, s akkor megszűnik a probléma. Csakhogy ezek az üzemek egyrészt nélkülözhetetlen nyersanyagokat szolgáltatnak, másrészt emberek tízezeinek adnak munkát.



**Új fogalmak** ■ környezeti elem ■ környezetterhelés ■ határérték ■ környezet-szennyezés ■ emisszió ■ környezeti kár ■ lokális és globális környezeti probléma ■ környezetvédelem ■ műtrágyázás ■ monokultúra ■ erózió

## Megtanultam?

Az ember természetátalakító tevékenysége az utóbbi évszázadban jelentős mértékben felgyorsult. A víz, a talaj és a légkör szennyezése olyan méreteket öltött, amely az egész világra kiterjedő, **(1.)** problémákat okoz. A talaj károsodása ezzel szemben nagyobb távolságban nem érvényesül, tehát **(2.)** probléma. A talajba kerülő szennyező anyagok a növényekbe kerülve, majd a **(3.)**-ban/ben továbbadódva az egész életközösségre kiterjedő mérgezést okozhatnak. A helytelen mezőgazdasági vagy erdőművelés következtében a talajt a szél vagy a(z) **(4.)** lepusztíthatja, ezt a folyamatot **(5.)**-nak/nek nevezzük. A mi éghajlatunk az erdő teljes eltávolítása főleg a lejtős felszíneken okozhat veszélyt, mivel itt a(z) **(5.)** gátolhatja az erdő megújulását, viszont a csupasz felszínen gyorsan lefolyó csapadékvíz **(6.)** kialakulásához vezethet.

## Kérdések, feladatok

1. Melyek az emberi tevékenységek következtében megjelenő legfontosabb talajkárosító tényezők?
2. Magyarázd el, milyen úton okozhatnak környezetkárosodást a mezőgazdasági területeken a terméshozam növelésére irányuló különböző beavatkozások:
  - a) a gyomirtó szer használata?
  - b) a műtrágyázás?
  - c) a növényevő rovarok elleni permetezés?
3. Keress olyan eljárásokat, jó gyakorlatokat, amelyek a talaj termőképességének kímélését, illetve fenntartását célozzák!
4. Nézz utána, mely emberi beavatkozások, tevékenységek okozhatnak szikesedést! Magyarországon hol volt erre példa, miért következett be?
5. Keress példát a szikesedéstől eltérő hazai talajkárosodásra! Mi volt az oka, mit lehet(ett) tenni a kár csökkentése, illetve kiküszöbölése érdekében?

## Megtudhatod

Miért fulladnak meg az olajjal szennyezett vizek állatai?

# 24.

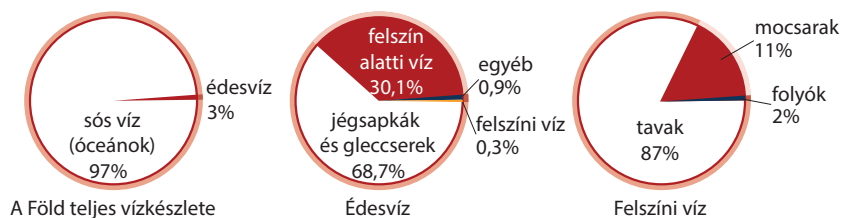
## A vizek károsodása és védelme

**Eutrofizáció** ■ Növényi tápanyagokban (nitrátok, foszfátok) gazdag élővizekben fellépő jelenség. A víz felszíni rétegében elszaporodnak a kékbaktériumok és a zöldmoszatok (vízvirágzás). A mélyebb vízrétegekben oxigénhiány lép fel, s emiatt, majd a később felszabaduló mérgező bomlástermékek következtében az élővilág pusztulásnak indul.

A környezeti károk közé tartoznak a vizekben okozott károk is, amelyek kedvezőtlen hatást gyakorolnak az élővizek összetételére, mennyiségére vagy ökológiai állapotára, élővilágára.

### Vízkezelések

A víz minden élőlény számára nélkülözhetetlen környezeti tényező, bár a különböző fajok vízigénye jelentősen eltér. A környezeti tényezők közül a hőmérséklet mellett elsősorban a vízellátottság befolyásolja a szárazföldi életközösségek kialakulását.



A Föld teljes vízkezelteinek 3%-a édesvíz, ám ennek jelentős része jég és hó (1. ábra). Az állandó édesvízkezellet mellett az emberiség vízfogyasztása viszont meredeken nő. Földünk népessége rohamosan gyarapodik, és a **vízfelhasználás növekedése** jóval gyorsabb, mint a lélekszám emelkedése, emiatt a fogyasztásra alkalmas vízkezelletek kimerülhetnek. Egyes területeken ez a probléma már drámai módon megmutatkozik. Számos nagyváros vízellátásához több száz kilométeres csővezetéseket építettek, az igényeket azonban még így is egyre kevésbé lehet kielégíteni. A szakértők szerint a 21. század egyik legnagyobb kihívása az édesvízhiány.

### A települések és az ipar vízszennyezése

A rendelkezésre álló édesvízkezelletek korlátozott mennyisége mellett további probléma, hogy ezeknek is jelentős részét az elszennyeződés veszélyezteti. A talaj szennyeződései bemosódhatnak a vizekbe. A hiányos csatornahálózatú településeken és környékükön a **szennyvíz** legnagyobb része a talajba szivárog, azon keresztül pedig a folyókba-tavakba, az ivóvízkezelletekbe juthat. A települések és az ipari létesítmények csatornahálózatai megvédik a helyi környezetet, de az elszállított szennyvíz egy része tisztítatlanul ömlik a természetes vizekbe (2. ábra). Mi ennek a jelentősége? A szennyvizekben lévő anyagok egy



- Vízkészletek
- A települések és az ipar vízszennyezése
- A szennyvíz tisztulása és tisztítása
- A mezőgazdaság vízszennyezése
- A tengerek szennyeződése

### 1. Földünk vízkezelteinek eloszlása a szakértők becslése szerint



### 2. A szennyvizek egy része még napjainkban is tisztítatlanul kerül a természetes vizekbe



**3. Szennyvíztisztító telep.** A nagy méretű medencékben baktériumok tömege távolítja el a vízből a szennyező anyagokat



**4. Nagyobb esők alkalmával a kiszórt műtrágya a talaj-, majd a felszíni vizeket szennyezheti**

része közvetlenül mérge, de további összetevők is kedvezőtlenül befolyásolhatják a vízi életközösségeket. Ilyenek például a **mosószer**ek vízlágyító és felületaktív anyagai. Számolni kell azzal is, hogy a **szerves anyagokkal** szennyezett vízben kórokozó mikroorganizmusok szaporodhatnak el, ami fertőzésveszélyhez vezethet. Az is előfordul, hogy a **mérgező anyagok** éppen az öntisztulásban szerepet játszó szervezetek populációit pusztítják.

## A szennyvíz tisztulása és tisztítása

Az élővizeknek szerencsére jelentős – de nem korlátlan – az öntisztuló képessége. A szennyező anyagok egy része lassan magától is lebomlik vagy oxidálódik a vízben, más szennyeződések az élőlények, főként baktériumok és moszatok tápanyagként használnak. Ezek a szervezetek a fölvet anyagokat egyrészt beépítik saját sejtjeikbe, másrészt anyagcseréjük során oxidálják azokat. Az **öntisztulás** folyamatai azonban csak korlátozott mennyiségű szennyező anyagot képesek eltávolítani. Az ipari társadalmakban képződő óriási mennyiségű szennyvízben levő szennyezések túlnyomó része megmarad.

Az ipari és települési szennyvizekkel kapcsolatos nehézségek megoldása: a **csatornahálózat teljes körű kiépítése** és az összegyűjtött **szennyvíz tisztítása**. Magyarországon az elvezetett szennyvíz nagy része és egyre növekvő hányada már tisztítóművekbe kerül, s onnan tisztítva jut az élővizekbe (3. ábra).

## A mezőgazdaság vízszennyezése

A megművelt területekre kiszórt **műtrágyák** egy részét a növények nem veszik fel. Ez a többlet a talajvízbe, majd a felszíni vizekbe kerül (4. ábra). Súlyos egészségkárosodást okozhat, ha a műtrágyázásból származó **nitrátok az ivóvízbe jutnak**. A nitrátionok ugyanis gátolhatják a vérben az oxigénszállítást. A magas nitráttartalmú ivóvíz különösen a terhes anyákra és a csecsemőkre

### Olvasmány

#### Az Aral-tó és a Holt-tenger története ■ Közis-

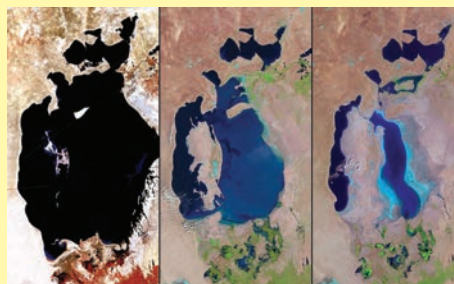
mert és rendkívül tanulságos a közép-ázsiai Aral-tó története. A 20. század közepe óta a tavat tápláló Amu-Darja és Szir-Darja folyók vízének nagy részét több ezer kilométeres csatornarendszer építésével a száraz közép-ázsiai területek öntözésére használják. A tóba jutó víz mennyisége rohamosan csökkent, már nem pótolta a párolgást. Ezért a vízszint az elmúlt néhány évtizedben métereket süllyedt, felülete az egykori töredékére zsugorodott. A néhány évtizede még a vízparton fekvő települések egy része ma már több száz kilométernyire került a tó vizétől.



**A tavon néhány évtizede még jókora halászflokkák dolgoztak**

Az Aral-tóhoz hasonló a közel-keleti Holt-tenger állapota. Nevével ellentétben ez valójában egy lefolyástalan tó, amelynek vízében a só koncentrációja rendkívül magas. A történelmi időkben a tóba ömlő Jordán folyó a párolgással azonos mennyiségű vizet szállított. Az utóbbi évtizedekben azonban folyamatosan csökken a tó szintje, ugyanis a Jordán vízének jelentős részét öntözésre használják. A csökkenő vízutánpótlás miatt a tó sekélyebb déli része fokozatosan kiszárad.

1977 1998 2010



**Az Aral-tó területének változása**

1972 1989 2011



**A Holt-tenger területe is zsugorodik**

jelent nagy veszélyt. Azokon a településeken, ahol magas a vezetékes ivóvíz nitráttartalma, ellenőrzött tisztaságú zacskós vizet vagy ásványvizet kapnak a terhes anyák és a kisgyermekek.

Ezen túlmutató probléma, hogy az élővizekbe az állattartó telepekről **hígtrágya**, a szántóföldekről pedig műtrágya juthat be. Ezek a szennyezések az élővizekben tápanyagfelesleget biztosítanak a növényi szervezeteknek, ami **eutrofizációhoz** vezethet.

## A tengerek szennyeződése

Az óceánokról a legutóbbi időkig úgy tartották, hogy óriási víztömegük miatt a beléjük kerülő szennyeződés „eltűnik”, felhígul, ezért végtelen sok szemét és szennyvíz befogadására alkalmasak. Azonban a folyók által szállított szennyvizek, a hajókról, tengerparti településekről és ipartelepekről a vizekbe jutó szennyeződés hatása ma már szinte mindenütt jelentkezik. Különösen veszélyes az **olajszenyezés**, amely a hajók tartályainak sérülésekor, illetve tisztításakor jut a vízbe. A kőolaj összefüggő rétegben úszik a víz felszínén, **gátolja a napsugarak behatolását a mélybe, és megakadályozza az oxigén vízbe jutását is**. A fény és az oldott oxigén hiánya a vizek élővilága számára kedvezőtlen, sőt helyenként végzetes lehet. Az olajszenyeződés a tengeri madarak tollába, az emlősök bundájába tapadva közvetlenül is az állatok pusztulását okozza (4. ábra).



5. A víz felszínét borító olaj végzetes a vízimadarakra nézve

**Új fogalmak** ■ vízkészlet ■ szennyvíz ■ öntisztulás ■ szennyvíztisztítás ■ olajszenyezés

### Megtanultam?

A földi vízkészletek (válaszd ki!) töredéke/tizede/fele/nagy része édesvíz. Az édesvízkészletek nagysága nem változik, az emberiség vízfogyasztása viszont **(1.)**. Létkérdés ezért a meglévő vízkészletek tisztaságának **(2.)**, és a felhasználás **(3.)**. A természetes vizek saját **(4.)** nem elegendő az emberiség által kibocsátott vízszennyező anyagok eltávolításához, ezért nélkülözhetetlen a szennyvíz gyűjtése és **(5.)**. A mezőgazdaság vízszennyezése egyrészt közvetlen mérgezést okozhat. A műtrágyákban levő **(6.)** összetevő fulladást okozhat. A műtrágyák az állóvizekben **(7.)** folyamatát indíthatják meg, ami a tó pusztulásához vezethet. A tengerekbe kerülő olaj többféle úton károsítja az élővilágot. Az olaj a víz **(8.)** helyezkedik el, így **(9.)** a fény vízbe jutását és ezáltal a vízinövények **(10.)**. Másrészt **(9.)**, hogy a levegőből **(11.)** oldódjon a vízbe, ami a víziállatok számára nélkülözhetetlen.

### Kérdések, feladatok

1. Olvasd el figyelmesen a következő szöveget, és válaszolj a hozzá fűzött kérdésekre!

„A technológiai és higiéniai rendszerek, különösen a jómódú ipari nemzetek esetében, arra ösztökélik az embereket, hogy jóval több vizet fogyasszanak, mint amennyire valóban szükségük volna. Ez probléma, de a háztartások és a közösségi vízfelhasználások mindössze az összefogyasztás tíz százalékát teszik ki. Az ipari igények a világ édesvízkészleteinek 20–25 százalékára rúgnak, és ez drámai mértékben növekszik. Mindazonáltal az öntözés az igazi nagyfogyasztó, hiszen az emberi vízfelhasználás 65–70 százalékát ez teszi ki. A vízigényes nagyüzemi földművelési technológiákat támogatják a kormányok és így az adófizetők, ami legkevésbé sem hat ösztönzőleg a takarékos vízfelhasználást eredményező művelési módok, például a csepegtetési öntözés elterjedésére.”

(Tony Clarke – Maude Barlow; magyarul megjelent: [www.okotaj.hu/szamok/33-34/ot33-16.htm](http://www.okotaj.hu/szamok/33-34/ot33-16.htm))

- a) Készíts kördiagramot és oszlopdigramot a szöveg adatai alapján! Bármely, erre alkalmas szoftvert használhatsz.

- b) Támaszd alá legalább három példával, hogy „a jómódú ipari nemzetek” mely szokásai növelik nagymértékben a vízfogyasztást!

- c) Keress adatokat a legkisebb és a legnagyobb vízfogyasztású népcsoport napi átlagos vízfogyasztásáról!

- d) Nézz utána, hogy a szövegben említett iparágakon kívül mely iparágak a legnagyobb vízfogyasztók!

- e) Nézz utána, hogy a szövegben szereplő takarékos mezőgazdasági vízhasználati módok milyen egyéb előnye van a víztakarékosság mellett!

2. Melyek az ivóvízhiány okai? Sorolj fel legalább hármat!
3. Nézz utána, hogy a Föld édesvízkészletének mekkora hányadát használja fel évente az emberiség!
4. Keress példát arra, hogy az élővíz hőszennyezése (főmelegítése pl. erőmű közelében) milyen következményekkel járhat!
5. Mi a vízlábnyom? Számold ki a családod vízlábnyomát! Készíts tervet ennek az értéknek a csökkentésére!



### Megtudhatod

Hogyan lehetséges, hogy a természetes ősvedőben savas eső hullik?

# 25. A légkör és az éghajlat

**Freonok** ■ Halogéntartalmú szénhidrogének, rövidítve CFC-gázok. Kémiaiilag kevésbé reakcióképes anyagok, ezért évtizedekig használták őket spray-palackok, hűtő- és légkondicionáló berendezések töltésére, továbbá műanyaghabok készítéséhez. A légkörbe kerülve katalitikusan bontják a magaslégtörő ózont, ezáltal fokozódik a káros UV-sugárzás intenzitása.

- A légszennyezés alapfogalmai
- A savas esők
- Légszennyező közlekedés
- Szmog és szmogriadó
- Az ózonréteg
- A szén-dioxid csapdája: globális fölmelegedés
- A légszennyezés mérséklése

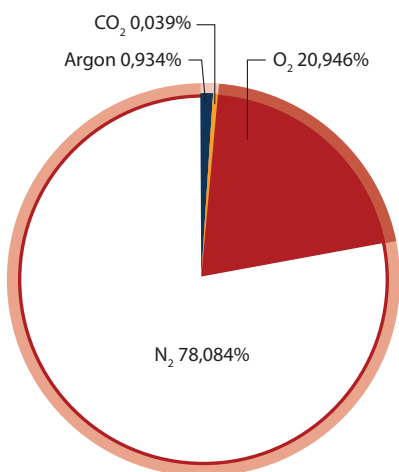
A levegő szennyeződése jelentős környezeti károkat okozhat, hiszen a légkörbe kerülő anyagok, a benne lebegő részecskék károsíthatják a vizeket, a talajt, az élőlényeket és a természetes élőhelyeket. Külön kiemelendő, hogy a szennyezett levegő hatására az emberi egészség is kárt szenvedhet.

## A légszennyezés alapfogalmai

A levegő fizikai hatásainak és összetételének köszönhetően az alapvető környezeti tényezők közé tartozik (1. ábra). Az atmoszféra 78%-át alkotó elemi nitrogén az élővilág számára közömbös anyag. A levegő 21%-át kitevő oxigén a földi fotoszintézis terméke. Az élőlények jelentős része aerob anyagcserét folytat, számukra az oxigén nélkülözhetetlen a sejtekben zajló biológiai oxidációhoz. A levegő további 1%-a rendkívül sokféle anyagot foglal magában, például nemesgázokat, vízgőzt, szén-dioxidot és szennyeződések. Közülük a szén-dioxid a fotoszintézis alapanyaga, emellett az üvegházhatás kialakításában is fontos. A vízgőz szintén üvegházhatású, ezenkívül pedig alapvető szerepet játszik a víz körforgásában, az időjárási jelenségek, csapadékok létrehozásában. A levegő fizikai tulajdonságai közül a hőmérséklet és a légáramlás, vagyis a szél a legfontosabb környezeti tényező.

Az utóbbi évszázad légköri változásai közül ismert jelenség a káros hatású **légszennyező anyagok** szaporodása. A levegőszennyezés a Föld és az emberiség **globális problémája**, hiszen bolygónk légköre közös. A szennyező anyagok nemcsak gázok lehetnek, hanem ködöt alkotó apró folyadékcseppek vagy finom eloszlású porszemcsék is.

