

Osztapcsenko L. I., Balan P. G., Poliscsuk V. P.

# BIOLOGIA

Tankönyv az általános oktatási rendszerű magyar  
tannyelvű középiskolák 9. osztálya számára

*Jóváhagyta Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma*



Csernyivci  
„Bukrek”  
2017

УДК 57(075.3)  
О-76

*Перекладено за виданням:*

Л. І. Остапченко, П. Г. Балан, В. П. Поліщук. Біологія. Підруч. для  
9 кл. загальноосвіт. навч. закл. – К. : Генеза, 2017. – 256 с. : іл.

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*  
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 20.03.2017 № 417)

**Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено**

Експерти, що здійснили експертизу підручника під час проведення конкурсного відбору проектів підручників для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів і зробили висновок про доцільність надання підручнику грифа „Рекомендовано Міністерством освіти і науки України”:

*Степанов С. О.*, учитель-методист Богуславської загальноосвітньої школи I–III ступенів № 2 Богуславської районної ради Київської області;

*Шагієва Р. Р.*, методист кабінету природничо-математичних предметів, технологій Рівненського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти;

*Данилович Ю. В.*, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна Національної академії наук України.

**Остапченко Л. І.**

О-76 Біологія : підруч. для 9-го кл. загальноосвіт. навч. закл. з навч. угор. мовою / Л. І. Остапченко, П. Г. Балан, В. П. Поліщук ; Пер. з укр. – Чернівці : Букрек, 2017. – 256 с. : іл.

ISBN 978-966-399-889-3

Підручник відповідає навчальній програмі „Біологія, 6–9 класи” для загальноосвітніх навчальних закладів. За його допомогою учні ознайомляться з досягненнями таких біологічних наук, як біохімія, цитологія, гістологія, генетика, екологія тощо, дізнаються про загальні закономірності живої природи та різні рівні організації живої матерії, узагальнять знання, набуті впродовж попередніх років навчання.

**УДК 57(075.3)**

© Остапченко Л. І., Балан П. Г.,  
Поліщук В. П., 2017  
© Видавництво „Генеза”,  
оригінал-макет, 2017  
© Видавничий дім „Букрек”,  
переклад, 2017

ISBN 978-966-11-0847-8 (укр.)  
ISBN 978-966-399-889-3 (угор.)

## ***Kedves kilencedikesek!***

Az előző tanévekben megismerkedtetek a különböző élőlények világával: baktériumokkal, növényekkel, gombákkal, állatokkal. Részletesen foglalkoztatok az emberrel, mint bioszociális lénnel, testfelépítésével és életműködésével.

A 9-ik osztályban megismerkedtek majd a biológiai tudományok eredményeivel, amelyek tanulmányozzák a szervezetek kémiai összetételét, a sejtek, valamint szövetek felépítését és működését, az egyedfejlődés sajátosságait, az öröklődés és változatosság törvényszerűségeit. Megismeritek azokat az általános törvényszerűségeket, amelyek jellemzik az élővilág különböző képviselőit, és az élő anyag szerveződési szintjeit. Összegezni fogjátok az előző években tanultakat.

A megszerzett tudás segíteni fog jobban eligazodni a benneteket körülvevő élőlények összetett, sokszínű és rendkívül érdekes világában. Megértitek majd az élőlények és a külső környezet közötti kölcsönhatásokat. Reméljük megértitek, hogy milyen fontos a természet megóvása, állapotának javítása, a természeti források védelme és ésszerű felhasználása. Érdekes lesz számotokra megismerkedni a biotechnológia, a gén- és sejtsebészet eredményeivel, mivel ezek fejlődésétől függ az emberiség problémáinak megoldása: az élelmiszer előállítás, új gyógyszerek létrehozása, környezetvédelmi módszerek fejlesztése, az ember életének meghosszabbítása.

A biológia óra fontos része a laboratóriumi kísérlet, a laboratóriumi és gyakorlati munka. Ezek segítenek nektek önállóan elsajátítani a tudást, kialakítani speciális és gyakorlati ismereteket. A tanulmányi projektek kialakítják az önálló munka készségét, a szükséges információ megszerzésének képességét a kiegészítő olvasmányok segítségével.

A fő tananyagon kívül a tankönyv tartalmaz kiegészítő anyagot is a kiemelt szövegrészekben. Ezek érdekes és hasznos információk a biológia különböző területeiről.

Kívánunk nektek sok sikert az élő szervezetek összetett és érdekes világának megismeréséhez! Reméljük, hogy a biológia tanulása során szerzett ismeretek hasznosak lesznek számotokra az életben.

*A szerzők*



# BEVEZETÉS

## A bevezetésben megismeritek:

- a biológia tudományterületeit;
- a biológia vizsgálati módszereit;
- az élő anyag szerveződési szintjeit;
- a biológia jelentőségét az ember életében és a modernkori biológia főbb feladatait.

## 1. §. A BIOLÓGIA – AZ ÉLŐ TERMÉSZETRŐL SZÓLÓ ÖSSZETETT TUDOMÁNY. A BIOLÓGIAI RENDSZEREK SZERVEZŐDÉSI SZINTJEI. BIOLÓGIAI KÍSÉRLETEK FŐBB MÓDSZEREI

*Emlékezzetek, hogy mi a biológiai rendszer! Mi jellemző a növényekre, a gombákra, a baktériumokra és az állatokra? Milyen módszerekkel vizsgálják az egy- és többsejtű szervezeteket? Mi a populáció, az ökoszisztéma, az anyagkörforgás?*

A biológia – az élő természetről szóló összetett tudomány. Már tudjátok, hogy a biológia a különböző életjelenségeket vizsgálja. Mint önálló természettudomány a biológia már időszámításunk előtt létrejött. (Emlékezzetek, milyen tudósok nevéhez fűződik keletkezése!) Ugyanakkor megnevezését csak 1802-ben kapta Jean-Baptiste Lamarck francia és Gottfried Reinhold Treviranus német tudósoktól (1. ábra).

Az előző tanévekben már megismerkedtetek az olyan biológiai tudományágak alapjaival, mint a botanika, a citológia, a virológia, az egyedfejlődés biológiája, a genetika, az ökológia, az evolúciobiológia stb. (2. ábra). Ezek és más biológiai tudományágak lehetőséget nyújtanak az élő szervezetekre jellemző összefüggések tanulmányozására.

Az előző években szintén megismerkedtetek az élő anyag főbb tulajdonságaival, a baktériumok, a növények, a gombák, az állatok és az emberi szervezet példáján. Összefoglaljuk ezeket.



1. ábra. 1. Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829). 2. Gottfried Reinhold Treviranus (1766–1837)

Az élő szervezetek – egységes biológiai rendszerek, amelyek képesek a regenerációra, az önszabályozásra és a reprodukcióra.

A sejt az élő anyag felépítésének, életműködésének és fejlődésének alap-egysége.

### **Aktiváljátok tudásotokat!**



Minden élőlény vagy szervezet különálló részekből, sejtekből áll.

A szervezetek kémiai összetételükben különböznek az élettelen tárgyaktól. (Minden élőlény kémiaiag főként 4 elemből áll: hidrogénből, szénből, hidrogénből és oxigénből.)

Az élő anyagra jellemző a környezettel való anyag- és energiacsere, vagyis minden szervezet nyílt rendszer.

Minden biológiai rendszer képes az önszabályozásra. Ez a legfőbb feltétele a homeosztázis fenntartásának.

A szervezetek jellemzője – a mozgásképesség.

Az élő anyagra jellemző az *ingerlékenység* – a külső és belső környezeti ingerek felfogóképessége, és egy bizonyos fokú reakcióképesség.

Minden biológiai rendszerre jellemző a reprodukció, vagyis a szaporodás.

A szervezetek szintén képesek növekedni és fejlődni. A növekedés során növelik méretüket és testtömegüket. A fejlődés – minőségi változások sorozata, amelyek során megváltozik a test felépítése és működése.

A biológiai rendszerek képesek adaptálódni. Emlékezzetek vissza, hogy az adaptáció az élő rendszerek alkalmazkodása a külső vagy belső környezet változásaihoz.

**Biológia** – az élet különböző szerveződési szintjeivel foglalkozó tudományok rendszere; az élő szervezeteket vizsgálja, és összeveti a törvényszerűségeket, amelyek a szervezetre jellemzőek; a feladata – az élet lényegének megismerése.

<b>Molekuláris biológia</b>	azokat a folyamatokat vizsgálja, amelyek az élő rendszerekben mennek végbe molekuláris szinten.
<b>Sejttan</b>	a sejtek felépítéséről és az élet működéséről szóló tudomány.
<b>Szövettan</b>	a szövetek felépítéséről és funkciójáról szóló tudomány.
<b>Biotechnológia</b>	alkalmazott tudomány, amely az élő szervezetek és a biológiai folyamatok felhasználásával ipari módszereket dolgoz ki, és használ fel.
<b>Embriológia</b>	a szervezetek egyedfejlődésének embriológiai szakaszával foglalkozó tudomány.
<b>Egyedfejlődés (ontogenezis) biológiája</b>	a születéstől a halálig vizsgálja az egyedfejlődés törvényszerűségeit.
<b>Virologia</b>	a sejtnélküli életformákkal (vírusokkal) foglalkozó tudomány.
<b>Genetika</b>	az öröklődés és a változékonyság törvényszerűségeivel, az örökletes információk átadásának mechanizmusaival foglalkozó tudomány.
<b>Nemesítés</b>	gyakorlati tudomány, amely új növény-, állatfajtákat és mikroorganizmus törzseket hoz létre.
<b>Ökológia</b>	a szervezetek egymás közötti kölcsönhatásával és a környezettel való kapcsolatával foglalkozó tudomány.
<b>Evolúcióbiológia</b>	az élő anyag fejlődésének törvényszerűségeit vizsgáló tudomány.
<b>Paleontológia</b>	kihalt szervezetek vizsgálatával foglalkozó tudomány.
<b>Törzsfjlődés (filogenezis)</b>	a különböző élőlénycsoportok konkrét fejlődési szakaszaival foglalkozó tudomány.
<b>Rendszertan</b>	a jelenkori és kihalt élőlények sokféleségével foglalkozó tudomány.
<b>Növénytan</b>	növényekkel foglalkozó tudomány.
<b>Mikológia</b>	gombákkal foglalkozó tudomány.
<b>Állattan</b>	állatokkal foglalkozó tudomány.
<b>Bakteriológia</b>	prokarióta szervezetekkel (archeákkal és baktériumokkal) foglalkozó tudomány.
<b>Anatómia</b>	az a tudomány, amely a különböző szervek, szervrendszerek és szervezetek felépítésével foglalkozik.
<b>Élettan (fiziológia)</b>	a szervezetek életműködésével foglalkozó tudomány. Irányzatai: növény-, állat-, emberélettan.

2. ábra. A biológia tudományágak rövid jellemzése.

*Feladat. Gondolkozzatok el rajta, hogy a felsorolt biológiai tudományágak közül melyek állnak leginkább kapcsolatban egymással!?*



3. ábra. Az élő anyag szerveződési szintjei: 1 – molekuláris szint (végbe mennek a biokémiai reakciók, kódolja az örökletes információkat); 2 – sejt szint (a sejtek molekulákból állnak); 3 – szervezet szintjei (a soksejtű szervezetek sejtjes felépítésűek); 4 – populáció-faji szint (a populációk egyedekből állnak, a fajok populációkból); 5 – az ökoszisztéma szintje (az ökoszisztémákat a különböző fajok alkotják); 6 – a bioszféra szintje (bioszféra – a bolygó ökoszisztémáinak összessége).

**Az élő anyag szerveződési szintjei.** Az élő anyag különböző szerveződési szintjeiről lehet beszélni, amelyek az evolúció során alakultak ki. Ezek a molekuláris, a sejt, a szervezeti, a populáció-faji, az ökoszisztéma és a bioszféra szintek (3. ábra).

**Molekuláris szinten** történnek a biológiai rendszerekben a biokémiai folyamatok és az energiaátalakulás, illetve ezen a szinten tárolódik, változik és realizálódik az örökítőanyag. Molekuláris szinten léteznek az elementáris biológiai rendszerek, mint a vírusok. Az élő anyagnak ezt a szintjét vizsgálja a molekuláris biológia, a biokémia, a genetika, a virológia.

A **sejt szint** azzal jellemezhető, hogy a sejt mint biológiai rendszer, képes az önálló működésre és reprodukcióra. Minden sejtben, legyen szó egysejtű vagy többsejtű szervezetről, anyag- és energiacsere zajlik, tárolódik és realizálódik az örökítő információ. A sejtek képesek az osztódásra. Ezt a szerveződési szintet vizsgálja a citológia, a hisztológia.

A **szervezet szintje.** A többsejtű szervezetekben az egyedfejlődés során a sejtek specializálódnak, felépítésükben és funkciójukban megváltoznak, gyakran képeznek szöveteket. A szövetek szerveket alkotnak, a különböző szervek kölcsönös kapcsolatban állnak egymással az anyag- és energiacsere folyamatában, létrehozva a szervrendszereket. Ezáltal biztosítják a szervezet egészének egységes biológiai rendszerként való működését. (Az egysejtű szervezeteknél a szervezet szintje egybeesik a sejt szintjével.) A szervezet szintjén vizsgálódik több tudományterület is: a növénytan, az állattan, a mikológia, a bakteriológia stb.

A **populáció-faji szint.** Minden szervezet valamely biológiai fajhoz tartozik. Az egy fajhoz tartozó szervezetek testfelépítése és életműködése közös jellemzőkkel bír, hasonló az ökológiai igényük. Képesek termékeny utódokat világra hozni. Az egy fajhoz tartozó egyedek azon csoportja, mely huzamosabb ideig többé vagy kevésbé elkülönülve él az azonos fajú egyedek más csoportjaitól, populációt alkot.

Az **ökoszisztéma szintje.** A különböző fajok populációi, amelyek közös területen élnek, egymással és az élettelen természettel kölcsönhatásban vannak a faj feletti biológiai rendszereket, az ökoszisztémákat alkotják. Az ökoszisztéma szintjére jellemző az állandó energiaáramlás a különböző fajok populációi között, illetve az állandó anyagcsere az ökoszisztéma élő és élettelen részei között, vagyis az anyagkörforgás.

A **bioszféra szintje.** A bolygónk minden ökoszisztémája együttesen alkotja a bioszférát – a Föld azon rétegét, amelyet az élő szervezetek benépesítenek. A bioszféra a bolygónk egyetlen globális ökoszisztémája. Az élő anyag szervezet feletti szerveződési szintjeit – a populációt, az ökoszisztémát és a bioszférát együttesen – az ökológia tanulmányozza.

**A biológiai vizsgálatok módszerei.** Az élő anyagot a különböző szerveződési szinteken különböző módszerekkel vizsgálják. Közülük a legfőbbek – az összehasonlító-leíró, a kísérleti módszerek, a monitoring és a modellezés módszerei.

**Összehasonlító és leíró módszert** a kiváló a görög tudós Arisztotelész nevéhez kötik. Ezt a módszert használva írják le a tudomány számára új fajokat, folyamatokat vagy jelenségeket. Ugyanakkor, gyakran nem elégséges leírni az új fajokat, folyamatokat, jelenségeket stb. A vizsgált objektum, folyamat vagy jelenség sajátosságainak megállapítása érdekében szükséges azok összehasonlítása más objektumokkal, folyamatokkal vagy jelenségekkel. Például, a tudomány számára új fajok felfedezése nem lehetséges a rokon fajokkal való összehasonlítás, a hasonlóságok és a különbségek elemzése nélkül. Az összehasonlítás csak bizonyos szerveződési szinteken történhet (például, egy bizonyos molekula összehasonlítása más molekulákkal, egy bizonyos sejt összehasonlítása más sejtekkel, egy bizonyos faj összehasonlítása más fajokkal).

A **kísérleti módszer** lényege abban áll, hogy a kísérletvezető tevőlegesen beavatkozik a vizsgálat objektumának felépítésébe, a különböző folyamatok, jelenségek lefolyásába, és megvizsgálja a beavatkozás következményeit. A kísérletek történhetnek terepen vagy laboratóriumban. A terepi kísérleteket természetes körülmények között végzik: például a kísérleti részlegen, ahol bizonyos anyagok hatását vizsgálják a növények növekedésére, az ember mezőgazdasági tevékenységének hatását vizsgálják a természetes ökoszisztémákra, stb. A laboratóriumi kísérleteket speciális eszközökkel ellátott termekben (laboratóriumokban) végzik. Az ilyen vizsgálatok során gyakran használnak modellszerkezeteket, amelyeket a tudósok mesterségesen tenyésztnek.

**Monitoring** – az egyes populációkban, ökoszisztémákban, a bioszféra egészében végbemenő folyamatok vagy bizonyos biológiai objektumok állapotának folyamatos vizsgálata. A monitoring lehetővé teszi egy bizonyos objektum, populáció, ökoszisztéma és a bioszféra teljes állapotának meghatározását, a lehetséges negatív változások előrejelzését, azok következményeinek elemzését és a védelmi intézkedések időben történő kidolgozását.

Például, a légkör széndioxid-tartalmának monitoringja vizsgálhatóvá teszi, hogyan hatnak a változások Földünk klímájára.

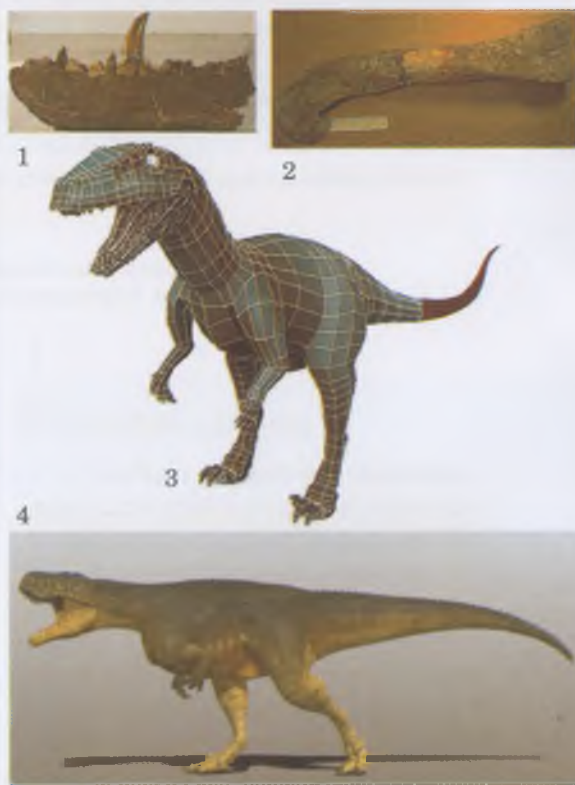
**Modellezés** – a felépítés, a működés, a folyamatok vizsgálatának és bemutatásának módszere azok egyszerűsített utánzata segítségével (4. ábra). A modellezés több tudományos vizsgálat kötelező eleme, mivel lehetőséget nyújt az objektumok és folyamatok vizsgálatára olyan esetekben, amikor nem lehetséges közvetlenül vizsgálni vagy megismételni a kísérletet. Modellezés segítségével a tudósok előre jelzik a különböző folyamatok vagy jelenségek lehetséges következményeit. Bizonyos ideális objektumokat vagy jelenségeket hoznak létre, majd összehasonlítják azokat a valós körülmények között tapasztaltakkal. A felsorolt módszerek segítségével kapott eredményeket feldolgozzák statisztikai elemzés felhasználásával.

A **matematikai modellezés a biológiában** – matematikai elemző módszerek összessége, amelyekkel az összetett mennyiségi összefüggéseket és törvényszerűségeket vizsgálják a biológiai rendszerekben. Ezt számítógépek segítségével végzik, ami lehetőséget nyújt nagy mennyiségű információ tárolására és gyors feldolgozására speciális programok felhasználásával. Matematikai modellezés segítségével lehetőség nyílik a szervezetek kölcsönhatásának vizsgálatára az ökoszisztémákban. (Például, a növényevők egyedszámának függését ragadozók egyed-

**Az élet szerveződési szintjei** – a biológiai rendszerek hierarchikusan egymás alá rendelt szerveződési szintjei, amelyek az evolúció során létrejött bonyolultságukat mutatja. Az élő anyag szerveződési szintjei szoros kölcsönhatásban vannak egymással: az alsóbbrendű szerveződési szintek a magasabbrendű szinteket alkotják.

## Jó tudni

A paleontológiai vizsgálatok során a tudósok gyakran csak valamely földtörténeti korban élt állat egy-egy csontját, vagy csak csonttöredékét fedezik fel. A modern számítógépes technológia felhasználásával a tudósok képesek teljes 3D modelleket létrehozni az ilyen élőlényekről.



4. ábra. 1 – A ragadozó *Megalosaurus* alsó állkapcsának darabja. Ez a dinosaurusz a hátsó végtagjain járt (a közép Jura korban élt (181–169 millió évvel ezelőtt); csontváz maradványokat találtak Angliában, Franciaországban és Portugáliában); 2 – *Megalosaurus* combcsontja; 3 – a *Megalosaurus* térhatású modellezésének egyik szakasza; 4 – a *Megalosaurus* modellje

## A MATEMATIKAI MODELLEK FELÁLLÍTÁSÁNAK SZAKASZAI

Fokozatosan felállítanak egy hipotézist és kérdéseket vetnek fel, amelyekre a modellnek válaszolnia kell

Kidolgoznak egy megfelelő matematikai modellt, ennek segítségével bizonyos adatokat kapnak

Összehasonlítják a kapott eredményeket a vizsgálatok és kísérletek eredményeivel megbizonyosodva ezáltal a modell helyes működéséről.

## A modern biológiai vizsgálatok eredményeinek fő felhasználási irányzatai

Az emberiség ellátása élelmiszerekkel

Az ember és a háziállatok egészségének védelme

A környezet védelme és a fajok sokféleségének megővése

számától, a populáció egyedszám változásának összefüggését a klímaváltozással vagy az emberi tevékenység hatásával.)

**Statisztikai módszer.** A statisztikailag feldolgozatlan, nem teljes körűen kielemezett összegyűjtött adatok összessége nem nyújt lehetőséget minden információ megszerzésére, amelyek ezekben az adatokban rejlenek. Így nem állapíthatjuk meg a törvényszerűségeket. A matematikai feldolgozás szükséges ahhoz, hogy megállapítsuk a kapott eredmények megalapozottságát, ami lehetőséget nyújt a helyes összesítésre. A matematikai, illetve statisztikai módszerek a biológiát leíró tudományból egzakt tudományá tették, amelynek alapja a kapott eredmények pontos matematikai elemzése.

A statisztikailag megalapozott törvényszerűségeket a biológiában szabálynak vagy törvénynek tekinthetjük. A **biológiai törvények** – olyan törvényszerűségek, amelyek alól általában nincs kivétel, és csak meghatározott módon értelmezhetőek. (Emlékezzetek a törvényekre, amelyeket más tárgyakból tanultatok!) Nemsokára megismerkedtek a biológia, főként az ökológia és az öröklődés főbb törvényeivel.

**A biológia jelentősége az ember életében.** Manapság a biológia rendkívül fontos szerepet játszik az emberi társadalom létezésében. A biológiai vizsgálatok eredményei szükségessé:

- ✓ az ember egészségének megőrzéséhez, illetve a háziállatok gyógyításához és betegségeinek megelőzéséhez;
- ✓ az emberek élelmiszerekkel való ellátásához;
- ✓ állapotának megőrzéséhez és javításához, illetve a természeti erőforrások ésszerű felhasználásához.

A biológusok közreműködésével jelentős fejlődést értünk el az ember, a házi állatok és a kultúrnövények sokféle betegségének idejében történő diagnosztizálásában, megelőzésében és gyógyításában. Vagyis, a különböző szervezetek által termelt biológiailag aktív anyagok felhasználásával a tudósok modern hatásos gyógyszereket – antibiotikumokat, hormonokat stb. – hoznak létre, erre a célra a gén- és a sejtsebészet módszereit használják fel. A modern molekuláris biológiai és genetikai vizsgálatok lehetőséget nyújtottak sok szervezet genetikai információjának megismerésére, az egyes gének DNS-molekulában való helyének, funkciójának meghatározására. Ez segíthet az örökletes betegségeket okozó génhibák azonosításában és normálisra való kicserélésében.

A biológia olyan tudomány, amely arra hivatott, hogy vizsgálataival meggyőzze az embereket a természethez való megfelelő hozzáállás fontosságáról, a természet törvényei szerinti élet fontosságáról, nem törekedve azok megváltoztatására semmilyen módon. A modern ökológia az elméleti alapja a természeti környezet megővésének. A biotechnológia által elért eredményeknek köszönhetően már léteznek modern módszerek, amelyek lehetőséget nyújtanak különböző mikroorganizmusok felhasználására a környezetünk szennyező anyagoktól való megtisztításában.

A biológia szoros kapcsolatban áll más természet- és bölcsész tudományi tárgyakkal (5. ábra).

A biológiát a XXI. sz. vezető tudományának hívják. A modernkori biológia eredményei nélkül nem volna lehetséges az agrártudományok, az egészségvédelem, a biotechnológia stb. fejlődése. Habár a biológia jelentős eredményeket ért el az élő természet megismerésében, még sok megoldatlan probléma



## Tudományok, amelyek a biológia és más tudományok kapcsolatából jöttek létre

<b>Biokémia</b>	élő szervezetek kémiai összetételéről és a szervezetekben végbemenő kémiai folyamatokról szóló tudomány; a biológia és a kémia kapcsolatából jött létre.
<b>Biofizika</b>	az a tudomány, amely a különböző szerveződési szintű biológiai rendszerekben végbemenő fizikai folyamatokat, illetve fizikai tényezők hatását vizsgálja a biológiai objektumokra; a biológia és a fizika kapcsolatából jött létre.
<b>Biogeográfia</b>	az élő szervezetek elterjedését vizsgálja; a biológia és a földrajz kapcsolatából jött létre.
<b>Szocioökológia</b>	az emberi társadalom és a környezet kölcsönhatásának törvényszerűségeit vizsgálja; az ökológia és a bölcsészettudományok kapcsolatából jött létre.
<b>Antropológia</b>	az ember, mint bioszociális lény eredetével és evolúciójával foglalkozik; az embertan és a bölcsészettudományok kölcsönhatásából jött létre.
<b>Gyógyászat (medicina)</b>	az ember egészségével és az egészség védelmével, a betegségek megelőzésében, betegségekkel, diagnosztikai és gyógyító módszerekkel foglalkozó tudomány; az emberről szóló biológiai tudományok (anatómia, élettan, az ember genetikája stb.) eredményeit használja fel.
<b>Kozmobiológia</b>	szervezetek működési sajátosságait vizsgálja kozmikus körülmények között; különböző természettudományok (fizika matematika, kibernetika, kémia stb.) kapcsolatából jött létre.
<b>Bionika</b>	szervezetek felépítését és életműködését vizsgálja technikai rendszerek és eszközök létrehozása céljából.
<b>Sugárbiológia (radiobiológia)</b>	az ionizáló sugárzás a különböző szerveződési szinteken lévő élő rendszerekre gyakorolt hatását vizsgálja

5. ábra. Példák a biológiai és más tudományágak kölcsönhatására  
**Feladat.** Különböző információ forrásokat felhasználva egészítsétek ki a vázlatot!

áll előtte. Lehetséges, hogy éppen nektek áll majd módotokban megfejteni az élet nagy titkait a Földön.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

biológia, az élő anyag szerveződési szintjei, monitoring, leíró és kísérleti módszerek, modellezés.

### Ellenőrizétek a megszerzett tudást!

1. Ki és mikor javasolta a „biológia” szakkifejezést? 2. Milyen főbb biológiai tudományokat ismersz? 3. Milyen más tudományokkal áll kapcsolatban a biológia? 4. Mi a jelentősége a biológiának az emberi társadalom számára? 5. Az élő anyag milyen szerveződési szintjeit ismered? 6. Milyen biológiai vizsgálati módszereket ismersz?

### Gondolkodjatok el rajta!

1. Az emberiség milyen felfedezései váltották ki a biológia fejlődését?  
 2. Mivel magyarázható az élő anyag szerveződési szintjének sokfélesége?

### Beszélgjék meg csoportosan!

Különböző információ források felhasználásával jellemezzétek a biológia fejlődésének főbb szakaszait!

## Röviden a lényeg

A biológia – összetett tudomány, amely az élet különböző megnyilvánulásait vizsgálja. A modern biológia szoros kapcsolatban áll más természettudományokkal, illetve a bölcsészettudományokkal is.

Az élő anyag több szerveződési szinten létezik: molekuláris, sejt, szervezet, populáció-faj, ökoszisztéma és bioszféra. Az élő anyag szerveződési szintjei szoros kapcsolatban állnak egymással.

Az élő anyagot különböző szerveződési szinteken különböző módszerekkel vizsgálják: összehasonlító – leíró, kísérleti, monitoring és modellezés.

A vizsgálatok során kapott eredményeket statisztikai elemzés alá veszik.

## TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK

Válasszátok ki a helyes feleletet!

1. Nevezétek meg a tudósokat, akik a „biológia” kifejezést javasolták: a) Linné és Lamarck; b) Scwann és Schleiden; c) Lamarck és Trevianusz; d) Darwin és Behr!
2. Mutassatok rá, hogyan nevezik a biológiai rendszerek viszonylagos belső állandóság megőrző képességét: a) fagocitózis; b) metabolizmus; c) homeosztázis; d) adaptáció!
3. Mely biológiai rendszerek léteznek molekuláris szerveződési szinten: a) gombák; b) növények; c) kékmoszatok; d) vírusok?
4. Határozzátok meg az élő anyag legmagasabb szerveződési szintjét: a) populáció-faji; b) bioszféra; c) szervezet; d) ökoszisztéma!
5. Nevezetek meg a módszert, amellyel a tudósok az új fajokat írják le: a) kísérleti; b) összehasonlító – leíró; c) matematikai modellezés; d) ökológiai monitoring!
6. Nevezetek meg a biológiai rendszert, amelyre az élő anyag szervezeti szintje jellemző: a) ökoszisztéma; b) élesztőgomba; c) populáció; d) vírusok!
7. Nevezetek meg azokat a biológiai rendszereket, amelyek a szervezet feletti biológiai rendszerekhez tartoznak: a) Volvox; b) vírusok; c) populációk; d) likacsoshéjúak!

### Asszociációs teszt

8. Társítsátok a fajt, folyamatot a rá jellemző jelenséggel vagy az élő anyag szerveződési szintjével!

- |                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| 1 sejtosztódás           | A molekuláris szint  |
| 2 globális anyagforgalom | B sejt szint         |
| 3 mocsári béka           | C szervezet szint    |
| 4 HIV-vírus              | D ökoszisztéma szint |
|                          | E bioszféra szint    |

### Nyílt végű feladatok

9. Mi a hasonlóság és a különbség az egysejtű és a soksejtű szervezetek sejtjeinek felépítése és működése között?
10. Mi a hasonlóság és a különbség a soksejtű növények és állatok ingerelhetőségében?



# 1. TÉMA. A SEJTEK KÉMIAI ÖSSZETÉTELE

**Ebben a témában megismeritek:**

- az élő szervezetek kémiai összetételét;
- az élő szervezetek szervetlen molekulainak tulajdonságait és funkcióit;
- az élő anyag molekuláris szintjét;
- a szerves anyagokat;
- szerves vegyületek – lipidek, szénhidrátok, fehérjék, nukleinsavak, biológiailag aktív anyagok – felépítését, tulajdonságait és funkcióit;
- a szerves anyagok felépítése és funkciója közötti kapcsolatot; szerves vegyületek szerepét a szervezetek működésének biztosításában.

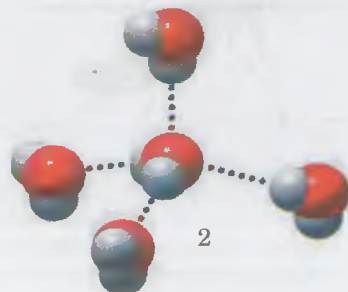
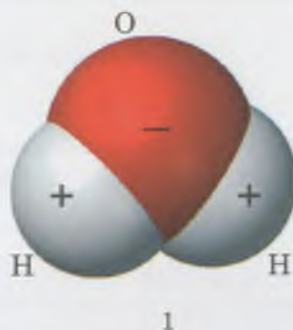
## 2. §. A VÍZ. A VÍZ TULAJDONSÁGAI ÉS SZEREPE A BIOLÓGIAI RENDSZEREKBE. MÁR SZERVETLEN VEGYÜLETEK

*Emlékezzetek, mi a közös az élő és élettelen természet között! Melyik kémiai kötést nevezük kovalensnek?*

Már tudjátok, hogy az élő szervezetek kémiai összetételét, felépítését, tulajdonságait és a bennük található vegyületek szerepét, azok szintézisét és átalakulását vizsgáló tudományt **biológiai kémiának** vagy **biokémiának** nevezzük. A biokémia egyik legfőbb feladata – a sejtek és a szervezet egészének működését szabályozó azon mechanizmusok megismerése, melyek az anyag- és energiacsere folyamatainak egységességét biztosítják a szervezetben.

Az összes kémiai vegyület közül kiemelt szerepe van a víznek a szervezet működésének biztosításában. A víz képezi a szervezetek belső közegét. A vízben történik az anyag- és az energiacsere. A víznek közvetlen szerepe van a szerves vegyületek lebomlásában. A szervezet víztartalma 60–70 %, némely esetben akár 98 % (például a medúzákban). A sejtek többségének citoplazma körülbelül 80 % vizet tartalmaz.

**A víz felépítése, tulajdonságai és funkciói.** A víz egyedülálló kémiai és fizikai tulajdonságokkal rendelkezik. Már tudjátok, hogy a vízmolekula ( $H_2O$ ) két hidrogén atomból áll, amelyek **kovalens kötéssel** kapcsolódnak az oxigén atomhoz (6. ábra, 1). A vízmolekula pólusain pozitív és negatív töltések vannak, vagyis poláris molekula. Ennek következtében általában két szomszédos vízmolekula kölcsönösen vonzza egymást, mivel az egyik molekula oxigén atomjának negatív töltése és a másik molekula hidrogén atomjának pozitív töltése elektrosztatikus kölcsönhatást hoz létre. Ily módon **hidrogénkötés** jön létre (6. ábra, 2), ami 15–20-szor gyengébb, mint a kovalens kötés. Folyékony halmazállapotban a víz molekulái szüntelenül mozognak, a hidrogénkötései állandóan elbomlanak és újra keletkeznek. A hidro-



6. ábra. 1. A vízmolekula egy oxigén atomból és két hidrogén atomból áll (méretarányos modell).  
2. A hidrogénkötés kialakulásának sémája a vízmolekulák között (pontokkal van jelölve).

## Jó tudni

A jégkristályok képződése szervezet sejtjeiben a sejt sejtstruktúrák károsodásával jár. Ez a sejtek és az egész szervezet pusztulásához vezet. Éppen ezért az emlősöket és az embereket nem lehet lefagyasztani, majd később kiolvasztani az életképesség megőrzésével.

## Jó tudni

A víz tulajdonságai a benne oldott anyagok hatására megváltozhatnak, főként a fagyás- és a forráspontja, aminek nagy biológiai jelentősége van. Például, a növények sejtjeiben a tél beálltával a szénhidrátok, az izeltlábúakban a glicerin, a halakban a fehérjék stb. koncentrációja megnő. Ez lecsökkenti a hőmérsékletet, amelyen a víz megfagy, ezáltal előzve meg a fagyáskárt. Képzeljétek el: a rovarok között léteznek Ormányos tücskök (7. ábra), amelyek a hótakarón is aktívak. (Ukrajnában megtalálhatóak.)



7. ábra. Ormányos tücsök  
(Csőrösrovarok rendje)

🍃 **Hőkapacitás** – az a hőmennyiség, amely a test vagy a környezet hőmérsékletének 1 °C-kal való felmelegítéséhez szükséges.

gén kötéssel részletesebben megismerkedtek majd a kémia órákon.

A vízmolekulák egy része vízburkot hoz létre bizonyos vegyületek (például a fehérjék) körül, megakadályozva a kölcsönhatásukat. Az ilyen vizet **kötött** vagy **strukturált víznek** (4–5 %-a a szervezet víztartalmának) hívjuk. A fennmaradó 95–96 % vizet **szabad víznek** hívjuk: nincs megkötve más vegyületek által.

**A hőmérséklettől függően a víz képes változtatni a halmazállapotán.** A hőmérséklet csökkenésével a víz folyékony halmazállapotból átmehet szilárd halmazállapotba, a hőmérséklet emelkedésével gáz (gőz) halmazállapotba.

**A vízmolekulák képesek ionizálódni**, ilyenkor hidrogén és hidroxid-ionokra bomlanak. Ezen esetben a vízmolekulák és ionok között dinamikus egyensúly jön létre:



**A víz határozza meg a sejtek fizikai sajátosságait** – térfogatát és sejten belül nyomását (turgor). Más folyadékokkal összehasonlítva viszonylag magas a forrás-, az olvadás- és a párolgáspontja, ami az egymással szomszédos vízmolekulák kölcsönhatása miatt van.

**A víz – univerzális oldószer.** Vannak olyan anyagok, amelyek jól oldódnak a vízben (hidrofilek, vagy polárisak), és vízben nem oldhatóak (hidrofóbok, vagy apolárisak). A hidrophil vegyületek közé tartozik sok kristályos só, például a konyhasó (NaCl), a glükóz, a fruktóz stb. Ezeknek gyakran vannak poláris (részlegesen töltött) csoportjai, amelyek képesek kölcsönhatásba lépni a vízmolekulákkal. A hidrofób anyagok (majdnem minden lipid, némely fehérjék) apoláris csoportokat tartalmaznak, amelyek nem lépnek kölcsönhatásba vízmolekulákkal (–CH<sub>2</sub>, –CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>). Az ilyen vegyületek főként apoláris oldószerekben oldódnak (kloroform, benzol).

Az anyagok bejutása a sejtbe és az anyagcsere-végtermékek kijutása a sejtől oldott állapotban történhet.

**A víz részt vesz különböző vegyületek szállításában a szervezeten belül.** A növények szerves és szervetlen anyagainak oldatai a szállítószövetben vagy a sejtközi állományban szállítódnak. Az állatokban ezt a funkciót a vér, a nyirok, a szöveti folyadék stb. látja el.

**A víz részt vesz összetett biokémiai átalakulásokban.** Például, a víz közreműködésével bomlanak le a szerves anyagok miközben a bomlás helyére H<sup>+</sup> és OH<sup>-</sup> ionok kapcsolódnak. Sok biológiai folyamat lefolyása válik lehetővé éppen a hidrogénkötések keletkezése és lebomlása következtében.