A levegő anyagai egymással kémiai reakcióba léphetnek, egyes gázok molekulái a szilárd szemcsék felületén megkötődhetnek, és az sem ritka, hogy bizonyos anyagok a csapadékvízben feloldódnak. A gáz-halmazállapotú, kevésbé reakcióképes, vízben nem oldódó és a szilárd szemcsék felületére sem kötődő szennyező anyagok tartósan a levegőben maradhatnak. Ilyen például a szén-dioxid és minden freon. A légszennyező anyagok másik csoportja rövidebb-hosszabb idő elteltével távozik a légkörből, ezt a folyamatot **ülededésnek** nevezzük. Az úgynevezett **száraz üledés** során a por és a korom egyszerűen súlyánál fogva lassan süllyed a földfelszínre, a vízben oldható gázok (pl. kén-dioxid, nitrogén-oxidok) pedig oldott állapotban, a csapadékvízzel érik el a felszínt. Ez utóbbit **nedves üledésnek** is nevezik (4. ábra).



1. A levegő átlagos összetétele



## A savas esők

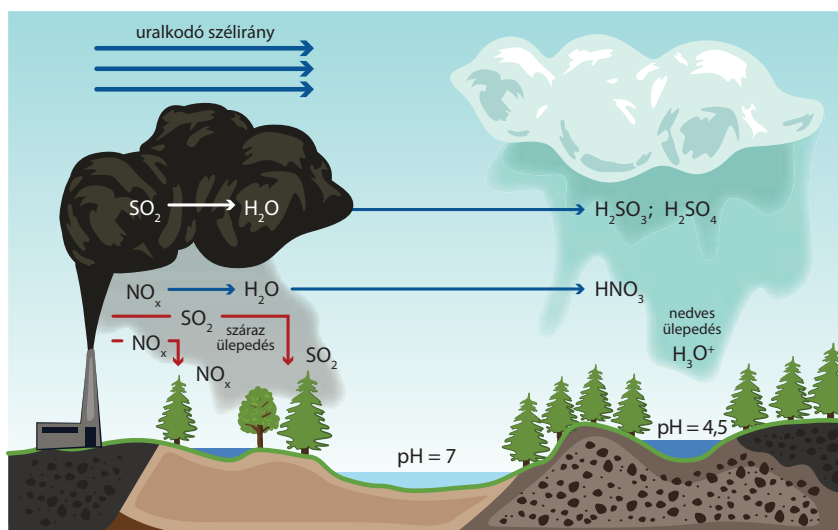
Kéntartalmú tüzelőanyagok, főleg kőszén elégetése során **kén-dioxid** ( $\text{SO}_2$ ) jut a levegőbe az erőművekből, ipari létesítményekből és háztartásokból (2. ábra). Ez a gáz az élőlények számára mérgező, hatására a növényzet gyorsan pusztul. A kén-dioxid egyesül a levegő víztartalmával ( $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$ ), s az így keletkező **kénessav** a csapadékvízzel **savas esőt** képez. Ennek következménye, hogy **a talaj és az élővizek kémhatása savas irányba tolódik el**, ami sok-sok élőlény számára elviselhetetlen, ezek tehát megrikkulnak, eltűnnek. Az erdőalkotó fák közül különösen a fenyők reagálnak érzékenyen a savas esőkre (3. ábra). A savas csapadék kialakulásában a kén-dioxid mellett a **nitrogén-oxidoknak** is szerepük van. Ezek a gázok kisebb részben a műtrágyákból, nagyobb részben a **gépjárművek kipufogógázaival** jutnak a levegőbe. A nitrogén-oxidok a vízzel salétromossavat ( $\text{HNO}_2$ ) és **salétromsavat** ( $\text{HNO}_3$ ) alkotnak. A savas kémhatású vagy más anyagokkal szennyezett levegő a széllel messzire juthat, így hatása a kibocsátás helyétől messze, több száz vagy ezer kilométernyire is jelentkezhet (4. ábra).



2. Egyes ipari létesítmények sok légszennyező anyagot bocsátanak ki



3. Savas esők hatása a fenyvesre



4. A savas esők terjedése

A savas esők nem csak közvetlenül károsítják az élővilágot. A savas csapadék hatására a talajból kioldódnak az alumínium és számos nehézfém (pl. ólom, higany) mérgező vegyületei, és a vizekbe jutnak. A vízi életközösségekben megmérgezik a plankton, majd a táplálékláncon végighaladva a terület egész élővilágát. A károsító anyagok az élelmiszerekbe is bekerülhetnek, és így az emberek egészségét is veszélyeztetik.

A savas esők az **épített környezetet is pusztítják**. Oldják a mészkőből, fémből készült tárgyakat, építményeket. Pótolhatatlan veszteségeket okoznak a műemlék épületekben és a köztéri szobrokban is (5. ábra). A vasutak, a hidak gyors rozsdásodása, korróziója, a felüljárók és az utak károsodása pedig óriási gazdasági károkat okoz.



5. A légszennyezés károsítja a műemlékeket is

## Olvasmány

**A savas eső** ■ Finn- és Svédország számos tavából az élőlények jelentős része kipusztult, mivel az eredetileg semlegeshez közeli kémhatású vízben a savasságot okozó oxóniumionok koncentrációja több százszorosára-ezerszeresére nőtt a savas esőzések következtében. A jelenség oka a németországi és angliai iparvidékek szennyezőanyag-kibocsátása volt. A savas esők a Nyugati-Kárpátok fenyveseiben is komoly károkat okoztak.

A savas esők hatásai ellen a skandináv országokban eleinte úgy próbáltak védekezni, hogy a tavak vizébe oltott meszet juttattak, amely lúgos kémhatása révén semlegesíti a víz savasságát. Ez azonban csekély sikerrel járt, ugyanis a probléma okát nem szüntette meg: a csapadék minduntalan újra savassá alakította a vizet. Tartósan kedvező hatásúnak bizonyult a kéntelenített, illetve alacsony kén tartalmú szenek használata. Valódi, hosszú távú megoldást azonban az energiahatékonyság növelése, illetve a megújuló energiaforrások használata hozhat.



6. A közlekedés jelentős légszennyező forrás



7. Füstköddel borított nagyváros (Peking)

## Légszennyező közlekedés

A légszennyező anyagok az ember egészségét közvetlenül veszélyeztetik. A gépjárművek a szén-dioxidon kívül nitrogén-oxidokat, valamint a benzinüzemű motorok szénhidrogéneket és szén-monoxidot, a dízelmotorok pedig kormot bocsátanak ki (6. ábra). A katalizátorok kötelező alkalmazása ugyan csökkenti – a korom kivételével – egy-egy jármű károsanyag-kibocsátását, ám a gépkocsik számának emelkedése miatt a levegőszennyezés mégis növekszik. Márpedig a szén-monoxid a vörösvérsejtek hemoglobinjához kötődve gátolja a vér oxigénszállítását, és így a szövetek oxigénellátását is korlátozza, a nitrogén-oxidok pedig károsítják a légzőszerveket. A korom szövetkárosító és rákkeltő anyagokat tartalmaz, mikroszkopikus szemcséi a légutakban megtapadva csökkentik a légzőfelületet. A városok és iparvidékek lebegő pora mérgező nehézfémeket is tartalmaz, és a porszemcsék felületéhez kötődő mikroorganizmusok révén további betegségeket okozhat. A gépjárművekből távozó égéstermékek hatására napsütéses időben a talaj közelében ózon is képződik, ami a nyálkahártyákat és a légutakat károsítja.

## Szmog és szmogriadó

A városi levegőben felhalmozódó szennyező gázokból kedvezőtlen meteorológiai körülmények és domborzati viszonyok között füstköd, szmog alakulhat ki (7. ábra). Télen főleg a szénfűtésből származó gázok, nyáron pedig a közlekedő autók által kibocsátott anyagok okozhatnak füstködöt. A fűtésre használt kőszén szerepét Európa jelentős részén átvette a földgáz, ezért a téli szmogok itt megritkultak. A gépjárműforgalom növekedése következtében azonban a nyári szmog gyakorisága növekszik – a gyakori szélcsendes és napos időjárás miatt – elsősorban a fejlődő világ egyes területein.

A károsító anyagokra legérzékenyebbek a kisgyerekek, a várandós anyák, a légúti betegségekben szenvedők és az idős emberek. Ha a szmogot okozó anyagok mennyisége tartósan magas, elrendelik a **szmogriadót**. A szmogriadó olyan intézkedési terv, amely előírja a szennyező anyagokat kibocsátó gyárak, illetve a közlekedési eszközök korlátozását. A lakosságot felkéri, hogy a betegek, öregek és a gyerekek lehetőleg ne menjenek az utcára, a lakásokban pedig az ablakokat zárva kell tartani, és tartózkodni kell a belső tér levegőszennyezésétől, például a dohányzástól, a gyertyagyújtástól, a füstölő használatától.

## Olvasmány

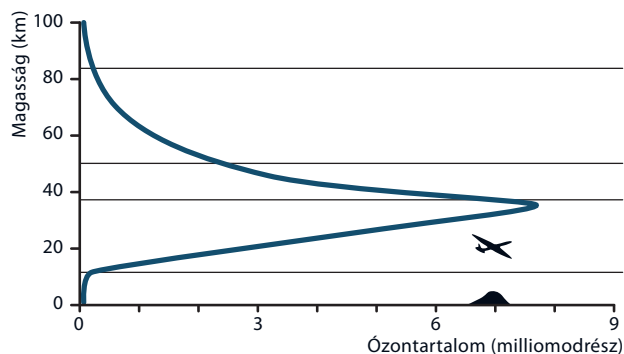
## Szmogtörténelem ■

Már a középkori Londonban is feljegyezték a levegő szennyezettségét, és igyekeztek ez ellen lépéseket is tenni. Az első valódi szmog csak a 20. században alakultak ki. Korábban ugyanis a magas légszennyezettségű állapotok vagy gyorsan elmúltak, vagy kis területet érintettek. A füstköd elsőként a szűk, erősen iparosodott völgyekben jelent meg. A Meuse völgyében 1930-ban bekövetkezett szmogkatasztrófa 60 halálos áldozatot követelt, amelyet ugyanott később újabb szmoghelyzetek követtek. Az Egyesült Államokban az első drámai füstköd-katasztrófa a Donora-völgyben következett be 1948 őszen. A területen működő cinkfeldolgozó üzemek kéményei okádták a légszennyező anyagokat, amelyek hatására a mozdulatlan levegőben sűrű füstköd alakult ki. Korabeli fényképek és leírások szerint nappal is sötétség uralkodott, és a köd olyan mértékben besűrűsödött, hogy az emberek a kinyújtott kezüket is alig látták. A szmog akkor 21 áldozatot követelt, a megbetegedések száma pedig meghaladta a hatezer főt. A legsúlyosabb szmogkatasztrófa azonban 1952-ben Londonban következett be, ennek mintegy 12 ezer halálos áldozata lett néhány nap alatt.



## Az ózonréteg

Az ózon ( $O_3$ ) oxigénből képződik (8. ábra) a Napból érkező ultraibolya sugárzás hatására, a légkör magasabb régióiban. Az ózonmolekulák elnyelik a súlyosan károsító, mutagén hatású ultraibolya sugárzás jelentős részét. Az ózonréteg ezért az élővilág szempontjából alapvető jelentőségű védelmet nyújt. A **magaslégköri ózonréteg pusztulása** globális hatású katasztrófával fenyeget. A légkörbe kerülő klór- és fluortartalmú szerves vegyületek, például a **freonok**, katalizálják az ózon bomlását. Emiatt az ózonréteg nagy foltokban jelentősen ritkul. Ezeket a foltokat „**ózonlyuk**” néven szokás említeni (9. ábra). A **káros ultraibolya sugárzás** erőssége a földfelszínen ennek megfelelően növekszik. A freonokat az iparban évtizedekig nagy tömegben használták hűtőgépek, klímaberendezések gyártásához és a spray-palackok hajtógázaként. A gáz a hulladéktelepekre került tárgyaktól akadálytalanul jutott a légkörbe. A freonmolekulák rendkívül stabilak, sokáig nem bomlanak le, akár 100 évig is megmaradhatnak az atmoszférában. Ezért – bár alkalmazásukat a nemzetközi megállapodások már régóta szigorúan korlátozzák – még sokáig számolni kell károsító hatásukkal. A fokozódó ultraibolya sugárzás miatt például növekszik a szembetegségek és a bőr daganatos megbetegedéseinek gyakorisága. Emlékezzünk rá, hogy ha napon tartózkodunk, ezek kialakulása ellen napszemüveggel, illetve megfelelő napvédő krémmel védekezhetünk!

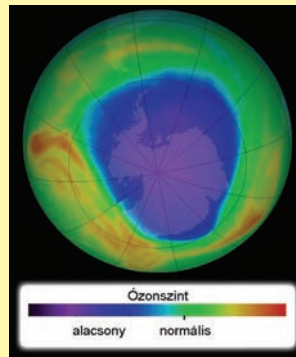


8. Az ózonréteg elhelyezkedése. ■ Állapítsd meg, hogy hozzávetőlegesen milyen magasságban helyezkedik el az „ózonpajzs”!

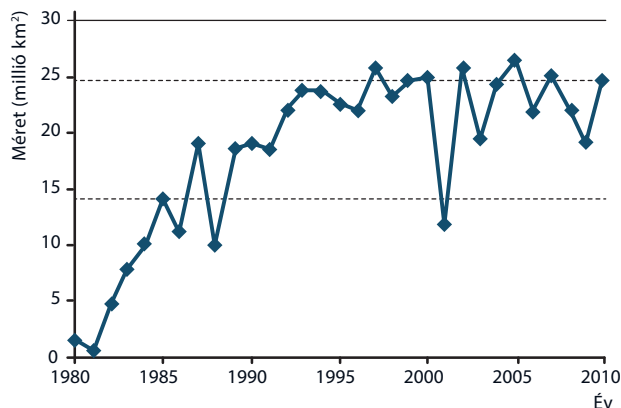
## Olvasmány

## Ózonlyuk ■

Az Antarktisz fölött minden évben megjelenik az ózonlyuk. Kialakulásában a légköri szennyező anyagok mellett más tényezők (fényviszonyok, hőmérséklet változása stb.) is szerepet játszanak. Kiterjedése jelenleg 2,5–3-szor akkora, mint Európa területe. A szárazföld fölött az ózonréteg koncentrációja hatalmas területeken csak egyharmada a normálisnak. A szakemberek bíznak benne, hogy a freonok kibocsátásának visszaszorításával az ózonréteg a következő évtizedek során lassan regenerálódik majd.



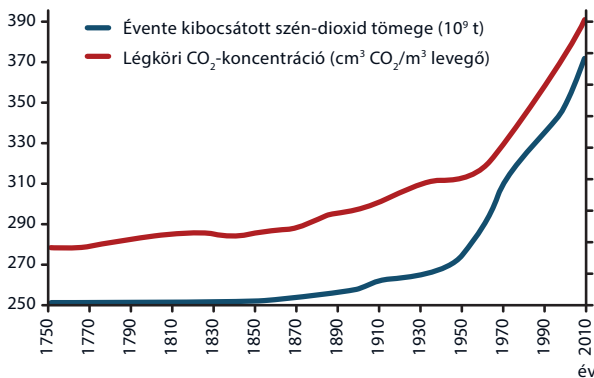
Ózonlyuk az Antarktisz fölött 2014. szeptember 30-án



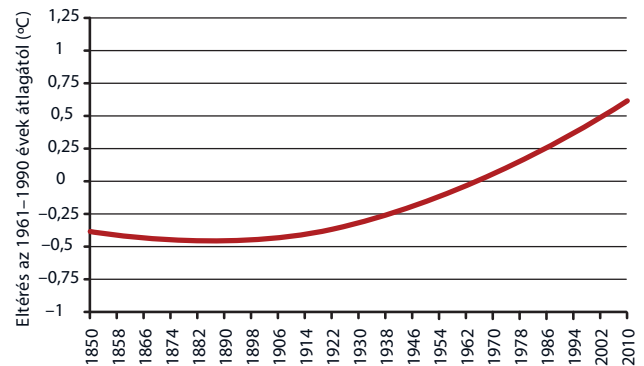
9. A déli-sarkvidéki ózonlyuk méretének változása

## A szén-dioxid csapdája: globális fölmelegedés

A légköri változások közül talán a legszembetűnőbb a szén-dioxid koncentrációjának növekedése. Emlékezzünk vissza: az atmoszférába a széntartalmú anyagok égése és az élőlények légzése juttat szén-dioxidot, a növények fotoszintézise pedig fogyasztja ezt az anyagot. E folyamatok egyensúlya révén maradhatott hosszú ideig állandó, 0,028%-os értéken a CO<sub>2</sub> koncentrációja az iparosodás előtt (1 m<sup>3</sup> levegőben 280 cm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>). Ez az érték azonban az utóbbi évszázadban rohamosan nőtt, a 2010-es években elérte a 0,039%-ot (10. ábra). Az emelkedés két fő okra vezethető vissza. Egyrészt a fosszilis energiahordozók (kőszén, kőolaj, földgáz) fokozódó felhasználásával az emberiség egyre több szén-dioxidot juttat a légkörbe, másrészt a fotoszintézist végző növényzet károsításával, az erdők kivágásával, továbbá a tengerek szennyezése révén a moszatok pusztításával a légkörből a szén-dioxid kivonását korlátozzuk. Különösen aggasztó a trópusi esőerdők területének és a tengeri plankton mennyiségének rohamos fogyása.



**10. Az emberiség szén-dioxid-kibocsátása és a légköri szén-dioxid-koncentráció változása.** ■ Nézz utána, mivel magyarázható, hogy a légkör CO<sub>2</sub>-koncentrációja nem követi a kibocsátás növekedését!



**11. A légkör középhőmérsékletének változása.** ■ Mi lehet az oka, hogy nem az 1850-es évek középhőmérsékletét tekintik az összehasonlítás alapjának?



**12. A sarkvidékek éghajlatának melegeése az élővilág elterjedését is befolyásolja**

A szén-dioxid **üvegházhatású** gáz, vagyis a földfelület hőksugárzását visszatartja, ezáltal növekszik a felszín és az alsó légrétegek hőmérséklete. A 20. században a Föld felszínének hőmérséklete az üvegházhatás fokozódása miatt 0,5–0,7 °C-kal nőtt (11. ábra). A 21. századi előrejelzések további, 1,4 °C-ot meghaladó emelkedéssel számolnak. Ez a jelenség a **globális fölmelegedés**. A fölmelegedés a Földön nem egyenletes, az Egyenlítő közelében kisebb, a sarkok közelében nagyobb mértékű (12. ábra). Az is lehetséges, hogy egyes területeken lehűléssel jár majd a klímaváltozás. A hőmérséklet növekedése esetén a sarki jég megolvadása miatt **emelkedik a világtengerek szintje**. Ez a becslések szerint a következő évtizedekben akár több métert is elérhet, ami az alacsony tengerpartok és szigetek lakói számára tragikus lehet. Ezen túl a melegebb levegő több vízgőzt tárol, ezért sok helyütt a **csapadékmennyiség jelentős csökkenésére** kell számítani. A sivatagok további terjedését és a mérsékelt övezetben az éghajlat szélsőséesebbé válását jelzik a számítások. A nagy szárazságokat időnként megszakító felhőszakadások vagy a téli hótömegek gyors olvadását követő tavaszi áradások rengeteg gazdasági kárt és emberi tragédiát okoznak.

## A légszennyezés mérséklése

A levegő- és általában a környezetszennyezés mérséklése az emberiség közös ügye. A nemzetközi megállapodásoknak köszönhetően egyes környezetkárosító gázok, például a freonok kibocsátása csökkent, mások növekedési üteme lassult, de a szén-dioxid-koncentráció növekedésének mértéke alig változott. A legfontosabb, hogy olyan ipari eljárásokat kell kidolgozni és alkalmazni, amelyek kevesebb szennyező anyag képződésével járnak. Az üzemekben olyan környezetvédelmi berendezéseket kell felszerelni, amelyek megakadályozzák a szennyező anyagok kijutását a légkörbe.

Az egyes emberek is sokat tehetnek a levegő tisztaságáért. Vegyük figyelembe, hogy a légszennyezés legfontosabb forrása a tüzelés és a közlekedés! Takarékoskodni kell az energiával: javítani a lakások hőszigetelését, korszerűbb fűtőberendezéseket használni, az autót helyett tömegközlekedési eszközöket igénybe venni (13. ábra). Sokat segít, ha vásárláskor tudatosan olyan termékeket választunk, amelyek nem tartalmaznak légszennyező és károsító anyagokat, illetve amelyek készítése és használata nem jár ilyen anyagok kibocsátásával.



13. Egy autóbusz sokkal kevesebb légszennyező anyagot bocsát ki, mint ha harminc utasa külön gépkocsival közlekedne

**Új fogalmak** ■ légszennyezés ■ száraz és nedves ülepedés ■ savas eső ■ szmog ■ szmogriadó ■ ózonréteg ■ ózonlyuk ■ üvegházhatás ■ globális felmelegedés

### Megtanultam?

A levegő legnagyobb mennyiségét **(1.)** teszi ki, amely azonban az élővilág számára közömbös. A(z) **(2.)** -t az aerob anyagcseréjű élőlények a(z) **(3.)** anyagcsere-folyamatában használják fel. Ez a két gáz teszi ki a légkör anyagainak **(4.)** %-át. A légszennyező anyagok a(z) **(5.)** folyamata révén jutnak a légkörbe, és leggyakrabban **(6.)** vagy **(7.)** ülepedés révén kerülhetnek ki belőle. Az egyes szennyező anyagok veszélyessége alapján a szakemberek **(8.)** állapítanak meg, amely a károsító hatás kockázatára utaló legkisebb koncentráció. A légszennyező anyagok közül a(z) **(9.)** és a(z) **(10.)** a lehulló csapadékban oldódva savas esőt hozhat létre. A(z) **(9.)** elsősorban kőszén elégetésekor keletkezik, a(z) **(10.)** pedig főleg **(11.)**-ből/ből származik. A savas eső a természetet és az emberi alkotásokat is károsítja. A(z) **(11.)** hatására a talaj felszíne közelében a légkörben ózon is felhalmozódik, amely az élőlények számára mérgező hatású. Ettől eltérően, a magaslégköri ózon az egész élővilágot védi a világűrből érkező **(12.)** ellen, amely **(13.)** hatása révén a sejtek daganatos elfajulását idézheti elő, így bőrrákot okozhat. A magaslégköri ózonréteget károsítják a(z) **(14.)**, amelyek a(z) **(15.)**-ből/ből kerültek a légkörbe. Napjainkban ezeket a **(14.)** anyagokat már nem használják. A legfontosabb üvegházhatású gázok a vízgőz és a(z) **(16.)**. Az utóbbinak a légköri koncentrációja néhány évtizede folyamatosan növekszik, és ebben az emberiség kétféle módon játszik szerepet. Egyrészt a légköri **(16.)** mennyiségét csökkentő **(17.)** folyamatot korlátozzuk, azáltal, hogy **(18.)**. Másrészt a(z) **(19.)** elégetésével közvetlenül **(16.)**-t juttatunk a légkörbe. Mindezen folyamatok következménye az üvegházhatás fokozódása révén a(z) **(20.)**.

### Kérdések, feladatok

1. Másold át a füzetedbe az alábbi táblázatot, majd írd le a táblázatban számokkal jelzett adatokat!

Szennyező anyag neve	Szennyező anyag forrása	Hatása a légkörre	További hatása
<b>(1.)</b>	<b>(2.)</b>	pusztítja az ózonréteget	<b>(3.)</b>
<b>(4.)</b>	közlekedés	a csapadék savasodása	<b>(5.)</b>
szén-monoxid	<b>(6.)</b>	—	<b>(7.)</b>

2. Mit jelent a szmogriadó? Mi a szmogriadó kiadásának oka, és milyen célokat szolgál?  
 3. Röviden vázold fel a globális felmelegedéshez vezető folyamatokat!  
 4. Sorolj fel legalább ötféle lehetőséget arra, hogy te magad mit tehetsz a levegőszennyezés csökkentése érdekében! Válaszaidat magyarázd is!  
 5. Nézz utána, miért tartják a sugárhajtású repülőgépeket az ózonréteg tisztítóinak!  
 6. Készíts folyamatábrát: hogyan függ össze a szén-dioxid-koncentráció növekedése a globális felmelegedéssel!

### Megtudhatod

Összefügg-e az emberiség lélekszáma és a környezet károsodása?

# 26.

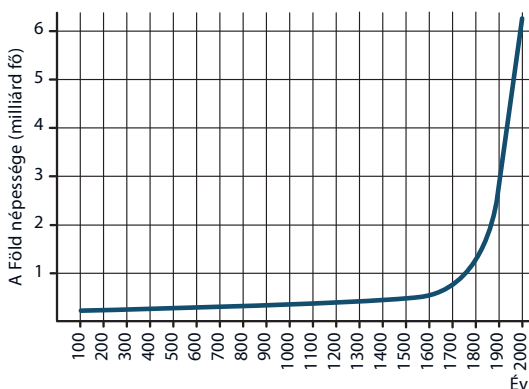
## A bioszféra és az emberiség

### A népességrobbanás

Az utóbbi évtizedek talán legégetőbb gondolata a **népességrobbanásból** adódik. Az emberiség egyedszámának növekedési üteme a 20. század óta különösen gyorsul (1. ábra). Ennek oka abban keresendő, hogy a tudomány fejlődése lehetővé teszi az egyedszám-gyarapodás korlátainak elkerülését. Jól példázza ezt, hogy számos betegség gyógyíthatóvá vált, a táplálékforrások mennyiségét pedig sokszorosára növelte az öntözéses gazdálkodás, az intenzív állattartás stb. A népességnövekedés üteme az egész Földet tekintve az utóbbi egy-két évtizedben jelentősen meghaladja az évi 1%-ot. A növekedés azonban a Föld népességeit egyenlőtlenül érinti. A gazdaságilag fejlett országok lakosságának száma stagnál vagy csökken, a gazdaságilag elmaradott területek növekedési üteme pedig nagy. Ezeken a területeken a populációk fiatalodó jellege az egyedszám további növekedését vetíti előre. A jelenleg gyermekkorúak később egyre nagyobb számban lépnek szülőképes korba, ezért még évtizedekig a népesség további növekedésére lehet számítani.

A létszámgyarapodás a gazdaságilag elmaradott országokban súlyos gondokat okoz. Ez is hozzájárul a „gazdag” és a „szegény” országok közötti szakadék növekedéséhez. A Föld lakosságának gazdagabbik 20%-a az erőforrások (nyersanyagok és energiaforrások) 80%-át használja fel. Ez egyúttal azt jelenti, hogy a népesség 80%-ának csak a jövedelmének 20%-a jut. Az egyenlőtlen felhasználás, a gazdagok részéről a pazarlás, a szegények oldaláról a nélkülözés és a nyomor komoly nemzetközi feszültségek forrása. A fejlődő országok rákényszerülnek, hogy természeti erőforrásaikat feléljék. Az esőerdőket kitermelik, hogy faanyagát értékesítsék, és területén élelmiszert termeljenek; az ásványi nyersanyagokat pedig gyorsuló ütemben bányásszák, hogy eladják. **A felhasznált természeti értékek nem újulnak meg**, így a gyarapodó népesség ellátása egyre kilátástalanabb. **A népességnövekedés megállása mérsékelné a problémákat**, hosszabb távon pedig a megoldást is elérhetővé tehetné. Ebben elsődleges szerepe lehet az oktatásnak.

- A népességrobbanás
- Fogyasztói társadalom
- Globalizáció és városiasodás
- Energiaigény
- Hulladék vagy szemét?
- A környezeti problémák megoldási stratégiája
- Gazdasági és jogi szabályozás

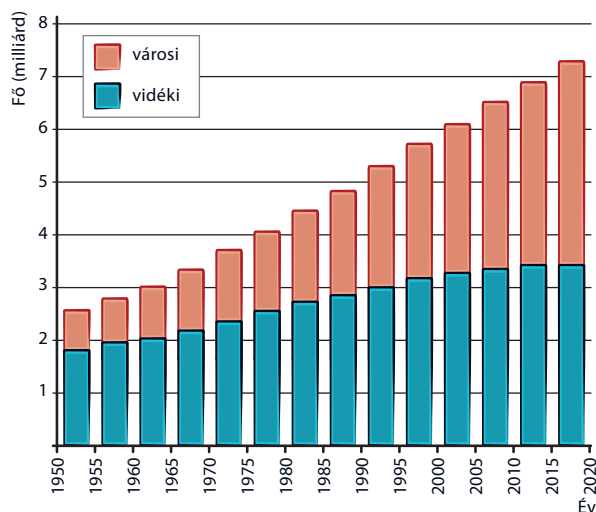


1. Az emberiség létszámának alakulása

### Fogyasztói társadalom

A gazdaságilag fejlett országokban az emberek jövedelme magas, amely növekvő mennyiségű áru megvásárlását teszi lehetővé. Földünk erőforrásait tehát nemcsak a biológiai szükségletek kielégítésére használjuk, hanem – ezt sokszorosan meghaladó mennyiségben – sokféle egyéb fogyasztói igény kielégítésére is. A 20. század közepén beköszöntött a gazdasági fellendülés, és felgyorsult a tudományos-technikai fejlődés. Úgy tűnt, mindenki számára biztosítható a jólét. A lakossági fogyasztás növekedése egyre több kényelmi árucikk és szolgáltatás megjelenéséhez vezet. A reklám gyakran olyan termékek széles körű elterjedését gerjeszti, amelyek nélkülözhetők, sőt fölöslegesek. Az árucikkeket (gépkocsi, mobiltelefon stb.) használható állapotban dobják ki és cserélik újra: ez a **presztízfogyasztás**. A látványos csomagolás is a fogyasztást serken-

ti, ám a csomagolás azonnal a hulladék mennyiségét növeli. Mindezek az ún. **fogyasztói társadalom** jellemzői. Az áruk előállításához egyre növekvő mennyiségű energia szükséges, ami a könnyen hozzáférhető fosszilis energiahordozók, főleg a **földgáz és a kőolaj rohamos fogyasztásához vezet**. A gazdaság – az igények kielégítésére – olcsón, sokféle és nagy mennyiségű árut igyekszik előállítani, ezért az úgynevezett **főtermékközpontú és rövid távra tekintő termelési mód** terjedt el. Ez azt jelenti, hogy minden gyártási folyamat csak a főtermék előállítására koncentrál. A keletkező melléktermékeket, valamint a termékek és a hulladékok későbbi sorsát nem veszi figyelembe. Ez a szemléletmód csak a 20. század végétől kezdve változik a nemzetközi egyezmények nyomán.



2. A városi és vidéki lakosság számának alakulása a világon

## Globalizáció és városiasodás

Az egyes országokban kialakuló fogyasztói szokások nem függetlenek egymástól. A **globalizáció** fogalmán a világot átfogó társadalmi és gazdasági kapcsolatok növekedését értjük, amely révén a különböző helyeken bekövetkező események és folyamatok befolyásolják egymást. A globalizáció magába foglalja a nemzetközi kereskedelem nagymértékű növekedését, a sok országban egyidejűleg működő, ún. multinacionális vállalatok, nemzetközi üzletláncok térnyerését. Ennek egyik következménye a fogyasztói kultúra egységessé válása. Ez a folyamat a népek sajátosságainak eltűnése felé mutat. A média és a világszerte hasonló áru kínálat következtében a legkülönbözőbb országokban élő emberek életmódja, életvezetése egyre hasonlóbbá válik, s ez éppen a fogyasztói társadalom egyre szélesebb elterjedésével jár.

A fogyasztói társadalomtól elválaszthatatlan a városi életforma gyors terjedése, amelynek két fő megnyilvánulása ismerhető fel. A **városodás** a városok számának és méretének növekedését jelenti (2. ábra). A **városiasodás** folyamatában a vidéki településeken is megjelennek a városok jellemzői. Kialakul a városi infrastruktúra, úthálózat, szolgáltatások, közművek. A városok és a falvak közötti különbségek elhalványulnak, a városi életmód egyre általánosabbá válik.

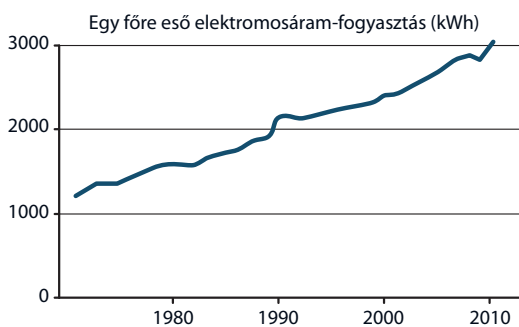
### Olvasmány

**Ökológiai lábnyom** ■ Az úgynevezett „ökológiai lábnyom” területének kiszámításával jól szemléltethető, hogy az emberek életmódja milyen mértékben veszi igénybe környezetük erőforrásait. A nagy ökológiai lábnyom azt jelzi, hogy az illető túl „nagy lábon él”, vagyis többet fogyaszt, mint ami a Föld erőforrásainak egyenletes elosztása esetén neki jutna. A lábnyom kiszámításának elve, hogy minden tevékenységet, folyamatot földterület-egyenértékre számítanak át.

Az ökológiai lábnyom hat elemből tevődik össze: az első az a terület, amelyen a táplálkozáshoz szükséges gabona megtermelhető; a második az a legelő nagyság, amely az elfogyasztott hús előállításához nélkülözhetetlen; a harmadik a fa- és papírfogyasztásnak megfelelő nagyságú erdőterület; a negyedik az elfogyasztott víziállatok fejlődéséhez szükséges vízterület; az ötödik az egyéni energiafogyasztással arányos mennyiségű szén-dioxid megkötéséhez szükséges erdőterület; a hatodik a lakáshoz szükséges földterület.

A számítások szerint a 2010-es években a Földön mindezekre rendelkezésre álló földterület átlagosan fejenként kb. 1,9 hektár. Ezzel szemben az átlagos ökológiai lábnyom meghaladja a 2,8 hektárt. Az egyre növekvő túlhasználat a Föld természeti tartalékainak gyors föléléséhez vezet. Az USA-ban az egy főre eső lábnyom eléri a 11 hektárt, Nyugat-Európában pedig a 6 hektárt. Ha tehát az egész emberiség számára az észak-amerikai életszínvonal elérését kívánnánk megcélozni, akkor a népesség eltartásához csaknem hat Földre lenne szükség.

Magyarország népességének összesített ökológiai lábnyoma jelenleg kb. másfélszerese az ország területének. Mondhatjuk ugyan, hogy az Egyesült Államoknak és Nyugat-Európának nálunk sokkal többet kell tennie, de ez mit sem változtat azon a tényen, hogy a mi lábnyomunk is mintegy 50%-ban kilóg az országból.



3. A világ áramfogyasztásának alakulása

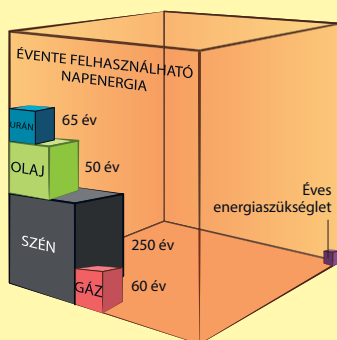
### Olvasmány

#### Energiahordozók készletei

A fosszilis energiahordozók, valamint az atomerőművek üzemeltetéséhez használatos hasadóanyagok készleteire sokféle becslés létezik. A legszemléletesebb adatsorokban azt tüntetik fel, hogy az aktuális fogyasztás mellett hány évre lennének elegendők a Földön ismert készletek.

Hasonlítsd össze a táblázat és az ábra adatait! Keress legalább három lehetséges magyarázatot a két becslés eltéréseire!

Urán	500 év
Kőszén	1500 év
Földgáz	150 év
Kőolaj	67 év



## Energiaigény

A modern társadalmak energiaigénye egyre növekszik (3. ábra). Legnagyobb mennyiségben két fő energiafajta kerül közvetlen felhasználásra: az elektromos áram és a járművek üzemanyaga. Az utóbbi évtizedekben egyre hangsúlyosabbá váló **energiaválság** abból adódik, hogy mind az elektromos áram, mind pedig az üzemanyag korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre.

Az elektromos áram erőművekből származik, amelyekben valamilyen energiahordozó felhasználásával állítanak elő áramot. A **meg nem újuló energiahordozók** földi készletei meglehetősen eltérőek. A hagyományos hőerőművek a **fosszilis energiahordozók** elégetésekor felszabaduló hőt alakítják elektromos energiává (4. ábra). A Föld kőszénkészletei ugyan bőségesek, de a **szén felhasználása erősen légszennyező**: a szén-dioxid mellett kén-dioxidot és porszennyezést is juttathat a környezetbe, bár napjainkban már az utóbbiakat jobbra kiszűrjük az erőműveket elhagyó gázokból. A kőolaj és a földgáz erőművi felhasználása kevésbé szennyező, ámde ezek a fosszilis nyersanyagok véstesen fogyatkoznak, és ezért egyre drágulnak. Ez egyúttal a közlekedési és szállítási folyamatok energiaellátásának fő problémája is, mivel a járművek túlnyomórészt kőolajszármazékokat használnak.