**A vízzel van összefüggésben a szervezet hőszabályozó képessége.** Magas hőkapacitás jellemző rá, vagyis képes hőt elnyelni saját hőmérsékletének jelentéktelen változásával. Ennek köszönhetően a víz megakadályozza a sejtek és a szervezet egészének jelentős hőmérsékletváltozását, amikor a környezet hőmérséklete jelentősen megváltozik. Mivel a víz párolgtatása során sok hővész el, a szervezetek képesek megvédeni magukat a túlhevüléstől (például a növények transzspirációja, az emlősök

verejtékezése, a víz párologtatása nyálkahártyákon keresztül az állatoknál).

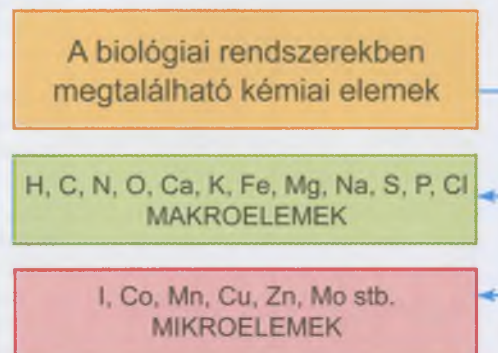
A jó hővezetése miatt a **víz biztosítja a hő egyenletes eloszlását a szövetek és a szervezet szervei között** a vérkeringés, a nyirokkeringés az állatok testüreg-folyadékainak keringése, a növények esetében folyadékok mozgása révén és más módokon.

**Az élő szervezetek kémiai összetétele.** A több mint 120 kémiai elemből a szervezetben több mint 60-at találunk. Ezek közül egyes elemek minden szervezetben feltétlenül megtalálhatók, mások csak némelyekben (lásd: 1. táblázat).

Azok a kémiai elemek, amelyeknek aránya 99,9 %, a hidrogén, a szén, a nitrogén, az oxigén, a kalcium, a kálium, a nátrium, a vas, a magnézium, a kén, a klór, a foszfor, a makroelemekhez tartoznak. Közel 60 kémiai elem a mikroelemekhez (a jód, a kobalt, a mangán, a réz, a molibdén, a cink stb.), ezek mennyisége a sejtekben  $10^{-12}$  % és  $10^{-3}$  % között található. A hidrogént, a szént, a nitrogént és az oxigént organogén elemeknek nevezzük, mivel főként éppen ezek alkotják a szerves vegyületeket. (Az élőlények kémiai összetételét mintegy 98 %-ban ezek képezik.)

A sejtekben a kémiai elemek vagy szerves és szervetlen vegyületeket alkotnak, vagy ionok formájában találhatóak meg.

A szervezetekben még nem találtak olyan kémiai elemet, amely nem létezne az élettelen természetben. Ez az egyik bizonyítéka annak, hogy **az élő és élettelen természet egységet alkot.**



Táblázat 1.

### Az élőlények összetételét alkotó egyes kémiai elemek és biológiai jelentőségük

Az elem és vegyjele	Mennyisége a sejtben, %	Biológiai jelentősége
oxigén (O)	65–75	Megtalálható a vízmolekulákban, a szervetlen és szerves vegyületekben; az oxigén légzés közben jut a szervezetbe, és a szerves vegyületek oxidálását biztosítja.
szén (C)	15–18	Megtalálható minden szerves és sok szervetlen vegyületben. A szén-dioxidnak köszönhetően autotróf élőlényekben végbemegy a fotoszintézis: felhasználják a szént a saját szerves anyagaik szintézisére.
hidrogén (H)	8–10	Megtalálható a vízmolekulákban és más szervetlen és szerves vegyületekben.
nitrogén (N)	1,5–3,0	Megtalálható a fehérjékben, a nukleinsavakban, az ATP-ben és néhány más biomolekulában. A nitrogén atomjai megtalálhatóak az ásványi vegyületekben, amelyeket a növények a talajból vesznek fel. Egyes baktériumok, mint a rhizóbiumok, egyes cianobaktériumok képesek megkötni a légköri nitrogént. Nitrogén található a kitinben – a gombák sejtfalának, az ízeltlábúak kutikulájának alkotója, amely tartást ad sejtjeik számára.
foszfor (P)	0,2–1,0	Megtalálható egyes fehérjékben, a nukleinsavakban és más molekulákban; az ortofoszforsav sói – különböző állatok csontvázának alkotója. Az ortofoszforsav részt vesz az ATP (az energia univerzális hordozója) szintézisében. A foszfor hiánya negatívan hat a csontváz fejlődésére, sok fontos szerves anyag szintézisére. A foszfor vegyületei gyorsítják a termések érését, és biztosítják a növények télállóságát.

Az elem és vegyjele	Mennyisége a sejtben, %	Biológiai jelentősége
kálium (K)	0,15–0,4	A szervezeteknek egyik fő pozitív töltésű ionja; részt vesz a sejtmembránon keresztül történő szállítás biztosításában, a szív munkájának szabályozásában (a kálium koncentrációjának növekedése lassítja a szívverést); elektromos potenciálkülönbséget hoz létre a sejtmembránban.
kén (S)	0,15–0,2	Megtalálható a fehérjékben (főként a keratinban) és némelyik szerves anyagban. A kénsav-maradványok összekapcsolódva a vízben nem oldódó anyagokkal, biztosítják azok oldhatóságát. Ez segíti elő az ilyen anyagok oldott állapotban való kiválasztását a sejtből és a szervezetből.
klór (Cl)	0,05–0,1	A szervezet fő negatív töltésű ionja; megtalálható a sósavban (az ember és sok állat gyomornedvének fő alkotója), a vérplazmában. A sósav savas közeget képez a gerinces állatok és az ember gyomrában, a gyomornedv enzimek aktivitását biztosítja.
kalcium (Ca)	0,04–2,0	Megtalálható a fogakban, a csontokban és a kagylóhéjban; ionos formában részt vesz az anyagcsere szabályozásában, a vázizmok összehúzódásában, a szív működésben. (A kalcium ionok koncentrációjának növekedésével gyorsul a szívverés.); Fontos szerepe van az ember és az emlősök véralvadásában. A kalcium-vegyületek hiánya a gyerekeknél elgörbült csontokat – angolkórt – eredményezhet.
magnézium (Mg)	0,02–0,03	Megtalálható bizonyos enzimekben és a klorofill molekuláiban. Ennek a kémiai elemnek a hiányában sérül a fotoszintézis folyamata.
nátrium (Na)	0,02–0,03	Az egyik fő pozitív töltésű sejten belüli ion; részt vesz a sejtmembránon keresztül történő anyagszállításban; megtalálható a vérplazmában: a nátrium klorid állandó összetevője (0,9 %) a vérplazmának – a szervezetünk homeosztázisának fenntartásához szükséges.
vas (Fe)	0,01–0,015	Egyes biomolekulák alkotója (A hemoglobin, mioglobin megköti a vérben szállított oxigént, összetett enzimek stb.)
cink (Zn)	0,0003	Egyes enzimek és hormonok alkotója. (A cinkre szükség van a hasnyálmirigy hormonjainak termeléséhez.)
Réz (Cu)	0,0002	Megtalálható egyes enzimekben, egyes gerinctelen állatok légző pigmentjében – hemocianinban. Rézre van szükség a vérképződéshez.
jód (I)	0,0001	A pajzsmirigy hormonjainak (tiroxin, trijótironin) alkotórésze. Túl kevés mennyiségű jód fogyasztása a táplálékkal vagy vízzel ezeknek a hormonoknak a képződését negatívan befolyásolhatja az emberi szervezetben.
fluor (F)	0,0001	A fogzománc egyik alkotója, a szilárdságát biztosítja. Hiánya a szervezetben a fogzománc sérülését – fogszuvasodást – okoz.

## Röviden a lényeg

A víz képezi a szervezet belső közegének alapját, amelyben végbe megy az anyag- és energiacsere. A víz közvetlenül részt vesz a szerves vegyületek lebontásában.

## Kulcsfontosságú szakszavak és fogalmak:

makroelemek, mikroelemek, hidrogénkötés, hidrofíli, hidrofób vegyületek

## **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Milyen a víz molekulájának felépítése? 2. Miért tartják a vizet univerzális oldószernek? 3. Milyen tulajdonságai teszik a vizet az élő szervezetek belső közegének alapjává? 4. Mi a szerepe a víznek az élő szer-

vezetek anyagcseréjében? 5. Mely vegyületek tartoznak a hidrofilekhez, és melyek a hidrofóbokhoz? 6. A kémiai elemeket milyen csoportokra osztjuk a szervezetben megtalálható mennyiségük alapján? 7. Mely kémiai elemek tartoznak a makroelemekhez? Mondjátok el mi ezeknek a funkciója az élő szervezetekben!

### Gondolkodjatok el rajta!



1. Miért gondolják a tudósok, hogy az élet a vízben keletkezett? 2. Miről tanúsodik az a tény, hogy az élőlények szervezetébe minden kémiai elem megtalálható, ami az élettelen természetben is?

### Kreatív feladat



Különböző információs forrásokat felhasználva készítsetek közleményt a vízről, mint fontos természeti forrásról!

## 3. § A SZERVES ANYAGOK FOGALMA. LIPIDEK ÉS SZÉNHIDRÁTOK

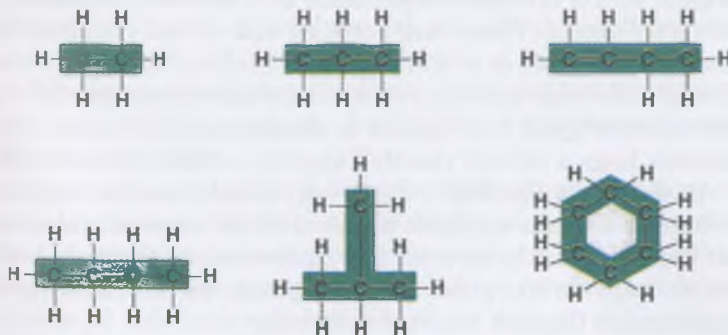
*Emlékezzetek*, mely elemek tartoznak az organogénekhez! Miben különböznek a hidrophil és a hidrofób vegyületek? Mi a feladata az ionoknak az élő szervezetekben? Mi a szerepe az ember szervezetében a mellékvese hormonjainak és az ivari hormonoknak? Mi a glikokálisz?

Kémiából már tanultátok, hogy a vegyületek lehetnek szervesek vagy szervetlenek (*Emlékezzetek* mi közöttük a különbség!)

A **szerves anyagok** – a szén vegyületei más elemekkel, amelyek megtalálhatóak az élőlényekben. A szerves vegyületekben dominálnak az organogén kémiai elemek: hidrogén, oxigén, nitrogén és szén. A kovalens kötésekben az egymáshoz kapcsolódó atomok láncot, gyűrűt vagy gyűrűk sorozatát képezik – ez a **molekula váza** (8. ábra).

A sejtet különböző szerves vegyületek alkotják: lipidek, szénhidrátok, fehérjék, nukleinsavak stb. Ezek lehetnek nagy molekulatömegű molekulák, amelyek állhatnak azonos vagy különböző alegységekből (egyszerű molekulákból) – **monomerekből**. Az ilyen vegyületeket **biopolimereknek** vagy **makromolekuláknak** nevezzük. Így például, a fehérjemolekulák aminosavakból épülnek fel; nukleinsav molekulák – nukleotidokból, az összetett szénhidrátok – monoszacharidokból. (Lásd: 2. táblázat!)

2. táblázat



8. ábra. Szénatomok által alkotott különböző szerves vegyületek váza. Figyeljétek meg, hogy minden szénatom négy kovalens kötéssel kapcsolódik más atomokhoz és vegyületekhez!

A víz határozza meg a sejt fizikai sajátosságait – a térfogatát és a sejten belüli nyomást (turgor).

A víz – univerzális oldószer. Azokat az anyagokat, amelyek jól oldódnak a vízben hidrofileknek (polárisnak) nevezzük, míg a vízben nem oldódókat – hidrofóboknak (apolárisnak).

A víznek fontos szerepe van a különböző vegyületek szállításában. Részt vesz az összetett biokémiai átalakulásokban, a szervezet szabályozásában.

Az élettelen természet elemeinek kémiai összetétele az élő szervezetekhez képest állandó.

A szervezetben található kémiai elemek mennyiségük alapján lehetnek makroelemek (99,9%) és mikroelemek (< 0,1%). A makroelemekhez tartoznak: a hidrogén, a szén, a nitrogén, az oxigén, a kalcium, a kálium, a nátrium, a vas, a magnézium, a kén, a klór, a fosfor. Megközelítőleg hatvan kémiai elem tartozik a mikroelemekhez (jód, kobalt, mangán, réz, molibdén, cink stb.).



9. ábra. Danilevszkij Olekszandr Jakovics (1983–1923)

### Jó tudni

Danilevszkij Olekszandr Jakovics – ismert biokémikus, farmakológus és fiziológus, akit a biokémia egyik megalapítójának tekintenek (9. ábra). Harkov városában született, ahol a harkovi egyetemen tanult (jelenleg V. N. Karazina Harkovi Nemzeti Egyetemnek hívják). Főbb kutatási területei: a fehérjék kémiája (főként az enzimeké) és a tudatos táplálkozás kérdése.

## A szervezetet alkotó szerves vegyületek főbb csoportjai

Szerves vegyületek	Összetétel	Funkció
<p><i>Lipidek:</i> zsírok</p> <p>viaszok</p> <p>szteroidok</p>	<p>Glicerín (három vegyértékű alkohol) és zsírsavak</p> <p>Egyértékű alkohol és zsírsavak</p> <p>Policiklikus hidrofób alkoholak</p>	Szerkezetalkotó, energiaforrás, védő, szabályozó
<p><i>Biopolimerek:</i> poliszacharidok</p> <p>fehérjék</p> <p>nukleinsavak</p>	<p>Monoszacharidok</p> <p>Aminosavak</p> <p>Nukleotidok</p>	<p>Támasztó, energiaforrás</p> <p>Szerkezetalkotó, energiaforrás, védő, katalitikus, jelző, mozgás, szabályozó, szállító</p> <p>Az örökletes információ kódolása és tárolása, a fehérjék szintézise</p>

A biológiailag aktív anyagok a szerves vegyületek különleges csoportjai: enzimek, hormonok, vitaminok stb. Hatnak az anyag- és az energiacsere folyamataira. Ezek sokasága biztosítja a különféle szervezetek hormonális szabályozását.

A szerves vegyületek főbb osztályainak áttekintését a lipidekkel kezdjük.

A lipidek sokfélesége. A **lipidek** – főként hidrofób, szerves vegyületek, amelyek az apoláris oldószerekben oldódnak (éter, kloroform, aceton stb.)

A lipidek között vannak egyszerűek és összetettek. Az **egyszerű lipidekhez** tartoznak azok az anyagok, amik az alkoholokhoz kapcsolódó zsírsavakból állnak. Például, a zsírok és a viaszok.

A **zsírok** – összetett anyagok, amelyek három vegyértékű alkoholból (glicerolból) és három zsírsav maradványból állnak. A növényi és állati sejtekben zárványok formájában vannak jelen. (Sorold fel a szervezeteket, amelyek sejtjeiben felhalmozódnak a zsírok!)

A **viaszok** főként védő funkciót látnak el. Emlősöknél a faggyúmirigyek termelik. Elasztikussá teszi a bőrt és védi a szövetet az elhasználódástól. Vízimadaraknál a fartómirigy termeli, ami a fartónél helyezkedik el. Váladéka víztaszítóvá teszi a tollazatot. Viaszréteg borítja a szárazföldi növények leveleit (10. ábra, 1) és a szárazföldi ízeltlábúak külső vázának felszínét. Ez megakadályozza a túlzott párologtatást. Jól fejlett viaszmirigyek találhatóak a dolgozó méhek hasán. Már tudjátok hogy a méhek viaszból készítik a lépet. (10. ábra, 2.)

Az **összetett lipidek** – olyan vegyületek, amelyek egyszerű lipidek és más anyagok molekuláinak kölcsönhatása során képződnek. Ide tartoznak a lipoproteinek (lipidek és fehérjék vegyülete), glikolipidek (lipidek és szénhidrátok), fosfolipidek (lipidek és ortofoszforsav).

A **szteroidok** állati, ritkán növényi eredetű biológiailag aktív anyagok. Szteroid természetűek az ember nemi hormonjai – ösztrogének (női) és androgének (férfi) hormonok –, illetve a mellékvesék hormonjai (kortikoszteroidok). Az egyik leg-



10. ábra. Viasz borítja a gyümölcsök felszínét és megtalálható a levelek kutikulájában (1); a dolgozó méh viaszból lépet készít (2)



ismertebb szteroid a koleszterin. Az ember szervezetében ebből az anyagból szintetizálódnak a nemi hormonok. A koleszterin a májban képződik, és ahogy már tudjátok, megtalálható az epében.

**A lipidek funkciói.** A lipidek egyik legfontosabb funkciója – az **energia raktározása**. 1 g zsír teljes lebomlásakor 38,9 kJ energia szabadul fel.

Nem kevésbé fontos a lipidek **építő** vagy **szerkezetalkotó funkciója**. Például, a foszfolipidek fontos alkotói a sejtmembránnak (11. ábra). Ezeknek a vegyületeknek egy része hidrofíli, más része hidrofób tulajdonságokkal bír.

**A tartalékoló funkció** lényege abban áll, hogy a lipidek a sejt citoplazmában zárványok formájában vannak jelen. (Például, zsírszövet sejtjeiben, a napraforgómagban stb.) A szervezet a zsírkészletét különböző módon hasznosíthatja. Először is mint tartalék tápanyagot, másodsor mint a metabolikus víz forrását. (1 g zsír oxidálásakor 1,1 gramm víz keletkezik.)

A szervezetben az elraktározott zsír **védő funkciót** is el láthat. Például, megvédheti a belső szerveket a mechanikai behatásoktól. A hideg klímájú területek fajainak (bálnák, fókák, pingvinek stb.) bőre alatt felhalmozódott zsír megvédi ezeket az állatokat a fagyástól (hőizoláció). A zsiroknak ez a funkciója rossz hővezetésüknek köszönhető.

Fontos a **lipidek szabályozó funkciója** is. Lipid termé szetűek egyes biológiailag aktív anyagok: a szteroid hormo nok, a D-vitamin csoportjai. Fontos szerepük van a szerve zetek életműködésének szabályozásában: az állatoknál és az embernél szabályozzák az anyagcserét, a rovaroknál a vedlést stb.

**Szénhidrátok felépítése és tulajdonságai.** A szénhidrát ok – olyan vegyületek, amelyekben a C, H, O aránya leggyak rabban a  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  képletnek felel meg, ahol az n egyenlő há rommal vagy többel. Az állati sejtekben jelentéktelen mennyi ségű (~ 1 % a szárazanyag tartalom, a máj és az izmok sejtjei ben < 5 %) szénhidrát található. A növényi sejtekben ezek mennyisége jelentősen nagyobb (60–90 %).

A monomerek száma alapján a szénhidrátok lehetnek mo noszacharidok, oligoszacharidok és poliszacharidok.

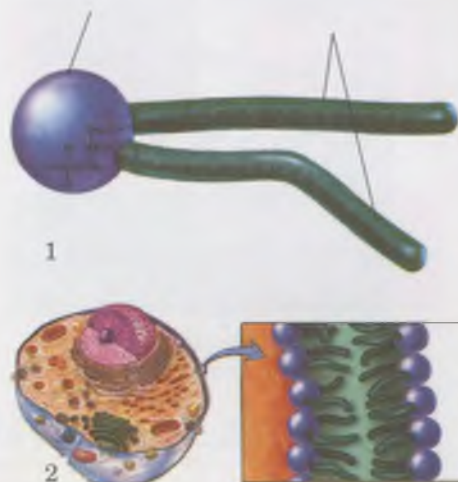
**A monoszacharidok** általános képlete  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ . Tartal mazhatnak 3 – 10 szénatomot. A természetben a leggyakoribb monoszacharidok 5 (ribóz és dezoxiribóz) és 6 szénatomot (glükóz, fruktóz stb.) tartalmaznak (12. ábra). A monoszacha ridok édes ízűek, jól oldódnak a vízben.

Az **oligoszacharidok** – polimer szénhidrátok, amelyben a monoszacharid alegységek (2–10) kovalens kötéssel kapcso lódnak egymáshoz.

Viszonylag gyakoriak a diszacharidok, amelyek két mo noszacharid molekulából állnak. Diszacharidok például: a mal tóz (malátacukor), szacharóz (répa- vagy nádcukor), laktóz (tejcukor), trehalóz (gombacukor) (13. ábra). Édes ízűek és szintén jól oldódnak a vízben.

**A poliszacharidok** – biopolimerek, némelyik molekula tömege elérheti a néhány milliót. Poliszacharidok például: a keményítő, cellulóz, glikogén, pektin, lignin, kitin stb. Vízben majdnem olthatatlanok és nincs édes ízük.

ortofoszfát csoport (hidrofíli fej)      zsírsav lánc (hidrofób farok)

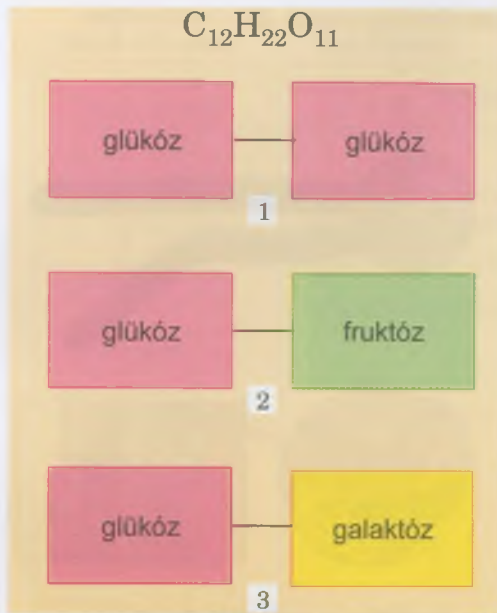


11. ábra. 1. foszfolipid molekula felépítése. 2. a foszfolipidek elhelyezkedése a sejtmembránban

**Jegyezzük meg!** A monoszacharidokat, amelyek 5 szénatomból állnak pentózoknak, amelyek 6 szénatomból – hexózoknak nevezzük.



12. ábra. Monoszacharid glükóz: a – molekuláris képlet; b – térbeli szerkezet



13. ábra. A diszacharidok felépítésének vázlatja  $C_{12}H_{22}O_{11}$ : 1 – maltóz; 2 – szacharóz; 3 – laktóz

## Röviden a lényeg

Szerves vegyületeknek nevezzük az anyagokat, amelyek vázát olyan szénatomok alkotják, amiket erős kovalens kötés tart össze.

A sejteket különböző szerves vegyületek alkotják: lipidek, szénhidrátok, fehérjék, nukleinsavak stb. Ezek molekulái gyakran nagy molekulatömegűek, ezért nevezzük őket makromolekuláknak. A biológiai rendszerekben található magas molekulatömegű szerves vegyületeket, amelyek nagy mennyiségű azonos vagy eltérő kémiai felépítésű alegységekből (egyszerű molekulákból – monomerekből) állnak, biopolimereknek nevezzük.

A lipidek – főként hidrofób szerves vegyületek. Fontos biológiai funkciót látnak el: energetikai; építő vagy strukturális; raktározó; védő; szabályozó feladatuk van.

A szénhidrátok – szén és víz vegyületei, amelyek általános képlete  $(CH_2O)_n$ , ahol  $n$  egyenlő hárommal vagy többel. A monomerek száma alapján lehetnek monoszacharidok, oligoszacharidok és poliszacharidok. A szénhidrátok funkciói: energetikai; raktározó; építő (strukturális); védő.

A szénhidrátok kapcsolódhatnak más vegyületekkel. Az ilyen szénhidrátokat összetettnek nevezzük. Például: glikoproteinek (szénhidrátok és fehérjék vegyülete), glikolipidek (szénhidrátok és lipidek vegyülete).

**A szénhidrátok funkciója a biológiai rendszerekben.** **Energetikai funkció:** 1 gramm poliszacharid vagy oligoszacharid monoszacharidokra való bomlása során 17,6 kJ szabadul fel.

**Raktározó funkció:** a poliszacharidok raktározódhatnak a sejtekben tartalékként, leggyakrabban szemcsék formájában. A növények sejtjeiben keményítő, az állatok és a gombák sejtjeiben glikogén raktározódik el. Ezek a vegyületek tápanyagot és energiát tartalékolnak.

**Építő (strukturális) funkció:** a szénhidrátok bizonyos sejt struktúrák alkotói. Például, a kitin (nitrogéntartalmú poliszacharid) az ízeltlábúak külső vázában és a valódi gombák sejtfalában található; a növények sejtfa cellulózból áll (14. ábra). A poliszacharid tartalmú növény és gomba sejtfa megvédi a sejteket, és megtartja a formáját.

Az állati sejtek membránon kívüli struktúrájában (glikokalix) szintén vannak szénhidrátok, amelyek összekapcsolódnak fehérjékkel és lipidekkel.

**Védő funkció:** a pektinek, mint poliszacharidok, képesek megkötni egyes toxinokat és radionukleotidokat, megakadályozva azok vérbekerülését. A heparint, ami gátolja a véralvadást, az egyik fehérvérsejt termeli. Ezenkívül, a heparin növeli az erek átteresztőképességét, a szervezet ellenálló képességét az oxigénhiánnyal, vírusokkal és a toxinokkal szemben, csökkenti a vércukorszintet. Ezért gyógyszerként alkalmazzák.

## Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

szerves vegyületek, makromolekulák, biopolimerek, monomerek, lipidek, szénhidrátok, monoszacharidok, oligoszacharidok, poliszacharidok.



14. ábra. A szénhidrátok építő (strukturális) funkciója: 1 – cellulóz a növényi sejtfa összetételében; 2 – kitin az ízeltlábúak kutikulájának összetételében



1. Miben különböznek a szerves vegyületek a szervetlenektől? 2. A szerves vegyületek mely főbb csoportjait ismered? 3. Mik a lipidek? A lipidek milyen főbb csoportjait ismered? 4. Milyen tulajdonságai és funkciói vannak a lipideknek az élőlények szervezetében? 5. Mik a szénhidrátok? A szénhidrátok milyen főbb csoportjait ismered? 6. Milyen tulajdonságai és funkciói vannak a szénhidrátoknak a szervezetben? 7. Mely szénhidrátok és lipidek tartoznak az összetettekhez?

### Gondolkodjatok el rajta!



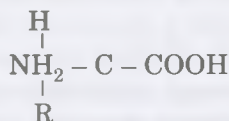
1. A tevék szervezetében jelentős mennyiségű zsírtartalék van, amit metabolikus víz forrásaként hasznosítanak. Ugyanakkor ezek az állatok a sivatagokban olyan helyeken járnak, ahol a hőmérséklet több mint +40 °C fokot is elérhet. A kék bálnák főként hideg vizekben tartózkodnak és nagy mennyiségű zsírtartalékjuk van a bőraljukban, ami védi őket a megfagyástól. Hogyan oszlik el ezeknek az állatoknak a testében az elraktározott zsír? 2. Miért raktároznak nagy mennyiségű glikogént az állatok és az ember a szerveiben (például tápcsatornájában) élősködő paraziták, ellentétben azokkal a fajokkal, amelyek a bőrön, az érrendszerben vagy a légzőszervekben élősködnek?

## 4. §. A FEHÉRJÉK FELEPÍTÉSE ÉS TULAJDONSÁGAI

*Emlékezzetek, mik a makromolekulák, monomerek és biopolimerek?! Mi a szerepe a fehérjének a szervezetben? Mi a hemoglobin, és mik az enzimek? Mi a funkciójuk?*

A szerves vegyületek közül a fehérjéknek vezető szerepük van. Gyakran a sejtekben ezek mennyisége a legnagyobb. Az állati sejtekben a szárazanyag tartalom 40–50 %-át teszik ki, míg a növényekben 20–35 %-át.

A **fehérjék felépítése**. A **fehérjék** – magas molekulatömegű nitrogéntartalmú biopolimerek, amelyek monomerjei az aminosavak. Az **aminosavak** – lúgos kémhatású aminos csoportot (–NH<sub>2</sub>), savas kémhatású karboxil csoportot (–COOH) tartalmazó szerves vegyületek. Ezek a csoportok ugyanahhoz a szénatomhoz kapcsolódnak, mint a hidrogénatom. Az aminosavakban vannak olyan csoportok is, amelyek megkülönböztetik az egyik aminosavat a másiktól. Ezeket gyököknek (R-csoport) hívjuk. A különböző aminosavakban eltérő a kémiai felépítésük. Az aminosavak általános képlete:



Több mint 100 aminosavat ismerünk, de a fehérjéket csak 20 standard alkotja, amelyek majdnem minden fehérjében megtalálhatóak. A 20 aminosav különböző kombinációi biztosítják a fehérje molekulák végtelen sokféleségét (a lehetséges variációk száma közel  $2 \times 10^{18}$ ). Az emberi szervezetben fehérjemolekulák több mint 5 millió típusa található meg. Minden egyes fehérjemolekula összetétele, aminosav sorrendje speciális, ami megismételhetetlen funkcionális tulajdonságokat biztosít számára.



15. ábra. Palladin Olexandr Volodimirovics (1885–1972)

### Jó tudni

**Palladin Olexandr Volodimirovics** az egész világ által ismert ukrán biokémikus (15. ábra), az ukrán biokémiai iskola megalapítója. Fő tudományos munkáit az idegrendszer működése és az izmok munkája kutatásának, az emésztés, a vitaminok biokémiájának szentelte. A második világháború éveiben az ő vezetésével indult meg azon gyógyszerek készítése, amelyek elősegítették a vérzések elállítását és a sebek gyors gyógyulását. Előállította a K-vitamin vitamint nevezett, vízben oldódó analogját. 1921-ben létrehozta a Harkovi Egészségügyi Egyetem Biokémiai Tanszékét, amelyet 1925-ben Ukrán Biokémiai Intézetté alakítottak át (jelenleg Ukrán Tudományos Akadémia O.V. Palladin Biokémiai Intézete).

### Jó tudni

Az aminosavak nevüket gyakran arról a szubsztrátumról kapják, amelyikből kivonatolták, vagy tulajdonságaik lesznek névadójukká. Például, az asparagint először az asparágusz növényben mutatták ki, a glicin nevét az édes íze miatt kapta (gör.: glükosz [latin átírással: glycos] – édes).

A standard aminosavak neve és rövidítése  
(nem szükséges megjegyezni)

Az aminosav neve	Az aminosav rövidítése	Az aminosav neve	Az aminosav rövidítése
Alanin	Ala	Leucin	Leu
Arginin	Arg	Lizin	Lyz
Aszparagin	Asn	Metionin	Met
Aszparaginsav	Asp	Prolin	Pro
Valin	Val	Szerin	Ser
Hisztidin	His	Tirozin	Tyr
Glicin	Gli	Treonin	Thr
Glutamin	Gln	Triptofán	Trp
Glutaminsav	Glu	Fenil-alanin	Phe
Izoleucin	Ile	Cisztein	Cys



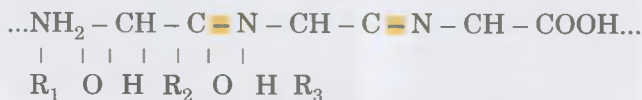
16. ábra. Parnasz Jakiv Oszkarovics  
(1884–1949)

## Jó tudni

**Parnasz Jakiv Oszkarovics** – elismert ukrán biokémikus (16. ábra). A szénhidrátok azon anyagcserét és enzimátikus folyamatokat befolyásoló hatását vizsgálta, amelyeken az izomösszehúzódás alapszik. A biokémia tudományának egyik ismert szervezője Ukrajnában: az ő kezdeményezésére alapították az Orvosi Kémia Intézetet a Lembergi Egyetemen (jelenleg Ivan Franko Lembergi Nemzeti Egyetem).

Vannak nem esszenciális és esszenciális aminosavak. A *nem esszenciális* aminosavakat az emberi és állati szervezetek képesek szintetizálni az anyagcsere termékeiből. Ezzel ellentétben az *esszenciális* aminosavakat az emberi és állati szervezetek képtelenek szintetizálni. Ezeket a táplálékkal kell a szervezetünkbe vinni. A növények, a gombák, a baktériumok képesek ezen létfontosságú anyagokat előállítani. Az esszenciális aminosavakat tartalmazó fehérjéket *teljes értékűnek* nevezzük, míg azokat, amelyek nem esszenciális aminosavakat tartalmaznak – *nem teljes értékűnek*.

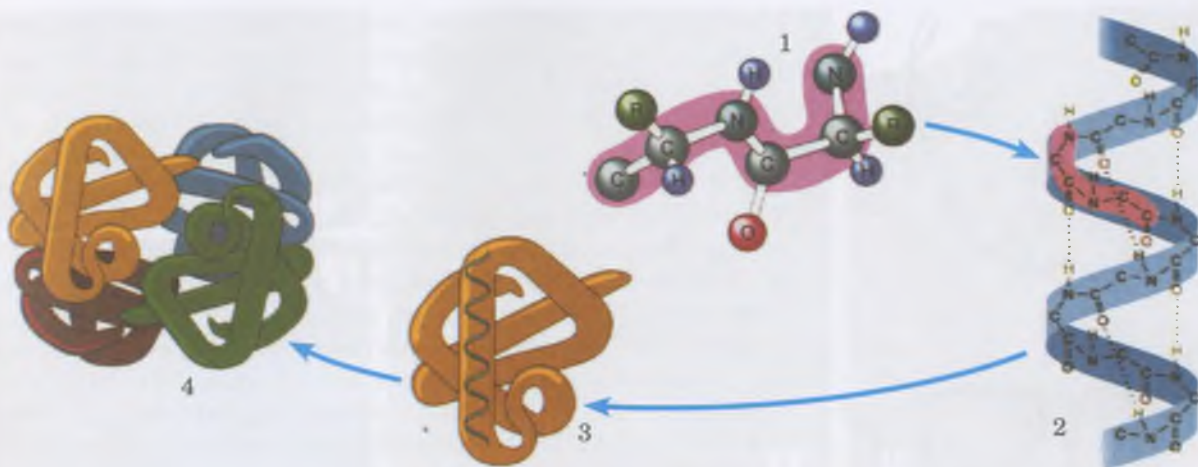
A fehérjében lévő aminosavak erős kovalens kötésekkel kapcsolódnak egymással. Ezek a kovalens kötések az egyik aminosav karboxilcsoportja és a másik aminosav aminocsoportja között jönnek létre. Az ilyen kötést *peptidkötésnek* (gör. *pepton* – *összeforrt*) nevezzük. Ennek az erős kötéstípusnak köszönhetően két aminosav-maradékból álló vegyület – *dipeptid* – jön létre. Azokat a szerkezeteket, amelyek nagyszámú (6–10 vagy több tucat) aminosav-maradékból állnak, *polipeptideknek* nevezzük (a peptidkötés ki van színezve):



A nagy molekulatömegű (6000-tól néhány millióig terjedő) polipeptideket *fehérjéknek* nevezzük. Ezek egy vagy több polipeptidláncból állnak, amelyek több ezer aminosav-maradékot tartalmazhatnak.

**A fehérjék térszerkezeti szintjei.** A fehérjéknek négy térszerkezeti szintje, azaz konformációja ismert: elsődleges, másodlagos, harmadlagos, negyedleges (17. ábra).

A fehérjék elsődleges szerkezetét a peptidkötéssel kapcsolódó aminosav-maradékok sorrendje határozza meg (17. ábra, 1). Az ilyen szerkezetnek köszönhetőek a fehérjemolekula tulajdonságai és funkciói.



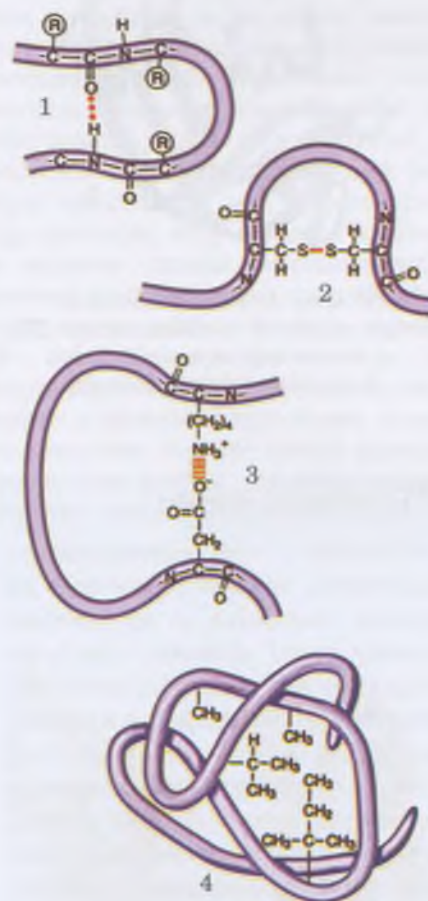
17. ábra. A fehérjemolekulák térszerkezeti szintjei:  
1 – elsődleges; 2 – másodlagos; 3 – harmadlagos; 4 – negyedleges

Ahhoz, hogy a fehérjemolekula el tudja látni speciális funkcióját, fel kell vegyen egy **másodlagos struktúra**-nak nevezett alakzatot. Részlegesen vagy teljesen spirális szerkezetének ki kell alakulnia a hidrogénkötések jóvoltából, amelyek az NH-csoportok hidrogénjei és a CO-csoport oxigénje között jön létre (17. ábra, 2). Habár a hidrogénkötések lényegesen gyengébbek, mint a peptid-kötések együttesen elég erős szerkezetet alkotnak.

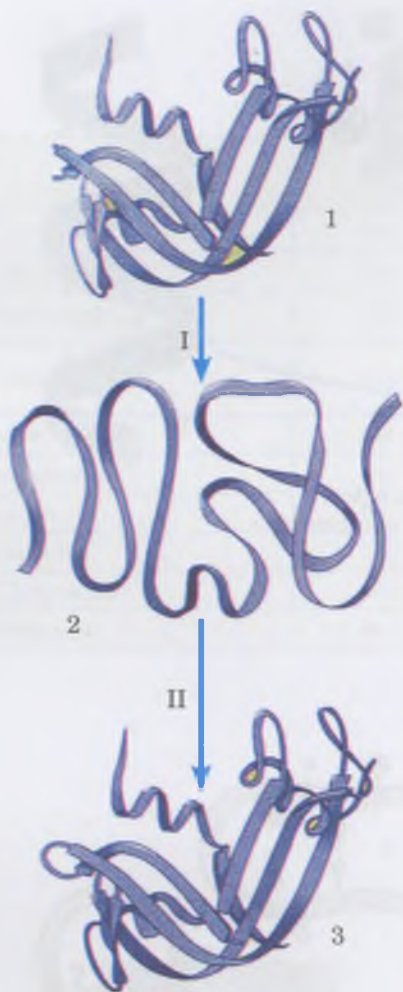
A **harmadlagos struktúra** nem más, mint a polipeptid spirál egy meghatározott gombolyagszerű formában való feltekeredettsége, amit globulának (lat.: *globulus* – göb, bog) nevezünk. Az ilyen szerkezet kialakulásában fontos szerepe van a cisztein aminosav-maradékok között kialakuló diszulfidhidaknak (17. ábra, 3). A harmadlagos szerkezet stabilitását hidrofób, elektrosztatikus és más kölcsönhatások, valamint hidrogénkötések biztosítják (18. ábra). A hidrofób kölcsönhatások az apoláris molekulák közötti, vizes közegben létrejövő vonzóerőt jelentik. Az összes aminosav maradékai vizes oldatban „összeállnak”, mintha egymáshoz tapadnának, és stabilizálják a fehérje szerkezetét. A globuláris szerkezetet a pozitív és a negatív töltésű kémiai csoportok között létrejövő ion kölcsönhatások is stabilizálják.