Az **atomerőművek** a maghasadás során felszabaduló hőt hasznosítják áramtermelésre (5. ábra). A működtetésükhöz szükséges radioaktív izotópok készletei bőségesek, és az atomerőművek üzemeltetése viszonylag olcsó. Emellett három fő hátrányukat említhetjük meg. Egyrészt az atomerőművek létesítésének beruházási költségei rendkívül magasak, másrészt az esetleges reaktor-balesetek nagy területek radioaktív szennyezését vonhatják maguk után, harmadrészt pedig jelenleg még **nem megoldott az atomerőművi hulladékok sorsa**. A nagy radioaktivitású hulladékok egy részének biztonságos tárolásáról ugyanis legalább negyedmillió évig (!) kell gondoskodni.



4. Szénerőmű



5. Atomerőmű



6. Megújuló energiát hasznosító erőművek: árapályerőmű, naperőmű, szél erőmű



Hosszú távon a **megújuló energiaforrások** alkalmazása hozhat megoldást. Ezek forrása végső soron a **Nap sugárzó energiája**, illetve a Föld belsejének hőtartalma, amelyek emberi távlatokban előretekintve nem merülnek ki. A szél- vagy a napenergia, a tenger hullámainak energiája, továbbá a Föld belső hőtartalmát hasznosító **geotermikus energia** óriási mennyiségben rendelkezésre áll, és az ezeket hasznosító berendezések lényegesen kevésbé károsítják a környezetet, mint a hagyományos erőművek (6. ábra). Gyártásuk és az elhasználódásukat követő megsemmisítésük azonban terheli a környezetet. Napjainkban ezek az eljárások még meglehetősen költségesek. A megújuló energiaforrások közül az utóbbi évtizedekben legerjedtebben a folyóvizek energiáját hasznosítják **víz erőművek** segítségével. Ezeknek azonban számos kedvezőtlen hatásuk van. A gáttal felduzzasztott folyó alapvetően megváltoztatja a tájat (7. ábra). Az elárasztott életközösség megszűnik. A talajvíz szintje a duzzasztás helyétől távolabb is emelkedik. A gát pedig akadályozza a folyó élőlényeiének vándorlását. Egyes halfajok ugyanis táplálkozásuk és szaporodásuk helyszíne között hosszú vándorutakat tesznek meg. A gát építése után ezeknek a halaknak a populációja akár ki is pusztulhat. A probléma áthidalására a duzzasztógátákhoz lehetőség szerint úgynevezett **hallépcsőt** (lépcsőzetesen emelkedő, egymással összekötött medencesorozat) építenek, amely lehetővé teszi a halak vándorlását.

## Hulladék vagy szemét?

A **hulladékválság** is a fogyasztói társadalom következménye. A rövid használatra készült tömegáruk és csomagolóanyagok a szemét mennyiségének folyamatos növekedéséhez vezetnek, s ennek kezelése egyre nagyobb nehézségekbe ütközik. Legjobb, ha sikerül megelőzni a szemét keletkezését. A gyorsan szemétté kerülő tömegcikk, vagy a nem bomlékony csomagolású áru vásárlása kerülendő. Távol állnak például a környezetbarát megoldásoktól a műanyag palackos és a dobozos italok.

A **hulladékkezelésre** számos lehetőség kínálkozik. A szemét egyszerű összegyűjtése és **szeméttelen** történő lerakása kedvezőtlen következményekkel járhat (8. ábra). A veszélyes anyagok könnyen bekerülnek a talajba vagy a vizekbe. A műanyagok olcsó csomagolóanyagok és sokféle használati tárgy készítésére is alkalmasak, de kémiai szerkezetük a természettől idegen, túlnyomó többségük nem bomlik le soha, csak halmozódik a környezetben.

A **hulladékégetés** csökkenti a hulladék mennyiségét (9. ábra). A gumi és a műanyagok égetésekor azonban mérgező és az ózonréteget károsító anyagok keletkeznek, amelyektől az égetőmű füstjét meg kell tisztítani kibocsátás előtt. Az égetésből visszamaradó, hamutartalmú hulladék pedig veszélyes anyagokat tartalmaz, talaj- és vízzennyezést okozhat.

A hulladék ártalmatlanítására legjobb megoldás az **újrafeldolgozás**. Ezen a módon nemcsak megszabadulunk a hulladéktól, hanem olyan nyersanyagokhoz jutunk, amelyek feldolgozásához az eredeti alapanyagénál kevesebb energia is elegendő lehet. Az eltérő anyagú hulladékokat azonban másként kell feldolgozni, ezért az újrahasonosítás feltétele a **szelektív hulladékgyűjtés**. Ez azt jelenti, hogy a különböző típusú hulladékokat külön-külön gyűjtik össze, egymástól elkülönítve szállítják, és a lehető legnagyobb részét feldolgozzák. Külön szükséges gyűjteni a színes és a fehér üveget, a műanyagokat, a kartont, a színes papírt, a fémdobozokat és a növényi eredetű hulladékokat. Számos hazai településen is vannak már olyan hulladékudvarok, ahova díjtalanul lehet szállítani a szétválogatott hulladékot (10. ábra).

A **veszélyes hulladékokat** mindenképp külön kell gyűjteni. Ezek olyan anyagok, amelyek az ember egészségére vagy az élővilágra károsító hatást fejthet-



7. Vízerőmű



8. Szeméttelen



9. Hulladékégető



10. Szelektív hulladékgyűjtés

## Olvasmány

**A Gaia-elmélet** ■ Gaia a Föld isten-nője a görög mitológiában. A nevét viselő elméletet James Lovelock alkotta meg a 20. század második felében. A bioszféra környezeti jellemzői dinamikusan változó stabilitást mutatnak, s a teória szerint ezt az egyensúlyt az élővilág tartja fenn. Ha a légkör összetétele, hőmérséklete valamilyen zavaró hatás következtében megváltozik, az élőlények növekedésük és anyagcseréjük megváltoztatásával reagálnak rá. Ezen biológiai válaszreakciók eredményeként az élet fennmaradásához, illetve továbbfejlődéséhez szükséges állapotok helyreállnak. A bioszféra tehát, akárcsak egyetlen hatalmas élő szervezet, önszabályozásra képes – úgy is mondhatjuk, hogy homeosztázisa van. Az élővilágnak ezt az egyensúlyt fenntartó egységét nevezte el Lovelock Gaianak.

Az elmélet szemléltetésére Lovelock leírt egy képzeletbeli „százszorszép világot” („daisy world”). Ez egy elképzelt bolygó, amelyet két százszorszépfaj ural, az egyiknek világos, a másiknak sötét a színe. Alacsony hőmérsékleten a sötét virág terjed el, amely a sugárzó energia begyűjtésével melegíti a környezetet, míg fölmelegedés idején a sugárzást visszaverő világos százszorszépek kezdenek növekedni és terjedni a bolygón. A sugárzás ilyenkor kevésbé nyelődik el, így a bolygó hőmérséklete nem emelkedik tartósan. Addig, amíg ez a kétféle élőlény egymással egyensúlyban él, környezetük mindkettő számára lakható marad, a külső befolyásoló tényezők váltakozása mellett is. Amennyiben azonban bármelyik eltűnik, az élővilág (Gaia) összeomlik.

nek ki. Nagyon sokféle hulladék tartozhat közéjük: a nehézfém-tartalmú anyagok (pl. szárazelemek), a növényvédők szerek (pl. permetszerek, gyomirtók), az olajszármazékok (pl. lecsérelt fáradt olaj a gépjárműmotorból), szerves oldószerek (pl. festékek és hígítók), a konyhai hulladékok közül pedig a használt étolaj, továbbá minden mérgező anyag. Mindezeket vagy ártalmatlanítani kell, vagy speciális veszélyeshulladék-tárolóba szállítani. Fontos, hogy **veszélyes hulladékot ne dobjunk ki a szemébe!** A folyékony halmazállapotú veszélyes anyagokat pedig tilos a csatornába önteni, mivel az élővízbe kerülve fejtik ki a legnagyobb mértékű károsító hatásukat. A benzinkutaknál, a gépjárműalkatrészek árusításával foglalkozó üzletekben összegyűjtik az elhasznált olajat és a használhatatlanná vált ólomtartalmú akkumulátorokat.

Az előzőekben elsősorban a lakossági hulladékok kezelésének szempontjairól esett szó. Meg kell említeni a **mezőgazdasági hulladékokat** is, amelyek legnagyobb része élő eredetű szervesanyag-maradvány. Ehhez hasonló az élelmiszeripar hulladékainak jelentős része. Az ilyen anyagok komposztálással kitűnően hasznosíthatók. A szakszerű komposztálás során a szerves maradványokat a mikroorganizmusok részben lebontják, így képződik a talajjavításra alkalmas komposzt, amely a trágyázáshoz hasonló módon használható.

Az **ipari hulladékok** rendkívül sokfélék, ezért sorsuk összetételüktől függ. Elsősorban újrahasznosításukról kell gondoskodni, vagy ha ez nem lehetséges, akkor hulladéklerakóba, veszélyeshulladék-tárolóba szállítandók, esetleg – ha lehetséges – hulladékégetőbe kerülhetnek.

## A környezeti problémák megoldási stratégiája

Az óriási környezeti gondokat áttekintve az az érzésünk támadhat, hogy a Föld jövője reménytelen. Ez azonban nincs így. Az egyes emberek, a társadalmi szervezetek, a kormányok összefogásával kialakítható és fenntartható az egészséges emberi környezet.

Nyilvánvaló, hogy a fejlett gazdaságú országokban zajló pazarló fogyasztás és a Föld többi részén uralkodó nyomorúság nem tartható fenn sokáig. A napjainkra jellemző energiafelhasználás, hulladéktermelés, környezetszennyezés és népességnövekedés mellett az elmaradott országok életszínvonala sem emelkedhet a fejlett országok szintjére. A gazdaság növekedése a természetből származó erőforrások további bevonásával nem lehetséges, hiszen az erőforrások mennyisége korlátozott. Az eddigi növekedési stratégia fenntartása a környezet további szennyezésével és rombolásával járna. A megoldást az úgynevezett **fenntartható fejlődés** jelentheti, amely anélkül biztosítja a jelenlegi szükségletek kielégítését, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek szükségleteinek kielégítését. A fenntartható fejlődés más szavakkal azt jelenti, hogy **a gazdaság és a társadalom életét a Föld eltartóképességéhez kell igazítani.**

Az egész Földet sújtó problémákat a tudomány és a technika fejlesztésével, a gazdaság és a társadalom észszerű alkalmazkodásával kell megoldani. Korlátot kell szabni a népesség növekedésének, környezetbarát, anyag- és energiatakarékos termelési módokat kell kidolgozni, és mérsékelni kell a fogyasztást. A hulladékok minél nagyobb hányadát újra fel kell dolgozni, az eldobható termékek helyett sokszor felhasználható árukat kell előállítani. Fontos, hogy csökkentjük a kibocsátott szennyező anyagok mennyiségét, gondoskodjunk az ipari üzemekben, háztartásokban keletkező szennyvizek megtisztításáról stb.

Mindez egyrészt tudományos és technikai kérdés, másrészt az emberek magatartásától, mindennapi szokásaitól függ. Olyan **szokásokat kell kialakítani**, amelyek segítségével kevesebb hulladék keletkezik, takarékoskodni tudunk a vízzel és az energiával, óvjuk a növényeket és az állatokat, vagyis kevésbé terheljük környezetünket. Tudomásul kell venni, hogy a légkör, valamint a tengeri, az édesvízi és a szárazföldi ökoszisztémák nagy része az emberiség közös kincse, aki ezeket károsítja, mindenkit károsít.

## Gazdasági és jogi szabályozás

Számos gazdasági és jogi lehetőség kínálkozik, amelyek elősegítik a környezetvédelmi célok elérését, és ezen belül a környezetszennyezés csökkentését. A szennyezéshez kapcsolódó, **adójellegű befizetési kötelezettségek** (pl. környezetterhelési díj) és bírságok jelentősége kettős. Egyrészt a kibocsátás mértékével növekszik a befizetendő összeg, ami a szennyezés csökkentését ösztönzi, másrészt ezt a bevételt az állam környezetvédelmi beruházásokra fordíthatja. Ha a szennyezés meghaladja a jogszabályokban leírt határértéket, akkor a kibocsátóra jelentős összegű **bírságot** szabnak ki. A termelő mindezeket a ráfordításokat beszámítja termékei árába, így valójában a fogyasztó fizeti a környezetszennyezéssel kapcsolatos költségeket. A jogszabályok számos szennyező anyag (pl. a cian) kibocsátását egyértelműen tiltják, illetve csak a természetes előforduláshoz közeli határértéket engednek meg.

A gazdasági és jogi szabályozó tényezők közös jellemzője, hogy **érvényre juttatásuk és hatásuk bizonytalan**, hiszen a lehetséges kibocsátóknak nem feltétlenül érdekük, hogy környezetszennyezésük tényleges adatait önként közöljék. Rendszeres, független mérések szükségesek tehát, ezek azonban nem valósíthatók meg mindig és mindenütt. A leghatékonyabb, hosszabb távú megoldás a **társadalmi szemlélet formálása**. Fontos, hogy az emberek számára természetessé váljék a fenntartható fejlődés gondolata és ennek a mindennapokban érvényesülő összes hatása.

**Olvasnivaló** ■ Carl W. McDaniel – John M. Gowdy: Az édenkert kiárusítása ■ Jared Diamond: Összeomlás – tanulságok a társadalmak továbbéléséhez ■ Tompa Anna: Globalizáció és egészség ■ Thomas Piketty: A tőke a 21. században ■ Al Gore: A jövő

**Új fogalmak** ■ népességrobbanás ■ presztízfogyasztás ■ fogyasztói társadalom ■ főtermék-központú és rövid távra tekintő termelés ■ globalizáció ■ városiasodás ■ energiaválság ■ megújuló és meg nem újuló energiaforrások ■ hulladékválság ■ hulladékkezelés ■ hulladékégetés ■ újrafeldolgozás ■ szelektív hulladékgyűjtés ■ veszélyes hulladék ■ fenntartható fejlődés

### Megtanultam?

Az emberiség létszáma az utóbbi évszázadban jelentősen **(1.)**, ezt a folyamatot **(2.)** -nak/nek nevezzük. Ennek egyik fontos következménye, hogy a természet erőforrásainak felhasználása nagymértékben **(3.)**. Az erőforrások nagy része azonban nem újul meg. A gazdaságilag fejlett országokban kialakult **(4.)** társadalmakban elterjedt a **(5.)**, amely például használható tárgyak újra cserélésében és fölösleges termékek vásárlásában nyilvánul meg. Mindezek a jelenségek világszerte terjednek, mivel a(z) **(6.)** révén a fogyasztói kultúra hasonlóvá válik a különböző országokban. A(z) **(4.)** társadalmak ellátása céljából bőséges áru kínálatot termel a gazdaság. A növekvő termeléshez fokozódó **(7.)**-felhasználás szükséges. A(z) **(7.)** legelterjedtebb forrásai azonban korlátozottak, ezért előtérbe kerülnek a(z) **(8.)** források, mint például a(z) **(9.)**, a(z) **(10.)** és a(z) **(11.)**. A(z) **(4.)** társadalmak velejáruja a hulladékmennyiség drasztikus növekedése is. A hulladékkezelés legcélszerűbb módja a(z) **(12.)**, mert ez csökkenti a hulladék mennyiségét és új nyersanyagokat szolgáltat. A társadalmak és a gazdaság korábbi és jelenlegi működése és növekedése a jövőben nem állandósulhat az erőforrások korlátai és a környezeti károk miatt. A megoldást a **(13.)** hozhatja, amely azt jelenti, hogy **(14.)**.

### Kérdések, feladatok

1. Fogalmazd meg, hogyan függ össze a népességrobbanás és a környezeti károk terjedése!
2. Három- vagy négyfős csoportban üljetek körül egy asztal, és készítsetek gondolattérképet a „fogyasztói társadalom” fogalmát középpontba állítva!
3. Készíts táblázatot, amelyben a megújuló és a meg nem újuló energiaforrások típusait, előnyeiket és hátrányait foglalod össze! Ha szükséges, a feladat megoldásához az interneten is kereshetsz adatokat.
4. Gyűjtsd össze a lakossági hulladékok legismertebb kezelési módjainak előnyeiket és hátrányait! Ha szükséges, a feladat megoldásához az interneten is kereshetsz adatokat.
5. Fogalmazd meg, mit jelent a fenntartható fejlődés! Mi a célja, jelentősége?
6. Olvasd el az ökológiai lábnyomról szóló olvasmányt! Keress az interneten ökológiai lábnyom-kalkulátort, és számítsd ki a saját ökológiai lábnyomodat! Döntsd el, hogy ha a Föld összes lakójának (kb. 7,5 milliárd) ugyanakkora lenne az ökológiai lábnyoma, mint a tiéd, milyen következménnyel járna! Ehhez további adatokra is szükség lehet, amelyekről szintén az interneten tájékozódhatsz.

## Megtudhatod

Szabályos eljárás lehet-e egy erdőrészlet lezárása a turisták elől?

# 27. A bioszféra védelme

A környezet- és a természetvédelem céljai és feladatai eltérőek, de nem választhatók el egymástól. A környezeti kár fogalmába az élettelen környezetet veszélyeztető tényezőkön kívül beleértjük a védett fajokban és természetes élőhelyekben okozott károkat is. **A környezetvédelem fókuszában az emberi társadalom érdekei állnak, a természetvédelem viszont a természet megóvását helyezi középpontba.**

## Mit véd a természetvédelem?

A **természetvédelem** az élőlények, a természetes életközösségek, az élőhelyek, az élettelen természeti tárgyak, valamint a táj megőrzésére és – szükség szerint – helyreállítására hivatott tevékenység. A természetvédelem tárgyat képezik fajok és élőhelyeik, társulások, földtani képződmények (pl. barlangok, sziklaalakzatok), őslénytani vagy ősrégészeti lelőhelyek, jellegzetes tájak vagy tájrészletek. Fontos és kinyilvánított cél, hogy **a fajok, életközösségek és élőhelyeik védelme a biológiai sokféleség megóvásával egyúttal az élővilág változatosságának a fenntartását is szolgálja.**

A természeti értékek megóvására többféle út kínálkozik: a **jogszabályok** által biztosított védelem, az **örzés**, a **károk megelőzése** és a **károsodott természeti értékek helyreállítása**. A jogi védelem kiterjedhet területi megjelölés nélkül bizonyos természeti értékekre (pl. az összes barlang vagy egyes fajok minden egyede), és vonatkozhat meghatározott területekre.

## Fajok károsodása és védelme

A történelem során **az emberi civilizáció számos faj eltűnését idézte elő**. A leglátványosabb esetekben egyszerűen **irtás**, például a korlátlan vadászat vezetett fajok eltűnéséhez. Kevésbé kézenfekvő, de könnyen belátható, hogy az **élőhelyek méretének beszűkítésekor** a populációk egyedszáma olyan mértékben csökkenhet, ami egyes fajok fennmaradását veszélyezteti. Ugyanezzel a következménnyel járhat, ha az eredeti élőhelyet részekre darabolják, például utak építésével, csatornák létesítésével. Ilyenkor ugyanis az élőhely egyes részletei már nem feltétlenül biztosítanak elegendő területet egy-egy populáció fennmaradásához.

Az sem ritka, hogy az emberi beavatkozások közvetve okozzák egy-egy faj egyedszámának csökkenését, esetleg eltűnését. Az **élőhelyre kerülő szennyező anyagok** például bizonyos populációk számára mérgezőek lehetnek. Egyes népségek ennek hatására kipusztulhatnak, ezek fogyasztói pedig táplálék nélkül maradnak. Az is előfordulhat, hogy a szennyező anyag a táplálékláncban továbbjut, így a fogyasztó populációkat is károsíthatja. A 20. század közepe táján használt DDT igen hatékony és olcsó rovarirtó szer volt. A természetben azonban alig bomlott le, és a rovarevők útján a csúcragadozók szervezetébe jutott. A DDT hatására számos ragadozó madár, köztük a vándorsólyom szaporodási üteme csökkent a tojások héjának károsodása miatt, s a madárfaj emiatt sok helyütt majdnem teljesen eltűnt (1. ábra).



- Mit véd a természetvédelem?
- Fajok károsodása és védelme
- Élőhelyek károsodása és védelme
- Nemzetközi egyezmények



1. A DDT használata következtében egyes madarak tojásának héja annyira elvékonyodott, hogy a saját súlyától eltört



A tarajos pajzsika lápokban fordul elő.



A magyarföldi husáng fokozottan védett növény; meleg, sziklás hegyoldalakon él.



A kárpáti sisakvirág bükkös erdeink aljnövényzetének ritkán előforduló alkotója.



A homoki árvalányhaj Alföldünk homokpusztagyepjeiben él.



A ligeti csigát bokros-bozótos területeken találhatjuk meg.



A közismert nagy szarvasbogár nem ritka idős tölgyerdőkben.



A főtől boglárka fokozottan védett lepke. Tavasz végén homoktalajok gyepjeinél repül.



A sárgahasú unka magasabb hegyvidékeink állóvízeiben él.



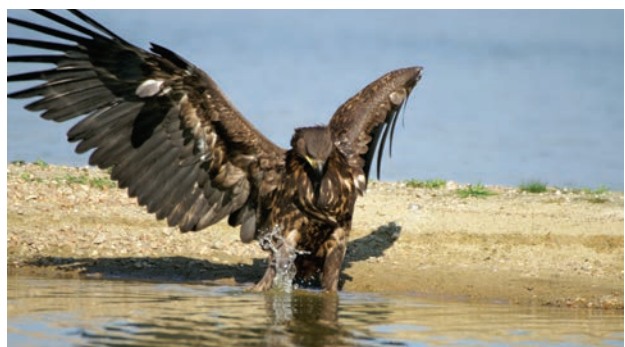
A rákosi vipera kiemelt védettségű, igen ritka hüllő. Már csak Magyarországon él néhány száz példánya.



A törpecickány néhány centiméteres kisemlős, nedves réteken és ritkás erdőkben fordul elő.



A széles durbincs a Duna vízrendszerében élő védett halfaj.



A rétisas kiemelt védelemben részesül. Euráziában csak néhány ezer pár él vízközei fákön.

**2. Magyarországon több mint kétezer faj részesül védelemben. Védett fajaink igen sok növény- és állatcsoportból kerülnek ki**



3. A Duna–Dráva Nemzeti Park egyik szigorúan védett területe madártávlatból



4. Fokozott védelmet jelző tábla

Sokszor előfordult már az is, hogy egy területre szándékosan betelepített vagy véletlenül **behurcolt idegen faj** okozta az őshonos faj pusztulását. Fejezetünk bevezető olvasmányában a Húsvét-szigetre behurcolt patkányok története is jól példázza ezt.

A fajok védelmének célja a fajok eltűnésének megelőzése, továbbá a populációk kellő változatosságban való fenntartása, vagyis a genetikai sokféleség megőrzése, a géntartalékok védelme. Nyilvánvaló persze, hogy a fajok megfelelő egyedszámban tartósan csak a kedvező feltételeket biztosító élőhelyeken maradhatnak fenn. Magyarországon területi megjelölés nélkül védettek a jogszabályban felsorolt fajok. A hazai természetvédelemben védett és fokozottan védett fajokat különböztetnek meg, attól függően, hogy milyen mértékben veszélyeztetettek (2. ábra, lásd az előző oldalon). A védett fajok példányainak természetvédelmi értéke van, amelyet a károsító köteles bírsággal megfizetni.

## Élőhelyek károsodása és védelme

Az élő természet károsodását legtöbbször az élőhelyek bolygatása, illetve megszüntetése okozza. Az élőhely megszűnhet egyszerűen azért, mert az emberek saját használatba veszik, például mezőgazdasági művelés alá vonják vagy beépítik. Gyakori az is, hogy az élőhely valamely környezeti tényezőjét változtatják meg, többnyire gazdasági megfontolásból. Ilyen az, amikor a bányaművelés érdekében lecsapolják a fajokban gazdag mocsaras vagy lápos területet, ami az ottani társulások eltűnését vonja maga után. A taposásra érzékeny életközösségek a turisták látogatásától is komoly kárt szenvedhetnek. Könnyű belátni, hogy a szűk tűrésű, egy vagy csak néhány társulásban élő fajok fennmaradására csakis akkor van esély, ha az élőhelyüket, az ott uralkodó környezeti viszonyokat megóvjuk (3. ábra).

Magyarországon a védett területeknek három típusát különböztetjük meg: **természetvédelmi területeket, tájvédelmi körzeteket és nemzeti parkokat.** A védett területeken belül a leginkább veszélyeztetett természeti értékek megóvására fokozott védelmet biztosítanak, ahol szigorú korlátozások érvényesek. Egyes fokozottan védett területeket csak a szakemberek látogathatják (4. ábra).

### Olvasmány

**Fajok eltűnése** ■ Sok élőlényfaj halt ki, illetve ritkult meg a Földön annak következtében, hogy az emberek irtották. Az elsők közé tartozott a dodó nevű madárfaj, amely a Mauritius szigetére érkező telepesek zsákmányává vált a 17. században. Az erszényes farkast Tasmaniában a birkanyájak védelmében vadászták a 20. század első feléig, amíg ki nem pusztult. Az orrszarvúakról az a babona terjedt el, hogy szarva afrodiziákumként a férfitől fokozza, ezért ejtették el tízezerszám. A szigorú védelemnek köszönhetően kis számban még élnek példányai. Közismert, hogy a bálnafajok többségét is a túlzott halászat sodorta veszélybe. A 20. század végétől divatba jött a „dzsungelhús” fogyasztása, emiatt vadásszák az esőerdők emlősállatait. Az ökológiai kapcsolatok, populációk közti kölcsönhatások figyelmen kívül hagyása is okozhat természeti veszélyhelyzetet.



Dodó



Partra vetett Omura-bálna



Déli szélesszájú orrszarvú



Erszényes farkas

## Nemzetközi egyezmények

Az 1970-es évektől kezdve az ENSZ közreműködésével **nemzetközi egyezmények** sora született a természet- és környezetvédelemmel kapcsolatban. Kezdetben elsősorban a veszélyeztetett állat- és növényfajok, valamint az élőhelyek védelmében jöttek létre megállapodások. A megállapodásoknak köszönhetően sok védett terület és nemzeti park létesült világszerte. A nyolcvanas években a figyelem fokozottan fordult a környezetszennyezés felé. Az évezred utolsó évtizedétől kezdődően a fenntartható fejlődés, a Föld egész bioszféráját érintő globális problémák és az emberiség fennmaradásának összetett kérdései kerültek előtérbe (5. ábra).

### 5. Nemzetközi természetvédelmi és környezetvédelmi egyezmények. (A táblázat tartalmát nem kell megtanulnod.)

Év	Az egyezmény neve	Az egyezmény témája
1971	Ramsari Egyezmény	A vízi élőhelyek védelme
1972	Londoni Egyezmény	A tengeri szennyezések megelőzése
1972	Párizsi Egyezmény	A kulturális és természeti világörökség védelme
1973	Washingtoni Egyezmény	Veszélyeztetett állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelmének korlátozása
1979	Berni Egyezmény	Az európai veszélyeztetett fajok és élőhelyek oltalma
1979	Genfi Egyezmény	A levegőszennyezések csökkentése
1985	Bécsi Egyezmény	Az ózonréteg védelme
1989	Bázei Egyezmény	A veszélyes hulladékok elhelyezése és szállítása
1992	Rio de Janeiro-i Egyezmény	Az élővilág sokféleségének fenntartása
1993	New York-i Egyezmény	A Föld éghajlatának megváltozása
1994	Szófia-i Egyezmény	A Duna védelme
1994	Párizsi Egyezmény	A sivatagosodás elleni küzdelem
1997	Kiotói Egyezmény	A Föld felmelegedését okozó gázok kibocsátásának csökkentése
2000	Cartagenai Egyezmény	A módosított szervezetek nemzetközi forgalma és kezelése
2001	Stockholmi Egyezmény	A környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagok kezelése
2002	Johannesburgi Egyezmény	A fenntartható fejlődés
2012	Katari Egyezmény	A Kiotói Egyezmény meghosszabbítása

### Olvasmány

#### Idegen fajok behurcolása

A tömeges behurcolás legismertebb példái az Ausztráliába betelepített állatok. Az ausztrál kontinens földrajzilag nagyon régen, az újidő első felében elkülönült, emiatt a földrészen sajátos evolúciós folyamatok zajlottak. Területén nagy termetű méhlepényes emlősök nem éltek az emberek beköltözése előtt. A betelepülőkkel érkezett macskák, kutyák, szarvasok, nyulak, patkányok rövid idő alatt lényegesen megváltoztatták a kontinens természetes élővilágát. Példaként tekintsük át a nyulak megjelenésének következményeit!

A 19. század második felében 24 üregi nyulat vittek Ausztráliába szaporítási szándékkal, vadászati célra. A behozott állatokat egy szenvedélyes vadász birtokán eresztették szabadon. A nyulak beilleszkedésének programja nagyszerűen sikerült: a birtok tulajdonosa néhány év után ráébredt, hogy a nyulak átvették a hatalmat, földbirtoka közel áll az összeomláshoz. A birtokos a telepítés után hat esztendővel mintegy húszezer nyulat lőtt le, de ezzel az állomány nagysága gyakorlatilag nem változott. Az üregi nyulak ugyanis kiváló élőhelyet találtak, sem versenytársuk, sem ragadozójuk nem volt. Szaporodási ütemüket szemléltetik a következő adatok. A nőstény egy év alatt 5-6-szor 5-6 kisnyúlnak ad életet. Az utódok fele nőstény, amelyek 5 hónapos korukban elérik az ivarérettséget. Így egy év alatt egyetlen nőstény állat nyomán 250 nyúlból álló populáció jön létre, ami mindössze két év alatt az összes leszármazottal együtt már tízezres üreginyúl-népességet jelent. A nyulak terjedése a legelők tarra rágása miatt komolyan fenyegette a birkatenyésztést. A jövevények felfalták az őshonos állatok táplálékát és kiszajátították üregeiket. Ennek következtében bizonyos helyeken több faj kipusztult, és eltűntek az erdők. A nyulak ugyanis megesszik a facsetéket, ezért amikor a felnőtt fák elpusztulnak, nincs utánpótlás. Nyugat-Ausztráliában több mint 1800 kilométeres kerítést építettek a nyulak behatolásának megelőzésére. A szaporodást és a kártételt a 20. század közepén meddőséget okozó vírussal fertőzött nyulak szabadon bocsátásával sikerült megfékezni. Am rövidesen megjelent a betegséggel szembeni ellenálló képesség, s a nyulak ismét terjedni kezdtek. A 20. század végén új vírus vetettek be a nyulak ellen, amely immár hatékonynak látszik.



Az üregi nyulak hatalmas területeket rágtak kopaszra Ausztráliában

## Olvasmány

**Emberi tényezők** ■ Az etológiából megismert szupernormális inger hatása a fogyasztói társadalomban élő embert is befolyásolja. A fogyasztás serkentését rendszeresen szupernormális ingerekre alapozzák a reklámokban. Egy tömött áruházi polc, egy új, nagyobb képernyő, egy látványosra plasztikázott arc vagy test érzékelése a mi ösztöneinket sem készítette fel az evolúció, így sokan gondolkodás nélkül cserélik le a hibátlan, csak éppen normális ingert nyújtó tárgyaikat a fogyasztói társadalomban.

Jelentős a csoportnyomás hatása is. Ha „mindenkinek” van, „mindenki” kipróbálta, akkor kellemetlen érzés keríti hatalmába azt, aki ugyanezt nem mondhatja el magáról. Függetlenül attól, hogy egyébként tényleg fontos, jó, vagy épp felesleges, esetleg káros dologról van-e szó. A reklámokban megjelenő csoportok, tömegek a csoportnyomás révén fejtik ki hatásukat, de gondolhatunk arra is, hogy a kábítószeres kipróbálása is az esetek nagy részében a csoportnyomás hatására következik be.

Minden embernek folyamatosan döntéseket kell hoznia, ugyanakkor nem lehet minden döntést elegendő alapossággal körüljárni, ezért általában a korábban bevált vagy másoktól hallott megoldásokat megtanuljuk előnyben részesíteni. Erről a sztereotípiákkal kapcsolatban volt szó korábban. A marketingnek fontos eleme az, hogy a fogyasztásra fókuszálja a napi tevékenységek tanulását. Rengeteg olyan dolgot teszünk, amire létezik jobb alternatíva, de nem azt szoktuk meg. Sokaknál ilyen például a palackozott víz vagy üdítő fogyasztása az éppoly jó csapvíz helyett.

Tanulás eredménye lehet a tétlenség is, ezt tanult tehetetlenségnek nevezzük. Olyan esetekben, amikor kiszámíthatatlanul, alig vagy egyáltalán nem befolyásolható módon következnek be negatív események, az emberek felhagynak a próbálkozással, hogy elkerüljék ezeket az eseményeket. Azt tanulják meg, hogy felesleges erőlködni, így végül abban az esetben sem tesznek lépéseket, amikor volna értelme. Efféle gondolatokban nyilvánulhat meg a tanult tehetetlenség: „Á, úgyis mindegy”; „Erre nekem úgyszincs hatásom, másoknak kell megoldani”; „Én csak egy kis porszem vagyok”. Fontos észrevenni és tudatosítani, hogy mindenki tehet és mindenkinek tennie is kell a környezetterhelés mérsékléséért.

**Új fogalmak** ■ fajok irtása ■ élőhelyek károsodása és beszűkítése ■ behurcolás ■ területi védelem ■ fajvédelem ■ nemzetközi egyezmények és meg nem újuló energiahordozók ■ hulladékválság ■ hulladékkezelés ■ hulladékégetés ■ újrafeldolgozás ■ szelektív hulladékgyűjtés ■ veszélyes hulladék ■ fenntartható fejlődés

## Megtanultam?

A természetvédelem az élettelen és a(z) **(1.)** természeti értékek védelmét vállalja fel. Az utóbbiba tartozik a fajok, **(2.)** és **(3.)** védelme. Ezek egyúttal a biológiai **(3.)**, változatosság fenntartását is szolgálják. A(z) **(3.)** megóvása a terület védelmét jelenti. A fajok fennmaradását számos emberi hatás veszélyeztetheti. A(z) **(5.)** az egyedek közvetlen elpusztítása, például táplálkozási, kereskedelmi céllal, vagy szórakozásból. Egyes fajok eltűnését okozhatja a(z) **(3.)** beszűkülése vagy a kibocsátás, tehát a környezet **(6.)** is. A környezet és a természet védelmében meghatározó szerepet játszik az ENSZ, amelynek közreműködésével nagy számú **(7.)** született az elmúlt néhány évtizedben. Ezek az aláíró országok jogrendjébe beépülve érvényesülnek.

## Kérdések, feladatok

1. Sorold fel a természeti értékek öt típusát, amelyek a természetvédelem tárgyát képezik!
2. Egy mondatban fogalmazd meg, milyen úton védi a természetvédelem a biológiai változatosságot! Mi a biológiai változatosság jelentősége?
3. Mely emberi beavatkozások okozhatják egyes fajok kihalását?
4. Az ország mely részein érvényes a jogszabályban felsorolt fajok védelme?
5. Mit jelent a fokozott védelem?
6. Keress példaként 3-3 növényt, gerinctelen és gerinces állatot, élettelen képződményt, amely fokozott védelemben részesül!
7. Nézz utána, melyek Magyarország és a világ legveszélyeztetettebb fajai! Miért sodródtak a kihalás szélére?
8. Fogalmazd meg, mi a nemzetközi egyezmények szerepe a környezet- és természetvédelemben!
9. Te magad és családod mit tehettek a fenntartható jövőért? Legalább húszféle lehetőséget írd, és mindegyiket magyarázd is meg! Társaiddal hasonlítsátok össze megoldásaitokat!



# Összefoglalás

## Áttekintés

Az emberi faj kialakulásától kezdve alakítja környezetét. Az ókor közismert államaiban városok alakultak ki és terjeszkedtek, emellett a növénytermesztő gazdálkodás is egyre jelentősebb területeket foglalt el. A középkorban az emberi társadalmak új kultúrákat és gazdálkodási formákat hoztak létre, ami a környezet, a természetes élőhelyek egy részét átalakította. Eközben folyamatosan zajlott a természeti erőforrások felhasználása is, ám mindezek a tevékenységek a történelmi korokban a Föld globális állapotát nem veszélyeztették.

A nagyszabású változást az a technikai fejlődés alapozta meg, amely lehetővé tette az ipari forradalom kibontakozását és a nagy földrajzi fölfedezéseket. A növekvő iparvárosok környezete drasztikusan romlott az energiaszolgáltató széntüzelés következtében, de a légszennyezés mértéke az egész légkör tömegéhez viszonyítva elhanyagolható volt. A helyileg jelentős mennyiségű salak elhelyezése pedig valóban csak lokális problémát okozott, amelynek helyszíne könnyen kikerülhet.

Az iparosodás további növekedése során is élt a termelőgazdagok alapelve, hogy a légkör és a vizek óriási tömege mellett a kibocsátott szennyeződés elhanyagolható, ezért azok bármekkora mennyiségű hulladékot képesek elnyelni. A melléktermékeket ennek megfelelően keletkezésük állapotában egyszerűen a levegőbe vagy a vízbe bocsátották. Ugyanakkor a termeléshez szükséges nyersanyagok és egyéb erőforrások is olcsón és bőségesen elérhetőek voltak. Ezt a termelési stratégiát nevezték el utólag főtermékközpontú, rövid távra tekintő szemléletnek. A 20. században a környezetszennyezés következtében egyre-másra jelentek meg veszélyes tünetek, majd egyre inkább érzékelhetővé váltak és hangsúlyt kaptak a globális környezeti terhelés jelei. Ezzel párhuzamosan az erőforrások – a nyersanyagok, energiaforrások – megfogyatkozása is egyre feltűnőbbé vált.