A **negyedleges struktúra** akkor jön létre, amikor néhány globula egyesül. Például, a hemoglobin molekula a mioglobin fehérje négy molekulájának maradékából áll (17. ábra, 4). A negyedleges struktúrát a hidrofób, az elektrosztatikus és más kölcsönhatások együtt biztosítják a hidrogénkötésekkel. A fehérjék kémiai összetételétől függően lehetnek egyszerűek és összetettek. Az **egyszerűek**, vagy a proteinek, csak aminosav maradékokból állnak; míg az **összetettek**, vagyis proteidek, nem csak fehérje-komponenseket tartalmaznak molekuláikban – ortofoszfát és nukleinsav maradékokat, szénhidrátokat, lipideket, vas, cink, réz atomokat stb. tartalmazhatnak.

A **fehérjék tulajdonságai**. A fehérjék funkcionális tulajdonságai az aminosav összetételétől és a térbeli szerkezetétől függenek. A formájuk alapján a molekulák lehetnek **fibrillárisak** és **globulárisak**. A fibrilláris fehérjék általában nem oldódnak vízben, és a szervezetben szerkezetalkotó funkciót (például, a keratin az emberi haj vagy az állati szőr alkotóré-



18. ábra. A fehérje molekulák térbeli szerkezetét biztosító kötések:  
1 – hidrogénkötés; 2 – diszulfid hid;  
3 – ion kölcsönhatás;  
4 – hidrofób kölcsönhatás



19. ábra. A fehérje molekulák denaturációja (I) és renaturációja (II):  
1, 3 – aktív fehérjemolekulák,  
2 – inaktív fehérjemolekula

## Röviden a lényeg

A fehérjék – nagy molekulatömegű biopolimerek, amelyek monomerjei az aminosav maradékok. A 20 standard aminosav peptid kötésekkel (ez a kovalens kötés egyik változata) kapcsolódnak egymáshoz. A fehérjéknek 4 térszerkezeti szintje (komformációja) ismert: elsődleges, másodlagos, harmadlagos és negyedleges. A fehérjék egyik fő tulajdonsága, hogy képesek denaturálódni és renaturálódni (megváltoztatni és megújítani a természetes struktúrájukat). A fehérjék elsődleges szerkezetének visszafordíthatatlan elváltozását destrukciónak nevezzük.

szé) vagy mozgási feladatot látnak el (izomfehérjék). A globuláris fehérjék többsége oldódik vízben, és a szervezetben más szerepet is betölthet. Például, a hemoglobin gázt szállít, a pepszin a táplálék fehérjéit bontja le, az immunglobulinok (antitestek) védőfunkciót látnak el.

A fehérjék egyik alapvető tulajdonsága, hogy különböző tényezők (tömény savak és lúgok, magas hőmérséklet) hatására megváltoztathatják szerkezetüket és tulajdonságaikat. A fehérjék természetes szerkezetének a polipeptidlánc szétcsavardásával járó megbomlását, ami nem érinti az elsődleges szerkezetet, **denaturációnak** nevezzük (19. ábra). Általában a denaturáció visszafordíthatatlan folyamat. Kezdeti stádiumában, a kiváltó tényező hatásának megszűntével, a fehérje képes visszaállítani eredeti állapotát. Ezt a jelenséget **renaturációnak** nevezzük. Az élő szervezetekben a fehérjék visszafordítható denaturációja a fehérjemolekulák olyan funkcióival van összefüggésben, mint a mozgás, a környezeti ingerek továbbítása a sejtben, a biokémiai reakciók gyorsítása. A fehérjék elsődleges szerkezetének visszafordíthatatlan felbomlása a **destrukció** (szétesés).

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

polipeptidek, globuláris és fibrilláris fehérjék, proteinek, proteidek, denaturáció, renaturáció, destrukció.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Milyen az aminosavak felépítése? 2. Mik azok a polipeptidek és a fehérjék? 3. Mely aminosavakat nevezzük *esszenciális*-nak és melyeket *nem-esszenciális*-nak? 4. Milyen a fehérjék felépítése? Hogyan kapcsolódnak össze az aminosavak polipeptidlánccá? 5. Melyek az egyszerű és az összetett fehérjék? 6. Milyen szintjeit ismered a fehérjék térszerkezetének? 7. Milyen tulajdonságai vannak a fehérjéknek? 8. Hogyan függ a fehérjék tulajdonsága a térbeli szerkezetüktől?

### Gondolkodjatok el rajta!



1. Mi a különbség és a hasonlóság a denaturáció és a destrukció folyamata között? 2. Miféle szerepet játszik a szervezetben a fehérjék denaturációja? 3. Miért hat negatívan az emberi szervezet működésére, ha állati eredetű fehérjét nem fogyasztunk a táplálékkal?

## 5. §. A FEHÉRJÉK FUNKCIÓI

*Emlékezzetek*, milyen sejtszervecskéket ismertek?! Mi az endospermium, a kromoszóma, az antitest és az antigén? Mi a kation és az anion? Miből állnak a glikoproteidek? Milyen sejtek tartoznak az eukariótákhoz?

A fehérje-molekulák sokfélesége határozza meg funkciói sokféleségét a szervezetben.

A fehérjék **építő**- vagy **szervezetalkotó funkciója** abban áll, hogy a sejtmembránok alkotórészei. Fehérjeszerkezetek alkotják a sejtvázat (mikroszövecskéket és fonalakat). Ezek a szerkezetek meghatározott helyzetben rögzítik az organelumokat, azaz a sejtszervecskéket, vagy biztosítják mozgásukat a sejtben. Fehérjék találhatók majdnem minden egyéb sejtalkotó elem összetételében.



20. ábra. Struktúrák, amelyek összetételében fehérjék találhatók:  
1 – pókháló; 2 – vérrög (trombus); 3 – pávatoll; 4 – emberi hajszál

**Emlékezzetek:** a porcok és az inak fő alkotórésze egy rugalmas és tömör fehérje, a kollagén. Az ínszalagokban található elasztin fehérje nyújtható. A csontoknak az oszein kölcsönöz rugalmasságot; a keratin nevű fehérje a gerinces állatok karmaiban, körmeiben, szarvaiban, patáiban, szőrében található, és rugalmasságot biztosít számukra. A selyemfonalak és a pókháló fő alkotórésze a fibroin fehérje (20. ábra).

A **fehérjék energetikai funkciója** abban nyilvánul meg, hogy 1 g fehérje teljes elbomlásakor átlagosan 17,2 kJ energia szabadul fel.

A **fehérjék védőfunkciója**. Azok a struktúrák, amelyek összetételében fehérjék találhatók (ízeltlábúak külső váza, csontok, porcok), óvják a sejteket, a szerveket és a szervezet egészét a károsodástól. A fehérjék védik az élőlényeket attól, hogy kívülről idegen anyagok vagy kórokozó mikroorganizmusok hatolhassanak a belsejükbe.

### Aktiváljátok tudásotokat!



Az immunoglobulinok (vagy antitestek) speciális fehérjék, amelyek a gerinces állatok szervezetében termelődnek, felismerik és ártalmatlanítják a baktériumokat, vírusokat és testidegen fehérjéket (antigéneket). Az interferon olyan fehérje, amely gátolja a vírusok szaporodását.

A vér fehérjéi (például a tromboplasztin, a trombin, a fibrinogén) részt vesznek a véralvadásban, és megelőzik a jelentős vérvesztést a szervezet sérülései esetén (20. ábra, 2). Védőfunkciója lehet egyes enzimeknek, mint például a nyálban, nyálkahártyákban, könnyben lévő lizocimnek, amely ártalmatlanítja a különböző kórokozókat.

A **fehérjék jelző funkciója** abban nyilvánul meg, hogy az összetett membránfehérjék (glikoproteidek) képesek a specifikus kémiai vegyületek felismerésére és a rájuk történő megfelelő reagálásra. Az idegen anyagok megkötésével vagy saját szerkezetük megváltoztatásával továbbítják a külvilágból érkező jelzéseket a membrán más részeibe vagy a sejt belsejébe. A fehérjéknek ez a sajátossága biztosítja a sejt fontos tulajdonságát, az ingerelhetőséget.

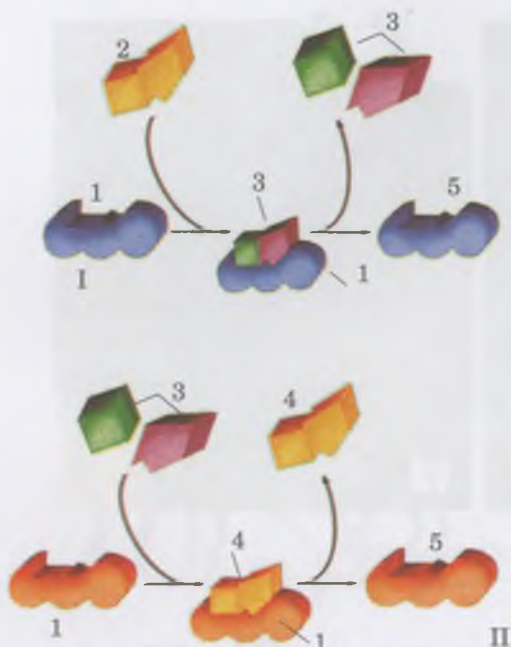
A **fehérjék összehúzó vagy mozgató funkciója**. Egyes fehérjéknek köszönhetően tudják a sejtek, szövetek vagy a szer-

### Jó tudni

A prionok – fertőző fehérjék, amelyek veszélyesek az állatvilág sok képviselőjére, az emberre is. Az általuk kiváltott betegség a szivacsos agyvelőgyulladás (encephalopathia) – a patásoktól eredő krónikus betegség, amely miopátiát és más betegségeket okoz az embernél. A prionokat alkotó fehérje molekulák biológiai tulajdonságai nem megszokottak. Úgy gondolják, hogy a prionok azokban a sejtekben szoktak előfordulni, amelyekben az örökítőanyag megváltozása miatt szerkezethibás fehérjék vannak (21. ábra). Bejutva más sejtekbe (az idegrendszer sejtjeibe, limfocitákba stb.) hatnak a fehérjék képződésére, ennek következtében hasonló fertőző ágensek jönnek létre belőlük, miközben eredeti aminosav összetételük nem változik.



21. ábra. Normális fehérje (1); prion fehérje (2)



22. ábra. Az enzimek hatásmechanizmusa. I. Az enzim (1) ideiglenesen kapcsolódik az anyaghoz (2) és biztosítja a lebomlását egyszerű vegyületekké (3). II. Az enzim (1) ideiglenes komplexet alkot két molekulával (3) és biztosítja a reakciót, mely során belőlük összetettebb anyag (4) keletkezik. A reakció után az enzim szerkezete nem változik (5) és képes biztosítani az új reakciókat

## Röviden a lényeg

A szervezetben a fehérje molekulák különféle fontos funkciót végeznek: építő vagy strukturális, energetikai, védő (immunglobulinok (antitest), interferonok, egyes enzimek), jelző, mozgató, szállító, fagyásálló, szabályozó, katalitikus).

Az egyszerű enzimek olyan fehérje-molekulák, amelyek csak aminosav maradványokból állnak. az összetett enzimek a fehérje részekén kívül nem fehérje természetű részeket is tartalmaznak. Az enzimatis reakciók  $10^6$ – $10^{12}$  – szor gyorsabban mennek végbe, mint enzimek nélkül.

vezet megváltoztatni alakjukat, és képesek mozogni. Például, az izomsejtekben található aktin és miozin fehérjék biztosítják azok összehúzódnak képességét. A tubulin nevű fehérje megtalálható az eukarióta sejtek ostorainak és csillóinak összetételében.

**Raktározó funkció.** Egyes fehérjék a szervezet tartalék tápanyagaként raktározódhatnak el (az állatok petesejtjeiben, tojásaiban, a növények endospermiumában. Ezek a fehérjék szolgálnak táplálékul a magzat vagy csíra számára fejlődésük kezdeti szakaszában.

**A szállítás a fehérjék egyik alapvető funkciója.** Már tudjátok, hogy a hemoglobin az ember, a gerinces és sok gerinctelen állat vérének légzőpigmentje. Molekulái képesek labilis vegyületeket képezni az oxigénnel és a szén-dioxiddal, és a vér, valamint más testnedvek keringésének köszönhetően szállítják ezeket az anyagokat, így biztosítva a sejtek és szövetek légzését.

A plazmamembrán szerkezetébe beépült fehérjék biztosítják az anyagok szállítását a sejt belsejébe és onnan kívülré.

## Jó tudni

A gerinctelen állatoknál (például, egyes rákoknál) a gázok megkötésének funkcióját egy fehérje természetű légző pigment, a hemocianin, látja el. Vas helyett két réz atomot tartalmaz. Amikor a hemocianinhoz oxigén csatlakozik kék színűvé válik (homár, törfarkú rákok).

**A fehérjék hőszabályozó funkciója.** Egyes halak vérplazmája olyan fehérjéket tartalmaz, amelyek gátolják a megfagyását nagy hidegben.

**Szabályozó funkció.** Fehérjetermészete van több hormonnak és neurohormonnak, ezek az anyagcsere intenzitását, a szervezet növekedését és fejlődését szabályozzák.

**A katalitikus funkció** a biokémiai reakciók lefolyását szabályozó különleges fehérjék, a **fermentumok** vagy az **enzimek** sajátossága. Egyes enzimek biztosítják bizonyos vegyületek lebontását, mások a szintézisét (22. ábra). Vannak egyszerű és összetett enzimek. Az egyszerű enzimek – olyan fehérje molekulák (pepszin, tripszin stb.), amelyek kizárólag aminosav maradványokból állnak. Az összetett enzimek a fehérje részekén kívül tartalmaznak nem fehérje természetű részeket is.

## Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

enzimek (fermentum), immunglobulinok, interferonok.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Miben áll a fehérjék védő funkciója? hozzatok fel példákat! 2. Hogy határozható meg a fehérjék mozgató funkciója? 3. Milyen funkciót látnak el az enzimek? 4. A fehérjék mely tulajdonságain alapszik az ingerérzékelő képesség?

### Gondolkozzatok el rajta!



Az enzimatis reakciók eredményeképpen, ellentétben a nem enzimatis reakciókkal, nem képződnek melléktermékek, vagyis majdnem 100 %-ban képződik a végtermék. Mi ennek a jelentősége a szervezet számára?

### Beszéljünk meg csoportosan!



Különböző forrásokat és az egészségtan órán szerzett tudást felhasználva bizonyítsuk be Veszprém, hogy az embernek változatosan kell táplálkoznia!



**Az enzimek tulajdonságainak vizsgálata**

**Cél:** megismerkedni az enzimek hatásával a biokémiai reakciók lefolyására.

**Eszközök és anyagok:** kémcső állvány, pipetták, csepegtető, lombik, üvegpálcikák, termosztát, vízfürdő, lugol oldat, desztillált víz pohár jéggel, 0,2 %-os keményítő oldat.

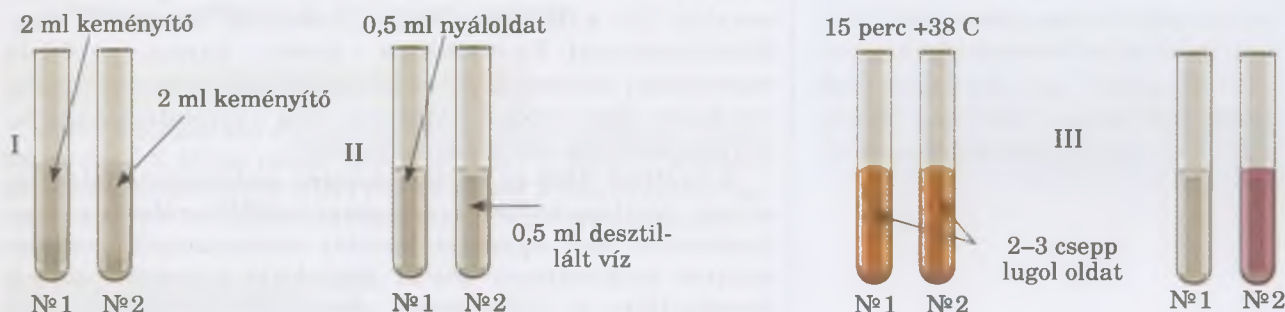
**Feladat.** megismerni a nyál enzimének ( az amiláznak ) a hatását a keményítőre.

1. A szájüreget vízzel kétszer háromszor ki kell öblíteni, majd 50 ml desztillált vízzel kell öblögetni 3–5 percig és az így keletkező oldatot a lombikban kell juttatni.

2. Számozzatok meg két kémcsövet és öntsetek bele 2 ml keményítő oldatot (lásd a kísérlet I. vázlatát).

3. Az № 1 számú kémcsőhöz 0,5 ml amiláz ( lebontja a keményítőt ) enzimet tartalmazó nyál oldatot adjatok, míg a № 2. számú kémcsőhöz 0,5 ml desztillált vizet ( lásd a kísérlet II. vázlatát ).

4. Az № 1. és № 2. kémcsöveket keverés után 15 percig +38 C fokon tartásatok (ez a hőmérséklet az optimális az amiláz számára ). Ezek után mindkettőhöz adjatok hozzá 2–3 csepp lugol oldatot. A nyálat tartalmazó kémcsőben nem fogtok tapasztalni színváltozást, mivel az amiláz enzim lebontotta a keményítőt a másik kémcsőben kékes lila elszíneződés megmarad ( a kísérlet III. vázlatát ).



**6. §. NUKLEINSAVAK. AZ RNS TULAJDONSÁGAI ÉS FUNKCIÓI**

*Emlékezzetek, milyen vegyületeket nevezünk biopolimereknek?! Milyen térszerkezeti szintjei vannak a fehérje molekuláknak?*

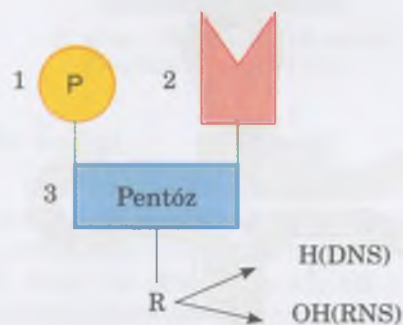
Emlékezzetek rá, hogy minden élőlény képes megőrizni és továbbadni utódainknak az örökletes információt szaporodás közben. ezt a funkciót a nukleinsavak látják el. egyes nukleinsavak részt vesznek az örökletes információ realizációjában.

**Nukleinsavak** – összetett nagy molekulatömegű biopolimerek, melyek monomerjei a nukleotidok. a nukleotidok száma nukleinsav molekulákban 200-tól 200 millióig terjed. A nukleinsavakat először a sejtmagban mutatták ki, innen ered az elnevezésük is (lat. *nucleus* – mag ). Később azonban a sejt többi részében is kimutatták.

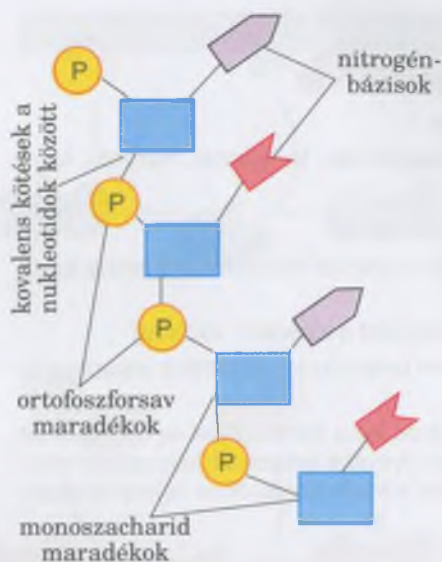
A nukleotidmolekulák három részből állnak: nitrogén bázisokból, öt szénatomos monoszacharidból (pentózból) és foszforsavból (23. ábra ). A nukleotidban lévő pentóz típusától függően megkülönböztetnek **dezoxiribonukleinsavat (DNS)** és **ribonukleinsavat (RNS)**. A DNS összetételében dezoxiribóz-maradék, az RNS-ében ribózmaradék található.

A DNS-molekulák a következő nitrogénbázis-maradékokból állnak: adenin (rövidítve A betűvel jelölik), guanin (G), citozin (C), timin (T); az RNS-molekulák adenin (A), guanin (G), citozin (C) és uracil (U).

A nukleinsavakban az egyik nukleotid pentózmaradéka és a másik nukleotid ortofoszforsav maradéka között létrejövő kovalens kötés alkotja a láncot (24. ábra). A nukleinsavak bio-



23. ábra. A nukleotidok felépítésének vázlata: 1 – ortofoszfátsav-maradék; 2 – nitrogénbázis-maradék; 3 – monoszacharid maradék (pentóz); a dezoxiribóz molekulában a ribózzal ellentétben a hidroxil (OH) csoport helyett hidrogén (H) atom található



24. ábra. A nukleinsavak felépítésének vázlata

lógia tulajdonságait a nukleotidok sorrendje határozza meg. A fehérjékhez hasonlóan ez a sorrend határozza meg a nukleinsavak elsődleges struktúráját. A nukleinsavak összetettebb térszerkezetét – másodlagos és harmadlagos – nem kovalens kölcsönhatások (főként hidrogén kötések) tartják fenn.

**Az RNS típusai.** A prokarióta és eukarióta szervezetek sejtjeinek RNS-molekulái egy százból állnak. Az RNS három típusa ismeretes. Ezek méreteikben, funkcióikban és a sejten belüli helyüket illetően különböznek egymástól.

Az **információs** vagy **messenger RNS (iRNS** vagy **mRNS)** meghatározott DNS-molekulaszakasz másolata. Ez a molekula viszi át az örökletes információt a DNS-ről a polipeptidszál szintézisének helyére, és közvetlenül részt vesz annak „összeszerelésében”.

A **szállító RNS (tRNS)** a legkisebb méretű RNS-molekula, 70–90 nukleotidból áll. A tRNS magához kapcsolja és a fehérjemolekula szintézisének helyére szállítja az aminosavakat. Ott a tRNS-molekula „azonosítja” az mRNS megfelelő szakaszát. Ez a szakasz – kodon – három, megfelelő sorrendben elhelyezkedő nukleotidból áll és egy aminosavat kódol. Ilyen módon határozza meg a szintetizálandó fehérjemolekulák aminosav sorrendjét.

A szállító RNS-nek lóherelevélre emlékeztető felépítése van. Az ilyen térbeli szerkezetet a tRNS-molekula meghatározott (4–7 egymást követő) szakaszainak komplementer nukleotidjai között kialakuló hidrogénkötések hozzák létre. A „lóherelevél” csúcsánál három nukleotid vagy **triplet** található, amely egy meghatározott aminosavnak felel meg. Ezt a tripletet **antikodonnak** nevezük. A DNS-molekula alapjánál található az a szakasz, amelyhez kovalens kötéssel kapcsolódik a megfelelő aminosav (25. ábra).

A riboszomális RNS (rRNS) a valamennyi sejt típusban megtalálható különleges sejtszervecskék, a riboszómák (a 11. § - ban fogtok megismerkedni a felépítésével) alkotóeleme. A fehérjékkel együtt az rRNS szerkezetalkotó funkciót is ellát, és meghatározott módon, az mRNS és tRNS térbeli orientálásával vesz részt a fehérjeszintézisben. Az eukarióták sejtjeiben az rRNS a sejtmagocskában szintetizálódik.

## Jó tudni

Az RNS-molekulák egyedülálló enzimátikus funkciót is elláthatnak, ezért nevezzük őket ribozimoknak is. A fehérjetermészetű enzimekhez hasonlóan működnek. Sok ribozim képes katalizálni a saját vagy más RNS-molekula lebontását. Ezenkívül, a ribozimok alkotórészei a riboszómáknak, azoknak a sejtszervecskéknek, amelyek a fehérje molekulákat szintetizálják. 1989-ben az RNS katalitikus tulajdonságainak kimutatásáért két amerikai tudós Thomas Robert Cech és Sidney Altman kémiai Nobel díjat kapott.

Az RNS-molekulákat felhasználják a gyógyításban és a nemesítésben. Ezekből ún. antiszensz RNS-molekulákat hoznak létre. Az antiszensz RNS-molekulákat olyan nukleotidokat tartalmaznak, amelyek azonosak bizonyos mRNS (szensz RNS) nukleotid sorrendjével. Az ilyen szensz RNS a szervezet számára káros mondja nemesítő számára haszontalan tulajdonságú fehérjét kódol. Az



25. ábra. A tRNS felépítése:  
1 – 4 – hidrogén kötésekkel kapcsolódó nukleotid részek; 5 – az aminosav kapcsolódásának helye; 6 – antikodon

antiszensz RNS sejtbe juttatásakor a nukleotidok kapcsolódnak a szensz RNS nukleotidjaival. Ez gátolja a szensz mRNS által kódolt fehérjék szintézisét. például, antiszensz technológiát alkalmazva a HIV-fertőzés (emberi immunhiány-előidéző vírus) tüneteit enyhíteni lehet.

RNS-molekulák növényi megbetegedéseket is okozhatnak az ilyen sejt nélküli életformákat viroidoknak nevezzük. Teodor Diener fedezte fel őket 1971-ben a burgonya gumó orsóosós vizsgálata során. Kiderül, hogy a fertőzést parányi egyláncú RNS-molekula váltotta ki. Későbbi vizsgálatok mutatták ki, hogy ez az RNS gyűrű formájú.

A viroid genetikai állománya egyetlen fehérjét sem kódol, fő feladata – a gazda szervezetben történő önreprodukció. viroidokat kizárólag növényekben találtak: az emberben, az állatokban és a baktériumokban hasonló fertőző ágenseket nem mutattak ki.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

nukleotidok, nukleinsavak, RNS, triplet, antikodon.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Milyen felépítése van a nukleinsavaknak? Milyen nukleinsav típusokat ismersz? 2. Milyen rendes fajtákat ismersz? 3. Milyen a felépítése és mi a funkciója a mRNS (iRNS) molekulának? 4. Milyen módon kapcsolódik a tRNS funkciója a felépítéséhez? 5. Mi a rRNS-molekula funkciója?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Milyen a sejtben végbemenő folyamatokban vesz részt az RNS-molekula?

## **7. §. A DNS FELÉPÍTÉSE, TULAJDONSÁGAI ÉS FUNKCIÓI**

*Emlékezzetek, hogy a sejt mely struktúráiban tárolódik az örökletes információ! Mik azok a monomerek, biopolimerek? Mely szervezetek tartoznak az eukariótákhoz és a prokariótákhoz? Milyen folyamatokat nevezünk denaturációnak, renaturációnak és destruktációnak?*

**A DNS szerkezete.** A DNS az eukarióta sejtek magjában, plasztisztaiban és mitokondriumaiban található, míg a prokarióták esetében a citoplazma speciális struktúráiban helyezkedik el. A DNS-szerkezet megfejtésének megvan az előtörténete. 1950-ben Erwin Chargaff (1905–2002) amerikai tudós és kollégái a DNS összetételét kutatva bizonyos mennyiségi törvényszerűségeket tártak fel a DNS-nitrogénbázisokat illetően a DNS-molekulában:

*először, az adeninmaradékok mennyisége bármelyik DNS-molekulában megegyezik a timinmaradékok mennyiségével ( $A = T$ ), a guanin pedig a citozinéval ( $G = C$ );*

*másodszor, az adenin- és guaninmaradékok összege egyenlő a timin- és citozinmaradékok összegével ( $A + G = T + C$ ).*

Ez a felfedezés segítette James Watson és Francis Cricket (27. ábra), hogy megismerjék a DNS térbeli szerkezetét (28. ábra) 1953-ban. A DNS-molekula két, egymáshoz hidrogén-kötésekkel kapcsolódó nukleotidszállból (nukleotidlánc-

## **Röviden a lényeg**

Nukleinsavak – nagy molekulatömegű biopolimerek, amelyeknek monomerjei a nukleotidok. Nukleotid molekulák 3 vegyület maradékából áll: nitrogénbázisból, ötszénatomos monoszacharidból (pentózból) és ortofoszforsavból.

Megkülönböztetünk két típusú nukleinsavat: dezoxiribonukleinsav (DNS) és ribonukleinsav (RNS). A DNS dezoxiribózt, az RNS ribózt tartalmaz. Az RNS-molekulákban négyféle nukleotid található: adenin (A), guanin (G), citozin (C) és uracil (U). A DNS-molekulában szintén négyféle nukleotid található, de uracil helyett timin (T) van benne.

Az RNS-nek 3 fő típusa létezik, amelyek különböznek a sejtben belüli elhelyezkedésükben, méretükben és funkciójukban: messenger vagy információs RNS (mRNS vagy iRNS), szállító RNS (tRNS) és riboszomális RNS (rRNS).



26. ábra. **Miescher Johannes Friedrich** (1844–1895)

### **Jó tudni**

Miescher Johannes Friedrich – svájci biológus (26. ábra), 1869-ben fedezte fel a DNS-t, amit a leukociták magjából vont ki. Ebből az okból kifolyólag ezt a vegyületet nukleinnek (lat. *nucleus* – mag) nevezte el, később, amikor kiderült a DNS savas tulajdonsága, kezdték alkalmazni a nukleinsav kifejezést. Idővel a DNS-molekulákat más sejtstruktúrákban (a mitokondriumokban és a plasztisztaokban) is kimutatták.



27. ábra. 1. **James Dewey Watson** (szül. 1928-ban) – amerikai biológus, fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjat kapott 1962-ben (F. Crickkel és M. Wilkinsszel) a DNS-molekula szerkezetének megfjtéséért. 2. **Fran-  
cis Crick** (916–2004) – brit biológus, fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjat kapott 1962-ben a DNS-molekula  
szerkezetének megfjtéséért. 3. **Rosalind Franklin** (1920–1958) – angol tudós, aki a DNS-molekula szerkezetének  
vizsgálatáról ismert. 4. **Maurice Wilkins** – angol fizikus és molekuláris biológus, fiziológiai és orvostudományi  
Nobel-díjat kapott 1962-ben a DNS-molekula szerkezetének megfjtéséért. Franklinnel együtt röntgenográfias  
módszereket alkalmazott a DNS-molekula szerkezetének vizsgálatára.

☛ **Komplementaritás** (lat. *comple-  
mentum* – kiegészítés) – a molekulák  
vagy részeiknek térbeli egyezése, ami  
lehetővé teszi közöttük a kölcsönha-  
tást és kémiai kötések létrejöttét.

ból) áll. Ezek a kötések az egymást mintegy méretükben kie-  
gészítő két nukleotid között jönnek létre, vagyis az A és a G  
valamivel nagyobbak, mint a T és a C. Ezért az adeninmara-  
dék (A) mindig a timinmaradékhoz (T) kapcsolódik (két hid-  
rogénkötés jön létre közöttük), míg a guaninmaradék (G)  
mindig csak a citozinmaradékhoz (C) kötődik (közöttük há-  
rom hidrogén-kötés alakul ki).

A nukleotidok egymásnak való szigorú megfelelését a  
DNS két szálában **komplementaritásnak** nevezzük. A  
DNS szerkezetének javasolt modellje szerint az egymással  
összefonódó két nukleotidszál jobbra csavarodó spirált képez  
(a DNS másodlagos szerkezete). A spirál átmérője 2 nm  
(1 nm (nanométer)  $1 \times 10^{-6}$  mm-rel egyenlő). A komplemen-  
ter párok közötti távolság 0,34 nm, egy csavarulat 3,4 nm és  
néhány tucat nukleotid pár található benne. Így jön létre a  
DNS-molekula másodlagos szerkezete, miközben az elsődle-  
ges szerkezet kettős szálba szerveződött nukleotid-maradé-  
kok meghatározott sorozata.

A DNS-molekula a sejtben kompakt képződmények alak-  
ját ölti. Például a leghosszabb emberi kromoszóma DNS-mo-  
lekulájának hossza megközelíti a 8 centimétert, de oly mó-  
don csavarodik fel, hogy magában a kromoszómában már  
mindössze 5 nanométer a hosszúsága. Ez azért lehetséges,  
mert a DNS kettős spirálja háromdimenziós, tömör super-  
spirált – harmadlagos szerkezetet – hoz létre. Az ilyen szer-  
kezet, amely az eukarióták kromoszómális DNS-ére jellem-  
ző, a DNS magfehérjéi közötti kölcsönhatás következtében  
alakul ki. A prokarióták sejtjeinek magja körül a DNS-mole-  
kula gyűrű alakú.

**A DNS tulajdonságai.** A fehérjemolekulákhoz hasonló-  
an a DNS-molekulák denaturálódhatnak, renaturálódhat-  
nak és destrukturálódhatnak. Bizonyos feltételek mellett  
(savak, lúgok, magas hőmérséklet hatása) felhasadnak a  
DNS-molekula különböző komplementer nitrogénbázisai kö-  
zötti hidrogénkötések. Ekkor részlegesen vagy teljesen külön  
szálakra esik szét a DNS, és ezzel elveszti biológiai aktivitását.  
A denaturált DNS a szerkezetváltozásokat előidéző tényezők  
hatásának megszűnésével megújíthatja eredeti szerkezetét a



28. ábra. a DNS-molekula:  
1 – felépítésének vázlatja; 2 – térbeli  
modellje. figyeljétek meg, hogy  
a DNS mindkét szála egy közös  
tengely és egymás köré tekeredik!

komplementer nukleotidok közötti hidrogénkötések helyreállításának köszönhetően.

A DNS-molekulák fontos tulajdonsága a **kettőződés** képessége. Ezt a jelenséget **replikációnak** nevezzük. Ez a komplementaritás elvén alapul: az új lánc nukleotidjainak sorrendje megfelel a DNS anyamolekulájának láncában elfoglalt helyüknek. Ekkor a DNS-molekula szála **mátrixként** szolgál.

A DNS replikációja félkonzervatív folyamat, azaz két DNS-leánymolekula az anyamolekulától örökölt egy-egy szálat és egy-egy újonnan szintetizálódott szálat tartalmaz (29. ábra). Ennek köszönhetően a DNS-leánymolekulák az anyamolekulák pontos másai. Ez a mechanizmus biztosítja az örökletes információ pontos átadását a DNS-anyamolekulától a leánymolekuláknak.

**A DNS funkciói.** A DNS fő funkciói: **az örökletes információ kódolása, tárolása és megvalósítása, a leánysejteknek való átadása a szaporodás során.** Emellett a DNS-molekula egyes láncai mátrixul szolgálnak különböző RNS-molekulatípusok szintéziséhez (30. ábra). Ezt a folyamatot **transzkripciónak** nevezzük.

Az öröklődés alapegysége valamennyi szervezet esetében a gén – a DNS-molekula (egy-egy vírusokban az RNS) egy szakasza, amely meghatározott fehérje vagy nukleinsav szerkezetére vonatkozó információt hordoz a különböző élőlénycsoportok örökítő anyagáról (részletesebben majd a 20. §. – ban foglalkozunk foglalkozunk a témával).

Funkcionálisan a gén az öröklődés homogén egysége, mivel szerkezetének bármilyen sérülése vagy zavara megváltoztatja, vagy megsemmisíti a benne kódolt információt. A fehérjék és ribonukleinsavak szerkezetét kódoló géneket **strukturális (szerkezeti)**, az enzimek és más biológiailag aktív anyagok kapcsolódási helyéül szolgáló géneket pedig **szabályozó (regulátor)** géneknek nevezzük. A szabályozó gének hatással vannak a strukturális gének aktivitására és részt vesznek DNS kettőződésében, illetve az örökítőanyag átírásában az RNS-re.

Egy meghatározott sejt vagy egész szervezet génjeiben kódolt genetikai információ összességét **genomnak** nevezzük. Ez egységes integrált rendszer, amelyben az egyes gének kölcsönhatásban állnak egymással.

A gének száma a különböző szervezetekben jelentősen eltér. A legegyszerűbb a vírusok örökítő anyaga, amelyeknél legalább egy, vagy akár néhány száz strukturális gén található. A prokarióták örökítő anyaga összetettebb felépítésű, és tartalmaznak strukturális illetve szabályozó géneket is. Az eukarióták örökítőanyaga még összetettebb: a DNS mennyisége az ő magjukban nagyobb, vagyis nagyobb számú strukturális és szabályozó gént tartalmaz.

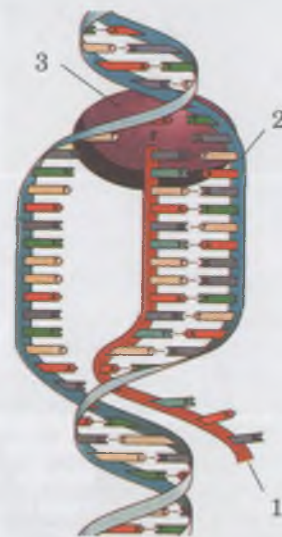
Az örökítő anyag vizsgálata a különböző organizmusokban megmutatta, hogy a DNS mennyisége 8–10 – szer több a magjukban, mint amennyire szükség volna az összes strukturális gén kódolásához. Ennek több oka van. Először, a DNS-ben sok olyan nukleotidsorozat (szekvencia) található, amelyek több százegyszer ismétlődnek. Másodszor, a DNS jelentős része nem hordoz genetikai információt. Harmadszor, sok benne a szabályozó gén. Bebizonyították, hogy a gének több részből

## Jó tudni

J. Watson és F. Crick 1952-ben E. Chargaff szabályait és R. Franklin, illetve M. Wilkins röntgen felvételeit felhasználva elkészítették a DNS-molekula térbeli modelljét. J. Watson arról is ismert, hogy 1989-től 1992-ig szervezője és vezetője volt „humán genom” projektnak, aminek köszönhetően feltérképezték az emberi DNS-molekula nukleotid sorrendjét. Watson az első ember, akinek genomját teljesen feltérképezték.