A **környezeti terhelés** háromféle tényező összességéből adódik. Az emberiség egyrészt saját igényeinek, szükségleteinek kielégítése érdekében a környezetéből különféle erőforrásokat használ föl, például érceket és fosszilis energiahordozókat bányászik, faanyagot termel ki az erdőkből, növényeket termeszt. Másrészt, a környezet erőforrásainak felhasználásához átalakítja a természetes élőhelyeket, például építkeznek, szántóföldeket létesít. Harmadrészt pedig mindeközben káros hatású anyagokat bocsát ki. A környezeti terhelés hatásainak jelentős része nem tiszteli a határokat, tehát az egész világra kiterjedő, globális következményekkel jár.

A környezetnek jelentékeny saját kiegyensúlyozó működése van (pl. a vizek, a légkör és a talajok öntisztulása), de ha a terhelés mértéke meghaladja a környezetnek ezt a rugalmasságát, akkor károsodás következik be. Ez pedig visszahat az emberiségre, például megbetegedéseket okoz. Sajátos ellentmondást rejt magában ez a következmény, hiszen éppen ellentétes az eredeti céllal, az életkörülmények javításának szándékával. A hatások egy része pedig nem megfordítható. Három kézenfekvő példa: ha a talaj eróziója miatt csökken a termőterületek mérete, nehezebbé válik az emberiség élelmiszerellátása. Ha az intenzív favágás miatt fogy az esőerdők területe, a növényzet egyre kevesebbet tud megkötni a növekvő mennyiségben kibocsátott széndioxidból – a légkör pedig fölmelegszik, ennek minden káros következményével. Olvadó jégtömegekre, a tengerszint emelkedésére, az éghajlat megváltozására és ebből adódóan időjárási katasztrófa helyzetek sokasodására, illetve a mezőgazdasági termelés nehezebbé válására kell számítani. Ha fajok kiveszülnek, hiányozni fognak az élővilágból azok a gének, amelyek később esetleg



Ókori civilizációk környezetátalakító hatása



A környezet- és a természetvédelem, valamint az emberek érdekei szorosan összefüggnek

gyógyszerek előállításához, az élelmiszernövények ellenálló képességének vagy terméshozamának növeléséhez szükségesek lehetnek.

A földi élővilág egésze szempontjából is komoly veszélyeket hordoz a genetikai változatosság csökkenése. Az alacsony sokféleségű populációk és életközösségek kevéssé tudnak alkalmazkodni a gyorsan változó környezethez. Ez a populációk eltűnését, társulások további elszegényedését vonja maga után, vagyis a sokféleség még tovább csökken. Látható tehát, hogy a biológiai szempontok az ember sajátos érdekeivel összefonódva a környezet és a természet kíméletét, védelmét teszik szükségessé.

Napjainkban létkérdéssé vált az a törekvés, hogy a környezeti terhelés megelőzésére kell törekedni. A nyersanyagforrások kimerülésének elkerülése érdekében a hulladékba kerülő anyagokat kell – a szelektív gyűjtést követően – újra felhasználni. Emellett nagyon sürgetővé vált a növekvő energiafogyasztás visszafogása. A fosszilis tüzelőanyagok elégetése gyorsuló ütemben növeli a légköri szén-dioxid koncentrációját, ezért helyette a megújuló energiaforrásokat kell előnyben részesíteni.

Közös célunk, hogy a következő nemzedékek is legalább olyan mértékben kielégíthessék szükségleteiket, mint mi magunk. A problémák okai és tevékenységeink következményei globálisak, de a megoldáshoz vezető út a konkrét, kézzelfogható helyi cselekvésen át vezet. Világunk globális szempontjainak ismeretében vásárlásainkat, saját mindennapi tevékenységünket lokálisan kell szabályoznunk.

## Tudom, értem, alkalmazom, elemzem

1. Nézz utána, mit jelentenek a következő fogalmak: ökofalu, fenntartható falu, passzívház, autonóm épület, komposztálás, száraz toalett! A fogalmak ismeretében érvelj mellettük!
2. Az összefoglaló leckében leírtak mintájára keress még további három példát arra, hogy egyes környezeti terhelések megfordíthatatlan változást idéznek elő a Földön! Mutasd be, hogy ezeknek milyen következménye várható!
3. A nagyvárosok ökológiai környezete jelentősen eltér az őket körülvevő táj környezeti jellemzőitől. Keress olyan jellemzőket, amelyek a városok sajátos ökológiai tulajdonságaiként alakulnak ki!
4. Az alábbiakban egy, a 20. század végén megjelent kiadványból olvashatsz részletet.  
„A jelenlegi környezetvédelem általában a létrejött károsodások elhárítására, mintsem megelőzésére irányul, s a fennálló környezeti gondok megoldásának technikai megközelítése. Ezért emlegetik gyakran „csővégi” megoldásnak. Ez a kifejezés onnan származik, hogy a környezet védelméről általában a szennyezés kibocsátásának végpontján gondoskodnak, azaz például egy füstölő kéményre leválasztókat helyeznek. Ez természetesen nem oldja meg a technológiai problémákat, vagy az erőforrásokkal való takarékoság kérdését. A környezetvédelem hosszú távon lehet rendkívül káros, válságmélyítő is. Például egy kidolgozott környezetvédelmi technológia képes konzerválni egy alapjában hibás termelési folyamatot. Lehet, hogy környezetvédelmi beavatkozással képesek vagyunk csökkenteni a káros anyagok kibocsátását, de ezzel nem tettünk semmit az erőforrások kíméléseért, vagy azért, hogy a termék maga ne legyen ártalmas az emberre vagy környezetére.” (Részlet Gyulai Iván: *A fenntartható fejlődés* című írásából.)
  - a) Mit jelent a „csővégi” környezetvédelmi megoldás?
  - b) Hogyan lehet egy környezetvédelmi technológia káros? Keress erre konkrét példát, és magyarázd el!
  - c) Próbáld megfogalmazni, hogy a szerző szerint mi a környezetvédelem célja, lényege!
5. Rendeztetek vitát a megújuló és meg nem újuló energiaforrásokról! A résztvevők egyik fele a megújuló források mellett érveljen, a többiek pedig ellene! A két csoport felváltva kap szót, egymás szavába nem vághattok! Mindkét csoport összes tagjának érdemben meg kell szólalnia. A vita közben egymást nem minősíthetitek, csak az elhangzottak tartalmára szabad reagálni!

## Kitekintés, kutatási feladatok

1. Egy 1997-ben készült mérés szerint az európai nagyvárosok lakóira naponta 11,5 kg fosszilis tüzelőanyag, 320 liter víz és 2 kg élelmiszer felhasználása jutott, „cserébe” pedig fejenként 300 liter szennyvíz, 25 kg szén-dioxid és 1,6 kg szemét képződött. A szükségletek előteremtéséhez, illetve a hulladékok ártalmatlanításához a városok területének 500–1000-szeresére lett volna szükség. Gyűjts adatokat a jelenlegi helyzetről, és munkád eredményét oszd meg társaiddal!
2. Keress információkat és adatokat arra vonatkozóan, hogy melyek a legnagyobb vízfogyasztó iparágak! Írj néhány oldalas, képekkel illusztrált összefoglalást arról, hogy a vizet mire használják ezekben az iparágakban, és az általuk kibocsátott szennyvíz miféle veszélyforrásokat rejt! Ábrázold diagramon az egyes iparágak részesedését az ipari vízfelhasználáson belül!
3. Keress információkat és adatokat a nagyobb atomreaktor-balesetokról! Rövid tanulmányban írd le, mi volt ezek oka és mi lett a következményük!
4. Készíts tanulmányt a szmogról! Nézz utána, melyek a szmog fő típusai, s ezek milyen körülmények között, mely folyamatok útján alakulnak ki!
5. Kis csoportban dolgozzatok! Tekintsétek át az alábbi feladatot, majd osszátok szét egymás között a tennivalókat! Munkátok eredményét mutassátok be társaitoknak prezentáció formájában! Válasszatok ki két jelentős nemzetközi környezet- vagy természetvédelmi egyezményt, részletesen mutassátok be a lényegét, a szerepét és a hatását! Ha az egyezményt nem minden ország írta alá, mutassatok rá ennek okaira és következményeire is!

# FÜGGELÉK



Fogalomtár ■

# Fogalomtár

A fogalomtárba a tankönyv legfontosabb szakkifejezéseinek magyarázata került. A lexikon használatához a tananyag tudása nem szükséges, így tanulás közben is használható, ha megakadtál egy ismeretlen szónál, ha bizonytalan vagy egy kifejezés jelentésében. De akár egy-egy lecke vagy fejezet befejezése után, ismétlésként is érdemes lehet átfutni az ahhoz tartozó szakkifejezéseket.

**Abszolút kormeghatározás** ■ Egy ősmaradvány tényleges korának megállapítása. Általában radioaktív izotópok bomlásának mérésével, ún. radiometrikus módszerrel végzik.

**Adaptív evolúció** ■ Az a folyamat, amelynek során egy populációban a környezethez való jobb alkalmazkodást biztosító fenotípusok gyakorisága növekszik az előnytelenek rovására. [13. lecke]

**Alapító hatás** ■ A genetikai sodródás speciális esete. Egy népeségből kiválik egy kis létszámú csoport, és új élőhelyen megtelepedve új populációt hoz létre. Az alacsony egyedszám miatt az allélok gyakorisága az új népeségben véletlenszerűen eltér az eredeti populációtól. [14. lecke]

**Albinizmus** ■ Festékhányos állapot. Egy testi kromoszómán levő gén recesszív allélja okozza. Albínó egyedek sejtjeiből hiányzik az egyik enzim, amely a melanin nevű festékanyag szintéziséhez szükséges. [10., 11. lecke]

**Allélgyakoriság** ■ Egy gén allélgyakoriságainak számértéke azt adja meg, hogy a gén példányainak hányad részét adják az egyes allélok a népeségben. Példa: valamely génnek három allélja lehet jelen a népeségben, az egyik gyakorisága 0,2, a másiké 0,5, a harmadiké pedig 0,3. [13., 14., 15. lecke]

**Allélikus kölcsönhatás** ■ Ha a vizsgált tulajdonságot egyetlen gén örökíti, a megfelelő fenotípust a diploid egyed sejtjeiben megtalálható két allél viszonya határozza meg. A kölcsönhatás lehet domináns-recesszív, intermedier (részleges dominancia) és kodominancia. [8., 9., 10. lecke]

**Allélcicserélődés** ■ A meiózis I. fő szakaszában a homológ kromoszómapárok megfelelő szakaszai cserélődnek egymással. Ha különböző allélok cserélnek helyet (a kérdéses génre nézve heterozigóta sejtben), akkor a genetikai változatlanság új kombinációkkal gyarapodik. [5., 6., 10. lecke]

**Allélok** ■ Egy gén eltérő bázissorrendű változatai. A diploid szervezetek sejtjeiben a homológ kromoszómák azonos helyén találhatók. [3., 7–15. lecke]

**Ammoniták** ■ A fejlábúak közé sorolható kihalt állatcsoport. A középidő tengereiben szélesen elterjedtek, és külső, meszes vázuk kiválóan fosszilizálódtak, ezért kőületeik az akkor képződött üledékes kőzetekben gyakoriak. [16., 17. lecke]

**Analóg szervek** ■ Külső és működésbeli hasonlóságot mutató, de egymással származástani kapcsolatban nem álló szervek (pl. gerincesek és fejlábúak hólyagszeme). Konvergens evolúció eredményeként alakultak ki. [III. fejezet Összefoglalás]

**Anorexia nervosa** ■ Étvágyvesztéssel járó testképzavar, amelynek gyökere abban keresendő, hogy az egyén túlsúlyosnak, az elvártnál kövérebbnek tartja magát – akkor is, amikor már egészségtelenül soványra fogyott a szélsőséges étvágytalanság miatt. A betegség tipikusan 12–20 év közötti lányoknál jelenik meg. [21. lecke]

**Antibiotikumok** ■ Egyes mikroorganizmusok által termelt vagy szintetikus előállított vegyületek, amelyek gátolják a baktériumsejtek anyagcseréjét, ezért elpusztítják azokat vagy gátolják szaporodásukat. Az egyik legismertebb antibiotikum a penicillin, amelyet az ecsetpenész termel. [4., 13. lecke]

**Antibiotikum-rezisztencia gén** ■ Olyan gén, amely egy meghatározott antibiotikumot hatástalanító enzim aminosav-sorrendjét kódolja. A gént tartalmazó sejtek ellenállóak, rezisztensek az antibiotikummal szemben. [4., 13. lecke]

**Apátia** ■ Érzelmi közönyösség, lelki fásultság, érdektelenség, közömbösség. [22. lecke]

**Attitűd** ■ Értékelő viszonyulás egy konkrét tárgy vagy személy, elvont fogalom irányában. Ilyen például, amikor kedvel, fölöslegesnek tart, elutasít az ember valamit vagy valakit. [16., 19., 21. lecke]

**Australopithecusok** ■ Az emberfélék ősi képviselői, csak Afrikában terjedtek el. Első képviselőik mintegy 6 millió éve jelentek meg, s az utolsók 1 millió éve haltak ki. Egyes elképzelések szerint belőlük alakult ki a Homo nemzetség. [18. lecke]

**Bakteriofágok** ■ Olyan vírusok, amelyek gazdasejtje valamilyen baktériumsejt. Vannak köztük DNS- és RNS-tartalmú vírusok is. [3., 4. lecke]

**Belátásos tanulás** ■ Az állat a korábbi tapasztalatait felhasználva old meg új problémákat. A legintelligensebb állatokra jellemző, köztük is elsősorban eszközhasználóknál figyelték meg. [19. lecke]

**Belsővé tétel (interiorizáció)** ■ A szociális tanulás legmagasabb szintje, amelyben a modellszemély már nem játszik fontos szerepet. Az átvett viselkedésforma, vélemény stb. függetlenedik a forrástól, és szervesen beépül a személyiségbe, azaz belsővé válik. [19. lecke]

**Beltenyésztés** ■ Rokon egyedek közötti ivaros szaporodás, amely nem adaptív evolúciós változást okoz a népeségben. Hatására csökken a népeség genetikai változatlansága, és – a homozigóta genotípusok gyakoriságának növekedése miatt – ezzel együtt gyakran az egyedek életrevalósága is. Utóbbi jelenség a beltenyésztéses leromlás. [12., 14. lecke]

**Bulimia** ■ Olyan testképzavar, amelynek következtében rendszeresen ismétlődően kóros falási rohamokat az elfogyasztott tápláléktól való szabadulási szándék (hányás, hashajítás, izommozgás) követi. A betegség jellemzően a serdülő, tizen-huszoneves nőket érinti. Feltételezhetően igen sok az eltitkolt, enyhébb forma. [21. lecke]

**Crô-magnoni ember** ■ A ma is élő, modern *Homo sapiens* mintegy 100 ezer éve megjelent képviselője. [18. lecke]

**Családfa** ■ Egymással rokonságban álló egyedek leszármazási kapcsolatait bemutató ábra. A nőnemű egyedeket kör, a hímneműeket négyzet jelzi. Az egy generációba tartozó egyedek egy sorba kerülnek. A szülőpárokat egy vonal köti össze, utódaikat a következő sorba írják, balról jobbra a születésük sorrendjében. [11. lecke]

**Csoportnormák** ■ A csoport által közösen kialakított és elfogadott szabályrendszer. A csoportnormák a csoport sikerétől és kudarcaitól függően folyamatosan változhatnak. [20. lecke]

**Darwin** ■ Charles Darwin (1809–1882) angol természettudós, a modern evolúciós elmélet, a darwinizmus megalkotója. Elmélete szerint a fajok lassú változás során átalakulnak. Az evolúciós változás mozgatórugója a természetes szelekció. [13. lecke]

**Depresszió** ■ Tartósan fennálló lehangoltsággal járó, az öröm és az érdeklődés eltűnésével járó betegség. A depressziós ember elveszti önbecsülését, értéktelenné tartja magát, ezért önbecsmérlő, önbántó gondolatok gyötrik, és képtelen tevékeny aktivitást folytatni. [22. lecke]

**Dinoszauruszok** ■ A hüllők közé sorolt, középidőben élt, szárazföldi állatok. Életmódjuk és méretük rendkívül változatos volt. Egyik csoportjukból alakultak ki a madarak. [17. lecke]

**Diploid** ■ Az a sejt vagy szervezet, amelyben a kromoszómakészlet kétszeres, vagyis a sejtmagban minden homológ kromoszómából 2-2 található, amelyek párokba rendezhetők. Diploidok a magasabb rendű élőlények szöveti sejtjei. Az ember diploid szöveti sejtjei  $2n = 46$  kromoszómát tartalmaznak. [4., 5., 7., 9. lecke]

**Divergens fejlődés** ■ A különböző környezeti viszonyokhoz való alkalmazkodás eredményeként bizonyos közös származású csoportok eltérő fejlődési úton különbözővé váltak. [III. fejezet Összefoglalás]

**DNS** ■ A sejtek örökítőanyaga, molekuláját két polinukleotidlánc építi fel, amelyek kettőshélix-szerkezetet alkotnak. A hélixben a két láncot a nukleotidok bázisai között kialakuló H-kötések tartják össze ( $A=T$ ;  $G \equiv C$ ). Az egyik szál bázissorrendje egyértelműen meghatározza a másikat. A DNS-molekulák a polinukleotid-láncok bázissorrendjében különböznek egymástól. [1., 3., 4. lecke]

**Domináns allél** ■ Egy gén olyan változata, amely heterozigóta genotípusú élőlényben is egyértelműen kialakítja az allél által meghatározott fenotípust. [8–10., 13. lecke]

**Down-szindróma** ■ Oka a 21-es kromoszóma többlete. Ez a leggyakoribb kromoszómaszám-rendellenesség. Következménye több szervrendszer kóros elváltozása (szívfejlődési rendellenesség, gyenge immunrendszer, alacsony izomtónus stb.). [6. lecke]

**Ecetmuslica** ■ Gyümölcslégy, muslica. A klasszikus genetika kedvelt kísérleti anyaga, mivel gyorsan szaporodik, könnyen tartható és vizsgálható. Testi sejtjeiben mindössze 4 pár kromoszómája van. [4., 9. lecke]

**Egyensúlyi populáció** ■ Olyan népeesség, amelyben az allélgyakoriságot befolyásoló tényezők (mutáció, szelekció, génáramlás) éppen kiegyenlítik egymás hatását. Ennek következtében néhány génre nézve az allélgyakoriság-értékek egy ideig nem változnak, ezért az ilyen populációkra alkalmazható a Hardy–Weinberg-szabály. [15. lecke]