29. ábra. A replikáció folyamata – A DNS-molekula megkettőződése: enzimek hatására a hidrogén kötések fel bomlanak (1) és s mindegyik anyaszállon a komplementaritás elve alapján létrejön leányszál (2)



30. ábra. Transzkripció – RNS-molekulák szintézise (1) a DNS-molekula egyik láncán (2). Ezeket a folyamatokat speciális enzim (3) biztosítja

☛ Azt az információt, ami a fehérje molekulák aminosav sorrendjét bizonyos szabályoknak megfelelően kódolja a nukleinsavak nukleotid sorrendjében genetikai kódnak nevezzük.

## Röviden a lényeg

A DNS-molekula két nukleotid láncból áll, amelyek egymáshoz hidrogén kötésekkel kapcsolódnak. A nukleotidok egymásnak való szigorú megfelelését a DNS két szálában „komplementaritásnak” nevezzük, ezeket hidrogénkötés köti össze.

A DNS-molekulák képesek destrúcióra, és renaturálódni, illetve a destrúcióra szintén képesek a megkettőződésre (replikáció).

A DNS fő funkciói – az örökletes információ kódolása, megőrzése és átadása leánysejtekbe a szaporodás során.

A genetikai információ összességét, ami bele van kódolva bizonyos sejtek vagy az egész szervezet génjeibe genomnak hívjuk.

A gének lehetnek strukturálisak, a fehérjék és a ribonukleinsavak struktúráját kódolják, és szabályozók, amelyek az enzimek és más biológiailag aktív anyagok kapcsolódási pontjaiként szolgálnak.

## Aktivizáljátok tudásotokat!

Mint az egyes sejtek úgy az egész szervezet is nyílt biológiai rendszer. Ez azt jelenti, hogy létezésük csak akkor lehetséges, ha a külső környezetből folyamatosan tápanyagokat és a bennük tárolt energiát felvehetik, ezek átalakulásakor energia szabadul fel, és az anyagcsere végtermékek kijuthatnak. A felszabaduló energia jelentős része a szervezetek hőegyensúlyát fedezi. A fent említett folyamatok összességét anyagcsere vagy metabolizmusnak nevezzük.

állnak. Ezek közül egyesek az átíródnak a mRNS-re és információt hordoznak bizonyos vegyületek szerkezetéről, míg mások nem.

## Jó tudni

Korábban úgy gondolták, hogy a gének a nukleinsav molekula pontosan meghatározott helyén helyezkednek el, de a XX. század 60-as éveiben ennek ellentmondó jelenségre figyeltek fel: a DNS szakaszainak áthelyeződését egyik helyről a másikra. Ha egy ilyen szakasz más gének kódoló helyére kerül, akkor az adott gén elvesztheti funkcióját. Vagyis, léteznek genetikai programok, amelyek a DNS egyes szakaszait átépíthetik.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

replikáció, transzkripció, gén, strukturális és szabályzó gének, genom.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Milyen felépítése van a DNS-nek? 2. Mi a hasonlóság és a különbség a DNS és az RNS-molekulája között? 3. Milyen a térbeli szerkezete a DNS-molekulának? 4. Mi a DNS szerepe a sejtben? 5. Mi a gén és mi a genom? 6. Milyen géntípusok vannak?

### Gondolkodjatok el rajta!



Elsősorban milyen kötések bomlanak fel a DNS-molekulában a különböző hatásokra szomszédos nukleotidok között, amelyek az egyik láncban vannak, vagy a különböző láncok komplementer nukleotidjai között? Fejtsétek ki a választ!

## 8. § AZ ENERGIA ÁTALAKULÁS FOGALMA A BIOLÓGIAI RENDSZEREKBE. ATP

*Emlékezzetek a nukleotidok felépítésére! Milyen élettani jelentősége van a légzés folyamatának? Mi a metabolizmus és a homeosztázis? Mi az energia fizika szempontjából? Mik az enzimek, az összetett és egyszerű fehérjék? Milyen folyamatokat nevezünk oxidálóknak és redukálóknak?*

Szintézis reakciók összességét, amely biztosítja a sejtek és a szervezetek fejlődését, a kémiai összetételük megújulását **plasztikus anyagcsere**nek nevezzük. Az ilyen folyamatok bizonyos mennyiségű energiát igényelnek. Az összetett anyagok lebomlásakor energia szabadul fel. Ezeket a folyamatokat **energiaforgalom**nak nevezzük.

A szervezet számára fontos vegyületek szintézis és bomlási folyamatainak összessége – az anyag- és energiacsere folyamatok két iránya az élő szervezetekben – a **metabolizmus**. Az anyag- és energiacsere folyamatai biztosítják a homeosztázis fenntartását a változó környezetben.

**Autotróf, heterotróf és mixotróf szervezetek.** A Föld élőlényeiének alapvető energiaforrása a napfény. A szervezetek a napfény felhasználásával közvetlenül vagy közvetett módon elégítik ki összes energiaigényüket (31. ábra). Emlékezhettek rá, hogy azokat a szervezeteket, amelyek szerves anyagokból szerves anyagokat tudnak szintetizálni, **autotrófoknak**

(gör. *autos* – egyedül, *trophe* – élelem, táplálkozás) nevezzük (32. ábra, A). Egyesek képesek a fotoszintézisre, őket **fototrófoknak** nevezzük (gör. *photos* – fény, *trophé*). Ide tartoznak a zöld növények, egyes kékbaktériumok (például a kékmoszatok). A fényenergiát ezek a szervezetek a saját életfolyamataik biztosítására használják fel vagy felhalmozzák a képződő vegyületek kémiai kötéseiben.

Más autotróf organizmusok a szerves vegyületek szintéziséhez a kémiai reakciók során felszabaduló energiát használják fel (egyes baktériumok: nitrifikáló, vas- és kénbaktériumok). Ezeket **hemotrófoknak** nevezzük (gör. *chémeia* – vegytan és *trophé*).

A gombák, az állatok és a baktériumok többsége **heterotróf** (gör. *heteros* – más és *trophé*) (32. ábra, B). Számukra energiaforrásként a más szervezetek által szintetizált szerves vegyületek szolgálnak, amelyeket a táplálékkal, vagyis az élő szervezeteknek, azok maradványainak vagy élettevékenységük termékeinek elfogyasztásával vesznek fel. **Mixotrófoknak** (gör. *meixé* – keverés és *trophé*) nevezzük a kevert táplálkozási típusú szervezeteket (harmatfű, fagyöngy, chlamydomonas, zöld eugléna; 32. ábra, B). Az ilyen szervezetek nemcsak arra képesek, hogy szerves anyagokból szerveseket szintetizáljanak, hanem kész szerves anyagokat is el tudnak fogyasztani. Emlékezhettek rá, hogy a harmatfű képes apró állatokra „vadászni” – rovarokra és rákfélékre.

Az ATP és funkciói. Adenozin trifoszfát (ATP) – nukleotid összetételű vegyület. Az ATP molekula egy nitrogénbázis maradékból (adeninből), pentózból (ribózból) és 3 ortofoszforsav maradékból áll (33. ábra). Ez az anyag a szerves vegyületekhez képest nem szokványos kémiai tulajdonságokkal rendelkezik. A nagy energiájú kémiai kötése-



**Jegyezzük meg!** A plasztikus anyagcsere folyamatait anabolizmusnak vagy asszimilációs reakcióknak is nevezzük, míg az energiaforgalom folyamatait katabolizmusnak vagy disszimilációs reakcióknak.



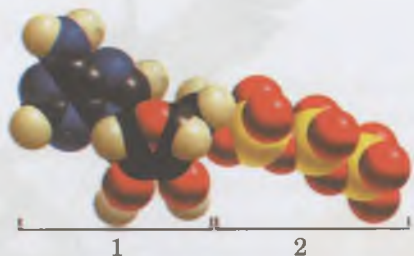
31. ábra. A napfény, mint az energia fő forrása a szervezetek számára.

**Feladat.** Mondjátok el a növények szerepét a bolygónkon élő más élőlények energiával való ellátásában!



32. ábra. A. autotróf organizmusok: 1 – kékmoszatok; 2 – zöldmoszatok; 3 – virágos növények.  
B. heterotróf organizmusok: 1 – heterotróf baktériumok; 2 – fagyöngy; 3 – harmatfű

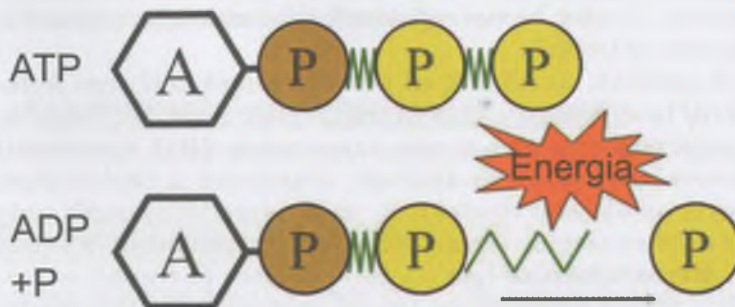
• Az ATP molekulák univerzális kémiai akkumulátorként működnek a sejtekben, részt vesznek a metabolizmus minden folyamatában.



33. ábra. Az ATP molekula felépítése: 1 – adenzin (olyan vegyület, amely adeninből és pentózból áll); 2 – triortofoszfát (3 ortofoszforsav maradék)

nek köszönhetően, amelyek a sorban egymáshoz kapcsolódó foszforsav maradékok között találhatóak, jelentős mennyiségű energiát képesek tárolni.

Hogyha a megfelelő enzim hatására az egyik ortofoszforsav maradék leválik, akkor az ATP átalakul **adenozin difoszfáttá (ADP)** miközben közel 42 kJ energia szabadul fel (34. ábra). Hogyha két ortofoszforsav maradék válik le, az ATP átalakul **adenozin monofoszfáttá (AMP)**. Eközben 84 kJ energia szabadul fel.



34. ábra. Az ATP molekula átalakulása: energia szabadul fel ortofoszforsav maradék leválásakor az ATP-ről

Tehát, amikor az AMP-hoz ortofoszforsav maradék kapcsolódik, közel 42 kJ energia raktározódik el. Ilyenkor ADP-molekula keletkezik. Szintén 42 kJ energia raktározódik el, amikor az ADP-molekulához ortofoszforsav maradék kapcsolódik. Ily módon az ADP-molekula átalakul ATP molekulává. Az energia, ami az ATP bomlásakor felszabadul, felhasználódik a szükséges szerves vegyületek szintézisére, a testhőmérséklet fenntartására, más életfolyamatok biztosítására.

## Röviden a lényeg

Olyan folyamatok összességét, amelyek során a külső környezetből a tápanyagok, az energia bejut a biológiai rendszerekbe, illetve azok átalakulnak és az anyagcsere végtermékek kiürülnek, „anyagcserének” vagy „metabolizmusnak” nevezzük.

Az organizmusokban egyidejűleg zajlik a plasztikus anyagcsere és az energiaforgalom.

Azok a szervezetek, amelyek képesek szervetlen anyagokból szerves anyagokat szintetizálni autotrófoknak nevezzük. A heterotrófok más élőlények által termelt szerves vegyületeket használnak fel energiaforrásként. A mixotrófok vegyes táplálkozású szervezetek.

Az adenzin trifoszfát molekula (ATP) nitrogén bázisból (adeninből), pentózból (ribóz) és három ortofoszforsav maradékból áll. Ortofoszforsav maradék között két makroem kötés alakul ki.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

plasztikus anyagcsere (anabolizmus, asszimilációs reakció), energiaforgalom (katabolizmus, disszimilációs reakciók), autotrófok, heterotrófok, mixotrófok, ATP.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mi a metabolizmus, a plasztikus anyagcsere és az energiaforgalom?
2. Milyen organizmusokat nevezünk autotrófoknak, mixotrófoknak és heterotrófoknak?
3. Milyen energiaforrást használnak fel az autotróf organizmusok?
4. Milyen felépítése van az ATP molekulának?
5. Mi a jelentősége az ATP-nek a sejten belüli energiaátalakulásokban?

### Gondolkodjatok el rajta!



1. Miért nincs élet energiaátalakulás nélkül?
2. A szerves anyagok oxidációjakor miért szabadul fel energia?



## A fehérjék és nukleinsavak szerkezetével foglalkozó alapvető feladatok megoldása

A feladatok megoldásához szükséges adatok: az aminosavak minimális relatív molekulatömege közel 100, a nukleotidok minimális relatív molekulatömege 345, egy-egy nukleotid minimális relatív hossza 0,34 nm. Egy aminosavat 3 nukleotid sorrendje (triplet) kódol. A feladat megoldása közben emlékezzünk: a DNS-molekula két láncában található nukleotidok a komplementaritás elve alapján kapcsolódnak egymáshoz (A – T és G – C), az RNS-molekulában timin (T) helyett uracil (U) található.

**1. feladat.** A fehérjemolekula 200 aminosav maradékból áll. Határozzátok meg a DNS-molekula egyik láncának hosszát, amely az adott fehérjét kódoló gént tartalmazza, figyelembe véve azt, hogy az adott gén 300 nukleotidja nem kódolja az aminosavat.

**Példa a feladat megoldására.** 1. Ha a fehérje molekula 200 aminosav maradékból áll, akkor azt  $200 \times 3 = 600$  nukleotid kódolja 2. Ehhez a számhoz hozzáadunk még 300 nem kódoló nukleotidot:  $600 + 300 = 900$ . 3. Meghatározzuk a DNS szakasz hosszát, amely kódolja a fehérjét, megszorozva a nukleotidok számát egy nukleotid hosszával:  $900 \times 0,34 \text{ nm} = 306 \text{ nm}$ .

**Felelet:** a DNS-molekula az adott fehérjét kódoló egy génjét tartalmazó részének hossza 306 nm.

**2. feladat.** A DNS-molekula egyik láncszemének hossza a baktériumsejtben 238 nm. Határozzátok meg fehérje molekulában található aminosav maradékok mennyiségét, amelyet a DNS-molekula adott szakasza kódol!

**3. feladat.** A fehérje molekulatömege 60000. Határozzátok meg a nukleotidok mennyiségét, amelyek a DNS-molekula adott szakaszán található gént alkotják!

**4. feladat.** A kísérlet azt mutatja, hogy a mRNS-molekula nukleotidjainak 24 %-a guanin (G), 38 %-a uracil (U), 22 %-a citozin (C) és 16 %-a adenin (A). Határozzátok meg annak a DNS-molekulának a nitrogénbázis tartalmát százalékban, amelyről az adott mRNS-molekula volt szintetizálva.

**Példa a feladat megoldására.** 1. A komplementaritás elve alapján meghatározzuk az átírában részt vett DNS-lánc nitrogénbázis tartalmát:

mRNS-molekula: G – 24 %, U – 38 %, C – 22 % és A – 16 %.

A DNS első lánc: C – 24 %, A – 38 %, G – 22 % és T – 16 %.

A DNS második lánc: G – 24 %, T – 38 %, C – 22 % és A – 16 %.

2. Kiszámoljuk a mRNS szintézisében részt vett DNS-molekula nitrogénbázis tartalmát százalékban: C – 23 % ( $24 + 22 / 2 = 23$ ), G – 23 % ( $24 + 22 / 2 = 23$ ), A – 27 % ( $38 + 16 / 2 = 27$ ), T – 27 % ( $38 + 16 / 2 = 27$ ).

**Felelet:** a DNS-molekula 23 %-a citozin, 23 %-a guanin, 27 % a adenin és 27 %-a timin.

**5. feladat.** Ismeretes, hogy a mRNS 1535 nukleotidból áll. Hány aminosav maradékból áll a fehérjemolekula, amelyet az adott kódol?

**6. feladat.** Határozzátok meg a DNS-molekula szakaszának nukleotid összetételét, ha a mRNS, amely az egyik láncán szintetizálódott, nukleotid tartalma a következő: UAGGUCGAACGU.

**7. feladat.** Az egyik DNS-lánc nukleotid tartalma: GCTAACCGATACGG. A másik láncon szintetizálódott 1 mRNS-molekula. Határozzátok meg nukleotid sorrendjét!

**8. feladat.** A DNS-molekula mindkét lánc 2250 nukleotidból áll. Határozzátok meg annak a fehérjemolekulának az aminosavmaradék mennyiségét, amely a DNS-molekula egyik láncán szintetizálódott!

**9. feladat.** A hasnyálmirigy glükagon hormonja 29 aminosav maradékból áll. Ezt a molekulát kódoló gén hány tripletból áll?

**10. feladat.** A DNS molekula kódoló tripletjeinek molekulatömege 20700. Határozzuk meg az aminosav maradékok mennyiségét, amelyek az adott fehérjemolekulát alkotják!

**11. feladat. Határozzátok meg** a fehérje molekula molekulatömegét, amelyet egy 102 nm hosszú DNS szakasz kódol!

**12. feladat.** Határozzátok meg a gén hosszát, ami a 125 aminosav-maradékot tartalmazó fehérjét kódolja!

**13. feladat.** Az egyik DNS-lánc összetétele: GCG GGT GGA TAA CTA GCC. Milyen lesz a másik lánc összetétele replikáció után?

**14. feladat.** A mRNS nukleotid sorrendje: AACGUUCCAGCU. Határozzátok meg a másik DNS-lánc nukleotid sorrendjét!

## TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK

### *Jelöljétek ki a helyes választ*

1. Mutassatok rá az elemre, ami megtalálható a pajzsmirigy hormonjában: a) réz; b) bór; c) jód; d) kobalt!
2. Nevezd meg azokat a vegyületet, amelyek oldódnak a vízben: a) hidrofób; b) hidofil; c) szerves; d) szervetlen vegyületek!
3. Nevezd meg azt a vegyületet, amely nem oldódik a vízben: a) viasz; b) glükóz; c) fruktóz; d) nádcukor!
4. Nevezd meg azt a vegyületet, amelynek lebomlása során a legtöbb energia keletkezik: a) lipidek; b) szénhidrátok; c) fehérjék; d) vitaminok!
5. Nevezzétek meg a vegyületet, amely az örökletes információt szállítja a magból a fehérje molekula szintézisének helyszínére: a) DNS; b) mRNS; c) rRNS; d) tRNS!
6. Határozzátok meg a vegyületeket, amelyek biztosítják a biokémiai reakciók felgyorsítását: a) DNS; b) hormonok; c) vitaminok; d) enzimek!
7. Határozzátok meg, hogyan kötődnek egymáshoz az aminosav maradékok a polipeptid-láncban: a) hidrogén kötésekkel; b) kovalens kötésekkel; c) hidrofób kölcsönhatásokkal; d) ion kölcsönhatásokkal!
8. Határozzátok meg, milyen lehet a fehérjék másodlagos struktúrája: a) globula; b) néhány egymáshoz kapcsolódó aminosav maradék; c) spirális; d) aminosav lánc!
9. Jelöljétek meg azt a vegyületet, amelyben timin található: a) viasz; b) DNS; c) mRNS; d) tRNS!
10. Nevezzétek meg a vegyületet, amely a biopolimerekhez tartozik: a) glükóz; b) mRNS; c) zsírok; d) dezoxiribóz!
11. Határozzátok meg, melyik kémiai elem tartozik az organogénekhez: a) szén; b) vas; c) kén; d) foszfor!
12. Nevezzétek meg a vegyületeket, amelyekben van ortofoszforsav maradék: a) fehérjék; b) monoszacharidok; c) ATP; d) zsírok!

### *Asszociációs teszt*

13. Társítsátok a kémiai elemeket azokkal a vegyületekkel, amelyekben megtalálhatóak!

- |                  |                                  |
|------------------|----------------------------------|
| 1 vas (Fe)       | <b>A</b> a pajzsmirigy hormonja  |
| 2 magnézium (Mg) | <b>B</b> klorofill molekula      |
| 3 réz (Cu)       | <b>C</b> hasnyálmirigy hormonjai |
| 4 jód (I)        | <b>D</b> hemoglobin molekula     |
|                  | <b>E</b> hemocianin molekula     |

14. Társítsátok a biopolimereket a monomerjeikkel!

- |                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| 1 poliszacharidok | <b>A</b> zsírsavak             |
| 2 fehérjék        | <b>B</b> nukleotidok timinnel  |
| 3 DNS             | <b>C</b> aminosavak            |
| 4 RNS             | <b>D</b> nukleotidok uracillal |
|                   | <b>E</b> monoszacharidok       |

15. Határozzátok meg azt az energia mennyiséget, amely felszabadul a megfelelő szerves vegyület bomlásakor!

- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| 1 1 gramm fehérje        | <b>A</b> 17,2 kJ |
| 2 1 gramm zsír           | <b>B</b> 42 kJ   |
| 3 ATP átalakulása ADP-vé | <b>C</b> 38,9 kJ |
| 4 ATP átalakulása AMP-vé | <b>D</b> 126 kJ  |
|                          | <b>E</b> 84 kJ   |

16. Társítsátok a nukleinsavak típusai és a funkció között!

- |        |                                                                                     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 DNS  | <b>A</b> strukturális: riboszóma                                                    |
| 2 mRNS | alegységek alkotója                                                                 |
| 3 tRNS | <b>B</b> energetikai                                                                |
| 4 rRNS | <b>C</b> az örökletes információkat tárolja                                         |
|        | <b>D</b> az aminosav maradékokat szállítja a fehérjeszintézis helyszínére           |
|        | <b>E</b> az örökletes információ szállítása a magból a fehérjeszintézis helyszínére |

Válasszatok 3 helyes választ a felajánlott válaszlehetőségek 3 csoportjából!

17. Nevezzétek meg a különböző térszerkezetű fehérjemolekula tulajdonságait!

elsődleges	másodlagos	harmadlagos
1) az aminosav maradékok egyszerű lánc	1) az aminosav maradékok egyszerű lánc	1) az aminosav maradékok egyszerű lánc
2) spirál alakú	2) spirál alakú	2) spirál alakú
3) globulát alkot	3) globulát alkot	3) globulát alkot

18. Milyen funkciót látnak el a szerves vegyületek molekulái a sejtekben?

DNS	fehérjék	ATP
1) kódolja az örökletes információt	1) katalitikus	1) energetikai
2) energetikai	2) kódolja az örökletes információt	2) strukturális (építő)
3) katalitikus	3) szállítja az örökletes információt más szerves molekulák szintézisének helyére	3) aminosav szállítás

19. Nevezzétek meg a vegyületeket, amelyekben az alábbi kémiai kötések megtalálhatóak!

makroerg kötés	hidrogénkötés	diszulfid híd
1) ATP	1) vízmolekula	1) mRNS
2) DNS	2) ATP	2) a fehérjék harmadlagos szerkezete
3) poliszacharidok	3) a fehérjék másodlagos szerkezete	3) ATP

*Nyílt végű feladatok*

20. Hasonlítsátok össze a fehérjék szénhidrátok tulajdonságait, illetve funkciójait!

21. Mi a hasonlóság és a különbség a destrukció és a denaturáció között?

22. Miért van a szénhidrátoknak vezető szerepe van az energiaforgalomban annak ellenére, hogy 1 g zsír lebomlásakor kétszer több energia szabadul fel?

23. Mi a kapcsolat a vízmolekula szerkezete és tulajdonságai között?

24. A kémiai vegyületek közül melyek vesznek részt az energetikai egyensúly fenntartásában? Támasszatok alá választotokat!

25. Hogyan határozható meg az enzimek specifikus hatása? Támasszatok alá választotokat!

26. Mi a hasonlóság és a különbség a különböző típusú nukleinsavak felépítése és funkciója között?

27. A DNS szerkezete hogyan függ össze a tulajdonságaival és a szervezetben betöltött funkcióival?

28. Miért van az, hogy egyes sivatagi állatok nagy mennyiségű folyadékot tárolnak? Támasszatok alá választotokat!

29. Mely szerves vegyületek töltenek be az élő szervezetekben védő funkciót? Támasszatok alá választotokat!

30. Miért nem tud az emberi szervezet tökéletesen működni, ha csak növényi táplálékot fogyasztunk? Támasszatok alá választotokat!

31. Mi a hasonlóság és a különbség az ATP és a különböző típusú nukleinsavakban található nukleotidok szerkezetében?

32. Mely fehérjéknek van védő funkciója? Támasszatok alá választotokat!

33. Miért van az, hogy az enzimek csak bizonyos körülmények között aktívak? Támasszatok alá választotokat!

34. A DNS-molekula nitrogénbázis tartalmának milyen mennyiségi törvényszerűségei tették lehetővé a térbeli szerkezetének megismerését? Támasszatok alá választotokat!

35. A tRNS-molekula szerkezete hogyan függ össze a funkcióival? Támasszatok alá választotokat!



## 2. TÉMA. A SEJT SZERKEZETE

Ebben a témában megismerkedhettek:

- a sejt tanulmányozásának főbb módszereivel;
- a sejt szerveződési szintjei sajátosságaival;
- az eukarióta és prokarióta sejtek felépítésével, felépítésük azonos és eltérő jellemzőivel.



35. ábra. **Robert Hooke** (1) által készített mikroszkóp (2), a parafa keresztmetszete (3)

### 9. §. A SEJT VIZSGÁLATÁNAK MÓDSZEREI. MIKROSKÓP TÍPUSOK

*Emlékezzetek a fénymikroszkóp felépítésére! Milyenek a használati előírásai?*

Milyen tudomány vizsgálja a sejteket? A sejtek felépítését és élet működését a **citológia** vizsgálja. Ezt a tudományágat az angol tudós, **Robert Hooke** (35. ábra) alapította 1665-ben. A saját kezűleg készített mikroszkópjával megvizsgálta a parafa sejtjeit és javasolta a sejt (cellula) szakkifejezés használatát.

A holland kutató **Anton van Leeuwenhoek** (36. ábra) 1702-ben szintén saját készítésű mikroszkópjával felfedezte a baktériumokat, az egysejtű állatszerű organizmusokat. (Például, a csillósokat stb.) Leírta a soksejtűek egyes sejtjeit (a vörösvérsejteket és a spermiumokat).

Milyen módszereket alkalmaznak a modern citológiában? A modern citológia a legapróbb sejtstruktúrákat, valamint azok sejtben belüli funkcióit vizsgálja. Vagyis, a tökéletesített nagyító eszközök és innovációs technológiák új perspektívákat nyitnak a kutatók előtt. Manapság egyre inkább fejlődik a sejtsebészet.

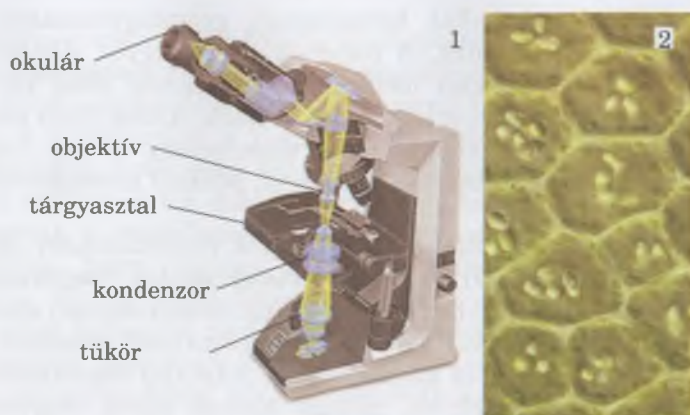
Az első eszköz, amely lehetőséget nyújtott a sejt vizsgálatára a **fénymikroszkóp** volt. Figyeljétek meg a 37. ábrát, és emlékezzetek vissza a fénymikroszkóp felépítésére! Azokat a módszereket, amelyeket ilyen eszközzel végeznek, fénymikroszkópiának nevezzük.

A **fénymikroszkópia módszere** azon alapszik, hogy az átlátszó vagy félig áttetsző objektumokon keresztül a fénysugarak áthatolnak, majd az objektív és az okulár lencserendszerébe jut (37. ábra). A lencsék felnagyítják a vizsgált objektumot, miközben a nagyítás mértékét meg lehet határozni az objektív és az okulár nagyításából. Például, hogyha az okulár lencsési tízszeres nagyítást biztosítanak és az objektív 40-szeres, akkor a nagyítás mértéke 400-szoros. A modern fénymikroszkópok képesek a 2–3 ezerszeres nagyításra. A fénymikroszkóp használatát laboratóriumi munka (lásd: 61. old.) során sajátíthatjátok el.

**Elektronmikroszkópia módszere.** Az apróbb sejtalkotókat (membránokat stb.) a XX. sz. első felében megalkotott **elektronmikroszkóppal** fedezték fel. Az elektronmikroszkóp a vizsgálati tárgyak képét 500 000-szeres vagy még nagyobb mértékben nagyítja fel (39. ábra). Szerkezetét tekintve



36. ábra. **Anton van Leeuwenhoek** (1) által készített mikroszkóp (2)



37. ábra. 1. A fénymikroszkóp vázlatos felépítése és működési elve. **Feladat.** Figyeljétek meg a fénysugarakat a fényforrástól a lencsék rendszeréig! 2. Növényi sejtek a mikroszkópon keresztül

az elektronmikroszkóp a fénymikroszkópra emlékeztet, de benne a fénysugarak helyett mágneses térben haladó elektronsugarakat alkalmaznak. Az elektronmikroszkópban a lencsék szerepét elektromágnesek játsszák, amelyek képesek megváltoztatni az elektronok mozgási irányát, fókuszálják, és a vizsgálati tárgyra irányítják az elektronsugarakat.

Az elektronok egy része a tárgyon áthaladva elhajolhat, szétszóródhat, elnyelődhet, kölcsönhatásba léphet a vizsgálati tárggyal, vagy változás nélkül áthaladhat rajta. Az elektronok a vizsgálati tárgyon áthaladva vagy egy lumineszkáló képernyőre kerülnek, és azon a tárgyat ábrázoló fényeket gerjesztenek, vagy fényképlemezre kerülnek, amelyen az ábrázolás lefényképezhető.

A **pásztázó elektronmikroszkópia módszere** segítségével tanulmányozni lehet a sejt felszínét, az egyes sejt-szervecskéket stb. (40. ábra). Ezeknél az elektronok nem hatolnak át a vizsgált objektumon, hanem visszaverődnek a tárgyfelszínről.

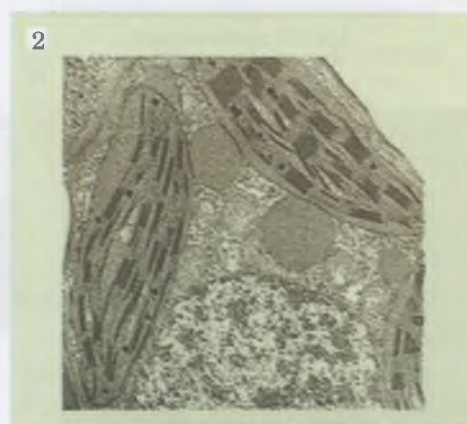
Az élő sejtekben az életműködés meghatározott folyamatait vizsgálják: a citoplazma mozgását, az osztódást stb. A sejt finomszerkezetét speciális módszerrel kezelt sejteken tanulmányozzák. Ehhez a sejtet valamilyen speciális



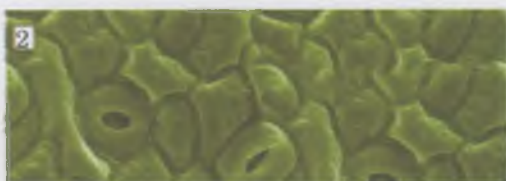
38. ábra. 1. **Matthias Jakob Schleiden** (1804–1881).  
2. **Theodor Schwann** (1810–1882)

## Jó tudni

A német botanikus **Matthias Jakob Schleiden** (38. ábra) leírja a mag funkcióját a növényi sejtekben. A német citológus és fiziológus **Theodor Schwann** megismerve Schleiden munkáit és összevetve az állati sejtek vizsgálata során szerzett saját eredményeivel, megalkotta a sejteória alaptéziseit: minden élő szervezet sejt felépítésű; az állati és növényi sejtek felépítése és kémiai összetétele hasonló.



39. ábra. 1. Modern elektronmikroszkóp.  
2. Elektronmikroszkóppal készült felvétel a kloroplasztiszokról a sejtekben



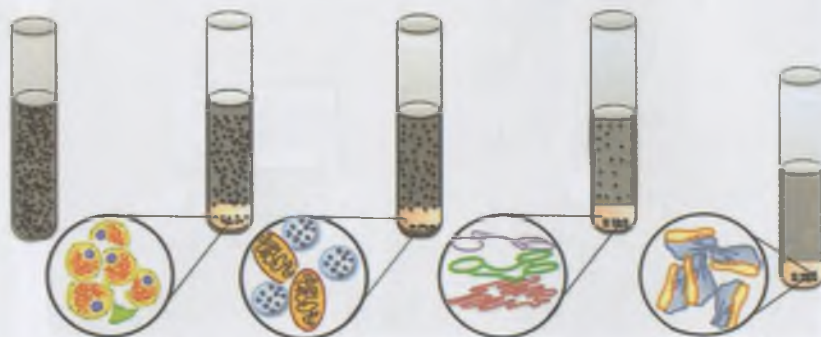
40. ábra, 1. Modern pásztázó mikroszkóp. 2. Pásztázó mikroszkóp alatt készült felvétel a levél epidermiszéről



41. ábra. A jelölt atomos módszerrel kimutatott (Magyarórázátok meg a módszer lényegét!) kromoszómák közötti szakaszcsere



B



42. ábra. A. Centrifuga. B. A centrifugálás módszere: a sejt struktúrák tömegfüggő ülepedésének egymást követő stádiumai

anyaggal (alkohollal, formalinnal), gyorsfagyasztással vagy szárítással rögzítik. A rögzített sejtek egyes alkotóit speciális színezékekkel megfestik és huzamos ideig tárolható mikropreparátumot készítenek belőlük. Ahhoz, hogy pásztázó elektronmikroszkóppal lefényképezhessék a sejt vagy az organellumok felszínét, fémporral, például aranyporral fedik be azt.

Ahhoz, hogy állandóan a kutatók rendelkezésére álljanak különböző típusú sejtek, **sejttenyésztet (sejtkultúrát)** tartanak fenn. Ehhez az élő sejteket mesterségesen előállított táptalajon, például vörös algák kivonatából készített agar-agar-on tartják és szaporítják. A táptalaj összetételét módosítva megfigyelhető, miként hatnak egyes vegyületek a sejtek növekedésére és fejlődésére, tulajdonságaik alakulására. A sejttenyészteteket a humán egészségügyben, állat-egészségügyben, növényvédelemben alkalmazzák a különböző vegyszer-készítmények, vírusok, egysejtű szervezetek hatásának vizsgálata, biológiailag aktív anyagok (gyógyszerek, biostimulátorok) előállítására céljából.

Valamely biokémiai folyamat helyét vagy lefolyását a sejtben **jelölt atomos módszerrel** vizsgálják. Ehhez a sejtbe olyan anyagot visznek, amelyben meghatározott kémiai elem (szén, foszfor stb.) egy atomját annak radioaktív izotópjával helyettesítik. Speciális műszerek segítségével megállapítják az izotópok helyét, végigkövetik a sejtbe bevitt anyag útját és átalakulását, a biokémiai folyamatok lefolyásának jellegét, helyét. Ezzel a módszerrel derítették ki, hogy a meiotikus osztódás során (ezzel részletesebben a 24. §-ban foglalkozunk) a kromoszómák ugyanazon a páron belül kicserélik szakaszukat (41. ábra).

Az egyes sejtalkotók vizsgálata céljából alkalmazzák a **centrifugálás módszerét**. A sejteket felaprítják, mielőtt különleges kémcsövekben a *centrifugába* helyeznék. Mivel a különböző sejtalkotóknak eltérő a tömörségük, a forgás során nem egyszerre ülepednek le a kémcső aljára, hanem rétegeket képeznek: a tömörebbek gyorsabban csapódnak ki, ezért legalulra kerülnek, míg a puhább részecskék lassabban ülepednek le, így felül lesznek (42. ábra). A kialakult rétegeket elkülönítik egymástól, és külön-külön vizsgálják őket.

**Betegségek diagnosztizálása citológiai módszerekkel.** A citológiai módszereket széles körben alkalmazzák a különböző emberi, állati és növényi megbetegedések diagnosztizálására.

tizálására, a szervezetek fiziológiai állapotának vizsgálatára. Az **onkológiában** (a rákos megbetegedések keletkezésének okait, diagnosztikai és kezelési módszereit kutató tudomány) ezeket a módszereket a rossz- és a jóindulatú daganatok kimutatására, a rák előtti állapot és rosszindulatú daganatok kezdeti stádiumainak diagnosztizálására használják. Ehhez megkeresik a rendellenességeket mutató sejteket, és megvizsgálják, hogy képesek-e gyorsan szaporodni. Kidolgozták a vér, az emésztőszervek, a vese, a tüdő és a bőr betegségeit kimutató citológiai módszereket. Például, a vörösvértestek számának jelentős növekedése veszélyes betegség, az eritrocitózis jele. A leukociták túlszaporodása fehérvérűséget (leukóziát) idéz elő. Először egy német tudós, Rudolf Virchow vetette fel a XIX. században, hogy az ember betegségei kapcsolatban állnak a sejtek felépítésbeli és működésbeli patológiás elváltozásaival.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

Fény- és elektronmikroszkópia.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**

1. Milyen módszerekkel vizsgálják a sejteket? 2. Mi a lényege a fénymikroszkópiának? 3. Mi a különbség a fény- és az elektronmikroszkóp működési elve között? 4. Milyen struktúrákat lehet kimutatni a pásztázó mikroszkóppal? 5. Mi a lényege a jelzett atomos módszernek? 7. Mi a szerepe a citológiai módszereknek a diagnosztikában?

## **10. §. AZ EUKARIÓTA SEJTEK FELÉPÍTÉSE: MEMBRÁN-SZERKEZETEK**

*Emlékezzetek, mi a diffúzió, a hidrofóbia és a hidrofília! Mi az immunitás, az antitest és az antigén? Mi a denaturáció? Milyen az ATP-molekula felépítése és funkciója? Mi a fagocitózis?*

Már tudjátok, hogy a sejt az élőlények strukturális – funkcionális alapegysége. Ez azt jelenti, hogy a sejt szerveződési szintjén teljes mértékben megjelenik az élet minden alaptulajdonsága: anyag- és energiacsere, a növekedés, a szaporodás, a mozgás, az ingerlékenység, az örökletes információ megőrzésének és átadásának képessége stb.

*Emlékezzetek:* attól függően, hogy van-e magjuk, a szervezetek lehetnek prokarióták és eukarióták. A prokarióták sejtjei (például a baktériumok) nem rendelkeznek maggal. Ezek sejt felépítéséről a 15. §-ban fogtok olvasni.

Az eukarióta sejt – a gombák, növények és állatok – mindig rendelkeznek maggal. Változatos formájuk ellenére, ezen szervezetek mindegyikének sejtjei egyetlen törvényszerűség alapján szerveződnek (43. ábra). Minden sejt belső tartalmát membránszerkezet borítja. A sejtek belső közege a sejtmembrán és a mag között a citoplazma. A belsejében találhatóak az állandó sejtstruktúrák a szervecskék. A sejtorgánok biztosítják a megfelelő életfolyamatokat a sejtekben. A nem állandó struktúrák a zárványok, Ezek a tartalékoló vegyületeket, vagy az anyagcsere végtermékeit tárolják.

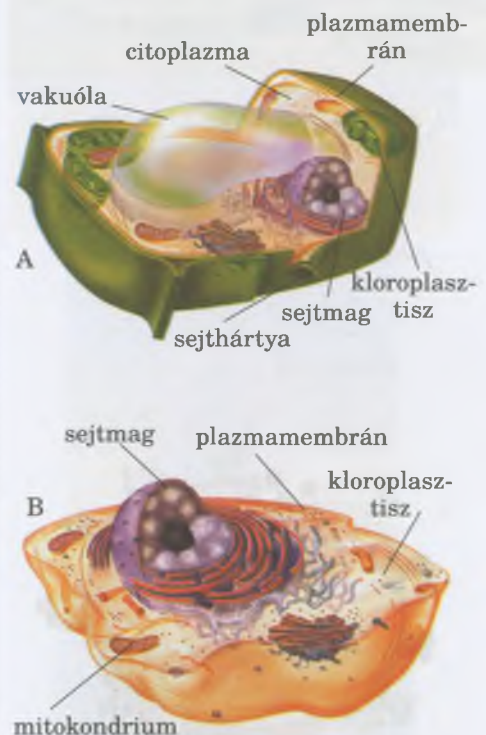
**Membrán szerkezet.** Ide tartozik a plazmamembrán, a membrán feletti és a membrán alatti struktúrák. A plazma-

## **Röviden a lényeg**

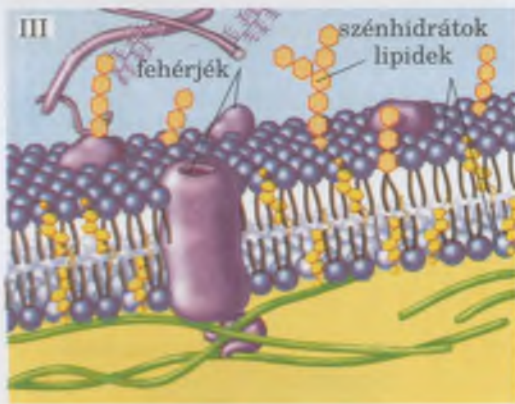
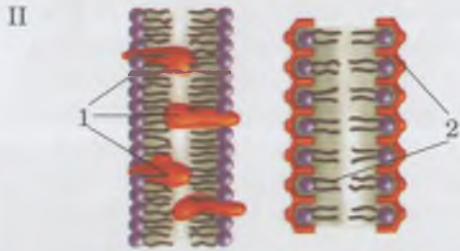
A sejtek vizsgálatára különböző módszereket használnak: fény- és elektronmikroszkópia, jelölt atomos módszer, centrifugálás stb.

A sejteket vizsgálhatjuk élve vagy fiálva. Ahhoz, hogy mindig meglegyen a vizsgálathoz szükséges típusú sejt, a sejtenyészetek módszerét alkalmazzák.

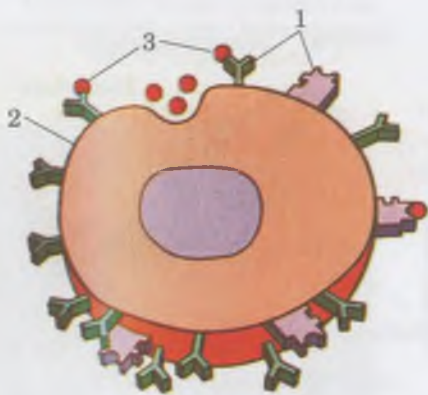
A citológiai módszereket széles körben alkalmazzák az ember, a háziállatok és a kultúrnövények különböző megbetegedéseinek diagnosztizálására, az organizmusok fiziológiai állapotának meghatározására.



43. ábra. Az eukarióta sejt belső felépítésének modelljei: A. növényi sejt; B. állati sejt. **Feladat.** Figyeljétek meg a rajzokat és emlékezzetek vissza, hogy milyen állati és növényi sejtorgánokat ismertetek meg eddig a biológia órákon, és mi ezeknek a funkciója!



44. ábra. A plazmamembrán felépítése:  
 I. Elektronmikroszkóppal készített felvétel. II. A fehérjék (1) és a lipidek (2) helyzete a membránban.  
 III. A plazmamembrán folyadék-mozaik modell felépítése



45. ábra. A sejtmembrán védő funkciója: antitest (1) a membrán (2) szerkezetében megköti az antigéneket (3) és megakadályozza a sejtbejutásukat

**membránt** (más néven **plazmalemmát**) lipidek, fehérjék és szénhidrátok alkotják (44. ábra). A lipid molekulák két rétegben helyezkednek el: a hidofil „fejrészei” (ortofoszforsav maradékok) a membrán külső és belső oldala felé irányulnak. A zsírsavláncokból álló hidrofил „farokrészükkel” befelé fordulnak (44. ábra).

A fehérjék a sejt membránok fő funkcionális komponensei. Egyes fehérjék vagy a membránok felületén, vagy alján helyezkednek el, ezeket **felszíni** fehérjéknek nevezzük. Más fehérjemolekulák áthatolnak lipid rétegeken.

A szénhidrátok kizárólag fehérjékkel vagy lipidekkel alkotott komplex vegyületek formájában találhatóak meg a membránban.

A biológiai membránoknak ezt a típusát **folyadék-mozaik modellnek** nevezik (14. ábra, III). Az elnevezés onnan származik, hogy a membránok lipidjeinek közel 30%-a komplex vegyületeket alkotva szorosan kapcsolódik a belső fehérjékhez, míg a további részük folyékony halmazállapotban van.

A biológiai membránt alkotó molekulák képesek változtatni a helyüket. Ennek köszönhetően a membránok gyorsan megújulnak jelentéktelen sérülés esetén. A plazmamembránok könnyen összeolvadhatnak egymással, nyújthatók és összenyomhatók, például a sejt alakváltozása vagy mozgása során. A plazmamembrán a sejt felületét jelentős mértékben növelő kinövéseket, bemélyedéseket, barázdákat, mikrobolyhokat képezhet.

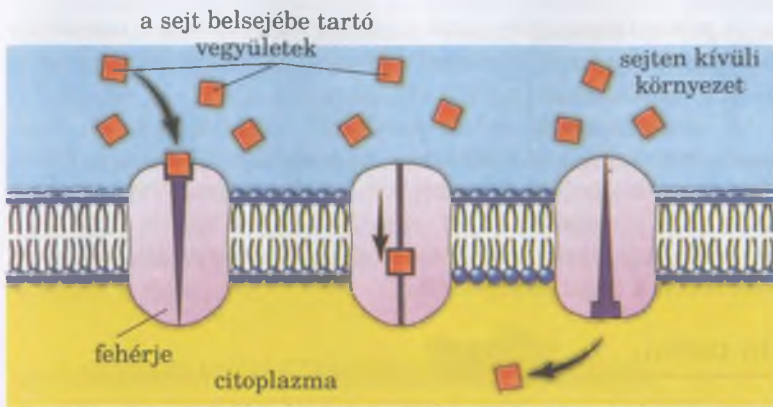
**A sejtmembrán funkciói.** Mindenekelőtt **védőfunkciót** lát el: óvja a sejt belső közegét a kedvezőtlen hatásoktól. Ezen kívül a membránfehérjék között vannak olyanok, amelyek meg tudják kötni az antigéneket (a sejtidegen testekként érzékelt mikroorganizmusokat és anyagokat), s ez által képesek megakadályozni a sejt belsejébe történő behatolásukat. Vagyis a plazmamembrán a szervezetet védő mechanizmus egyik szakasza.

**Szállító funkció.** A sejtmembrán féligáteresztő tulajdonsággal rendelkezik: egyes vegyületek gyorsan átjuthatnak rajta, míg mások lassabban, vagy egyáltalán nem tudnak keresztülhatolni rajta. A sejtek élettevékenységéhez nélkülözhetetlen vegyületek és az anyagcsere-termékek aktív vagy passzív anyagszállítás révén jutnak át rajta.

**Passzív szállítás** – az anyagok membránokon való szelektív átjutását biztosítja. Ekkor a membrán két oldalán lévő molekulák a magasabb koncentrációjuk irányából az alacsonyabb koncentrációjú helyre áramlanak. A passzív szállítás alig igényel, vagy egyáltalán nem igényel energiaráfordítást. A passzív szállítást biztosító több mechanizmus létezik. Ilyen mechanizmus a diffúzió, amely révén a sejtbe a víz és a benne oldott anyagok jutnak.

Ha a membrán szabadon átengedi az egyik anyag molekuláit, miközben a másik anyag molekuláit visszatartja, akkor annak az anyagnak az **egyirányú diffúziója** megy végbe, amely át tud jutni a membránon. A **könnyített diffúzió** – bizonyos molekuláknak a membránon való áthatolása az azt átszövő szállító fehérjék segítségével (46. ábra). Ezek a fehérjék kölcsönhatásba lépnek bizonyos molekulákkal a





46. ábra. Könnyített diffúzió. A vegyület csak a membránfehérjével való kölcsönhatását követően kerül a citoplazmába

membrán egyik felületén és térszerkezetük megváltozása következtében a másik oldalra viszik azokat.

**Aktív anyagszállítás** a passzív szállítástól eltérően jelentős energiaráfordítással megy végbe, amit az ATP-molekulákban tárolt energia fedez.

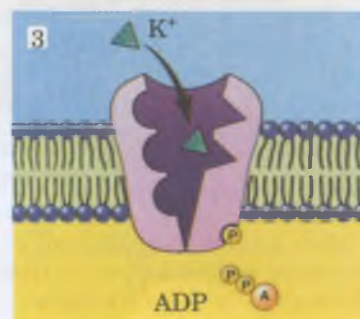
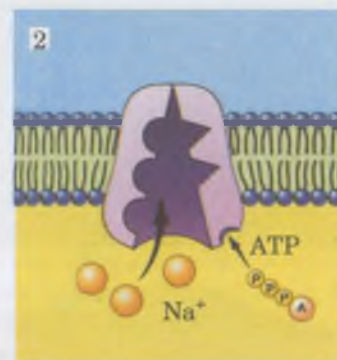
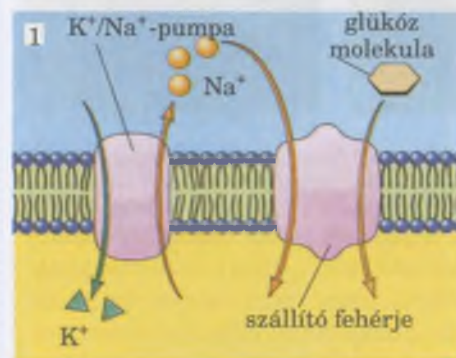
Az aktív anyagszállítás egyik mechanizmusát **kálium-nátrium pumpának** nevezzük (47. ábra). Ennek a magyarázata az, hogy a káliumionok koncentrációja a sejten belül magasabb, mint azon kívül, míg a nátriumionok esetében ez pont fordítva van. Ennek következtében a nátriumionok a sejtbe, a káliumionok pedig onnan kifelé mozognak. Azonban ezen az ionok koncentrációja soha nem egyenlítődhet ki az élő sejtek belsejében és a környezetben, mert létezik egy különleges mechanizmus, amely a nátriumionokat a sejtől kifelé, a káliumionokat pedig befelé pumpálja. A kálium-nátrium pumpának nevezett mechanizmus létezését bizonyítja az a tény, hogy az elhalt vagy lefagyasztott sejtekben a kálium- és a nátriumionok koncentrációja gyorsan kiegyenlítődik a plazmamembrán két oldalán. A  $\text{Na}^+$  és  $\text{K}^+$ -ionok anyagszállítását a szervezet felhasználja az ideg- és izomsejtek ingerlékenységének fenntartására, megkönnyíti a monoszacharidok, az aminosavak, a kalcium ionok anyagszállítását a sejtbe.

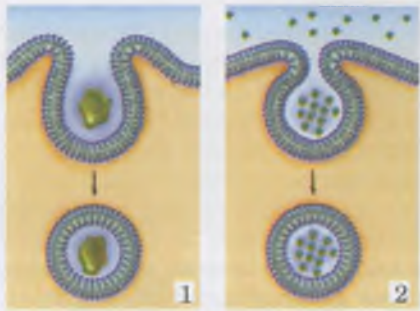
Létezik a membránokon át történő anyagszállításnak még egy mechanizmusa: a **citózis**. A citózis két típusát különböztetik meg: a fago- és az endocitózist (48. ábra).

A **fagocitózis** (gör.: *phagos* – falánk) mikroszkopikus méretű szilárd részecskék (szerves vegyületek, apró sejtek stb.) aktív bekebelezése (48. ábra, 1). Fagocitózisa bizonyos állati sejtek képesek. **Emlékezzetek:** az egyes egysejtű organizmusok (például az amóba) és a soksejtűek bizonyos sejtjei (például a hidra emésztősejtjei) képesek a fagocitózisa. A többsejtű állatok specializált sejtjei a fagocitózissal védő funkciót valósítanak meg (például a makrofágok). A makrofágok felfalják és megemésztik az idegen anyagokat és a mikroorganizmusokat.

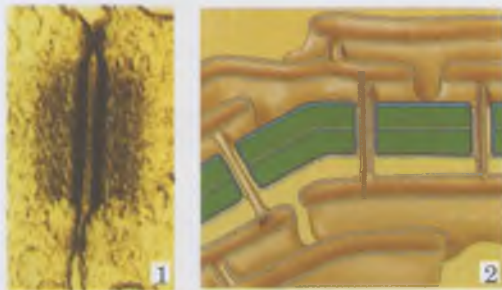
47. ábra, 1. Az aktív transzport általános vázlatja a kálium-nátrium pumpa példáján. 2. A  $\text{Na}^+$  ionok kipumpálódnak a sejtéből, ahol a koncentrációjuk kisebb, mint a külső környezetben. 3. A  $\text{K}^+$  ionok bepumpálódnak a sejtbe, ahol a koncentrációjuk magasabb, mint a sejtben kívüli állományban

**Jegyezzük meg!** A kálium-nátrium pumpa biológiai jelentősége abban áll, hogy segítségével a nátrium ionok szállítása a sejtbe energetikailag kedvező módon történik, megkönnyítve a kis molekulatömegű vegyületek (glükóz, aminosavak stb.) energetikailag kedvezőtlen szállítását. Ezekben a folyamatokban speciális szállító fehérjék vesznek részt, amelyek a sejtmembránban találhatóak.

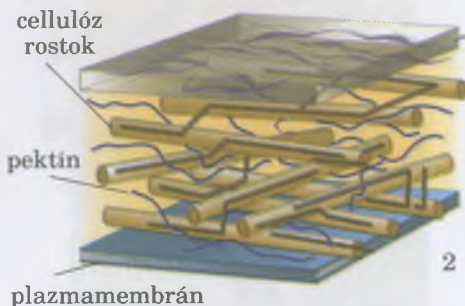
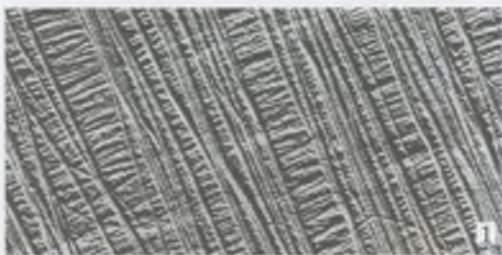




48. ábra. A citózis vázlatos bemutatása:  
1 – fagocitózis; 2 – pinocitózis



49. ábra. A sejtek közötti kapcsolatok:  
1 – a plazmamembránok szoros kapcsolata két állati sejt között;  
2 – növényi sejtek közötti kapcsolat



50. ábra. A növényi sejtek sejtfa:  
1 – pásztázó mikroszkóppal készített felvétel; 2 – vázlatos felépítése

A **pinocitózis** (gör.: *pinó* – iszom) során a sejt a membrán betüremkedésének következtében elnyeli a folyadékot a benne oldott vegyületekkel együtt (48. ábra, 2).

A **membránok jelző funkciót** is ellátnak. A plazmamembránba jelző fehérjék is beépülnek. Ezek a külső környezet különféle tényezőinek hatására reagálva megváltoztatják térszerkezetüket, és így továbbítják a jeleket a sejtnek. A plazmamembránok e sajátosságai biztosítják a szervezetek ingerlékenységét.

## Jó tudni

A membránmolekulákkal kölcsönhatásba léphetnek a vírusok. Ha ez a kölcsönhatás bekövetkezett, akkor a vírus behatol a sejtbe. Ha ez a kapcsolat nem jön létre, akkor a vírus nem jut be a sejtbe. Éppen ez az alapja a vírusfertőzések elleni gyógyszerek létrehozásának: ezek lehetetlenné teszik a vírusok kölcsönhatását a megfelelő membránmolekulákkal.

A **plazmamembránok biztosítják a sejtek közötti kapcsolatot** a többsejtű szervezetekben. Két állati sejt kapcsolódási helyén mindkét sejt membránja barázdákat vagy kinövéseket képez, s ezzel nagymértékben megszilárdítja, és rugalmassá teszi a sejtek közötti kapcsolatot, szorosan összekötve a sejteket (49. ábra, 1). A növényi sejtek membránnal bélelt és citoplazmával töltött mikroszkopikus sejtközi csövecskékkel kapcsolódnak egymáshoz (49. ábra, 2).

A plazmamembránok részt vesznek a sejtek növekedésében és osztódásában is.

A **membrán feletti struktúrák** a sejtek plazmamembránja felett találhatóak. Ha emlékeztek rá ilyenek a gombák, növények sejtfa és az állati sejtek glikokálisa.

A **növények sejtfa** vízben oldhatatlan poliszacharid cellulózrostok nyalábjaiból (50. ábra) és sajátos váz-szerkezetből (mátrix) áll. A növényi szövet típusától és funkciójától függően a sejtfa összetételében más szénhidrátok is lehetnek, illetve lipidek, fehérjék, szerves vegyületek (szilícium-dioxid  $\text{SiO}_2$ , kalcium-karbonátok és kalcium-ortofoszfátok stb.) Például a kéreg- és edénysejtek fala idővel zsírszerű vegyülettel itatódik át. Ennek következtében a sejtek tartalma elhal, ezáltal lehetővé válik, hogy bizonyos funkciókat (támasztás, szállítás) lássanak el. A sejtfa fásodhatnak, vagyis a cellulózrostok közötti teret különleges szerves vegyület, a lignin tölti ki, s ettől nő a sejtfa szilárdsága.

Ak különböző csoportjainál a sejtfa alapját szintén poliszacharidok képezik. A cellulózon kívül a sejtfa tartalmazhat a szilárdságot fokozó nitrogéntartalmú poliszacharidot, a kitint, illetve glikogént, sötét pigmenteket (melanint) és más vegyületeket.

A sejtfa fő funkciója a támasztás, azaz a sejt alakjának fenntartása. A sejtfa biztosítja a növényi sejtek közötti kapcsolatokat.

A **Glikokalix** – a fehérjék és a lipidek szénhidrátokkal alkotta vegyületei által létrehozott nagyon vékony felső réteg (51. ábra). Nem képes megtartani a sejtek formáját, de biztosítja a sejtek közvetlen kapcsolatát a külső környezettel.

A glikokalixban találhatóak a receptor molekulák, amelyek képesek érzékelni az ingereket. Részt vesznek az anyagok szelektív szállításában, méreteiktől vagy töltéseiktől függően átengedik, vagy nem engedik át az anyagokat. Ezen kívül biztosítják a többsejtű állatok sejtjei közötti kapcsolatot.

**A sejt membrán alatti készülékei.** Hozzájuk különböző fehérjeszerkezeteket sorolnak, így a *sejtvázat* alkotó, támasztó funkciót ellátó mikrofonalakat (mikrofilamentumokat) és mikrosövecskéket. A következő §-ban részletesen fogunk ezekkel foglalkozni.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

membrán szerkezet, sejtmembrán felépítésének folyadék-mozaik modellje, passzív és aktív anyagszállítás, fagocitózis, pinocitózis, glikokalix.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Milyen vegyületekből állnak a biológiai membránok? 2. Mi a lényege a biológiai membránok folyadék – mozaik modell felépítésének? 3. Mi a plazmamembrán fő funkciója? 4. Hogyan történik az anyagszállítás a plazmamembránon keresztül? 5. Mi a hasonlóság és az eltérés a fagocitózis és a pinocitózis között? 6. Minek köszönhető a plazmamembrán védő funkciója? 7. Mi található a növények és a gombák sejtfalában? Mi a sejtfal funkciója? 8. Mi a glikokalix? Mi a funkciója?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



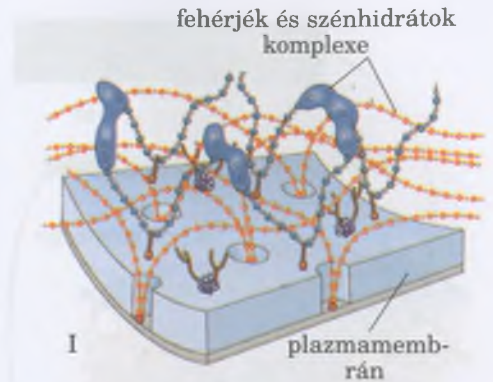
1. Mi a jelentősége a fehérje molekulák helyváltoztató képességének a biológiai membránok funkcióinak ellátásában? 2. Mi hasonló és mi különböző a sejtfal és a glikokalix felépítésében és funkciójában? 3. Az egysejtű Chlamydomonas moszat és az egysejtű állatok képviselője, a zöld eugléna sejtfelépítése és életműködése sokban hasonlít egymásra. Milyen ismérvek alapján sorolják a chlamydomonast a növényekhez, a zöld euglénát pedig az állatokhoz?

## **11. §. AZ EUKARIÓTA SEJTEK FELÉPÍTÉSE: A CITOPLAZMA, A RIBOSZÓMÁK, A MOZGÁS SZERVECSKÉI, SEJTKÖZPONT**

*Emlékezzetek, mit tanultatok kémiából a kolloid oldatokról! Mi a szol és a gél? Milyen RNS típusok vannak? Az egysejtű eukariótáknak milyen mozgásszervecskéi vannak? Hogy történik a fagocitózis folyamata?*

A citoplazma a szerves és a szervetlen anyagok vízben oldott nem homogén kolloid oldata – **citoszol**. A víztartalma jelentős mértékben változhat, a fiatal sejtekben elérheti a 90 %-ot. A szerves vegyületek közül találhatóak a citoplazmában különféle fehérjék, aminosavak, mono-, oligo- és poliszacharidok, lipidek, különböző RNS-típusok stb. A szervetlen vegyületek közül – fémek kationjai (főként  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ), szén- és ortofoszforsav anionok,  $\text{Cl}^-$  anionok stb.

A citoszol lehet folyékony (*szol*) vagy kocsonyás (*gél*) állapotú. A különböző részein egyidejűleg lehet ilyen is, olyan is. A citoszol képes az egyik állapotból a másikba átalakulni, ami biztosítja a sejt amőboid mozgását az állábak segítségével.



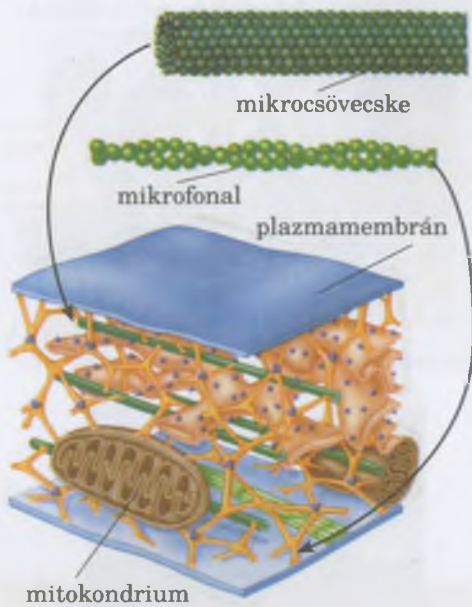
51. ábra. I. A glikokalix, ami a plazmamembrán felett helyezkedik el, felépítésének vázlatja. II. A glikokalix elektronmikroszkópos képek

### **Röviden a lényeg**

Minden sejtet plazmamembrán vesz körül, amely biztosítja az anyagcserét a külső környezettel, illetve a többsejtű organizmusokban a sejtek közötti kapcsolatot. A sejt minden egyes membránjának szerkezete lipidekből és fehérjékből áll. A biológiai membránok felépítésének jelenleg elfogadott modelljét folyadék mozaik modellnek nevezzük.

A sejtmembrán különböző funkciókat lát el: védő, az anyagcsere folyamatok biztosítása a külső környezettel, jelző, anyagszállító, a szomszédos sejtekkel való kapcsolat biztosítása stb. A különböző vegyületek, amelyekre a sejteknek szüksége van az életműködéséhez, illetve az anyagcsere termékek átjutnak a plazmamembránon passzív vagy aktív anyagszállítás révén.

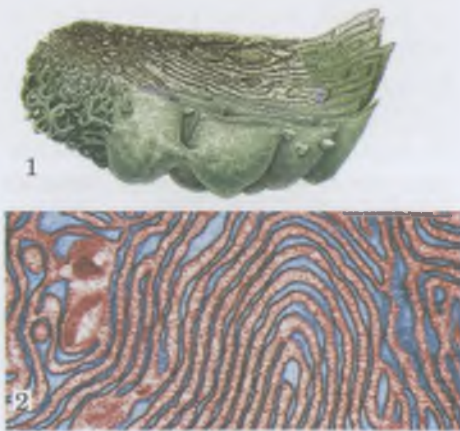
A plazmamembrán felett a növényeknél és a gombáknál sejtfal található, az állatoknál glikokalix. A sejt membrán alatti struktúráihoz tartozik a fehérjékből álló sejtváz



52. ábra. A sejtíváz vázlatá

## Jó tudni

Sok állati egysejtű szervezet (csillók, eugléna stb.) sejtjeiben a membrán alatti struktúrákhoz tartozik a pellikula. Ez a citoplazma külső tömör rétege, amiben lehetnek támasztó struktúrák (lapított tömlőcskék az infuzóriumnál, fehérje csikok az euglénánál). A pellikula szilárd tartást kölcsönöz a sejt burkának és magának a sejtnek is.



53. ábra. Az eukarióta sejt sejt belüli membránrendszere: vázlatos felépítése (1); elektronmikroszkóppal készült felvétel (2)

vel, illetve a fago- és pinocitózist. A citoszol halmazállapota hatással van a biokémiai folyamatok sebességére: minél sűrűbb, annál lassabban mennek végbe a biokémiai reakciók.

A citoszol fogja egységes funkcionális biológiai rendszerbe az összes sejtalkotót, és biztosítja együttműködésüket. A citoszolban történik az anyagszállítás, és itt mennek végbe az anyagcsere folyamatok. A citoszolra állandó mozgás jellemző. Ezt ti magatok is megfigyelhetitek, ha az élő sejtbe festéket juttattok.

A citoplazmát mint a sejt belső közegét viszonylag stabil szerkezet és tulajdonságok jellemzik. Az eukarióta sejt belső közege szigorúan rendezett.

A **citoszkeleton**, vagy sejtíváz fehérjeképződmények rendszere – mikroszövecskék (mikrotubulusok) és mikrofonalak (mikrofilamentumok) (52. ábra). Támasztó funkciót lát el, illetve összeköti a sejtalkotókat: a membrán szerkezeteket, a citoplazma struktúráit, a sejtívát. A sejtív részerei rögzítik az organelumokat és segítik ez utóbbiak helyzetváltoztatását a sejtben.

A **mikrofonalak** – vékony fonalszerű struktúrák, amelyek összehúzóásra képes fehérjékből állnak, főként aktinból. (Emlékezzetek: az aktin megtalálható az izomsejtben!) (52. ábra). Ezek áthatolhatnak a citoplazmában, és hálózatot alkothatnak a plazmamembrán alatt. A mikrofonalak kötegei egyik végükkel bizonyos struktúrákhoz (például a plazmamembránhoz) vannak rögzítve, a másik végük a sejtív szerkezetéhez stb.

A **mikroszövecskék** – üreges henger alakú fehérjestrutúrák (52. ábra). Részt vesznek az osztódási orsó kialakulásában az eukarióta sejtben, megtalálhatóak a csillókban, az ostorokban stb. A mikroszövecskék biztosítják az organelumok és a makromolekulák helyzetváltoztatását a sejtben. Ilyenkor a mikroszövecskék egyik végükkel hozzátapadnak egyes struktúrákhoz vagy molekulákhoz, a másik végükkel pedig a másikhoz.

A **sejt belüli membránok**. Minden sejtet *biológiai membránok* rendszere alkot, amelyeknek fontos szerepe van a sejt normális életfunkcióinak biztosításában. A sejt belüli membránok funkcionális részekre osztják a sejt belső terét (53. ábra).

Ez a membránrendszer szükséges bizonyos anyagok (enzimek, pigmentek stb.) elhelyezésére, illetve az anyag – és energiacsere összeférhetetlen folyamatainak térbeli elkülönítéséhez, bizonyos sejtalkotók emésztőenzimek hatásától való megvédéséhez. A biológiai membránokban az érzékelés, az ingerképződés és átadás, az energiaátalakulás, a patogén mikroorganizmusok bejutása elleni védelem és más élettevékenységek folyamata megy végbe. A sejt belüli membránok (mennyiségük lehet egy, kettő vagy több) körülveszik az egyes sejtív szerkezeteket.

Az **organelumok** (gör. *organon* – szerv, eszköz) – a sejt állandó struktúrái. Minden organelum (sejtív szerkezet) a sejt bizonyos életműködését biztosítja (táplálkozás, mozgás, bizonyos vegyületek szintézise, örökletes információ tárolása és átadása stb.)

## Jó tudni

Némely egysejtű állatokban vannak különleges sejten belüli struktúrák, amelyek támasztó funkciót látnak el. Ahogy a zárványoknak, ezeknek is bizonyos formája van. Citoszolban helyezkednek el és nincsenek membránjaik. Például, a tengeri egysejtűek radioláriák (sugárállatkák) furcsa belső sejtvázzal rendelkeznek (egymásba helyezett lyukacsos golyó, koronaformájuk van), amely  $\text{SiO}_2$ -ből vagy  $\text{SrSO}_4$ -ből áll (54. ábra).

A sejt szervecskéktől eltérően az *zárványok* nem állandó struktúrák a sejtben. Eltűnhetnek, és újra megjelenhetnek a sejt élete során. A zárványok – tartalék vegyületek vagy anyagcsere végtermékek.

**A riboszómák felépítése és funkciója?** Minden sejt nélkülözhetetlen organelumai a **riboszómák** (a *ribonukleinsav* és a gör.: *sóma* – test kifejezésekből). A riboszómák membrán nélküli szervecskék, amelyek a sejt fehérjeszintézisében vesznek részt. Gömb alakú testecskek, és méreteiket tekintve két alegységre: nagy és kis riboszómákra oszlanak (55. ábra). Mindegyik alegység tartalmaz egymással összekapcsolódó rRNS-t és fehérjéket. A riboszóma-alegységek különválhatnak egymástól a fehérjemolekula szintézisét követően, majd ismét összekapcsolódhatnak egymással a fehérjeszintézis helyén.

A riboszómák alegységei a magocskában képződnek: a DNS-molekulán szintetizálódik az rRNS, amely a citoplazmából érkező speciális riboszómafehérjékkel kapcsolódik össze. A kész alegységek a citoplazmába szállítódnak. A mitokondriumok és plasztiszok riboszómái kisebb méretűek, mint a citoplazmában lévők, de hasonló a szerkezetük. A riboszómák mennyisége a sejtben attól függ, hogy mennyire intenzív a fehérjeszintézis.

## Jó tudni

A riboszómák száma a sejtekben a fehérjék bioszintézisének intenzitásától függ. Például, a gerinces állatokban a legtöbb riboszóma a májsejtekben, a vörös csontvelőben mutatható ki, ahol ezek a folyamatok elég aktívan zajlanak.

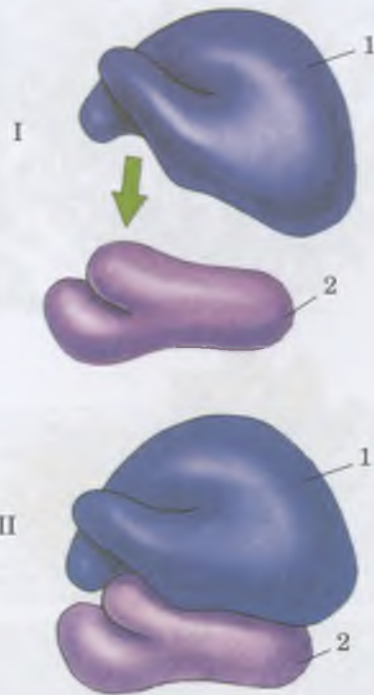
**Milyen mozgásszervecskék fordulnak elő az eukarióta sejtekben?** Sok egysejtű és soksejtű szervezetben vannak mozgás szervecskék. Ezek lehetnek állabak, ostorok és csillók.

**Állabak** – a citoplazma ideiglenes kinövései. A citoplazma mozgása révén jönnek létre: ott, ahol a plazmamembránnal körülvett rész kitüremkedik, kinövés jön létre (56. ábra). Ha emlékeztek rá, az állabak nem csak a sejtek mozgását biztosítják, de a szilárd részecskék bekebelezését, a fagocitózist is; például, a makrofágok semlegesítik a patogén mikroorganizmusokat az állabaik segítségével.

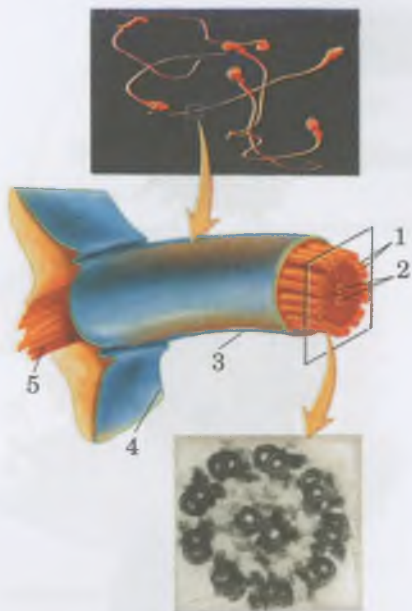
**Csillóik** és **ostoraik** egyes egysejtű élőlényeknek (chlamydomonas, eugléna, csillósok) és a többsejtű állatok némely sejtjének (emlősök légúti csillóhámja, állati és magasabbrendűség spórás növények spermiumai) vannak. A csillók és ostorok a citoplazma vékony,  $0,25 \mu\text{m}$  átmérőjű



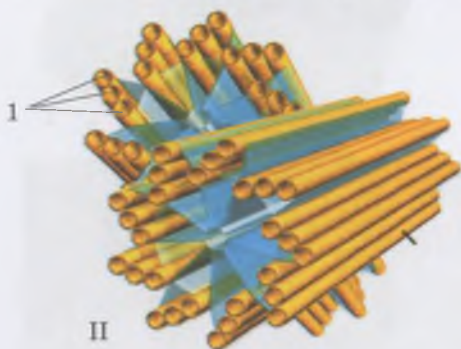
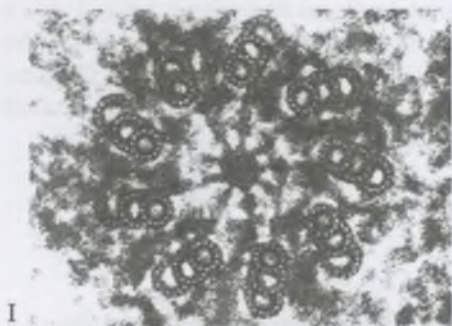
54. ábra. A sugárállatkák sejten belüli ásványi váza



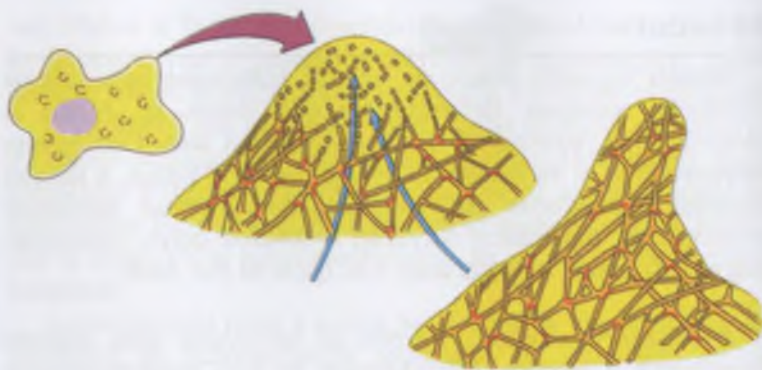
55. ábra. A riboszómák felépítése. I. A különvált nagy (1) és kis (2) alegység. II. A nagy (1) és kis (2) alegységek a riboszómában



57. ábra. Az ostor keresztmetszete:  
1 – páros mikroszövek csoportjai, amelyek az ostor periferiáján helyezkednek el; 2 – központi páros mikroszövek; 3 – az ostort körülvevő membrán; 4 – az sejtet körülvevő plazmamembrán; 5 – bazális test



58. ábra. A sejt központ felépítése:  
I. elektronmikroszkópos képe;  
II. centriólumok vázlatos felépítése:  
1 – a mikroszövek hármass csoportjai



56. ábra. Az állábak képződésének vázlata (nyilak jelölik a citoplazma mozgási irányát). Figyeljétek meg, az állábak képződésekor növekszik a mikroszövecskék száma!

kinövései. Ezen szervecskék belsejében mikroszövecskék összetett rendszere található (57. ábra).

Az ostorok és csillók mozgásukhoz az ATP-molekulák hasadása során felszabaduló energiát használják. Mozgás közben a szomszédos mikroszövecskék mintegy elsiklanak egymás mellett. A csillók működése evezésre emlékeztet, és rendszerint össze van hangolva (ázalékállatkák). Az ostorok mozgása csigacsavarszerű vagy hullámzó. Ezek a sejt szervecskék nemcsak a sejt helyváltoztatását végzik, hanem a táplálékszerzésben is szerepet játszanak (az édesvízi hidra emésztősejti ostorainak mozgása), sőt érzékelő (gyűrűsférgek) és védőfunkciót (orrüreghám csillói) is ellátnak.

**Sejtközpont (centroszóma).** A sejtközpontot alkotó két **centriólum** a citoplazma világos, sűrűbb részében helyezkedik el (58. ábra). Az üres hengerre emlékeztető centriólumok kilenc mikroszövecské-egységből állnak. Mindegyik ilyen egységben három mikroszövecské van. A sejtosztódások közötti időszakokban a centriólumok a sejt maghárya külső felületéhez kapcsolódnak. Megtalálhatóak a legtöbb állati soksejtű szervezetben, de nincsenek jelen a magasabbrendű növények, egyes gombák, moszatok és az egysejtű állatok sejtjeiben. A sejtosztódásban van fontos szerepük.