**Előítélet** ■ Hibás általánosításokon alapuló feltételezés, vélemény, amely megelőzi a konkrét, valóságos információkat. Az előítéletek merev sémák, általában ellenállnak a tapasztalatnak és a józan megfontolásoknak. [19. lecke]

**Emberfélék** ■ A főemlősök közé sorolt egyik család. Ide tartoznak az Australopithecusok és a *Homo* nemzetség fajai. A kutatók egy része a nagyon hasonló DNS miatt az emberfélék közé sorolja az emberszabású majmokat is. [18. lecke]

**Emlősszerű hüllők** ■ A földtörténeti óidő végén megjelent, a hőszabályozás bizonyos jeleit mutató hüllők. Valószínűleg közülük kerültek ki az emlősök ősei. [17. lecke]

**Endoszimbionta elmélet** ■ A mitokondriumok és a színtestek eredetét magyarázó elmélet. Az elmélet szerint a mitokondriumok úgy alakultak ki, hogy ősi aerob baktériumok tartós szimbiózisra léptek az eukarióta sejtrel, a színtestek származása pedig egykori kékbaktériumok szimbiózisára vezethető vissza. [16. lecke]

**Energiaválság** ■ Az elektromos áram és az üzemanyagok korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre, illetve mind a hagyományos, erőművi áramtermelés, mind pedig az üzemanyag-felhasználás jelentékeny környezetterheléssel jár, ezért nem fokozható korlátlan mértékben. [26. lecke]

**Erózió** ■ A természeti erők felszint pusztító munkája. Leggyakrabban a csapadékvíz talajt lemosó hatását értjük alatta. Az erózió annál gyorsabb, minél több a csapadék, minél meredekebb a lejtő, minél lazább a talaj, és minél gyérebb a növényborítás. [23. lecke]

**Eukarióta** ■ Az a sejt, amelynek valódi sejtmagja van. Az örökítőanyagot (DNS) tartalmazó magplazmát kettős membrán választja el a sejtplazmától. A magplazma tartalmazza a sejtek genetikai állományának kb. 98%-át. A sejtmagon kívül az eukarióta sejtek sejtplazmájában számos, membránnal határolt sejtalkotó figyelhető meg. [1., 2., 4., 5., 16. lecke]

**Europid nagygrasz** ■ A *Homo sapiens* faj egyik alfaja. Jól tagolt arc, kiálló, keskeny orr, világos bőr- és hajszín jellemzi. A színezet kelet és dél felé haladva sötétedik. [18. lecke]

**Fenilketonuria** ■ A fenilalanin aminosav lebontásának zavara miatt kialakuló betegség. Egy testi kromoszómához kötött gén recesszív allélja okozza, ezért a beteg egyének homozigóta recesszív fenotípusúak. [11. lecke]

**Fenntartható fejlődés** ■ Olyan gazdasági fejlődés, amely biztosítja a szükségletek kielégítését anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek szükségleteinek kielégítését. Másként megfogalmazva a gazdaság és a társadalom életét a Föld eltartóképességéhez kell igazítani. [26. lecke]

**Fenotípus** ■ Egy egyed, egy sejt megfigyelhető, mérhető, kimutatható tulajdonsága. A fenotípust a genotípus határozza meg, a környezettel szoros kölcsönhatásban. [11., 13., 15. lecke]

**Fogyasztói társadalom** ■ A gazdasági növekedés következtében alapvetően kedvező folyamatként jelentkezett a fogyasztás kiterjesztése. Az egyéb értékeket háttérbe szorító és pazarló jellegűvé vált fogyasztás gazdasági, társadalmi és ökológiai krízist hozott létre. [26. lecke]

**Földrajzi elkülönülés** ■ Egy faj populációi között térbeli akadály miatt nem jöhet létre génáramlás, ezért az ilyen populációkban egymástól függetlenül változnak az allélgyakoróságok, vagyis eltérő úton történhet az evolúció.

**Főtermékközpontú termelés** ■ A termelési folyamat főterméke mellett képződő egyéb anyagok figyelmen kívül hagyása. A 20. században nagymértékben megnövekedett ipari termelés egyre fokozódó mennyiségű melléktermékét a gyártók egyszerűen a környezetbe juttatták. Ennek tulajdonítható a környezetszennyezés jelentős része. [26. lecke]

**Freonok** ■ Halogéntartalmú szénvegyületek, például a  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ . Elsősorban hűtőgépekben hűtőközegként és spray-palackok hajtógázaként kerültek használatba a 20. században, mivel veszélytelen és kémiaiilag nem reakcióképes, színtelen, szagtalan gázok. Később kiderült, hogy a légkörben tartósan megmaradnak, és a magaslégtérben katalitikus bomlását idézik elő, emiatt pedig fokozódik a földfelszínre jutó káros ultraibolya sugárzás intenzitása. Napjainkban ezért ilyen célokra már nem használatosak. [25. lecke]

**Független öröklődés** ■ Két vagy több gén függetlenül öröklődik, ha külön kromoszómákon helyezkednek el. [10. lecke]

**Gén** ■ A DNS-nek az a szakasza, amely meghatározza egy RNS bázissorrendjét, illetve egy fehérje aminosavsorrendjét, ezen keresztül pedig az élőlény valamely tulajdonságát. [1–4., 7–10. lecke]

**Génáramlás** ■ A faj népségei között egyedek vándorolnak, s a vándorló egyedek a populációk között allélokat visznek át. Ennek következtében mindkét populációban változnak az allélgyakoróságok, így nem adaptív evolúciós változás következik be. [14. lecke]

**Génerózió** ■ A népségek genetikai változásának csökkenése. Oka lehet a populációk egyedszámának csökkenése miatt bekövetkező genetikai sodródás vagy az ember célirányos nemesítő tevékenysége. [14. lecke]

**Genetikai sodródás** ■ Véletlenszerűen bekövetkező allélgyakoróság-változás, amelynek következtében allélok akár el is tűnhetnek a népségből. A populáció egyedszámának csökkenésével fokozódik a genetikai sodródás valószínűsége. [14. lecke]

**Genetikai változatosság** ■ Egyrészt a gének alléljainak száma, másrészt az egyedekben a különböző gének allélkombinációi állnak a háttérben. Az allélok számát a mutációk növelik, a kombinációt pedig a meiózis során bekövetkező allélcicserélődés és a homológ kromoszómák véletlenszerű szétválása. A nagy genetikai változatosság lehetővé teszi, hogy változó környezethez is nagyobb mértékben alkalmazkodhasson és ezáltal fennmaradhasson a populáció. [12., 14. lecke]

**Génkészlet** ■ Egy populáció egyedeiben jelen levő allélok összessége jelenti a populáció génkészletét. Minél többféle allél található egy populáció génkészletében, annál nagyobb a genetikai sokszínűsége. [13., 15. lecke]

**Génkölcsönhatások** ■ Ugyanazon tulajdonság kialakítására ható gének befolyásolják egymás hatását, így együttesen alakítják ki a fenotípust. [10. lecke]

**Génmutáció (pontmutáció)** ■ A DNS egy szakaszán bekövetkező mutáció, amely egy gén bázissorrendjének megváltozásával jár. Lehetséges egy bázis kicserélődése, egy nukleotid kiesése vagy egy plusz nukleotid beépülése. [3. lecke]

**Genom** ■ Egy élőlény teljes genetikai állománya. [4., 12. lecke]

**Genommutáció** ■ A teljes kromoszómaszerelvény megsokszorozódása.

**Genotípus** ■ A sejt, illetve a szervezet genetikai anyagában tárolt információk összessége. Ugyancsak genotípusnak nevezzük, hogy az egyed sejtjei egy vizsgált jellegre nézve mely allélokat tartalmaznak. [8–11., 13., 15. lecke]

**Genotípus-gyakoriság** ■ Egy adott genotípus aránya a népességben megtalálható genotípusok között. [15. lecke]

**Géntechnológia** ■ Gének előállítás és bejuttatása sejtekbe, ahol a gének működni kezdenek. Ez az eljárás egyrészt lehetővé teszi új tulajdonságot mutató élőlények (pl. nagyobb terméshozamú vagy ellenállóbb növény) létrehozását. Másrészt baktériumsejtek olyan peptideket termelhetnek, amelyek az ember számára felhasználhatók. A gyógyászati célra szánt emberi inzulint például ma már így állítják elő. [12. lecke]

**Génterápia** ■ Öröklődő betegségben szenvedő ember sejtjeibe működőképes géneket juttatnak be. Az új gének működni kezdenek, és pótolják a beteg hibás génjének működését. [12. lecke]

**Globális fölmelegedés** ■ A felszínközeli légrétegek és az óceánok átlaghőmérsékletének emelkedése. Oka az üvegházhatás fokozódása, amely elsősorban a légkör szén-dioxid- ( $\text{CO}_2$ ) és metán- ( $\text{CH}_4$ ) tartalmának növekedésével hozható összefüggésbe. Következései sokrétűek, például az óceánok víztömegének hőtágulása és a jégtömegek olvadása miatt a tengerszint emelkedik, a szélsőséges időjárási jelenségek egyre gyakoribbá válnak, sok helyütt szárazodik, mássutt pedig csapadékosabbá válik a klíma, a középhőmérsékleti értékek pedig várhatóan az eddig megszokottaktól jelentősen eltérhetnek. [25. lecke]

**Globalizáció** ■ A 20. század végén a gazdaság, a termelés és a kereskedelem a világot behálózó rendszerré alakult, majd ezt követte a kommunikációs lehetőségek, a gondolatok és a kulturális jelenségek világméretű, szabad terjedése. A világszerte gyorsan elterjedő értékrendek, szemléletmódok következtében az életmód is globalizálódik. [26. lecke]

**Haploid** ■ Az a sejt, amelyben a kromoszómaszerelvény egyszeres, vagyis minden különböző alakú és működésű kromoszómából 1-1 található a sejtmagban. Az ember haploid ivarsejtjeitben  $n = 23$  kromoszóma van. [4., 5., 7., 9. lecke]

**Hardy–Weinberg-szabály** ■ Az ideális és az egyensúlyi populációban az allélgyakorísági értékek nem változnak. A genotípus-gyakoríságok a  $p^2 + 2pq + q^2 = 1$  összefüggés alapján adhatók meg, ahol  $p$  és  $q$  a vizsgált gén két alléljának gyakorísága. [15. lecke]

**Határérték** ■ A környezetszennyező anyagok azon koncentrációja, amelynek elérése veszélyeztetheti a környezet állapotát vagy az ember egészségét. A határértékeket jogszabályok rögzítik a talajra, a levegőre és az élővizekre nézve is. [26. lecke]

**Hemofília** ■ A véralvadási zavarokkal járó vérzékenységek egyik, X-kromoszómához kötötten öröklődő típusa. A vérzékenységekben szenvedő emberek vére a véralvadási faktorok hibás szerkezete miatt nem, vagy csak lassan alvad meg. [9., 11. lecke]

**Heterozigóta** ■ Az egyik genotípus neve. Olyan egyed, amelynek sejtjei a vizsgált jellegre nézve különböző allélokat tartalmaznak. Ha a gén két alléja B és b, akkor a heterozigóták genotípusa Bb. [6., 7. lecke]

**Homo erectus** ■ Előember. Legkorábbi leletei Afrikából származnak, kb. 1,5 millió évesek. Agykoponyája térfogata 800–1300 cm<sup>3</sup> volt. Kőből, csontból eszközöket készített, ismerte és használta a tüzet. [18. lecke]

**Homo habilis** ■ A Homo erectus elődjének tekintett faj mintegy 2 millió éve jelent meg Afrikában. A Homo nemzetség első képviselőjének tartják. Csoportokban élt, két lábon járt, kavicseszközöket használt. Agykoponyája 650–800 cm<sup>3</sup> volt. [18. lecke]

**Homo heidelbergensis** ■ Az előembertől kialakult emberi faj, a Neander-völgyi ember és a mai ember közös őseinek tartják. [18. lecke]

**Homo sapiens** ■ A Homo nemzetség egyetlen ma élő képviselője. Kb. 200-300 ezer évvel ezelőtt jelent meg Afrikában, majd szétterjedt Ázsiában és Európában is. [18. lecke]

**Homológ kromoszómák** ■ Azonos alakú és méretű kromoszómák, amelyek azonos sorrendben hordozzák az egyes tulajdonságokat meghatározó géneket. [4., 5., 7., 10. lecke]

**Homológ szervek** ■ Közös eredetű szervek. Gyakran divergens fejlődés következtében eltérő feladatot látnak el. Ilyenek például a gerincesek végtagjai: a madarak szárnya, a fókák mellső úszója és az ember keze. [III. fejezet Összefoglalás]

**Homozigóta** ■ Az egyik genotípus neve. Olyan egyed, amelynek sejtjei a vizsgált jellegre nézve azonos allélokat tartalmaznak. Ha a gén két alléja B és b, akkor a homozigóták genotípusa BB vagy bb. [7., 8–12. lecke]

**Hulladékkezelés** ■ A háztartásokban keletkező kommunális hulladék, valamint az ipari és a mezőgazdasági hulladék kezelése. Legegyszerűbb a lerakás, amely akkor megfelelő, ha a lerakott hulladéktömegből a környezetbe nem juthatnak ki szennyező anyagok. Az égetés csökkenti a hulladék mennyiségét, viszont a keletkező gázt tisztítani kell, és a hamu is veszélyes anyagokat tartalmazhat. Legkedvezőbb a szelektíven gyűjtött hulladék újrafelhasználása. Az utóbbi eljárás alkalmazása a szűkös nyersanyagforrások környezetszennyező kitermelésének mértékét is csökkenti. [27. lecke]

**Humán Genom Projekt (Humán Genom Program)** ■ 1990–2006 között zajlott. Célja a teljes emberi genom bázissorrendjének megállapítása volt, amelynek sikerét 2000-ben jelentették be. Több ország számos kutatója vett részt a programban. [12. lecke]

**Ideális populáció** ■ Matematikai modell, amelyben meghatározott feltételek mellett a népesség allélgyakoriságai állandóak. A feltételek: végtelen egyedszám, nincs be- és kivándorlás, nincs mutáció és szelekció, az ivaros szaporodás bármely egyedek között azonos valószínűséggel zajlik. [15. lecke]

**Indító régió** ■ Az a DNS-szakasz, amelyhez kötődik az RNS DNS-ről történő átírását irányító RNS-polimeráz enzim. Idegen szóval promóter régióknak is nevezik. A prokarióták génműködési egységének, az operonnak a része. [2. lecke]

**Intermediér öröklésment (részleges dominancia)** ■ Olyan allélikus kölcsönhatás, amelynek eredményeként a heterozigóta egyedek fenotípusa a kétféle homozigóta fenotípusa közötti átmeneti jelleget mutat. [8., 11. lecke]

**Irányító szelekció** ■ A mennyiségi jellegekre ható olyan szelekciós folyamat, amelynek eredményként a népességben előforduló jelleg valamely szélső értéke terjed el, a többi fenotípus megrikkul. [13. lecke]

**Ivari kromoszómák** ■ Egy faj egyedeinek azon kromoszómái, amelyek alapvető szerepet játszanak az ivarmeghatározásban. Az ember kromoszómakészletében a nők sejtjeiben XX, a férfiak sejtjeiben XY ivari kromoszómák találhatóak. [4., 6., 9., 11. lecke]

**Izomdiszomorfa** ■ Olyan testképzavar, amelyben az egyén túl soványnak, gyengének látja testét. A beteg nagymértékű erősítés, testedzés mellett is fejletlennek látja izomzatát. Elsősorban férfiak körében fordul elő. [21. lecke]

**Kálium–argon-módszer** ■ A radioaktivitáson alapuló abszolút kormeghatározási módszer. Idősebb kőzetek korának megállapítására alkalmas. [III. fejezet Összefoglalás]

**Kapcsolt gének** ■ Azonos kromoszómán elhelyezkedő gének. Az általuk meghatározott tulajdonságok együtt öröklődnek, köztük az allélcicserélődés növelheti a genetikai változatoságot.

**Kémiai evolúció** ■ A szerves anyagok spontán kialakulása szervesetlen anyagokból a földtörténeti ősidőben. [16., 17. lecke]

**Kibocsátás (emisszió)** ■ Szennyező anyag kijuttatása a környezetbe. [23. lecke]

**Klón** ■ Azonos genetikai állományú egyedek. Ivartalan szaporodással alakulhat ki. [12. lecke]

**Kodominancia** ■ Olyan allélikus kölcsönhatás, amikor a heterozigóta egyedekben mindkét allél azonos mértékben megnyilvánul. Legismertebb példája, hogy az ABO vércsoportrendszerben az I<sup>A</sup>I<sup>B</sup> genotípusú egyedekben az A és B vércsoport is megjelenik. [8. 11. lecke]

**Kodon** ■ Az mRNS-molekulák egy bázishármasa, amely a szintetizálódó fehérje egy aminosavát határozza meg. [1. lecke]

**Konvergens fejlődés** ■ Egymással leszármazási kapcsolatban nem levő, de hasonló környezetben élő, hasonló életmódú élőlények az evolúció során hasonlóvá váltak. [III. fejezet Összefoglalás]

**Környezeti kár** ■ A környezet és a természet elemeinek sérelme bármely emberi tevékenység révén. Az elemek közé tartozik a talaj, a víz, a levegő, a táj, a települési környezet, az élővilág, a biológiai sokféleség stb. A környezeti kár lehet helyi (pl. általában a talaj károsodása), amikor nem terjed nagy távolságra, és lehet globális, amely nagy távolságra terjed, akár a földfelszín és a légkör nagy részét érinti (pl. légkör, óceánok károsodása). [23. lecke]

**Környezetszennyezés** ■ A környezetterhelés meghaladja a jogszabályban rögzített határértéket. [23. lecke]

**Kromoszóma** ■ A sejtmagban található, DNS-ből és fehérjéből álló komplex. Szerkezete és feladata a sejtciklus során változik. [2., 4. lecke]

**Kromoszómamutáció** ■ A kromoszómák szerkezetének megváltozásai, amelyek nagyobb géncsoportokat érintenek. [6. lecke]

**Lánckezdő kodon** ■ A fehérjeszintézis kezdetét jelentő bázishármas (AUG) az mRNS-en, amely metionin aminosavat határoz meg. [1. lecke]

**Lánckezdő tRNS** ■ Metionin aminosavat szállító tRNS, amely a bázispárosodás szabályainak megfelelően antikodonjával (UAC) az mRNS lánckezdő kodonjához (AUG) kapcsolódhat. [1. lecke]

**Letális allél** ■ Az egyed életképtelenségét okozó allél. Ha a letális allél recesszív, akkor csak a homozigóta recesszív genotípusú egyedek pusztulnak el. Ha a letális allél domináns, akkor a homozigóta domináns, és a heterozigóta egyedek is életképtelenek. [15. lecke]

**Makroevolúció** ■ A faj feletti egységek (nemzetségek, családok, rendek, osztályok, törzsek, országok) kialakulásának, evolúciójának folyamata. [13., 17. lecke]

**Megküzdési stratégiák** ■ Azok az erőfeszítési módok, ahogyan az emberek igyekeznek legyőzni rájuk ható fenyegetéseket, stresszhelyzeteket. A stratégia választása attól függ, hogy az egyén hogyan értelmet a helyzetet. A problémaközpontú megküzdést akkor választja, ha úgy érzi, hogy van esélye befolyásolni a stresszhelyzetet (tárgyalás, problémamegoldás keresése, hiányzó képesség megszerzése). Az érzelmközpontú megküzdés célja a stresszhez kapcsolódó érzelmi reakciók csökkentése (panasz, figyelemelterelés, helyzet ártértelezése, droghasználat). [22. lecke]

**Meg nem újuló energiaforrások** ■ A fosszilis energiaforrások a földgáz, a kőolaj és a kőszén. Ezenkívül még az atomreaktorokban használatos radioaktív hasadóanyagok tartoznak a meg nem újuló energiaforrások közé. [26. lecke]

**Megújuló energiaforrások** ■ Olyan energiaforrások, amelyek a Nap sugárzó energiájából vagy a Föld belső hőtartalmaiból származnak. Megújuló energiát hasznosítanak a víz-erőművek, a naperőművek (napelemek), árapályerőművek, szélenergiák, a geotermikus energiát hasznosító berendezések. [26. lecke]

**Mennyiségi jellegek** ■ Mérhető tulajdonságok, amelyek a népegekben változatosságot mutatnak, jellegzetes eloszlásban. A mennyiségi jellegeket sok gén alléljai alakítják ki; az egyes gének kis hatásúak. A fenotípust a környezeti hatások is befolyásolják. [10. lecke]

**Mesterséges szelekció** ■ Az ember által végzett szelekció, legtöbbször irányító szelekció. A növény- vagy állatnépességből meghatározott szempontok alapján kiválogatják a megfelelő fenotípusú egyedeket, és csak ezeket szaporítják tovább. [13. lecke]

**Mikroevolúció** ■ A fajon belüli, illetve a fajok kialakulását eredményező evolúciós változások folyamata. [13. lecke]

**Miller-kísérlet** ■ Modellkísérlet, amely bizonyította, hogy a földtörténeti ősidő elejére jellemző körülmények között kialakulhattak egyszerű szerves molekulákból szerves anyagok (kémiai evolúció).