A sejtközpont részt vesz a citoplazma mikroszövecskéinek, az ostoroknak és csillóknak a létrehozásában.

#### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

Citoszol, riboszómák, a lábak, ostorok, csillók, centriólumok.

#### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mi a citoplazma? 2. Milyen citoszol összetétele, és mi a funkciója?
3. Milyen a riboszómák felépítése? Mi a funkciójuk? 4. Hol és hogyan képződnek a riboszómák? 5. Mik az állábak? Mi a funkciójuk? 6. Mi hasonló, és mi különböző az ostorok és a csillók felépítésében és működésében? Mi a funkciójuk? 7. Mi a sejtközpont? Mi a funkciója?

#### Gondolkodjatok el rajta!



Az emberi szervezet mely sejtjeinek vannak állábai, ostorai vagy csillói? Mi a funkciójuk?

## 12. §. AZ EUKARIÓTA SEJTEK FELÉPÍTÉSE: ENDOPLAZMATIKUS RETIKULUM, GOLGI-KÉSZÜLÉK, LIZOSZÓMÁK, VAKUOLÁK

*Emlékezzetek, milyen a riboszómák felépítése és funkciója! Az eukarióta sejtek mely organellumai rendelkeznek egy hártával? Milyen vakuólumok vannak az édesvízi egysejtűek, a soksejtű növények és állatok szervezetében? Mi a pinocitózis és a fagocitózis?*

Már tudjátok, hogy az eukarióta sejtekben membránok (hárták) rendszere található.

**Milyen a felépítése és mi a funkciója az endoplazmatikus retikulumnak?** Az **endoplazmatikus retikulum (hálózat)** (59. ábra) üregrendszerekből áll, mikroszkópikus csövecskék és azok megvastagodása (ún. ciszternák) formájában. Ezeket hártya veszi körül, és kapcsolatban vannak egymással. Az endoplazmatikus hálózatnak két típusa van: durva és sima felszínű. A **durva felszínű endoplazmatikus hálózat** azért kapta ezt a megnevezését, mert a membránjain riboszómák vannak. A durva felszínű endoplazmatikus hálózat membránjai kapcsolódhatnak a plazmamembránhoz.

A **sima felszínű endoplazmatikus hálózat** membránjain nincsenek riboszómák.

Az endoplazmatikus retikulum típusai – a durva és sima felszínű – térbeli és funkcionális kapcsolattal rendelkeznek: a membránjai közvetlenül kapcsolódnak egymáshoz.

A durva felszínű endoplazmatikus hálózat egyik fő funkciója a fehérjék bioszintézisének biztosítása. Ezek a folyamatok a membránjaikon történnek. (A fehérjeszintézis mechanizmusával részletesebben a 22. §-ban ismerkedhettek meg.) A szintetizált fehérjék felhalmozódhatnak a durva felszínű endoplazmatikus hálózat üregeiben, elosztásra kerülhetnek a sejt különböző részeibe, vagy kikerülhetnek belőle (60. ábra). Ezen kívül, a durva felszínű endoplazmatikus hálózat részt vesz a membránkomponensek szintézisében, különösen a külső maghártya szintézisében két sejtosztódás között.

A sima felszínű endoplazmatikus hálózat membránjain lipidek, szénhidrátok, egyes hormonok szintetizálódnak, amelyek felhalmozódhatnak a sima felszínű endoplazmatikus retikulum üregeiben (például, a májsejtekben), és semlegesí-

### Röviden a lényeg

A sejtek tartalmát, a mag kivételével, citoplazmának nevezzük. A citoplazmát főként szerves és szervetlen anyagok nem homogén kolloid oldata alkotja – citoszol, mint a sejt belső közege magában foglalja egy funkcionális biológiai rendszerben az összes sejtstruktúrát, és biztosítja azok kapcsolatát.

A sejt váz részei biztosítják a sejt-szervecskéek meghatározott helyzetét, és azok helyzetváltoztatását a sejtben.

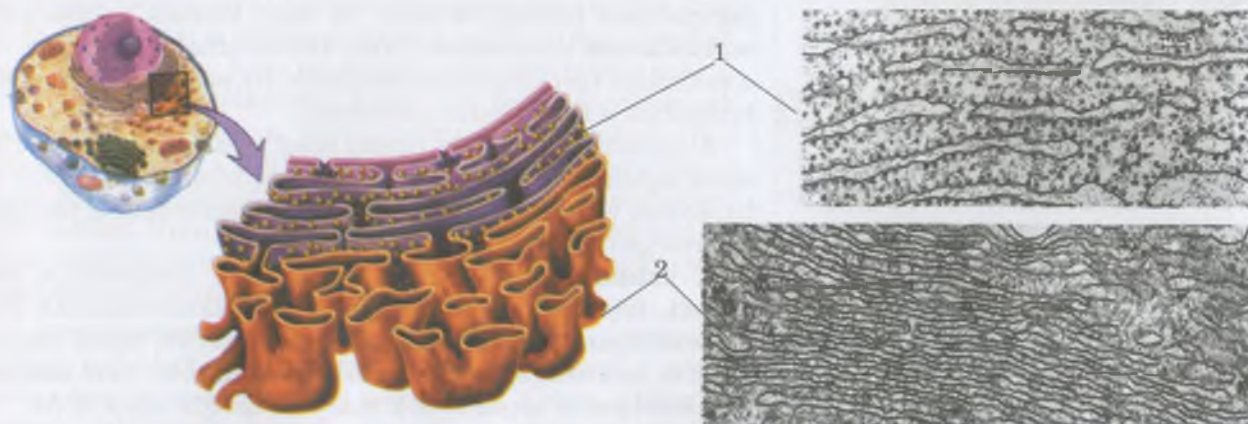
A sejt belső közege sejtben belüli membránokkal van funkcionális egységekre osztva.

Riboszómák, a sejt membrán nélküli szervecskéi. Részt vesznek a sejteken belül fehérjék bioszintézisében. Ezek nagy és kis alegységekből állhatnak. Mindkét alegység rRNS-ből és fehérje molekulákból áll, amelyek kölcsönhatásban vannak egymással.

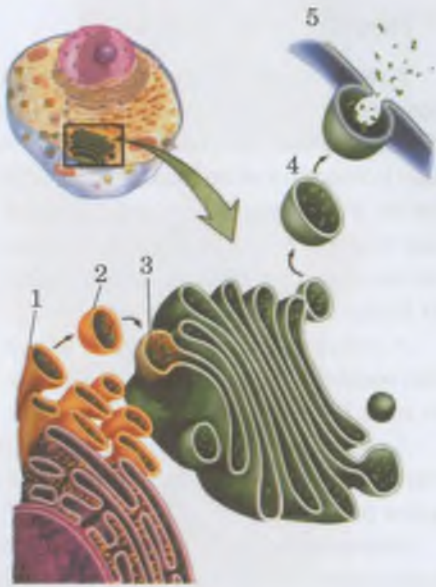
A sejt mozgásszervecskéihez tartoznak az állábak, az ostorok és a csillók.

Az sejt központ olyan organellum, amely két, általában a sejt mag közelében található centriólumból áll.

A centriólumok részt vesznek a sejt osztódási orsójának kialakításában.



59. ábra. Endoplazmatikus hálózat: 1 – durva felszínű; 2 – sima felszínű



60. ábra. Fehérjék képződnek az endoplazmatikus hálózat felszínén, majd a hártával körülvett hólyagocskákban (1) leválnak az endoplazmatikus hálózatról (2) és Golgi-készülék felé irányulnak (3). Később a hártával körülvett hólyagocskák (4) leválnak a Golgi-készülekről és a plazmamembrán felé irányulnak (5)



61. ábra. A Golgi-készülék.  
I. Elektronmikroszkópos képe.  
II. Felépítésének vázlata

**Jegyezzük meg!** A Golgi-készülék egyik fő feladata – anyagok tárolása és átalakítása, membránnal körülvett hólyagocskákba csomagolása.

tődnek a szervezet számára mérgező vegyületek, amelyek később kiürülnek a sejtől.

Az endoplazmatikus hálózat térbeli és funkcionális kapcsolatban áll a Golgi-készülékkel (60. ábra).

A Golgi-készülék az eukarióta sejtek egyik univerzális sejt szervecskéje. Szerkezeti alapegysége a diktioszóma, ami membránnal határolt lapos tartályok (ciszternák) csoportja (60. ábra). A tartályok mellett hólyagocskák és csövecskék (csatornácskák) helyezkednek el (61. ábra). A Golgi-készülék tartályainak egyik pólusához az endoplazmatikus retikulumról leszakadt hólyagocskák folyamatosan vándorolnak. Ezekben az endoplazmatikus retikulumon képződött anyagok vannak. A hólyagocskák összeolvadnak a Golgi-készülék tartályaival, és leadják nekik tartalmukat. Ezzel egyidejűleg a tartályok másik pólusáról különböző anyagokat tartalmazó hólyagocskák szakadnak le (60. ábra, 4).

A Golgi-készülék funkciói sokfélék lehetnek. Mindenekelőtt ebben az organelumban halmozódnak fel és alakulnak át egyes vegyületek (például, a fehérjék kapcsolódhatnak szénhidrátokhoz vagy lipidekhez). A ciszternákba került anyagok a kémiai összetételük és rendeltetésük szerint szelektálódnak. A szelektált molekulák egyik ciszternából a másikba kerülnek, majd idővel membránnal körülvett hólyagocskák alakjában leválnak a Golgi-készülekről, és a mikrocövecskéken keresztül leadhatják tartalmukat a különböző organelumoknak, vagy a plazmamembránnal összeolvadva a tartalmuk kiürül a sejtől (60. ábra),

A Golgi-készülék részt vesz egyes eukariótákra jellemző organelum létrehozásában, főként a lizoszómák kialakításában, amelyek membránnal körülvett hólyagocskák alakjában különülnek el tőle. A lizoszómákban található enzimeket a durva felszínű endoplazmatikus hálózat termeli (62. ábra).

A lizoszómák (gör.: *lysis* – feloldás) membránnal határolt mikroszkopikus hólyagocskák, amelyek szerves vegyületek (fehérjék, szénhidrátok, lipidek) lebontására képes különböző hidrolitikus enzimeket tartalmaznak, és biztosítják a sejtben belüli emésztést. A sejtben lehetnek különböző típusú, egymástól szerkezeti sajátosságaikban és funkcióikban különböző lizoszómák.

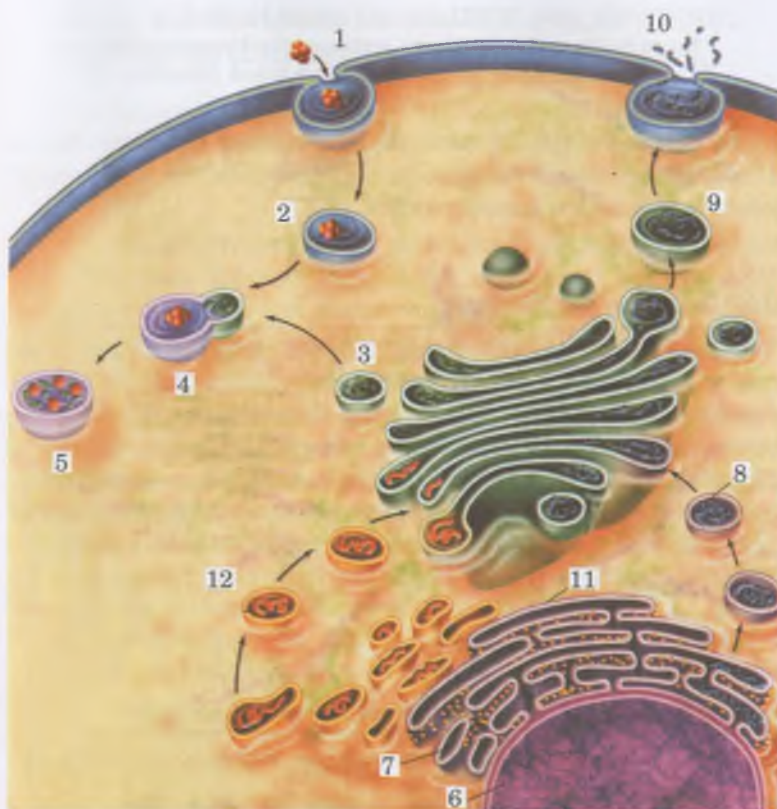
Egyes lizoszómák összeolvadnak a pinocitózis vagy a fagocitózis hólyagocskákkal, és részt vesznek az **emésztő vakuólumok** képzésében. Ekkor aktiválódnak az enzimek, és a vakuólum tartalma megemésztődik. Ily módon a lizoszómák biztosítják a sejtben belüli emésztést.

A lizoszómák bizonyos típusa részt vesz egyes sejtalkotók, egész sejtek, sőt sejtcsoportok megemésztésében (63. ábra). A lizoszóma védelmi funkciót láthat el – megemészt a patogén mikroorganizmusokat.

A **vakuólumok** (lat.: *vacuus* – üres) membránnal körülvett, folyadékkal telt sejtüregek. A vakuólumoknak különböző típusai ismeretesek. A sejtbe bekerülő egyes vegyületek és mikroorganizmusok elbontásában részt vevő **emésztő vakuólumok** képződéséről már volt szó (62. ábra, 4, 5).

A **növényi sejtek vakuólumai** az endoplazmatikus retikulumról leváló hólyagocskákból képződnek. Az apró





62. ábra. Az endoplazmatikus hálózat, a Golgi-készülék és a plazmamembrán közötti térbeli kapcsolat:

- 1 – a fagocitózis folyamata (a táplálékszemcséket körülveszi a plazmamembrán);
- 2 – a plazmamembránnal körülvett táplálék szemcsék bejutnak a citoplazmába;
- 3 – a Golgi-készülékről leválnak a lizoszómák;
- 4 – a táplálékszemcsék összeolvadnak a táplálékszemcséket tartalmazó hólyagocskákkal;
- 5 – létrejön az emésztővakuólum;
- 6 – sejtmag;
- 7 – durva felszíni endoplazmatikus retikulum;
- 8 – fehérjét szállító hólyagocska;
- 9 – kiürítésre szánt anyagok;
- 10 – a kiürítésre szánt anyagok kiürülnek a sejtől;
- 11 – sima felszíni endoplazmatikus hálózat;
- 12 – a lipidekkel teli hólyagocskák a Golgi-készülékhez tartanak

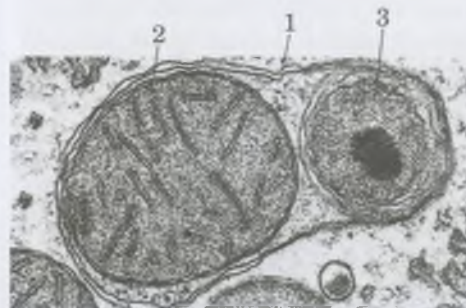
vakuólumok nagyobbakká olvadnak össze, és szinte az egész citoplazmát kitöltik (64. ábra, 1). Az ilyen vakuólumok **sejtnedvvel** – szerves és szervetlen vegyületek, köztük anyagcsere-termékek vagy pigmentek vizes oldatával – telítettek. Különböző funkciókat látnak el, így fenntartják a turgornyomást és a sejt alakját, anyagokat tartalékolnak, anyagcsere-termékeket és pigmenteket tárolnak. A sejtnedvben oldott vörös, kék, sárga stb. pigmentek adják bizonyos sejtípusok és növényrészek színét. (Így kap szint például, a meggy termése, a retek gyökertermése, a virágok szirmlevelei stb.) A vakuólummembrán féligáteresztő képességének köszönhetően rajta keresztül történik az anyagszállítás a citoszolból a vakuólumok belsejébe és fordítva.

Az édesvízi egysejtű állatok és moszatok **lüktető vakuólumai** membránnal burkolt hólyagocskák, amelyek meg tudják változtatni a térfogatukat, így ürítve ki tartalmukat. Ez azzal függ össze, hogy az édesvíz sókoncentrációja sokkal kisebb, mint a citoplazmáé. Ezért – a fizika törvényeinek megfelelően – a víz a környezetből a sejt belseje felé törekszik, növelve a sejtben a nyomást. A vakuólum fala a benne lévő, összehúzódásra képes fehérjéknek köszönhetően összehúzódik. Ilyen módon a lüktető vakuólák szabályozzák a sejtben belüli nyomást kipréselve a sejtekből a felesleges vizet, megelőzve azok sérülését.

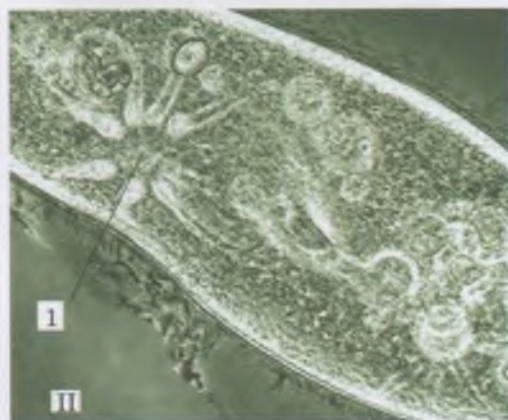
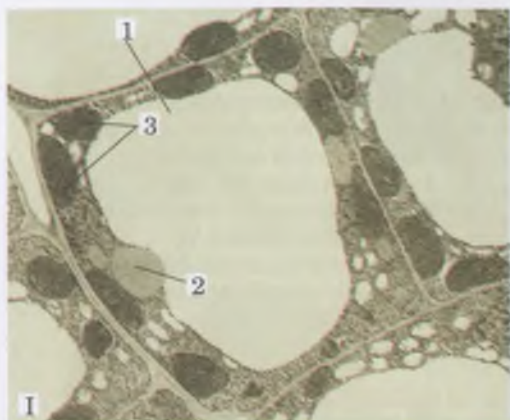
A **peroxiszóma** (gör.: *peri* – körül és *oxid* – oxigénnel alkotott vegyület) vagy mikrotesticse (65. ábra) – gömb alakú, membránnal burkolt szervecske. Ebben különféle enzimek találhatóak, köztük olyanok, amelyek a zsírokat szénhidrátokká alakítják, vagy a sejtre nézve mérgező hid-

## Jó tudni

A lizoszómák részt vehetnek a sejten kívüli emésztésben is. Például, egyes gombáknál plazmamembránhoz közel helyezkednek el és tartalmukat, az enzimeket a sejten kívülre ürítik.



63. ábra. A lizoszóma (1), amelyben megemésztődnek a mitokondriumok (2) és az elhalt peroxiszóma (3)



### Röviden a lényeg

Az endoplazmatikus retikulum – üregek rendszere, amelyek mikroszkopikus csatornácskákból és azok kiöblösödött részeiből áll. Az endoplazmatikus retikulum két típusát különböztetik meg: a durva és a sima felszínű endoplazmatikus retikulum részt vesz a fehérjeszintézisben. A sima felszínű endoplazmatikus retikulum membránjain lipidek, szénhidrátok, egyes hormonok szintetizálódnak.

A Golgi-készülék szerkezeti alapeleme a diktioszóma – membránnal határolt lapos tartályok (ciszternák) csoportja, amelyek mellett hólyagocskák és csövecskék találhatóak. A Golgi-készülék egyik fő funkciója a szintetizált anyagok felhalmozása, kémiai átalakítása és ciszternákba történő „csomagolása”. Ez a szervecske biztosítja egyes polisza-  
charidok szintézisét, részt vesz a lizoszómák, lüktető vakuólumok létrehozásában.

A lizoszómák membránnal határolt mikroszkopikus hólyagocskák, amelyek a különböző vegyületek lebontására képesek enzimeket tartalmaznak, és biztosítják a sejten belüli emésztést.

64. ábra. I. Vakuólum a növényi sejtben:  
1 – vakuóla sejtnedvvel; 2 – sejtmag; 3 – kloroplasztisz.  
II. A papucsállatka lüktető vakuólumjának felépítése (1)

rogén-peroxidot ( $H_2O_2$ ) bontják le: oxigénre és vízre. Mivel a hidrogén-peroxid mérgező a sejt számára, ez a folyamat jelentős a védelem szempontjából.

### Jó tudni

A legösszetettebb lüktető vakuóluma a csillósoknak van. (Például, a papucsállatkának.) Gyűjtőhólyagból állnak, amelyek pórussal nyílnak a külvilágba (64. ábra, 1). A citoplazma vizes oldatai nagyon vékony bevezető csatornácskákon keresztül jutnak be. Először a csatornácskák falai húzódnak össze bepréselve a folyadékot a gyűjtőhólyagba, majd bizonyos idő elteltével a gyűjtőhólyag is összehúzódik.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

Endoplazmatikus hálózat, Golgi-készülék, vakuólum, peroxiszóma.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!

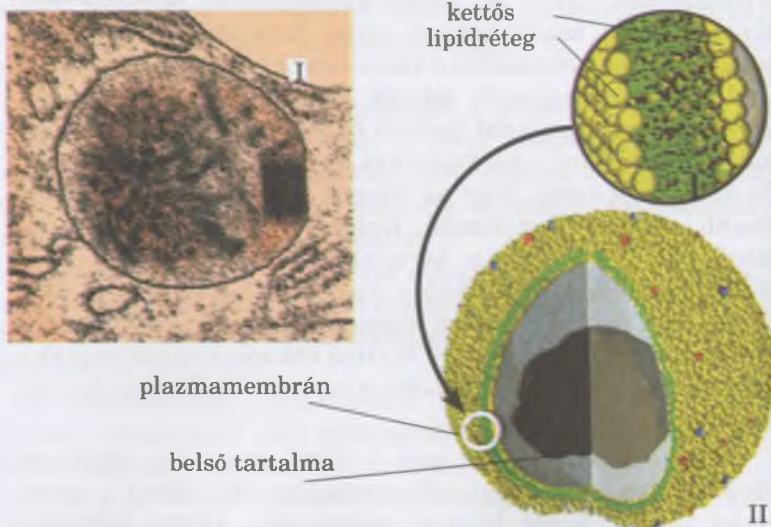


1. Mi a hasonlóság és a különbség van a durva és a sima felszínű endoplazmatikus hálózat felépítése és funkciója között? 2. Milyen felépítésbeli sajátossága van a Golgi-készüléknek, és mi a funkciója? 3. Mi a lizoszóma funkciója a sejtekben? 4. Milyen vakuólumokat ismeretek? Mi a funkciójuk? 5. Mi a peroxiszóma? Mi a funkciója a sejtekben?

### Gondolkodjatok el rajta!



Mi a lényege az egymembrános organellek térbeli és funkcionális kapcsolatának?



65. ábra. A peroxiszóma: I. elektronmikroszkópos képe; II. felépítésének vázlatja

### 13. §. AZ EUKARIOTA SEJTEK FELÉPÍTÉSE: A MITOKONDRIMUMOK ÉS A PLASZTISZOK

*Emlékezzetek a kloroplasztisz funkciójára! Milyen plasztiszokat ismertek? Milyen organizmusokat nevezünk anaeroboknak? Milyen színe van a kloroplasztiszoknak a különböző moszatoknál? Miért? Mi az ATP?*

A mitokondriumok és a plasztiszok az eukarióta sejtek organellumai, felszíni készülékük egymástól membránközi réssel elválasztott két membránból áll. Ezeknek nincsenek térbeli kapcsolataik egyéb sejtstruktúrákkal. Ezek az organellek részt vesznek az energiaforgalomban.

A mitokondriumok (gör.: *mitos* – fonal és *chondros* – magszem) sajátos „sejtgenerátorokként” működnek. A mitokondriumok gömb, pálcika, fonalszerű testecskék (66. ábra). A sejtben eltérő a mitokondriumok mennyisége, a számuk 1-től 100 000-ig vagy még több lehet. Ez attól függ, hogy a sejtben mennyire intenzívek az anyagcsere-folyamatok és az energiaátalakulás.

A mitokondriumok külső membránja sima felületű, a belső membránon a sejtstruktúra belseje felé irányuló, csöveszerű vagy tarajos kitüremkedések, **kriszták** vannak (66. ábra). A kriszták lehetnek korong, csöves vagy lemezes felépítésűek, gyakran elágazóak. A sejt belseje felé néző belső membránfelületén sajátos, gomba alakú képződmények, **ATP-szómák** helyezkednek el (67. ábra). Ezek az ATP szintéziséhez szükséges enzimegyüttest tartalmazák.

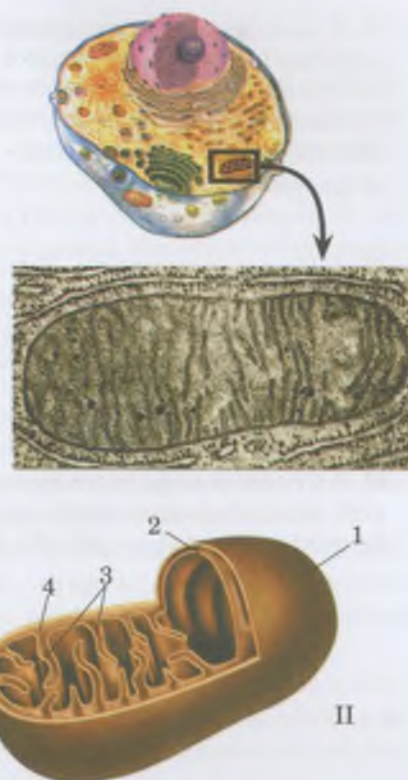
A mitokondriumok belsejét viszkózus folyadék, a **mátrix** tölti ki. Ebben vannak riboszómák, DNS-, mRNS-, tRNS-molekulák stb. A mátrixban szintetizálódnak a fehérjék, amelyek a mitokondriumok belső membránját alkotják.

A mitokondriumok fő funkciója az ATP szintézise. Ez a folyamat a szerves vegyületek oxidálása során felszabaduló energia felhasználásával történik.

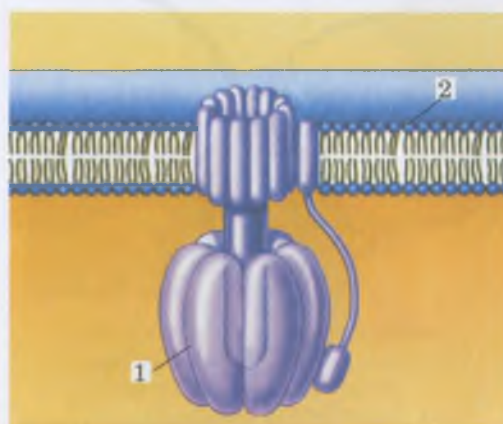
A **plasztiszok** (színtestek – gör.: *plastós* – színlelt, alakított) a növényi és részben egysejtű állati sejtek (zöld eugléna) alkotói. A plasztiszok meglehetősen különböznek egymástól alakjukban, méreteikben, színükben és szerkezetükben, három típusukat különböztetjük meg: kloroplasztiszok, kromoplasztiszok és leukoplasztiszok.

A **kloroplasztiszok** (gör.: *chlóros* – zöld) zöld színűek a klorofill nevű pigment (festékanyag) jelenlétének köszönhetően (68. ábra). A hatodik osztályos biológiából már tudjátok, hogy ezekben zajlik a fotoszintézis. A kloroplasztiszoknak különböző formája lehet (69. ábra).

A mitokondriumokhoz hasonlóan a kloroplasztiszok külső membránja sima, a belső membránon kitüremkedések találhatóak. A **sztróma** (68. ábra) – a kloroplasztisz belseje kitöltő anyag. A belső membránhoz kapcsolódnak a **tilakoidok**. A tilakoidok egy membránnal határolt, lapított tartályok. A nagy tilakoidok egyesével helyezkednek el, az apróbbak egymásra rakott érmék oszlopára emlékeztető **gránulomok** képeznek. A tilakoidokban találhatóak a fő pigmentek, köztük a klorofill, a járulékos pigmentek (karotinoidok) és a fotoszintézishez szükséges összes enzim. A sztrómában



66. ábra. A mitokondriumok felépítése:  
I. elektronmikroszkópos képe;  
II. felépítésének vázlatja:  
1 – külső membrán; 2 – belső membrán;  
3 – kriszták; 4 – membránok közötti tér;  
5 – mátrix



67. ábra. Az ATP-szóma felépítésének vázlatja – olyan struktúra, amelyekben ATP molekulát szintetizáló enzimek vannak: 1 – ATP-szóma; 2 – a mitokondrium belső membránja

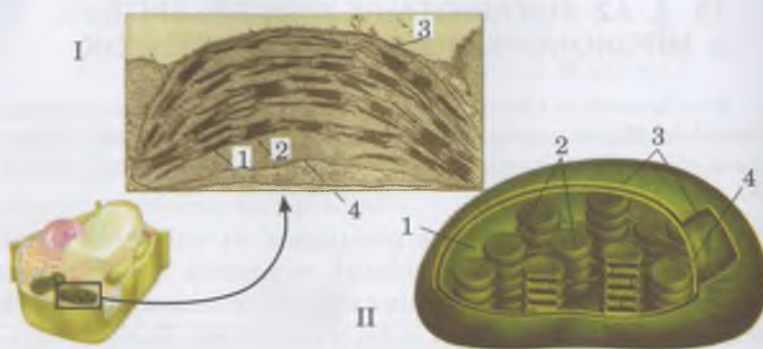
• A moszatok bizonyos csoportjainak sejtjeiben (vörös-, barnamoszatok stb.) a kloroplasztisz színe nem feltétlenül zöld. Ez azzal magyarázható, hogy klorofillon kívül más pigmentjeik is vannak – vörös, sárga, barna stb.

• A kloroplasztiszokban, akár csak a mitokondriumokban, ATP-molekula szintetizálódik. A tilakoidok membránjaihoz gombaszerű fehérjeképződmények kapcsolódnak – ATP-szómák.

• A moszatok sejtjeiben a kloroplasztiszok lehetnek csésze, patkó, spirálisan feltekert szalag alakúak stb. (69. ábra).



69. ábra. A kloroplasztiszok változatos alakja zöldmoszatok sejtjeiben:  
1 – szalagszerű a *Spirogyra* sejtjeiben;  
2 – patkó alakú az *Ulothrix* sejtjeiben;  
3 – csésze alakú a *Chlamydomonas* sejtjeiben



68. ábra. A kloroplasztisz felépítése: I. elektronmikroszkópos képe. II. felépítésének vázlatja: 1 – sztróma; 2 – tilakoidok gránumai; 3 – külső membrán; 4 – belső membrán

DNS-molekulák, különböző típusú RNS-molekulák, riboszómák és keményítőszemcsék találhatóak.

A **leukoplasztiszok** (gör.: *leukos* – világos, áttetsző) különböző alakú, színtelen plasztiszok, amelyek színes vegyületeket raktároznak (keményítőt, fehérjéket stb.). A leukoplasztiszok sztrómája a tartalék tápanyagok szintézisét és bontását végző enzimeket tartalmaz. Egyes leukoplasztiszokat teljes egészében keményítőszemcsék tölthetnek ki.

A különböző színű (sárga, vörös, ibolyaszínű) színtesteket **kromoplasztiszoknak** (gör.: *chróma* – szín, főképp: testfelszín) nevezzük. A színüket ezek a plasztiszok a bennük felhalmozódó különféle pigmentektől, főként a karotinoidoktól kapják. Ez a fajta plasztisz határozza meg a virágszirmok, gyümölcsök és egyes levelek színét stb. A kromoplasztiszoknak nincs belső membránrendszerük, azt egyes tilakoidok helyettesítik.

A plasztiszok képesek egymásba átalakulni. Így a leukoplasztisz képes kloroplasztisszá vagy kromoplasztisszá átalakulni. A levelek, a szár öregedésekor, a gyümölcsök érésekor a kloroplasztiszokban a klorofill sérül. Leegyszerűsödik a belső membránrendszer, és átalakul kromoplasztisszá. A kromoplasztisz a plasztiszok végső stádiuma: más típusú plasztiszokká nem alakulnak át.

**Miben áll a mitokondriumok és a kloroplasztiszok autonómiája a sejtben?** A kloroplasztiszok és a mitokondriumok, más szervecskéktől eltérően, bizonyos fokú önállósággal rendelkeznek a sejtben. Ezek saját örökítő anyaggal – gyűrű alakú DNS-molekulával – rendelkeznek, képesek a saját fehérjéik szintézisére. Ezek nem képződhetnek a sejt egyéb membránrendszereiből, hanem osztódással szaporodnak.

**Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

sztróma (mátrix), kriszták, lamellák, tilakoidok.



1. Milyen a mitokondriumok és a plasztiszok membrán szerkezetének felépítése? 2. Hogyan függ össze a mitokondriumok felépítése a funkciójukkal? 3. Milyen plasztiszokat ismertek? 4. Milyen kloroplasztisz felépítése? 5. Milyen funkciót látnak el a kloroplasztiszok a sejtekben? 6. Milyen felépítése van a leuko- és a kromoplasztiszoknak? Mi a funkciójuk? 7. Milyen kölcsönös átalakulások lehetségesek a különböző plasztisztípusok között? 8. Miben áll a mitokondriumok és a kloroplasztiszok viszonylagos autonómiája a sejtben?

Gondolkodjatok el rajta!



Mondjátok el, hogy miről tanúskodik a mitokondriumok és a kloroplasztiszok felépítése, és milyen tulajdonságaik vannak!

## 14. §. A SEJTMAG FELÉPÍTÉSE ÉS FUNKCIÓI

*Emlékezzetek*, mi a sejtmag funkciója! Mik azok a kromoszómák? Mi a gén? Milyen a nukleinsavak felépítése és mi a funkciója? Mit tanulmányoz a rendszertan? Milyen fehérjéket nevezünk globulárisnak, illetve fibrillárisnak? Milyen növényeket nevezünk egylakiaknak és kétlakiaknak? Milyen a riboszómák felépítése, és mi a funkciójuk?

A sejtmag az eukarióta sejtek nélkülözhetetlen része. Benne tárolódik az örökletes információ. A sejtmag szabályozza a sejt élettevékenységét. Az eukarióták csak néhány sejt típusa nem rendelkezik sejtmaggal. Például, az emlősök többségének vörösvérsejtjei, a magasabb rendű növények rostacsövei. A sejtmag elvesztése a sejtek szaporodó képességének elvesztésével jár.

Sok sejtben csak egy sejtmagban van, de léteznek olyan sejtek is, amelyekben több sejtmag található. (Például, csillósokban, likacsoshéjúakban, egyes moszatokban, gombákban, harántcsíkolt izmokban stb.)

A sejtmag membránszerkezetből és belső közegből mátrixból) áll (70. ábra, I). A **sejtmag membránszerkezete** két hártýából áll – külsőből és belsőből, közöttük folyadékkal telt rés található. Egyes helyeken, a *pórusoknál* (70. ábra, II), a külső membrán összeolvad a belsővel. A pórusok nyílásai fehérjék struktúráival vannak tele. Például, találhatóak itt receptorfehérjék, amelyek képesek pórusokon áthatoló anyagokkal kölcsönhatásba lépni.

A sejtmag membránszerkezete biztosítja a rajta áthatoló anyagok anyagcseréjének szabályozását. A citoplazmában szintetizált fehérjék bejutnak a magba. Míg a magból a citoplazmába szállítódnak a különböző típusú RNS-molekulák. A pórusok fehérjéi biztosítják a különböző vegyületek felismerését, rendezését és szállítását.

A sejtmaghártýa membránszerkezete kapcsolatban van endoplazmatikus retikulum membránjaival (71. ábra). A külső sejtmaghártýa felületén nagy mennyiségű riboszóma lehet.

A **magmátrix** magedvből, magvacskából és kromatinszálaból áll (lásd: 70. ábra). A **kromatin** fehérjékből és nukleinsavakból álló, fonálszerű magstruktúra. A sejt



## Röviden a lényeg

A mitokondriumok külső hártýája sima felszínű, míg a belső krisztákat alkot. A mitokondriumok fő feladata – ATP szintézise.

A plasztiszok – a növények és néhány egyszélű állat sejtjeinek organellumai.

A kloroplasztiszok – általában zöld plasztiszok, amelyek színét a klorofill pigment határozza meg. Ezekben történik a fotoszintézis.

A leukoplasztiszok – különböző formájú, színtelen plasztiszok, amelyek egyes vegyületeket raktároznak.

Kromoplasztiszok – olyan plasztiszok, amelyek virágszirmok, gyümölcsök, levelek stb. meghatározott színét adják.

A kloroplasztiszok, akárcsak a mitokondriumok, más organellumoktól eltérően, bizonyos fokú autonómiával jellemezhetőek.

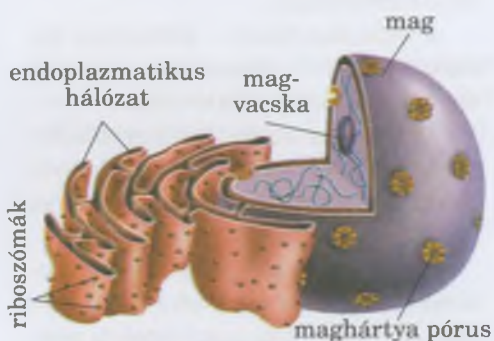


70. ábra. I. A sejtmag felépítése:  
1 – sejtmaghártýa; 2 – sejtmaghártýa pórus; 3 – sejtmagvacska; 4 – kromatinszálab.

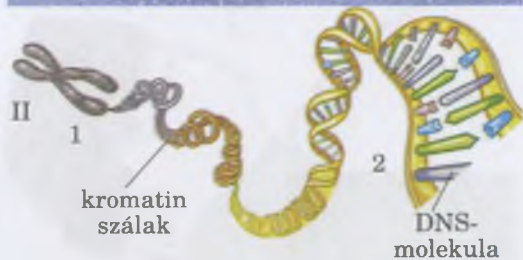
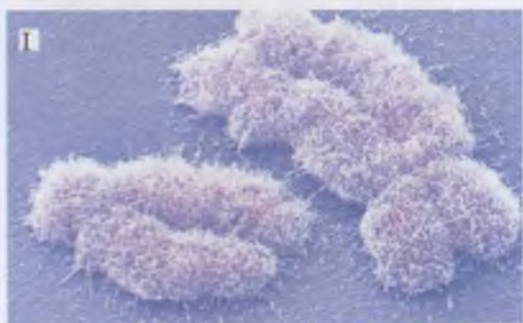
II. A sejtmag membránszerkezete:  
1 – elektronmikroszkópos képe (jól láthatóak a pórusok); 2 – vázlatos felépítése: a) külső membrán; b) belső membrán; c) sejtmaghártýa pórus

## Jó tudni

Némely egysejtű állatokban, például a csillósokban, két különböző típusú mag található: *generatív* és *vegetatív*. Az első típusú biztosítja az örökletes információ tárolását és átadását, a másik típus szabályozza a fehérjék bioszintézisét.



71. ábra. A sejtmag funkcionális kapcsolata más membránnal rendelkező organelumokkal



72. ábra. I. Emberi kromoszómák (elektronmikroszkópos képe).

II. A kromatin különböző állapotai (vázlat): 1 – tömör; 2 – szétescsavarodott

**Jegyezzük meg!** A DNS-molekulákban kódolt örökletes információ realizálódásának köszönhetően a sejtmag szabályozza a sejtben történő biokémiai, élettani és morfológiai folyamatokat.

osztódásakor a kromatinszálak tömörre válnak és kompakt testeket – kromoszómákat – képeznek (72. ábra).

A **magvedv** (*karioplazma* vagy *nukleoplazma*) szerkezetét és tulajdonságait tekintve a citoplazmára hasonlít. A magvedvben fehérjeszálak találhatóak, amelyek sajátos magvázat alkotnak. Összekapcsolja a magvacskát, a kromatinszálakat és a magpórusokat stb. A mátrixfehérjék biztosítják a kromoszómák meghatározott térbeli helyzetét, befolyásolják aktivitásukat.

A **magvacska** tömör struktúrák, amelyek az RNS-fehérjékkel, kromatinnal és prorigoszómális (előriboszómális) szemcsékkel alkotott komplexumokból állnak (55. ábra). A magban lehet egy vagy sok magvacska (például a halak petesejtjeiben), ezek a kromoszómák speciális szakaszain képződnek. A magvacska az rRNS és a riboszómák alkotórészeinek képzésében vesznek részt, amelyek idővel a citoplazmába kerülnek.

A **sejtmag funkciói**. A sejtmag tárolja az örökletes információt, és továbbadja azt az anyasejttől a leánysejteknek. Ezenkívül, a sejt életfolyamataiban, többek között a fehérjék bioszintézis-folyamataiban egy sajátos vezérlőközpont szerepét is játssza. A DNS-molekulákról az mRNS-molekulákra íródik át a fehérjeszerkezetre vonatkozó információ. Később ez az információ átkerül a szintézis helyére. A sejtmagban a magvacska részvételével képződnek a riboszómák alkotórészei.

**Milyen a kromoszómák felépítése?** A kromoszóma alapját a DNS kétszálú, magfehérjékhez kapcsolódó molekulája képezi (73. ábra). Ezenkívül a kromoszómák összetételében a DNS-molekulák replikációjához vagy az RNS-molekulák szintéziséhez szükséges RNS és enzimek találhatóak.

## Jó tudni

Minden sejttípusra jellemző a sejtmag és citoplazma állandó térfogataránya (sejtmag-citoplazma arány). Vagyis, bizonyos térfogatú sejtmag csak bizonyos térfogatú citoplazmában képes biztosítani a fehérjék bioszintézisét. Ezért a nagyobb vagy intenzívebb anyagcseréjű sejtekben 2 vagy akár néhány ezer sejtmag található.

A DNS meghatározott rendben helyezkedik el a kromoszómákban. A magfehérjék különleges struktúrákat, **nukleoszóákat** (lat.: *nucleus* – mag és gör.: *sóma* – test) képeznek, amelyekre mintha rá lenne csavarodva a DNS-szál. Minden nukleoszóma nyolc fehérjeglobulából áll. A nukleoszóák speciális fehérjékkel kapcsolódnak egymáshoz. Az ilyen szerveződés teszi lehetővé a DNS nagy kompaktságát a kromoszómákban. Kibontott formában ugyanis a DNS-molekula szálai sokkal hosszabbak, mint maguk a kromoszómák. A kromoszómák hossza a sejt osztódásakor átlagosan 0,5–1  $\mu\text{m}$ , míg a DNS-molekuláé több centiméter. A DNS ilyen „csomagolása” lehetővé teszi, hogy hatékonyan vezérelje a fehérje-bioszintézist, saját kettőződésének a folyamatát, védelmet jelent a károsodással szemben a sejtosztódás alatt.

Minden kromoszóma két **kromatidból** áll, ezek az **elsődleges befűződés (centroméra)** helyén kapcsolódnak egymáshoz (74. ábra). Az elsődleges befűződés a kromoszómát két részre – karokra – tagolja. A centromérán fehérjestrúktúra – **kinetochor** (gör.: *kineto* – mozgó és *chóreo* – halad) – képződik. Sejtosztódáskor az osztódási orsó fonalai a kinetochorhoz kapcsolódnak, ami biztosítja a kromatidok vagy a kromoszómák rendezett elosztását az utódsejtek között.

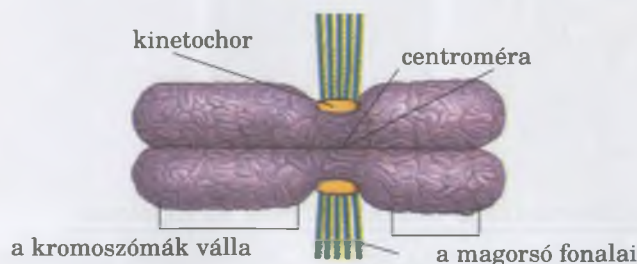
Minden kromatid egy-egy hasonló örökletes információkészlettel rendelkező DNS-molekulát tartalmaz. A sejtosztódás során a kromatidok az utódsejtek között osztódnak meg, az osztódások közötti időpontokban a kromatidok száma ismét megduplázódik. Ez a folyamat a DNS-molekulák kettőződési képességének köszönhető. *Emlékezzetek*, a kromoszómákban vannak a DNS-molekulának olyan részei, amelyekben fehérje- vagy RNS-molekula szerkezetéről szóló információ van kódolva.

## Jó tudni

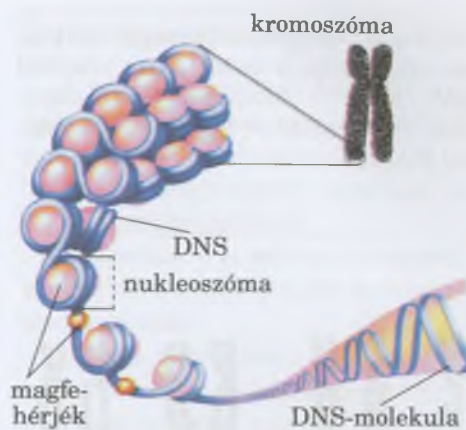
A kromoszómák végét **telomereknek** nevezzük (75. ábra). Ezek védik meg a DNS-molekulát. Az egyes osztódások közötti időszakokban maguk a kromoszómák replikálódnak, a telomerjeik nem. Ha a telomerek, amelyek nem tartalmaznak aktív géneket, nem volnának, akkor sejtosztódáskor a kromoszómák gyorsan elvesztenék a fontos az örökletes információkat. Tehát, minden egyes osztódáskor a kromoszómák veszítenek egy darabot a végeiken lévő a DNS-molekulából (50–100 pár nukleotid), ezért rövidülnek. A tudósok úgy gondolják, hogy a telomerek megrövidülése az egyik oka az öregedésnek.

**Mi a kariotípus?** Minden állati, növényi és gombasejtnek meghatározott kromoszóma-állománya van. A kromoszóma-állomány jegyeinek (a kromoszómák száma, alakja és mérete) összességét **kariotípusnak** (gör.: *karion* – dióbél, és *typos* – lenyomat) nevezzük (76. ábra). Minden fajra meghatározott kariotípus jellemző. Például, a gyümölcsleány szomatikus sejtjeiben mindössze 8 kromoszóma (4 pár), az emberi sejtben 46 (23 pár) kromoszóma, míg a likacsoshéjú tengeri egysejtűekében 1600 kromoszóma található.

A kariotípus állandóságának köszönhető a fajok létezése. Azonos fajhoz tartozó egyedek sajátos kariotípusa lehetővé teszi az egymás közötti párosodást, életképes utódok nemzését és rendszerint kizárja a más fajok egyedeivel való párosodást. Ha mégis lenne párosodás, akkor utódok vagy egyáltalán



74. ábra. A kromoszóma szerkezetének vázlata

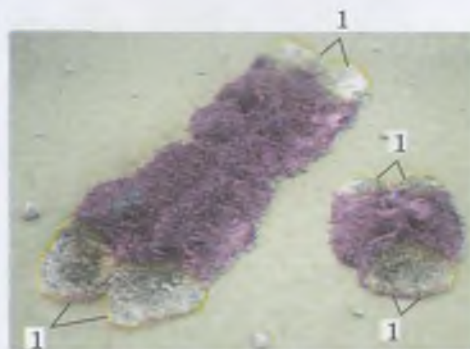


73. ábra. A magfehérjék és a DNS-molekulák kapcsolata a kromatinszában

**Jegyezzük meg!** Meghatározni a kromoszómák számát és felépítésük sajátosságait csak mikroszkóppal, sejtosztódás közben lehetséges. Az egymást követő sejtosztódások között a kromoszómák kromatinszállakra tekerednek szét.

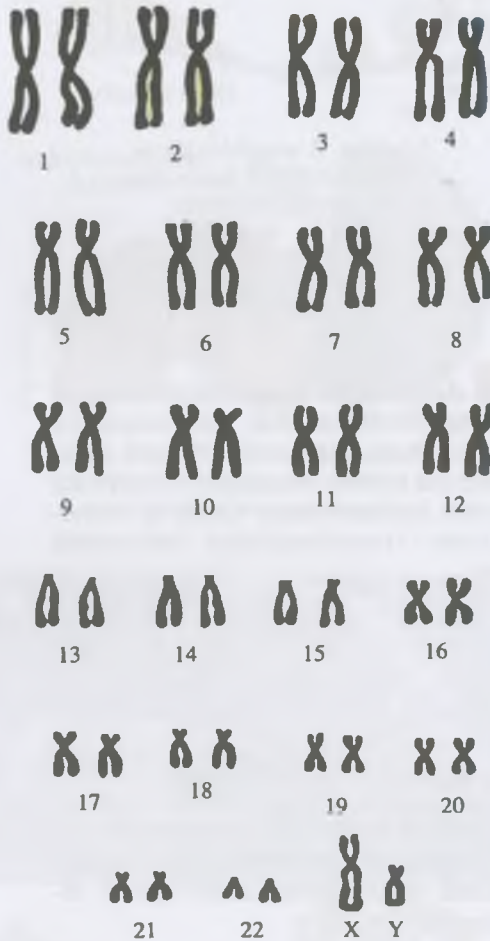
## Jó tudni

Némely kromoszóma rendelkezik másodlagos befűződéssel is, ahol a magvacska képződéséért felelős gének találhatóak.



75. ábra. A kromoszómák végén lévő telomerek (1)

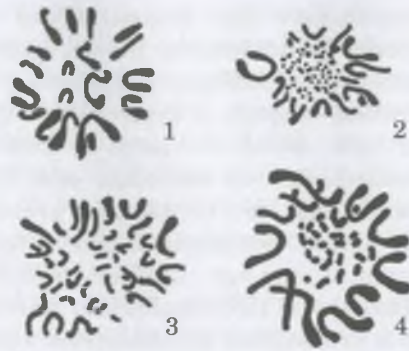
Hogyha a homológ kromoszómák száma meghaladja a kettőt, akkor poliploid (gör.: *polys* – számos) kromoszómakészletről beszélünk: triploid (3n), tetraploid (4n) stb.



77. ábra. Az ember (férfi) kariotípusa (a homológ kromoszómapárok számozva vannak)



78. ábra. Két hörcsög faj: kínai törpehörcsög (1) és dauriai hörcsög (2), amelyek kívülről nagyon hasonlóak, de a kariotípusuk eltér



76. ábra. Különböző állatok kariotípusa: 1 – csuka; 2 – baromfi; 3 – macska; 4 – szalamandra

nem jönnek létre, vagy nem életképesek, vagy nem tudnak szaporodni.

A sejtmag kromoszómakészlete lehet haploid, diploid vagy poliploid. A **haploid** (gör.: *haplós* – egyszerű) **kromoszómakészletben** (ezek jelölése egyezményesen: 1n) a kromoszómák szerkezetükben különböznek a többitől. A **diploid** (gör.: *diplós* – kettős) **kromoszómakészletben** (2n) minden kromoszómának megvan a hasonló méretű és felépítésű párja. Ezeket **homológ** kromoszómáknak nevezzük, míg azokat, amelyek nem egy bizonyos pár tagjai, **nem homológ** kromoszómáknak.

A váltivarú állatoknál és a kétlaki növényeknél az egy nemhez tartozó egyedekben a kromoszómapár egyik tagja eltér a másiktól, míg a másik nem egyedeiben hasonlítanak egymásra. Ezek az **ivari kromoszómák** vagy **heterokromoszómák** (gör.: *heteros* – másik). A kromoszómák többi párja, amelyek hasonlóak minden egyedben, a nem ivari kromoszómák vagy autoszómák (gör.: *autos* – önmaga). Például, a nők kromoszómakészletében két X-kromoszóma, a férfiaknál egy X-kromoszóma és egy Y-kromoszóma van (77. ábra). Érthető, hogy míg az autoszómákban hasonló a génkészlet, addig az X- és Y-kromoszómákban különböző.

## Jó tudni

A kariotípust felhasználják a rendszertanban a hasonló felépítésű fajok felismerésében, amelyeket nehéz felismerni külső bélyegeik alapján. Például, a két felépítésében nagyon hasonló hörcsögfaj esetében (kínai és dauriai hörcsög), amelyek csak a kromoszómakészletükben különböznek egymástól (a sorrendnek megfelelően 22 és 20 a diploid készlete) (78. ábra). Ezen kívül, a kariotípus vizsgálata lehetőséget nyújt meghatározni a szervezetek rokonsági fokát.

## Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

sejtmag, sejtmagvacska, kromatin, kromoszómák, centroméra, kariotípus, autoszómák, heteroszómák.



## Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Miből áll a sejtmembrán szerkezete? 2. Milyen a felépítése a sejtmembrán pórusainak? Mi a funkciójuk? 3. Mi a sejtmembrán mátrix? 4. Mi a kromatin? 5. Milyen felépítése, és milyen funkciója van a magvacsáknak? 6. Mi a funkciója a sejtmembránnak? 7. Mi a kariotípus? Milyen jellemzőkkel bír?

## Gondolkodjatok el rajta!



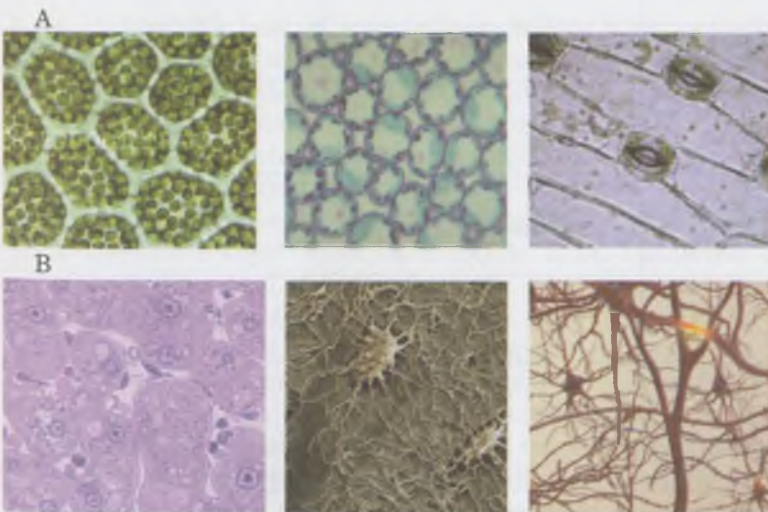
1. Miért nem képesek a sejtmembrán nélküli eukarióta sejtek osztódni?  
2. Miért függ a fajok létezése a kariotípusuk stabilitásától?

## 15. §. A SEJTEK TÍPUSAI ÉS AZOK ÖSSZEHASONLÍTÓ JELLEMZÉSE. A PROKARIÓTA SEJTEK FELÉPÍTÉSE

*Emlékezzetek a plazmamembrán felépítésére és funkcióira! Mi a kromoszóma, a spóra, a betokozódás? Mi a DNS funkciója a sejtben?*

Már tudjátok, hogy léteznek egysejtű és soksejtű organizmusok. Az egysejtű élőlények sejtje egyben a szervezete, amely mindent soksejtű állat, növény és gomba szervezetre jellemző életfunkciókat ellát. Ezért az egysejtűek sejtjei gyakran összetettebbek, mint a soksejtűeké. A soksejtűek sejtjei általában specializálódnak egy bizonyos funkció ellátására. Képesek szöveteket, szerveket, szervrendszereket alkotni. Tehát, mert soksejtű organizmusoknál a sejtek a szövetek vagy szervek alapegységei, ilyen szervezetelek működése egyetlen biológiai rendszerként, csak akkor lehetséges, ha a különböző típusú sejtek kölcsönhatásban vannak (79. ábra).

**Miben különbözik a növényi, a gomba és állati sejtek felépítése?** Már tudjátok, hogy a sejt szerveződési szintjétől függően az organizmusokat két csoportra osztjuk: prokariótákra és eukariótákra. A prokarióták sejtjei (baktériumok, archeák) egyszerű felépítésűek (hiányzik a magjuk



## Röviden a lényeg

A sejtmembrán – minden eukarióta sejt nélkülözhetetlen alkotója. Membrán-szerkezetből és magmátrixból áll. A magmátrix magnedvből, magvacsákból és kromatinszálból áll.

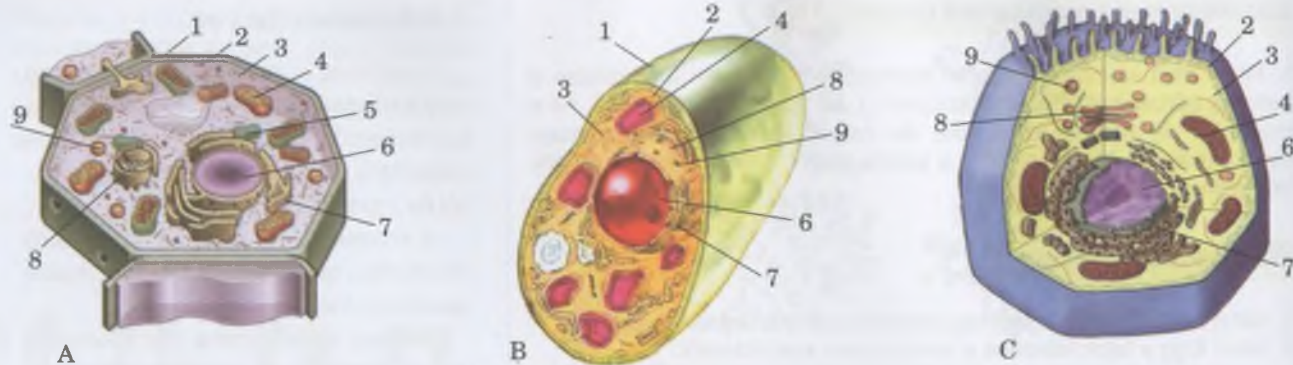
A kromatin – a sejtmembrán fonalszerű struktúrája, amelyet fehérjék és nukleinsavak alkotnak.

Minden kromoszóma két kromatidból áll, amelyek az elsődleges befűződés segítségével kapcsolódnak egymáshoz.

Minden eukarióta faj sejtjei rendelkeznek saját kromoszóma készlettel – kariotípussal.



79. ábra. Különböző típusú eukarióta sejtek: A. növényi. B. állati. **Feladat:** Nézzétek meg az ábrát! Az előző években megszerzett biológia tudásotokat felhasználva határozzátok meg ezeket a sejteket, szöveteket! Majd állapítsátok meg, hogy minek a részei ezek, mi a felépítésük és funkciójuk közötti összefüggés!



80. ábra. A sejt felépítésének vázlata:

A. növényi, B. gomba, C. állati:

1 – sejtfa; 2 – plazmamembrán;

3 – citoplazma; 4 – mitokondrium;

5 – kloroplasztisz; 6 – sejtmag;

7 – endoplazmatikus hálózat;

8 – Golgi-készülék; 9 – lizoszóma.

**Feladat:** Találjátok meg azokat az organellumokat, amelyek hasonlóak vagy eltérnek ezeknél a szervezetcsoportoknál!

és több organellumuk). Az eukarióta – állatok, növények és gombák – sejtjei összetettebb felépítésűek. A sejtciklusuk legalább egy bizonyos szakaszában rendelkeznek sejttaggal. A membránok funkcionális részekre osztják a citoplazmát, amelyben különböző organellumok vannak. Ugyanakkor a különböző eukariótáknál a sejtek felépítésében vannak bizonyos eltérések. Emlékezzünk vissza rájuk!

Figyeljétek meg alaposan a 80. ábrán a növényi, a gomba és az állati sejt felépítését! Elemezzétek a 4. táblázatot és fordítsatok figyelmet az alapvető eltérésekre az állati, a növényi és a gomba sejtek között!

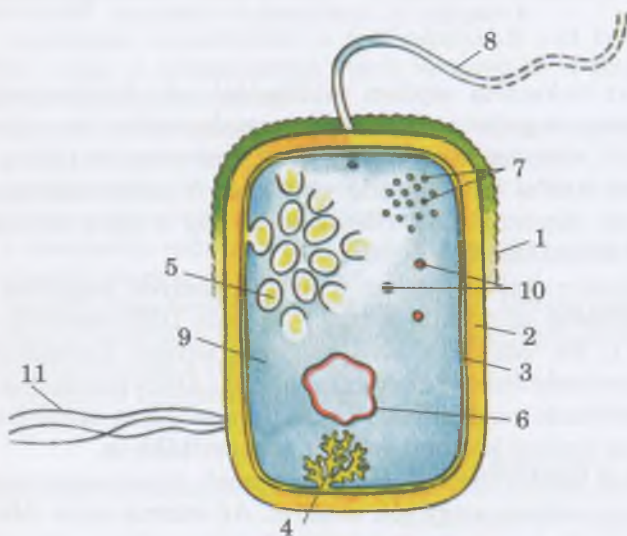
4. táblázat

#### Az állati, a növény és a gomba sejtek közötti alapvető különbségek

Sejtstruktúrák	Állatok	Növények	Valódi gombák
sejtfa	nincs csak glikokalix	van, cellulóz alkotja	van, a cellulózon kívül kitin alkotja
plazmamembrán	van	van	van
sejttag	van	van	van
vakuólum sejttaggal	nincs	előfordul	előfordul
mitokondrium	van	van	van
kloroplasztisz	nincs csak egyes egysejtű fajokban	van	nincs
mozgásszervecskék	van az egyes sejtípusoknál a soksejtűekben és némely egysejtűnél	van egyes moszatoknak és a magasabb rendű spórás növények spermiumjának	nincs

**Milyen a prokarióta sejt felépítése?** Több, mint 2,5 milliárd évvel ezelőtt, amikor még nem voltak sem növények, sem állatok, sem gombák a bolygónkon csak prokarióták voltak, ezek közé tartoznak az archeák (a prokarióták egy csekély csoportja), különböző baktériumok és cianobaktériumok (81. ábra).

Akárcsak az eukarióta sejt, a prokarióták sejtjei is rendelkeznek membránszerkezettel és citoplazmával, amikben kis számban megtalálhatóak az organelumok és a különböző zárványok. A prokarióták sejtjeiben nincsen mag, illetve felépítésükből hiányoznak olyan organelumok, mint a mitokondriumok, a plasztiszok, az endoplazmatikus hálózat, a Golgi-készülék, a lizoszóma, a sejtközpont stb. (82. ábra) A prokarióták ilyen egyszerű felépítése ősi eredetükről tanúskodik.

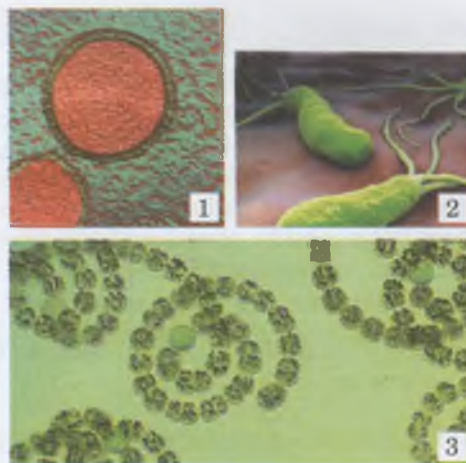


82. ábra. A prokarióta sejt felépítésének vázlatja: 1 – tok; 2 – sejtfal; 3 – plazmamembrán; 4 – membrán betüremkedés; 5 – fotoszintetikus membrán; 6 – gyűrűs DNS-molekula; 7 – riboszómák; 8 – ostorok; 9 – citoplazma; 10 – tartalék tápanyagok; 11 – a sejt fal fehérjéjén lévő csapok

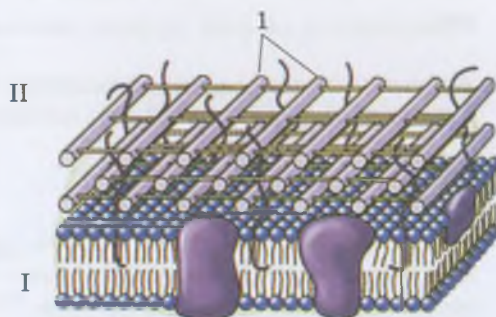
A prokarióták felszíni membránszerkezete plazmamembránból és sejtfalból áll (83. ábra). A prokarióta sejt falának felépítése (a baktériumok és cianobaktériumok különböző csoportjaiban) elég összetett. A baktériumoknál egy polimer vegyületből, a mureinből áll. Ez a vegyület hálózatos szerkezetű, ami a sejt falnak szilárdságot kölcsönöz. A cianobaktériumoknál a sejt fal külső rétegét pektin és különleges összehúzódásra képes fehérjék alkotják. Ezek biztosítják a sejtek sajátos kúszó, forgó mozgását. A cianobaktériumok nem rendelkeznek ostorokkal.

A sejt fal lipid és poliszacharid vegyületei megadják a baktériumok számára annak lehetőségét, hogy hozzátapadjanak egymáshoz és a különböző szubsztrátumokhoz (eukarióta sejtekhez, fogzománchoz stb.) Sok baktériumnál a sejt fal felett időnként védelmi funkciót ellátó nyálkatok van, amit poliszacharidok alkotnak. Ez nem tapad erősen a sejthez, és könnyen sérül bizonyos vegyületek hatására.

A prokarióták citoplazmájában vannak riboszómák és különböző zárványok (82. ábra). Ezek a riboszómák kisebbek,



81. ábra. A prokarióták képviselői: 1 – archeák; 2 – helikobakter baktériumok; 3 – cianobaktériumok



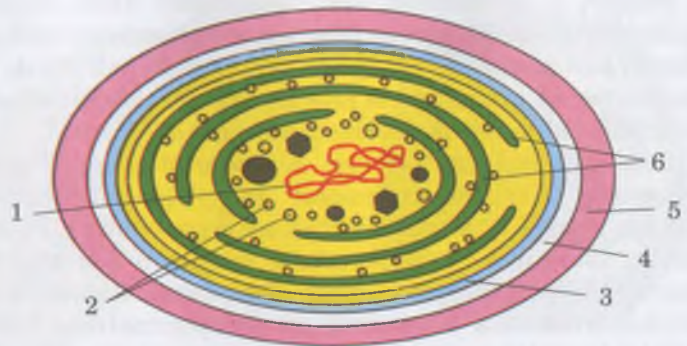
83. ábra. A prokarióták sejt falának vázlatos felépítése: I – plazmamembrán; II – sejt fal; 1 – murein

## Jó tudni

Sok baktérium sejt falát még egy kiegészítő külső elem is alkotja, amely biztosítja a sejt tartalmának megbízható védelmét. Az ilyen baktériumok ellen hatnak bizonyos antibiotikumok (például, a penicillin, az aktinomycin). A baktérium sejt fala antigén tulajdonságokkal bír, vagyis a szervezet, amelybe bejut, idegen, rá nem jellemző testként érzékeli. Ennek megfelelően bizonyos leukocita típusok felismerik a patogén baktériumokat, és antitesteket kezdenek termelni. (Emlékezzetek, hogyan semlegesíti az antitest az antigént!)

## Jó tudni

Egyes baktériumok sejtjeiben (például cianobaktériumoknál) a fotoszintetizáló pigmentek a plazmamembrán betüremkedései által létrehozott, gömbszerű, zárt struktúrákban lehetnek. Az ilyen hólyagocskák egyesével vagy csoportosan helyezkedhetnek el. A cianobaktériumoknál ezeket a struktúrákat tilakoidnak nevezzük (84. ábra).



84. ábra. Cianobaktériumok sejtjeinek felépítése:  
1 – gyűrűs DNS-molekula; 2 – riboszómák; 3 – plazmamembrán;  
4 – sejtfal; 5 – nyálkatok; 6 – tilakoid

## Jó tudni

A kis méretű gyűrűs DNS-molekulák a prokarióta sejtek citoplazmájában is lehetnek. Ezeket nevezzük plazmidoknak.

mint az eukarióta sejtben találhatóak. A plazmamembrán lehet sima vagy betüremkedhet a citoplazmába. Az eukarióta sejtektől eltérően, ezek a képződmények nem osztják a citoplazmát külön funkcionális részecskékre. A betüremkedéseken lehetnek légzőenzimek, riboszómák, míg a sima részek felületén fotoszintetikus pigmentek.

## Röviden a lényeg

A prokarióták – baktériumok és archeák – sejtjei egyszerű felépítésűek. Nem rendelkeznek maggal és sok organellummal. (Például, mitokondriummal, plasztiszokkal, endoplazmatikus hálózattal, Golgi-készülékkel, lizoszómákkal, sejtközponttal stb.)

A prokarióta sejtek membránszerkezete plazmamembránból, sejtfalból, néha nyálkatokból áll. A prokarióta sejtek citoplazmájában apró riboszómák és különféle zárványok vannak. Sejtmag helyett a prokarióták sejtjeiben magzóna, más néven nukleoid van, ebben található az örökítőanyag gyűrűs DNS-molekula formájában. A prokariótáknál, az eukariótáktól eltérően, a DNS nem kapcsolódik magfészekhez.

Egyes baktériumok sejtjei rendelkeznek mozgás szervecskével – egy vagy több ostorral.

A prokarióták sejtjeiben a sejtmag helyett magzóna van. Itt található az örökítő anyag – gyűrűs DNS-molekula (82. ábra, 1; 84. ábra, 1), ami bizonyos helyen kapcsolódik a plazmamembránhoz. A prokariótáknál a DNS-molekulák nem kapcsolódnak magfészekhez. Tehát, nincsenek az eukariótákra jellemző tipikus kromoszómák a prokariótákban.

Egyes baktériumsejtek rendelkeznek mozgásszervecskével – egy, néhány vagy sok ostorral. Az ostorok akár többször hosszabbak is lehetnek a sejtél, ugyanakkor átmérőjük jelentéktelen, ezért fénymikroszkóppal nem lehet őket észrevenni. A prokarióták ostorai csak kívülről hasonlítanak az eukarióta sejtek ostoraira. Felépítésük egyszerűbb: egyetlen különleges csőszerű fehérből állnak.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

prokarióták, archeák.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mi a hasonlóság és a különbség a növényi, a gomba és az állati sejtek felépítése között? 2. Miben különbözik a prokarióták sejt felépítése az eukariótáétól? 3. Milyen a felépítése a prokarióták membránszerkezetének? 4. Milyen sejten belüli struktúrák vannak a prokariótáknál?

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mivel magyarázható a prokarióták egyszerűbb sejt felépítése az eukariótákhoz képest? Támasszátok alá a választ! 2. Feltételezhetjük-e, hogy az eukarióták elődei a prokarióták?

**A sejtek strukturális-funkcionális sokféleségének vizsgálata**

**Cél:** megismerni a prokarióta és eukarióta sejtek felépítési sajátosságait; megtanulni a prokarióta és az eukarióta sejteket felismerni a vázlatokon, állandó mikropreparátumokon, mikroszkópos felvételeken.

**Eszközök, anyagok és vizsgálati objektumok:** mikroszkópok, tárgy- és fedőlemez, csipeszek, üveg és fa pálcikák, preparáló tűk; baktériumok, szájüreg epitéliumának, hagyma nyúzat, penészgomba fonalak állandó mikropreparátumai; baktérium, állati, növényi és gomba sejtek elektronmikroszkópos képe.

**A munka menete**

1. Készítsetek elő a mikroszkópot!
2. A mikroszkóppal kis nagyítás mellett, keressétek meg az állandó preparátumokon a baktérium, a gomba, a növényi, az állati sejteket!
3. Ha nincs állandó preparátum, készítsetek ideigleneset:
  - a) steril üveg vagy fa pálcikával kaparjátok le a foglepedéket, helyezétek rá a tárgylemezre, és fedjétek le fedőlemezrel!
  - b) készítsetek preparátumot a szájüregetekből vett hámból és nyálcséppből úgy, hogy az üvegpálcikát húzzátok végig a pofazacskók belső felületén, s a rátapadt lepedéket helyezétek tárgylemezre, majd keressétek benne hámsejteket!
  - c) készítsetek preparátumot a hagyma húsos levelének bőrhártyájából úgy, hogy annak darabkáját helyezétek a tárgylemezre, és tegyetek rá fedőlemezt!
  - d) penészes kenyérről és zöldségről vegyetek fehér lepedéket (a fejespenész gombafonalait), helyezétek azt tárgylemezre, és fedjétek le fedőlemezrel!
4. A mikroszkóp erős nagyítása mellett tanulmányozzátok baktériumokat, növényi, állati és gombasejteket! Hasonlítsátok össze a szerkezetüket!
5. Vegyétek szemügyre baktériumok, növényi, állati és gombasejtek elektronmikroszkópos képeit! Keressétek meg rajtuk a sejtfalat, a plazmamembránt, a sejtmagot, az endoplazmatikus retikulumot, a Golgi-készüléket, a mitokondriumokat és a vakuólumokat.
6. Vonjatok le következtetéseket!

**TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK**

*Válasszátok ki a helyes feleletet!*

1. Mutassátok meg azokat a vegyületeket, amelyekből a plazmamembrán nagyrészt felépül: a) fehérjék és szénhidrátok; b) szénhidrátok és lipidek; c) fehérjék és lipidek; d) lipidek és ásványi sók!
2. Jelöljétek meg azokat a szervezeteket, amelyeknek a sejtjei fitocönózisra képesek: a) baktériumok; b) valódi gombák; c) növények; d) állatok!
3. Nevezzétek meg azokat a szervezeteket, amelyeknek a sejtjein glikokalix található: a) baktériumok; b) gombák; c) növények; d) állatok!
4. Jelöljétek meg azokat a vegyületeket, amelyekből a kromoszómák nagyrészt felépülnek: a) fehérjék és lipidek; b) fehérjék és DNS; c) fehérjék és RNS; d) lipidek és RNS!
5. Nevezzétek meg azt a tudóst, aki bevezette a „sejt” fogalmát: a) R. Hooke; b) T. Schwann; c) M. Schleiden; d) R. Virchow!
6. Nevezzétek meg az organellumot, amelyre jellemző a bizonyos fokú autonómia: a) lizoszóma; b) Golgi-készülék; c) mitokondrium; d) endoplazmatikus hálózat!
7. Nevezzétek meg az organellumot, amely szabályozza a turgornyomást az egysejtű édesvízi szervezetek sejtjeiben: a) emésztő vakuólum; b) lizoszóma; c) sejtközpont; d) lüktető vakuólum!
8. Jelöljétek meg a nukleinsav molekulát, amely a riboszómát alkotja: a) mRNS; b) tRNS; c) rRNS; d) DNS!
9. Nevezzétek meg a struktúrát, amely megtalálható a kloroplasztiszban: a) kriszta; b) centriólum; c) tilakoid; d) nucleoszóma!
10. Mutassátok rá az organellumra, amely előfordul a prokarióták sejtjeiben: a) Golgi-készülék; b) riboszómák; c) endoplazmatikus hálózat; d) mitokondrium!
11. Nevezzétek meg az eukarióta sejteket, amelyek nem rendelkeznek sejtmaggal: a) az emlősök többségének vörösvérsejtjei; b) epiteliális sejtek; c) fehérvérsejtek; d) neuronok!
12. Nevezzétek meg a struktúrát, amely a sejtmagban található: a) a riboszómák alegysége; b) tilakoid; c) lamella; d) kriszta!
13. Mutassátok rá az organellumra, amely képes osztódni: a) riboszóma; b) kloroplasztisz; c) lizoszóma; d) vakuólumok sejtnedvvel!
14. Nevezzétek meg az organellumot, amely DNS-t tartalmaz: a) riboszóma; b) mitokondrium; c) lizoszóma; d) Golgi-készülék!
15. Nevezzétek meg az organellumot, amely rendelkezik saját riboszómákkal: a) Golgi-készülék; b) lizoszóma; c) kloroplasztisz; d) emésztő vakuólum!

Asszociációs teszt

16. Társítsátok az organellumot a sejtstruktúrával vagy szervezettel, amelyben előfordul!

- |                                           |                                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 nukleoid                                | A harántcsikolt izom sejtei             |
| 2 ostor                                   | B az emlősök többségének vörösvérsejtje |
| 3 vegetatív és generatív sejtmag          | C Zöld eugléna                          |
| 4 sok hasonló felépítésű és funkciójú mag | D papucsállatka                         |
|                                           | E cianobaktérium                        |

17. Társítsátok az eukarióta sejtek organellumait a felépítésük sajátosságaival!

- |                                          |                                                                                              |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 durva felszínű endoplazmatikus hálózat | A krisztáik vannak                                                                           |
| 2 lizoszóma                              | B képesek periodikusan változtatni a térfogatukat, megszabadulva ezáltal a fölösleges víztől |
| 3 Golgi-készülék                         | C lapos, egymembrános hólyagocskákból áll                                                    |
| 4 mitokondrium                           | D enzimeket tartalmaz, amelyek képesek lebontani a táplálékot                                |
|                                          | E membránjain riboszómák vannak                                                              |

18. Társítsátok a megnevezett struktúrákat az egyes sejt szervezettel!

- |               |                    |
|---------------|--------------------|
| 1 diktioszóma | A kloroplasztisz   |
| 2 kriszták    | B sejt központ     |
| 3 centriólum  | C mitokondrium     |
| 4 gránulumok  | D lüktető vakuólum |
|               | E Golgi-készülék   |

19. Társítsátok a sejt felépítésének sajátosságait az szervezettel, amelyre az jellemző!

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| 1 glikokalix                  | A baktériumok   |
| 2 sejtfa, amelyben kitin van  | B növények      |
| 3 sejtfa, amelyben murein van | C állatok       |
|                               | D valódi gombák |

Válasszatok 3 helyes választ a felajánlott válaszlehetőségek hármass csoportjából!