**Modellkövetés** ■ A szociális tanulás második, az egyszerű utánpótlást követő szintje. Rokonszenves, irigylésre méltó vagy hatalmat birtokló egyén mintának kiválasztása után annak követése. [19. lecke]

**Mongolid nagyrasz** ■ A modern ember, a Homo sapiens egyik alfaja. Eredetileg Ázsiában elterjedt népegeket foglalt magában, de belőlük származnak az amerikai indiánok és az inuitok (eszkimók) is. [18. lecke]

**Monokultúra** ■ Ugyanazon növényfaj huzamos ideig tartó termesztése egy adott földterületen. Előnye, hogy tartósan állandó technológia használható, és nagy mennyiségű termék előállítását teszi lehetővé. Hátránya, hogy a kártevők gyorsan elterjedhetnek, és a talaj egyoldalú igénybevétele miatt a tápanyagellátás állandó műtrágyázást igényel. [23. lecke]

**Mutáció** ■ A genetikai információ megváltozása. Az ivarsejtek képződésekor lezajló mutációk az utódokba öröklődnek. [3–6. lecke]

**Neander-völgyi ember** ■ Az ősember kb. 300 ezer éve jelent meg és 27 ezer éve kihalt. Agykoponyájának térfogata a mai emberéhez hasonló volt. Alakata alacsony, zömök, a hideg éghajlathoz alkalmazkodott. [18. lecke]

**Negrid nagyrasz** ■ A modern ember, a Homo sapiens egyik alfaja. Eredetileg afrikai elterjedésű populációk alkották. [18. lecke]

**Nem adaptív evolúció** ■ A népegekben lezajló olyan evolúciós változások, amelyek nem a környezethez való alkalmazkodást eredményezik. Általában gyors változást okoznak. E folyamatok közé tartozik a génáramlás és a genetikai sodródás. [14. lecke]

**Néma szál** ■ Egy génben a DNS-molekula két polinukleotidlánc közül az, amelyik bázissorrendje nem íródik át RNS-re. [1. lecke]

**Nemhez kötött öröklődés** ■ Az ivari kromoszómákhoz kapcsolt gének öröklődése. Az emlősök hímivarú egyedeiben a sejtek X és Y ivari kromoszómát tartalmaznak, tehát az ivari kromoszómák génei csak egyetlen példányban vannak jelen. Ezért az általuk hordozott gének hatása mindenképpen megnyilvánul. [9. lecke]

**Népegegrobbanás** ■ Az emberi népege egyedszámának gyors növekedése, amely a csecsemő- és gyermekhalandóság csökkenésével és az élettartam növekedésével magyarázható. A jelenség a Földön aránytalan eloszlású, elsősorban Afrikában, Ázsiában és Dél-Amerikában jelentkezik. Ez a földi erőforrások, javak korlátozott mennyisége és egyenlőtlen elosztása miatt súlyos ellátási zavarokhoz vezethet. [26. lecke]



**Normál eloszlási görbe** ■ Szimmetrikus, harang alakú görbe. A mennyiségi jellegek (pl. testmagasság) mutatnak ilyen eloszlást a népeségekben. Az átlagos tulajdonságú egyedek aránya a legnagyobb, az átlagostól nagymértékben eltérő, szélső mennyiségi értékeket mutató egyedek aránya egyre kisebb.

**Operátor régió** ■ A prokarióták génműködési egységének, az operonnak a része, közvetlenül a struktúrgének előtt található. Ha represszorfehérje kötődik hozzá, akkor a struktúrgének átírása szünetel. [2. lecke]

**Óvilági majmok** ■ Az ázsiai és az afrikai majmok. Közéjük tartoznak az emberszabású majmok és az emberfélék. [18. lecke]

**Ökológiai elkülönülés** ■ Azonos területen élő populációk elkülönülése az eltérő ökológiai környezetekhez való alkalmazkodás következtében. [III. fejezet Összefoglalás]

**Öslénytan** ■ A kőületek kialakulásával, leírásával, vizsgálatával, összehasonlításával foglalkozó tudomány. [27. lecke]

**Ózonpajzs (ózonréteg)** ■ A Föld magaslégkörének ózontartalma, amely a fotoszintézis megjelenése után kezdett kialakulni a légköri oxigénből. Védelmet nyújt a napsugárzással érkező, káros ultraibolya sugárzás ellen. [25. lecke]

**Plazmid** ■ A prokarióta sejtekben előforduló gyűrű alakú DNS-molekula, amely lényegesen kisebb, mint a sejtműködésre vonatkozó összes információt tartalmazó baktériumkromoszóma. A plazmidok a baktériumkromoszómától függetlenül kettőződnek meg, és nem minden sejtben fordulnak elő. [4., 12. lecke]

**Pontmutáció lásd: génmutáció** [6. lecke]

**Populáció (népesség)** ■ Egy faj egy helyen, egy időben élő, szaporodási közösséget alkotó egyedeinek összessége. Egy fajnak rendszerint több népessége van. [13. lecke]

**Presztízfogyasztás** ■ Az a jelenség, amikor használati tárgyakat és egyéb fogyasztási eszközöket nem a célszerűségük miatt vásárolnak. Manapság elsősorban a médiában megjelenő reklámok hatásaival hozható összefüggésbe. [26. lecke]

**Prokarióta** ■ Az a sejt, amelyben nem található a sejtplazmától maghárttyával elhatárolt, valódi sejtmag. Genetikai állománya a sejtplazmában található, és nincs egyéb membránnal határolt sejtalkotójuk sem. Prokarióták a baktériumok és a kékbaktériumok. [1., 4. lecke]

**Radiokarbon-módszer** ■ Abszolút kormeghatározási módszer, amely széntartalmú anyagok, elsősorban szerves maradványok korának megállapítására szolgál. Az élő szervezetek az élettelen környezetükkel állandó anyagforgalmi kapcsolatban vannak, ezért a radioaktív <sup>14</sup>C-izotóp-arányuk egyezik. Az élőlény pusztulása után a radioaktív izotóp a bomlás miatt fogyni kezd, mennyisége 5570 évenként elfeleződik. A <sup>14</sup>C-izotóp mennyiségének mérésével így meg lehet becsülni az élőlény pusztulása óta eltelt időt, néhány tízezer éves korig. [III. fejezet Összefoglalás]

**Ramapithecus** ■ Kihalt emberszabású majom, kb. 15 millió éve jelent meg. Leletei mindhárom óvilági kontinensről előkerültek, ismert hazai lelete a Rudapithecus hungaricus. [18. lecke]

**Rátermettség** ■ Biológiai alkalmasság. Azt fejezi ki, hogy valamely egyed milyen mértékben képes szaporodni, tehát géneit átadni a következő nemzedéknek. A kevésbé rátermett egyedek nagy valószínűséggel kiszekelálódnak. [15. lecke]

**Recesszív allél** ■ Csak homozigóta genotípusú egyedekben nyilvánul meg az általa meghatározott fenotípusos jelleg. [8–10., 13. lecke]

**Reciprok keresztezés** ■ Olyan második genetikai keresztezés, amelyben az első keresztezéshez képest felcserélik a vizsgált jellegeket mutató egyedek nemét. Ha a két keresztezés eredménye eltér egymástól, akkor a vizsgált jelleg nemhez kötötten öröklődik. [9. lecke]

**Relatív kormeghatározás** ■ A kőzetekben megtalálható ősmaradványok egymáshoz viszonyított korát, kialakulásuk sorrendjét adja meg. Fontos támpontot adnak a szintjelző fossziliák, amelyek meghatározott időben nagy számban, sok leőhelyen fordulnak elő.

**RNS** ■ Egy polinukleotid-láncból álló, viszonylag reakcióképes vegyületek. A DNS-ben tárolt információt közvetítik a fehérjeszintézis során. Három alapvető típusuk a hírvívó – mRNS, a szállító – tRNS és a riboszomális – rRNS. [1–3. lecke]

**Rövid távra tekintő termelés** ■ A termelési folyamat az aktuális tevékenység gazdaságos megvalósítását helyezi a középpontba, az esetleges hosszú távú hatások, például a környezetkárosodás figyelmen kívül hagyásával. [26. lecke]

**Sejtciklus** ■ Az eukarióta sejtek élete, ami a sejt kialakulásától a következő osztódásig tart. Két szakaszra tagolható, a nyugalmi szakaszra és az azt követő sejtosztódásra. A nyugalmi szakasz további három fázisra különíthető el: első növekedési fázis (G<sub>1</sub>), szintézisfázis (S), második növekedési fázis (G<sub>2</sub>). [4. lecke]

**Sejtmagvacská** ■ Az eukarióta sejtek sejtmagjában megfigyelhető erősen festődő terület. Nagy mennyiségű RNS-t és fehérjét tartalmaz. Itt történik a riboszomális RNS szintézise, és itt alakulnak ki a riboszómák alegységei. [4. lecke]

**Stabilizáló szelekció** ■ A mennyiségi jellegekre ható olyan szelekciós folyamat, amely a népességben előforduló jelleg szélső értékei ellen hat, ezért az átlagos jelleg aránya növekszik. [13. lecke]

**Stopjel** ■ A fehérjeszintézis végét jelző bázishármas az mRNS-en. Nem határoz meg aminosavat, mivel nincs olyan antikodonú tRNS, amely kapcsolódhatna hozzá. [1. lecke]

**Stressz** ■ A szervezetet érő bármely megterhelő inger hatására bekövetkező élettani reakciók összessége. A köznyelvi értelemben a folyamatos vagy rendszeres feszültséget jelenti, amely a stresszreakciók állandósulásához vezet. Az egyszeri stresszhelyzetek az élet természetes velejárói, a tartós stressz-állapot viszont súlyos egészségkárosodáshoz vezethet. [22. lecke]

**Szelekció** ■ Más néven kiválasztódás. Olyan evolúciós folyamat, amely során az adott környezetben kedvező fenotípusú egyedek elterjednek, gyakoriságuk nő. [13. lecke]

**Szétválasztó szelekció** ■ A mennyiségi jellegekre ható olyan szelekciós folyamat, amelynek a népességben előfor-

duló jelleg átlagos értékei ellen hat, ezért a szélső jellegek aránya növekszik. Ezzel a folyamattal gyorsan kialakulnak az eltérő testfelépítésű és életmódú utódpopulációk. [13. lecke]

**Szinkronizáció** ■ Az ember társas magatartásaiban a csoporttagok tevékenységének összehangolása. A szinkronizáció legfontosabb tényezői a szabálykövetés, a normaképzés és az empátia. [20. lecke]

**Szmog és szmogriadó** ■ A légszennyezés miatt kialakuló füstköd. A levegőbe kerülő szennyező anyagoktól függően kétféle szmog fordul elő. A széntüzelés következtében a légkörbe kerülő por, korom és kén-dioxid okozza a londoni típusú szmogot. Erős napsugárzás esetén, a gépjárművek által kibocsátott nitrogén-oxidok, szénhidrogének és szén-monoxid felhalmozódása hozza létre a Los Angeles-i típusú szmogot. Mindkettő szélcsendes időben alakul ki, hiszen a légmozgás a légszennyeződést kisodorja a város levegőjéből. A légszennyező anyagok bizonyos határértékei felett szmogriadó lép életbe. Tájékoztatási fokozat esetén az emberek maguk dönthetnek a tevékenységükkel kapcsolatban, riasztási fokozatban azonban a kibocsátás forrásainak (pl. belső égésű motorral szerelt járművek, hőerőművek, üzemek stb.) működését rendeletileg korlátozzák. [25. lecke]

**Szociális tanulás** ■ Az idősebb egyedek sikeres magatartás-elemeinek átvétele. Legelemibb formája az utánzás, bonyolultabb a modellkövetés és a belsővé tétel. [20. lecke]

**Szocializáció** ■ Az adott kultúra, csoport normáinak, értékeinek, hagyományainak, attitűdjeinek elsajátítása révén a csoportba való beilleszkedés folyamata. A szocializáció során az egyén megtanulja megismerni önmagát és környezetét, elfogadja az együttélés szabályait. [20. lecke]

**Szociokulturális hatások** ■ Az embert körülvevő közvetlen társadalmi környezetnek, például a családnak, a lakóközösségnek, az iskolatársaknak és a tanároknak, a munkatársaknak, a médiának stb. a gondolkodást, magatartást befolyásoló hatásai. [21. lecke]

**Sztereotípiák** ■ Valamely közös jellemző alapján egy csoportba sorolt emberek tulajdonságait, jellemvonásait is egyformának tekintjük. [19. lecke]

**Természetes szelekció** ■ Az adott környezethez kevésbé jól alkalmazkodott egyedek szaporodása kisebb mértékű, mint a rátermettebb egyedeké. Ennek következtében az adott környezethez jobban alkalmazkodott egyedek nagyobb arányban örökökik tovább génjeiket a következő nemzedékre. [13., 15. lecke]

**Természetvédelem** ■ Élőlények, életközösségek, élőhelyek, élettelen természeti tárgyak (pl. barlangok, sziklaalakzatok), valamint a táj megőrzésére, illetve helyreállítására szolgáló tevékenység. A természetvédelmi jogszabályok által biztosított védelem vonatkozhat meghatározott területekre és területi megjelölés nélkül bizonyos természeti értékekre (pl. az összes barlangra vagy egyes fajok minden egyedére).

A természetvédelem további eszközei az őrzés, a károk megelőzése és a károsodott természeti értékek helyreállítása. [27. lecke]

**Testi kromoszómák** ■ Egy faj egyedeinek azon kromoszómái, amelyek mindkét nemben megtalálhatók, és nincs alapvető szerepük az ivarmeghatározásban. [4., 9. lecke]

**Testkép** ■ Az ember saját testének, vonzerejének szubjektív megítélése. A testkép kialakulására az egyén személyisége és a szociokulturális hatások hatnak, ezért messzemenően függ attól, hogy mely korban és kultúrában él az ember. Testképzavar akkor alakul ki, ha az egyén a saját testét a társadalmi elvárástól kedvezőtlenül eltérőnek (pl. kövérnek, gyengének) tartja. [21. lecke]

**Testtelő keresztezés** ■ Az azonos fenotípusú homozigóta domináns és heterozigóta egyedek genotípusának megállapítása homozigóta recesszív egyedekkel való keresztezéssel. [8. lecke]

**Ülepedés** ■ A levegő egyes anyagai a gravitáció folytán a földfelszínre érkeznek. A száraz ülepedés során a levegőben levő szilárd szemcsék és a felületükre kötődő anyagok kerülnek a felszínre. A nedves ülepedés azt jelenti, hogy a levegő anyagai a csapadékvízben oldva kerülnek a talajra vagy a vízbe. [25. lecke]

**Városiasodás** ■ A falvak, községek városokhoz hasonlóvá válása. A községek jellegzetességeit korábban a mezőgazdasági tevékenység határozta meg. Ezek a sajátságok lassan eltűnnek, és városias infrastruktúra, életmód válik meghatározóvá. [25. lecke]

**Városodás** ■ A városok számának és méretének növekedése. [25. lecke]

**Veddo- ausztraliid nagygrasz** ■ A modern ember, a Homo sapiens egyik alfaja. Ausztrália és a környező szigetek őslakói tartoznak ide. [18. lecke]

**Védett fajok** ■ A jelentősen lecsökkent egyedszámú fajok jogszabályi védelemben részesülnek. Ennek célja az érintett fajok eltűnésének megelőzése, illetve a faj genetikai sokféleségének megőrzése. A védett fajok egyedeinek károsítása meghatározott összegű bírság megfizetését vonja maga után. [27. lecke]

**Vércsoport** ■ A vörösvértettek jellemző tulajdonsága, amelyet a sejt felszínén található, több típusba sorolható összetett fehérjék alakítanak ki. Az ABO és az Rh vércsoport ismerete nélkülözhetetlen a vérátömlesztésben. [7., 8., 11., 13–15. lecke]

**Vezérkövületek (szintjelző fossziliák)** ■ Olyan ősmaradványok, amelyek a földtörténet valamely meghatározott szakaszában nagy számban és sok lelőhelyen fordulnak elő. Ezek ismerete segít megállapítani, hogy hozzájuk viszonyítva a közeli kőzetrétegekben megtalálható kövületek milyen korúak lehetnek. [III. fejezet Összefoglalás]