20. Jellemezzétek a különböző organellumok felépítését és funkcióját!

Sejtközpont	lizoszóma	mitokondrium
1) egy membrán veszi körül	1) két membrán veszi körül	1) 3 membrán veszi körül
2) két centriólumot tartalmaz	2) hidrolitikus enzimet tartalmaz	2) csak az anaerób szervezetek sejtjében van
3) a magasabbrendű növények sejtjeiben fordul elő	3) előfordul a prokarióta sejtekben	3) saját DNS-molekulájuk van

21. Nevezetek meg az eukarióta sejtek organellumaira jellemző funkciókat!

durva felszínű endoplazmatikus hálózat	lizoszóma	mitokondrium
1) tápanyagok emésztése	1) fehérjeszintézis	1) ATP szintézis
2) fehérjeszintézis	2) szénhidrát szintézis	2) fotoszintézis
3) ATP szintézis	3) tápanyagok emésztése	3) tápanyagok sejten belüli szállítása

22. Jellemezzétek a különböző szervezetek sejtjeinek felépítését!

baktériumok	növények	állatok
1) van mitokondrium	1) a sejtfaiban kitin van	1) a sejtfa külső rétege a glikokalix
2) van sejtközpont	2) sejt nedvvel teli vakuólumuk van	2) a sejtfaiban cellulóz van
3) a sejtfaiban murein van	3) állabakat képezhet	3) az ostoraik 1 mikrocsőből állnak

Nyílt végű feladatok

23. Hogyan hat a mag hiánya a sejt tulajdonságaira? Válaszotokat indokoljatok meg!

24. Mivel magyarázható, hogy egyes eukarióta sejteknek nincs magjuk? Mondjatok példákat ilyen sejtekre!

25. Milyen jelentősége van osztályozás szempontjából a szervezetek kariotípus-vizsgálatának?

Válaszotokat indokoljatok meg!

26. Miben különbözik és miben hasonló a prokarióta és eukarióta sejtek örökítőanyaga?

27. Az eukarióta szervezetek mely szervezetei vesznek részt a szerves molekulák szintézisében?



### 3. TÉMA. A SEJT MŰKÖDÉSÉNEK ALAPELVEI

**Ebben a témában megismerkedhettek:**

- az autotróf és heterotróf szervezetek sejtszintű anyag- és energiacsere sajátosságai-  
val;
- az élő szervezetek plasztikus anyagcseréjének és energiaforgalmának sajátosságai-  
val, illetve jelentőségükkel az élettevékenység fenntartásában;
- a légzés folyamatának jelentőségével az anyagcsere folyamatok biztosításában;
- a fotoszintézis jelentőségével a bolygónkon.

#### 16.§. ANYAGCSERE ÉS ENERGIA ÁTALAKULÁS A SEJTEN. A LÉGZÉS BIOKÉMIAI MECHANIZMUSA

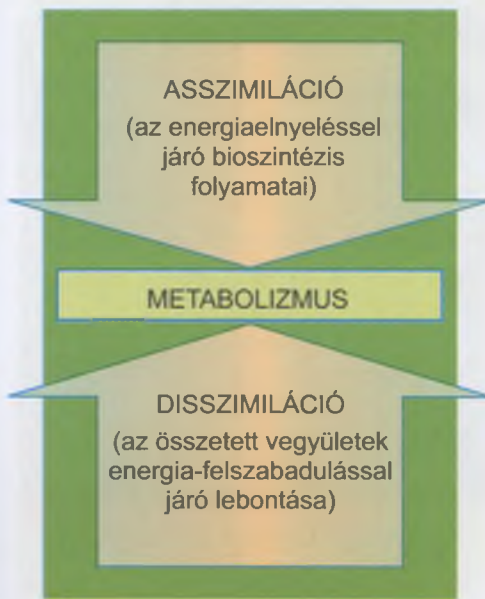
*Emlékezzetek, mi a metabolizmus és a homeosztázis!? Mennyi energia szabadul fel a fehérjék, lipidek és szénhidrátok lebomlása-  
kor? Mi az energia a fizika szempontjából? Mi az enzimek funk-  
ciója? Milyen folyamatokat nevezünk redoxi reakcióknak? Milyen a  
felépítése és mi a funkciója az ATP-molekulának a mitokondrium-  
ban? Hogyan történik a légzés a növényeknél, az állatoknál és az  
embernél?*

Már tudjátok, hogy a metabolizmus a különböző vegyü-  
letek átalakulásának összetett folyamata, amely a vegyületek  
szervezetbe vagy sejtbejuttatásával kezdődik, és azok anyag-  
csere végtermékeinek kiürülésével fejeződik be. A szénhid-  
rátok, zsírok és aminosavak anyagcseréjének végtermé-  
kei általában szénsav és víz, amelyek kiürülnek a szerve-  
zetből. Az aminosavak lebontásakor keletkezik még egy  
nitrogéntartalmú vegyület, a *karbamid* is keletkezik.

A 8.§-ban már említettük, hogy azon szintetizáló folyama-  
tok összességét, amelyek biztosítják a sejt és szervezet fejlő-  
dését, megújítva kémiai összetételüket, **plasztikus anyag-  
cserének** nevezzük. Az ilyen anyagcsere – **asszimilációs  
folyamat**. Ahhoz, hogy az asszimiláció végbemenjen, meg-  
határozott energiamennyiség szükséges. Az ehhez szükséges  
energiát az autotrófok többségénél a napfény energiája,  
vagy a tápanyagok kémiai kötéseiben lévő energia fedezi,  
amelyekhez a heterotróf szervezetek a környezetből jutnak  
hozzá. Így például asszimilációs folyamat többek között, az  
aminosavak, a monoszacharidok, a zsírsavak, a nukleotidok  
és az ATP szintézise.

Az összetett vegyületek azon lebomlási reakciónak  
összességét, amelyek energia felszabadulásával járnak, **ener-  
gia forgalomnak**, vagy **disszimilációs folyamatoknak**  
nevezzük. Ezek történhetnek az anaerob lebomlási vagy oxi-  
dációs reakciók által. Az anyagcsere az egyes sejtekben  
(és az egész szervezetben), nem mehet végbe a megfelelő  
energiaforgalom nélkül. A disszimilációs folyamatok során  
felszabaduló energia lehet: hőenergia, fényenergia (a bio-

•• Az anyagcsere végtermékek kiürü-  
lését a szervezetből **exkréció**nak ne-  
vezzük.



**Jegyezzük meg!** A plaztikus anyagcsere és energiaforgalom egysége, illetve összhangja biztosítja a szervezet egységes biológiai rendszerként való működését, amely képes az önszabályozásra és reprodukcióra.

## Jó tudni

Az ember szervezetéből gázcseré közben, a szén-dioxidon kívül, a kilélegzett levegővel pára formájában víz, és közel 400 más vegyület is távozik.

lumineszcencia jelensége: *emlékezzetek* szentjánosbogarakra, amelyeket a nyári estéken láthatatok), mechanikai (biztosítja a mozgást stb.) A felszabaduló energia egy része kémiai kötések formájában raktározódik az ATP-molekulák ortofoszforsav maradékai között. (*Emlékezzetek* vissza a felépítésére és funkciójára!)

A bomlás és a szintézis folyamatai nem mindig vannak egyensúlyban. A fejlődő szervezetekben vagy sejtekben a szintézisfolyamatok dominálnak a bomlási folyamatokkal szemben. Ennek köszönhetően tud a szervezet a növekedéséhez anyagokat felhalmozni.

A bolygónkon élő organizmusok többsége számára a napfény energiaforrás, melynek segítségével közvetlenül vagy közvetve kielégítik az energia iránti szükségletüket. Ugyanakkor különböző módokon, a szervezetek bizonyos csoportjai hozzájuthatnak az energiához, közvetlenül a külső környezetből is.

### Aktivizáljátok tudásotokat!

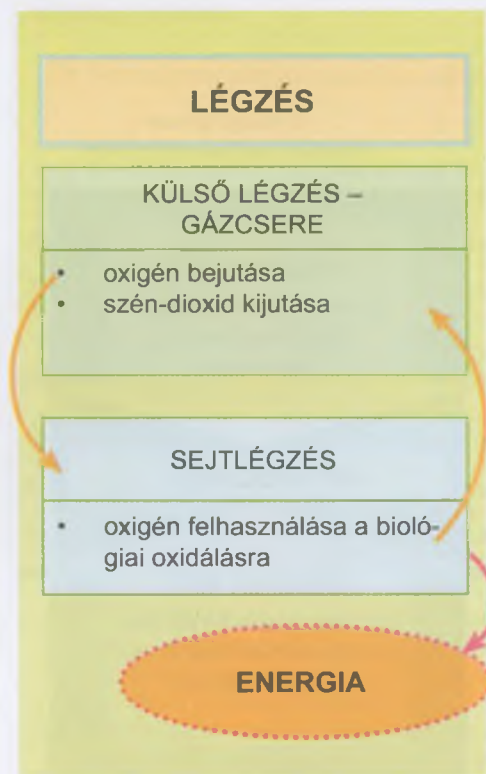
Az **autotróf** élőlények képesek szintetizálni szerves anyagokat szervetlen anyagokból. A **fototrófok**, ezekhez a folyamatokhoz, a Nap energiáját használják fel. A **kemotrófok** szerves anyagok szintéziséhez a szervetlen anyagok oxidációs reakciói során felszabaduló energiát használják fel. A **heterotróf** élőlények számára az energiaforrást azon szerves vegyületek jelentik, amelyeket más organizmusok termelnek. A **mixotróf** élőlények nemcsak szintetizálni képesek szerves anyagokat, de képesek a már kész szerves anyagok felhasználásra is.

**Mi a lényege a sejtlégzés folyamatának?** *Emlékezzetek, a légzés:* ismétlődő folyamatok összessége, amelyek biztosítják az oxigén bejutását a szervezetbe, annak felhasználását szerves anyagok oxidálására a sejtekben (fehérjék, zsírok, szénhidrátok), illetve az oxidációs reakciók során létrejött a szén-dioxid kijutását. Így történik a szervezet és a külső környezet közötti gázcseré.

A múlt évben (az emberi szervezet példáján) megtanultatok, hogy a légzés három élettani folyamatcsoport együttese: **tüdő ventiláció** (gázcseré – a tüdőben történik a levegő és a vér között), a **gázok szállítása** a véredényekben (megkötve a hemoglobin által vagy feloldva a vérplazmában) a tüdőből a test minden szövetéhez, és a **sejtlégzés** – az oxigén felhasználása a sejtek által, olyan folyamatokban, amelyek során energia szabadul fel. Ezeknek a folyamatoknak az eredményeképpen szén-dioxid keletkezik, amely kiürül a szervezetből.

A légzés élettani jelentősége abban áll, hogy a nagy energiatartalmú vegyületek oxigén hatására lebomlanak egyszerű vegyületekké ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ), aminek következtében energia szabadul fel a különböző élettani folyamatok biztosítására. A légzés folyamataitól elválaszthatatlanok a disszimilációs folyamatok.

A legtöbb soksejtű állatban a légzés folyamatait speciális légző szervrendszerek biztosítják, amelyeknek köszönhetően az oxigén bejut a szervezetbe az atmoszférából. (*Emlékezzetek* a rovarok tracheáira, a kétéltűek, hüllők, madarak és emlősök légutaira és tüdejére!) A vízből kopoltyúk segítik az oxigén felvételét: gyűrűsférgéknél, rákféléknél, puhatestűek-







85. ábra. Az állatok légzőszerve: 1 – rovarok tracheái; 2 – madarak légzőszerve; 3 – a folyami rák kopolytúja; 4 – a halak kopolytúja; 5 – a szitakötő lárváé. **Feladat:** Felhasználva a hetedik osztályos biológia tananyag ismereteit, idézzétek fel, milyen a fent említett szervezetek légzőszerveinek felépítése!

nél, a halaknál stb. (85. ábra). A növények légzése különböző nyílások segítségével történik: gázcserenyílások a leveleken, paraszemölcsök a hajtásokon (86. ábra). Az oxigén bejuthat diffúzió által is soksejtű szervezetek kültakaróján keresztül (többek között növények, gombák, szivacsok, tüskésbőrűek, laposférgek, nematódák esetében), vagy egyes sejtek falán keresztül (baktériumok, növények, egysejtű állatok stb.)

A hatodik osztályos biológia tananyagból már tudjátok, hogy a fotoszintézis során a növények szén-dioxidot kötnek, meg és oxigént bocsátanak ki a légzés folyamán, ez a fotoszintézis során megy végbe, és – **fotolégzésnek** nevezzük.

A sejtlégzés molekuláris mechanizmusai a növényeknél és az állatoknál általában hasonlóak.

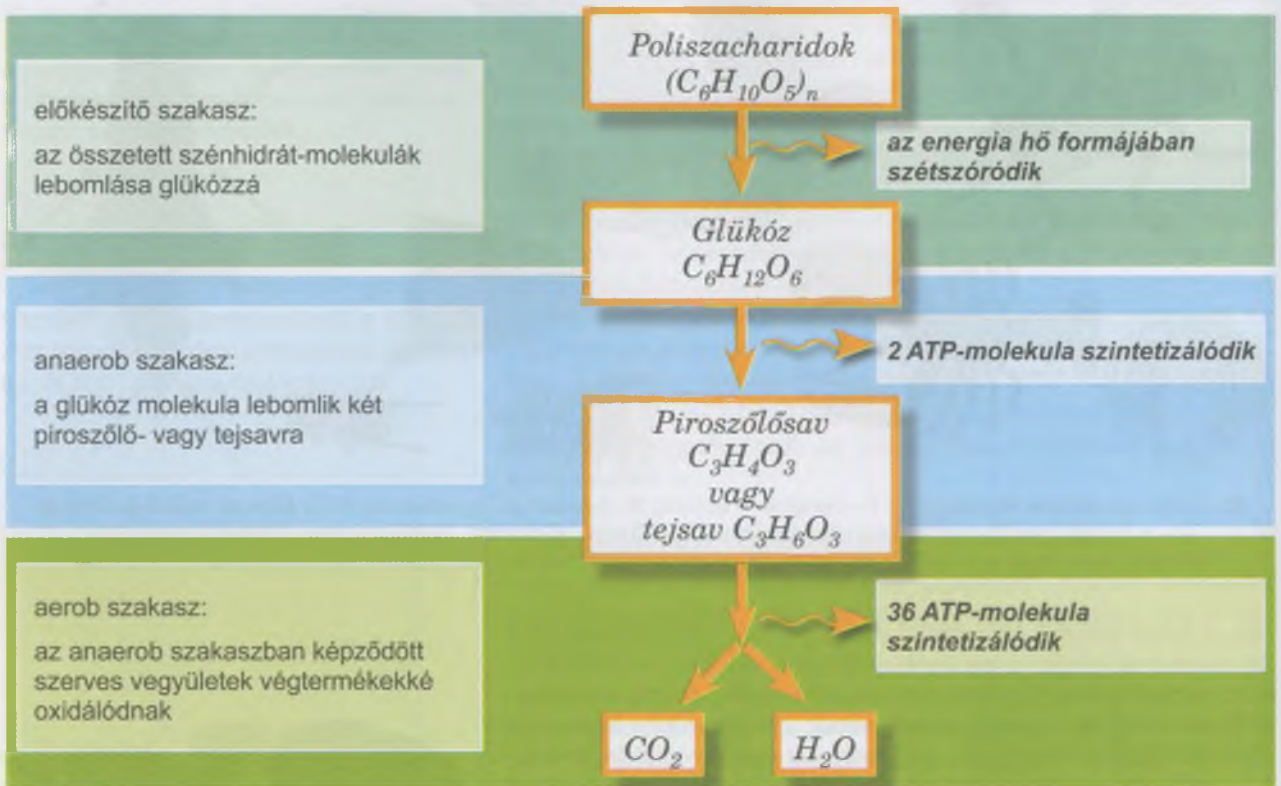
**Az energiaforgalom szakaszai. Emlékezzetek:** A biológiai rendszerekben az energia különböző formákban létezik, amelyek átalakulhatnak egymásba, biztosítva az életfolyamatok normális lefolyását. Már szó volt róla, hogy az energiaforgalom során a szerves vegyületek elbomlásakor fejlődő energia egy része hő formájában szétszóródik, másik része pedig bizonyos szerves vegyületek magas energiatartalmú kémiai kötéseiben tárolódik. Azt is tudjátok, hogy ilyen univerzális energiaraktározó vegyület – az **adenozin-trifoszfát (ATP)**.

Az energiaforgalom három egymást követő – előkészítő, anaerob és aerob – szakaszban megy végbe. Az energiaforgalom **kezdeti**, előkészítő szakasza valamennyi szervezet sejtjeinek citoplazmájában, míg a többsejtű állatoknál és az embernél az emésztőszervrendszer üregeiben is megvalósul. Az előkészítő szakaszban a szerves makromolekulák, enzimek hatására monomerekre, azaz a fehérjék aminosavakra, a zsírok glicerinnre és zsírsavakra, a poliszacharidok monoszacharidokra, a nukleinsavak pedig nukleotidokra hasadnak. Ezeket a folyamatokat energiafejlődés kíséri ugyan, de az így képződő, jelentéktelen mennyiségű energia – hő formájában – szétszóródik. Ezt a hőt a szervezetek saját hőmérsékletük fenntartására használhatják.



86. ábra. A növények légzését biztosító struktúrák: 1 – a levelek gázcserenyílásai; 2 – paraszemölcsök

## A SEJTLÉGZÉS SZAKASZAI



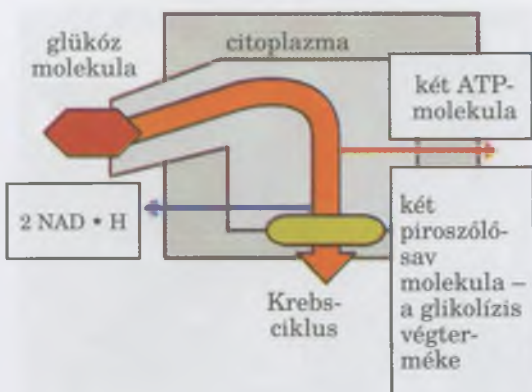
Az előkészítő szakasz után a sejtben végbemenő **oxigén nélküli** szakasz következik. Ezt **anaerob** (gör.: *a-(n)-* – fosztóképző kötőhangzóval, és *aér* – levegő) szakasznak nevezzük, mivel a megelőző szakaszban képződött monomerek további, többlépcsős hasadássorozaton mennek át oxigén részvétele nélkül. Az anaerob bontás vagy *anaerob légzés* az energiaátalakítás és az ATP magas energiatartalmú kémiai kötéseiben való energiátárolás legegyszerűbb formája. Az energia forgalmának ez a szakasza univerzális minden organizmusban, legyen az anaerob vagy aerob.

Egyes mikroorganizmusok és gerinctelen állatok (többnyire élősködők) nem tudnak oxigént használni az energiaforgalom folyamataiban. Ezért a szükséges energiához csak a szerves vegyületek anaerob bontása révén juthatnak. A szervezetek többsége ugyanakkor az energiaforgalom folyamataiban oxigént használ fel. Azonban az energiaforgalom aerob szakaszát bennük is mindig anaerob szakasz előzi meg.

A sejtekben az energiaforgalom oxigén nélküli szakaszában legfontosabb a glükóz-molekula lebontása két **piroszőlősav-** ( $C_3H_4O_3$ ) vagy **tejsav-molekulára** ( $C_3H_6O_3$ ).

A szénhidrátok levegő nélküli vagy anaerob bomlási folyamatait **glikolízisnek** nevezzük (gör. *glykys* – édes és *lysis* – oldás, elválás) (87. ábra).

A glikolízis során közel 200 kJ energia fejlődik. Ennek egy részéből (közel 84 kJ) két ATP-molekula képződik, míg a másik rész hő formájában szóródik szét. Vagyis a glikolízis energetikai szempontból alacsony hatékonyságú: az energiának csak 35–40 %-a tárolódik az ATP-molekulák makroerg kötéseiben, a többi hő formájában szétszóródik. Ez azzal



87. ábra. A sejtlegzés anaerob (oxigén nélküli) szakaszának vázlata: a glükóz molekulából  $C_6H_{12}O_6$  oxigén jelenléte nélkül két piroszőlősav molekula  $C_3H_4O_3$  képződik

magyarázható, hogy a glikolízis végtermékei sok kémiaiilag kötött energiát tartalmaznak.

A viszonylag alacsony energiahatékonyság ellenére a glikolízisnek fontos élettani szerepe van. Ennek köszönhetően jutnak ugyanis a szervezetek energiához oxigénhiányos körülmények között, míg a végtermékek (piroszőlősav és tejsav) további enzimes átalakulásokon mennek át oxigén jelenlétében. A glikolízis köztes termékei különböző vegyületek bioszintézisében vesznek részt.

## Jó tudni

A glikolízis analóg folyamata az erjedés: a tejsavas (a baktériumokra jellemző) és az alkoholos erjedés (az élesztőre és bizonyos baktérium csoportokra jellemző). Az első esetben az erjedés végterméke a tejsav, míg a második esetében az etilalkohol. Ezeket a folyamatokat az ember felhasználja az iparban: a tejsavas erjedés előkészíti az élelmiszereket a konzerválásra (zöldségek savanyítása, sajt készítés), azok hosszú távú tárolására. (A tejsav megállítja az ártalmas mikroorganizmusok növekedését és szaporodását.) Ezt használjuk ki savanyított tejtermékek (aludttej, tejfel) előállítására, szilázs készítésére a háziállatok etetéséhez, valamint és a tejsav vagy az alkoholok ipari előállításakor is.

Az energiaforgalom befejező szakasza az aerob szakasz, amelyet a következő paragrafusban tárgyalunk.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

plasztikus anyagcsere, energiaforgalom, sejtlégzés, glikolízis.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mi a plasztikus anyagcsere és az energiaforgalom? 2. Mi az ATP jelentősége az energiaforgalom folyamatában? 3. Mi a kapcsolat az asszimiláció és a disszimiláció folyamataiban? 4. Milyen folyamatokat nevezünk „sejtlégzésnek”? 5. Elemezzék az energiaforgalom előkészítő szakaszát! 6. Milyen folyamatok zajlanak le az anaerob szakaszban? 7. A szervezet energiaellátása szempontjából milyen jelentőséggel bír az energiaforgalom anaerob szakasza?

### Gondolkodjatok el rajta!



1. Vajon minden autotróf organizmus a fényenergiát használja fel a szerves anyagok szintézisére? 2. Miért nincs élet energiaforgalom nélkül??

## 17. §. AZ ENERGIAFORGALOM. AEROB SZAKASZ

*Emlékezzetek a makroerg kötések tulajdonságaira! Mi az ATP funkciója?*

Az energiaforgalom anaerob szakasza csak oxigén jelenlétében lehetséges, amikor azon szerves vegyületek, amelyek az anaerob szakaszban képződtek, a sejt végtermékeivé oxidálódnak – szén-dioxiddá  $\text{CO}_2$  és vízzé  $\text{H}_2\text{O}$ . A szerves vegyületek biológiai oxidációjakor, bizonyos enzi-

## Röviden a lényeg

A szintézis reakciók összességét, amelyek biztosítják a sejt és a szervezet fejlődését, kémiai összetételük megújulását, „*plasztikus anyagcsere*”-nek nevezzük. A szerves anyagok lebomlásának azon folyamatait, amelyek energia felszabadulásával járnak „*energiaforgalom*”-nak nevezzük. Ezek biztosítják a szükséges energiát összetett anyagok szintéziséhez.

Az anyagcsere és energiaforgalom következtében tartható fenn a homeosztázis a környezet feltételeinek változásakor.

Az energiaforgalom fontos része a légzés folyamata: az oxigén bejutása a szervezetbe, a szerves anyagok lebontása oxigén jelenlétében, ami energia-felszabadulással jár, és a széndioxid kiürülése a szervezetből.

A szervezeteket, amelyek a szerves vegyületek lebontását oxigén jelenlétében végzik, „*aerobok*”-nak nevezzük, míg azokat, amelyek oxigén jelenléte nélkül – „*anaerob*”-oknak.

Az energiaforgalom előkészítő szakaszában az összetett szerves vegyületek az enzimek hatására egyszerűbb anyagokká bomlanak. Ezek a folyamatok energia-termeléssel járnak, mely energia hő formájában szétszóródik.

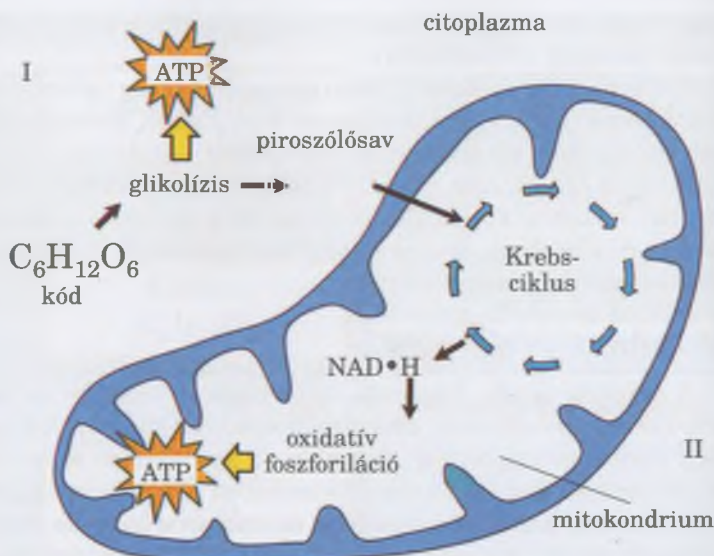
Az energiaforgalom oxigén nélküli vagy anaerob szakasza a sejtekben zajlik. Az energiaforgalom anaerob szakaszának legfontosabb folyamata a glikolízis. Az energiaforgalom ezen szakaszában, megközelítőleg 200 kJ energia szabadul fel, amelynek 35–40 %-a elraktározódik az ATP-molekulák makroerg kötéseiben.



**Jegyezzük meg!** Az energiaforgalom aerob szakasza csak oxigén jelenlétében lehetséges. Ezért a nem megfelelő oxigénellátás az aerob szervezetek sejteinek metabolizmusát felboríthatja, és a halálát okozhatja.

## Jó tudni

A NAD teljes neve – nikotin-amid-adenin-dinukleotit. Eleinte lehetetlennek tűnik megjegyezni, de felhasználva a kémia tudásotokat, próbáljátok meg elemezni a részeit! Rá fogtok jönni, hogy nem nehéz.



88. ábra. Az energiaforgalom anaerób (I) és aerób (II) szakaszának kapcsolata

mek hatására, hidrogénatomok válnak le róluk a mitokondriumokban. Az oxidációs folyamatok következtében a szervezet nagy mennyiségű energiát raktároz el az ATP-molekula makroerg kötéseiben.

Tehát, a **szöveti** vagy **sejtlégzés** – az oxigén felhasználása a szövetek és a sejtek által, a szerves anyagok oxidálására, miközben az életműködéshez szükséges energiát tartalékolják el (88. ábra).

**A Krebsz-ciklus szerepe az energiaforgalom aerób szakaszában.** Azon biológiai átalakulások között, amelyek az energiaforgalom aerób szakaszában zajlanak, fontos helye van az ún. **Krebs-ciklusnak**. Ezt a ciklust az angol biokémikus **Hans Adolf Krebs** (89. ábra) fedezte fel 1937-ben.

A Krebs-ciklus a szerves vegyületek egymásba való átalakulásának körkörös folyamata a mitokondriumok mátrixában. Az ilyen átalakulási folyamatok közben a szerves savakról  $\text{CO}_2$  molekulák válnak le, amelyek elhagyják a mitokondriumokat, és végül kiürülnek a sejtől. Minden Krebs-ciklus eredményeképpen, mint melléktermék, ATP-molekula képződik. Ugyanakkor ezeknek a ciklikus reakcióknak a fő következménye a hidrogénatomok leválása a szerves savakról, és azok átkerülése más, azokat fogadó vegyületekre – a hidrogén akceptorokra. A legfontosabb hidrogén akceptor a NAD, amely a hidrogén atomot felvéve átalakul redukált formájába (NADH). (Találjátok meg ezt a folyamatot a 88. ábrán!).

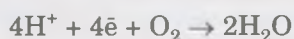
A redoxi folyamatok során (részletesebben a kémia órákon) az elektronok a **redukálószerrel** (donor-vegyületek, amelyek leadják) átkerülnek az **oxidálószerre** (akceptor-vegyületek, amelyek fogadják az elektronokat). A szerves vegyületek biológiai oxidálásának folyamata szoros összefüggésben van a hidrogén atomok leválásával. Speciális enzimek hatására ezek az atomok oxidálódnak, vagyis elveszítik elektronjukat (ē). Az így felszabadult elektronok a mitokondriumok belső membránjában lévő szállító-molekulák sorozatán



89. ábra. **Hans Adolf Krebs** (1900–1981) – orvosi Nobel-díjas tudós (1953)

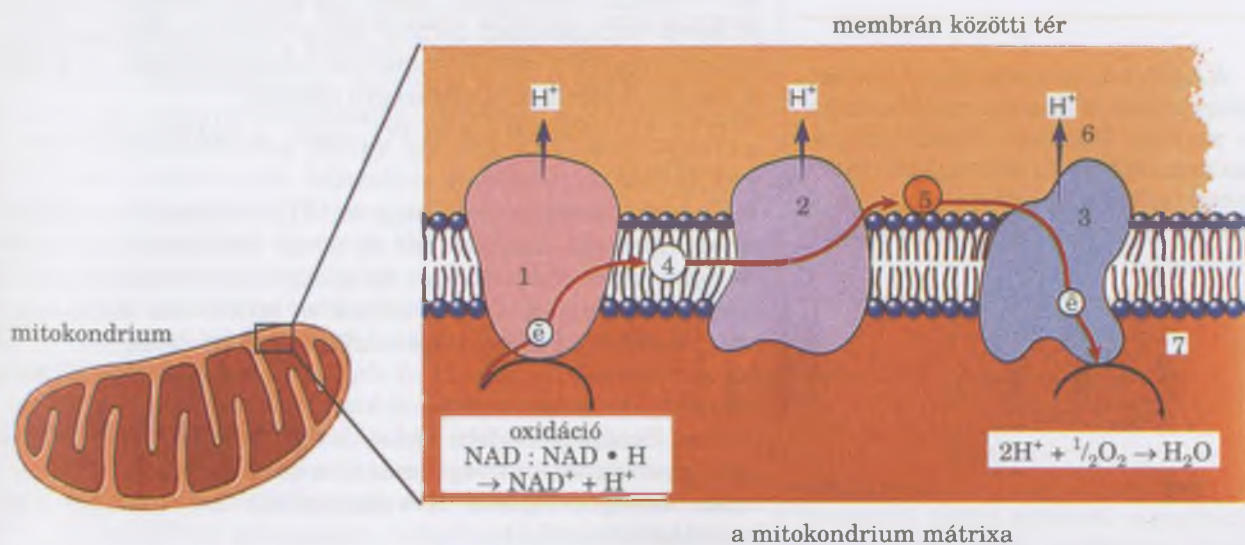
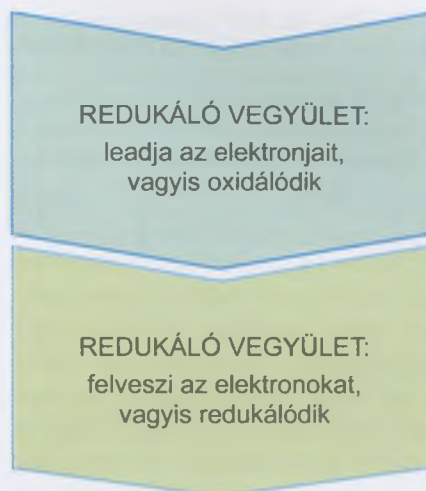
keresztül a belső membrán belső felületére szállítódnak, míg a hidrogén  $H^+$  ionok felhalmozódnak a külső felületen (90. ábra). Ez a folyamat a **légzési lánc** vagy más néven az **elektrontranszport-lánc** nevet kapta. Ezen folyamatok következtében a membrán külső felületén pozitív töltés koncentrálódik, míg a belső membránon a negatív. Az elektrontranszport-molekulái a redoxi reakciókat katalizáló enzimkomplexeinek alkotói.

A légzési lánc a mitokondriumokban a NADH (a Krebs-ciklus fő terméke) oxidálásával kezdődik, mely folyamat során  $NAD^+$  (oxidált forma),  $H^+$  ionok és két elektron ( $e^-$ ) jön létre. Ezeknek az elektronoknak a felhasználásával a hidrogén  $H^+$  ionokból és oxigénből  $O_2$  vízmolekulák képződnek:



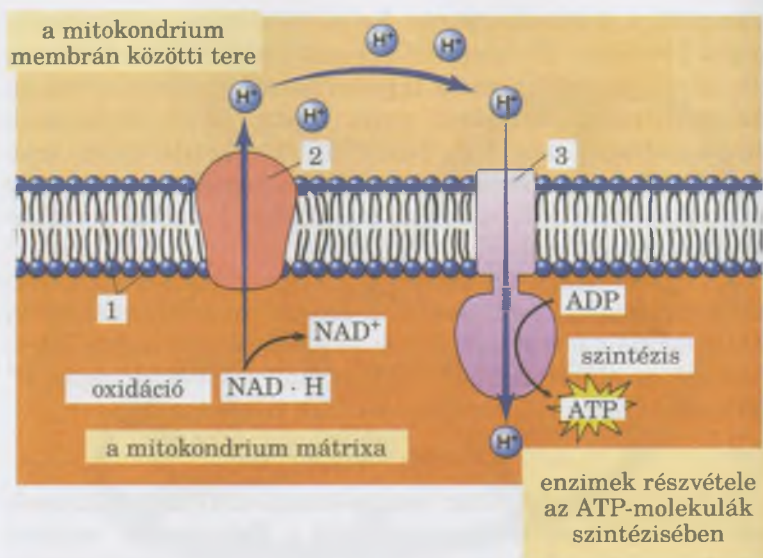
Tehát, a légzési lánc enzim-komplexei az elektronok szállításával egyidejűleg pumpálják a hidrogén  $H^+$  ionokat a mitokondriumok külső és belső membránja közötti térbe a mitokondriumok belső közegéből, a mátrixból. Ily módon az elektronszállítás folyamatát a mitokondriumok belső membránjának két oldala közötti  $H^+$  ion koncentrációjának különbsége kíséri. Vagyis a  $H^+$  ionok felhalmozódnak a membrán közötti térben, míg az elektronok a mitokondriumok belső membránjának belső felületén (lásd 90. ábra). A  $H^+$  ionok koncentráció különbsége potenciális energiával rendelkezik, ami képes hasznos munkát végezni: ezen ionok diffúzió általi vándorlása a magas koncentráció irányából az alacsonyabb koncentráció irányába történik, mint egy akkumulátorban.

A mitokondriumok belső membránja nem ereszti át a  $H^+$  ionokat. Ezért ezeket speciális csatorna szállítja. Ez a gomba formájú csatorna a különleges enzim-komplex, az ATP-szóma része (lásd: 67. ábra). Ez a komplex a mitokondrium belső



90. ábra. Elektrontranszport-lánc a mitokondriumok belső membránjában. Az energiával töltött elektronokat ( $e^-$ ) a mobil transzport-molekulák (4) szállítják a mitokondrium belső membránjának külső felszínére (5 – az elektronok továbbítását végző fehérje-molekula). Három fehérje molekula (1–3) a felszabaduló energiát felhasználja a hidrogén ( $H^+$ ) ionok átpumpálására a mitokondrium két membránja közötti térbe (6). Végül, az elektronok kölcsönhatásba lépnek a protonokkal és az oxigénnel, vizet (7) hozva létre.

91. ábra. Az ATP-szintetáz enzim molekula biztosítja az ATP szintézist az energiaforgalom aerob szakaszában: 1 – a mitokondrium belső membránja; 2 – a  $H^+$  ionok a mitokondriumok membrán közötti terébe szállítását végző fehérje-molekula; 3 – az ATP-szintetáz (röviden ATP-áz) enzimet tartalmazó ATP-szóma



**Jegyezzük meg!** A sejtlégzés másik neve: oxidatív foszforiláció. Ez azon folyamatok együttese, amelyeket oxidációnak (az elektronok szállítása a légzési láncon keresztül) és a foszforilációnak (ATP képződése ADP és ortofoszforsav  $H_3PO_4$  molekulákból) nevezünk a biológiában.

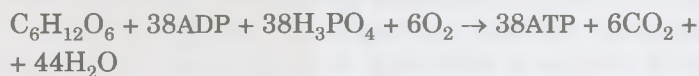
**Jegyezzük meg!** A sejteket főként az energiaforgalom aerob szakasza látja el energiával.

A sejtlégzés folyamatában a szubsztátum kémiai kötéseiben tárolt energia, az oxidáció folyamán, kisebb adagokban szabadul fel. Ez lehetőséget nyújt a sejtek az energiát jobban felhasználni, mint az anaerob szakaszban felszabadult energiát.

falában található, de egy része az organelum mátrixába hatol. Az ATP-szómát különleges enzimek alkotják (91. ábra, 3). Ezek hatására képződnek az ATP-molekulák. Vagyis, az oxidációs folyamatok (az elektronok szállítása légzési lánc) és a foszforiláció (ATP képződése ADP és ortofoszforsav  $H_3PO_4$  molekulákból) összekapcsolódnak.

Két piroszőlősav molekula oxidálásakor  $H_2O$  és  $CO_2$  keletkezik (a Krebs-ciklus során és a következő oxidatív foszforiláció közben), energia szabadul fel, ami biztosítja 36 ATP-molekula szintézisét. A szerves anyagok oxidációjakor felszabaduló energia tárolásának hatékonysága megközelíti a 70 %-ot (az ATP-molekulák makroerg kötéseiben). Tehát, az energiaforgalom aerob szakaszának hatékonysága lényegesen felülmúlja az anaerob szakaszét.

Hogyha figyelembe vesszük, hogy a glikolízis során két ATP-molekula keletkezik, akkor egy glükóz molekula anaerob és aerob szakaszaiban történő teljes lebomlásakor keletkező energia elegendő 38 ATP-molekula szintetizálására. A glükóz molekula lebomlásának összegző képlete:



Érdeemes megjegyezni, hogy az ATP-molekulák szintézise az energiaforgalom anaerob és aerob szakaszaiban, fontos szerepet tölt be a sejtek és az egész szervezet hőegyensúlyának fenntartásában is. Amennyiben a különböző vegyületek anaerob lebomlásakor és oxidációjakor felszabaduló energia teljes mennyisége hővé alakulna (márpedig, az aerob szakaszban ennek az energiának a nagyobb része ATP-szintézisre használandó fel), akkor a fehérjék és nukleinsavak denaturálnának és végbemenne a destrukciójuk.

Az energiaforgalom a végtermékek szervezetből való kiürülésével ér véget.

#### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

az energiaforgalom aerob szakasza, légzési lánc (elektrontranszportlánc), oxidatív foszforiláció.



1. Milyen folyamatok zajlanak le az energiaforgalom aerob szakaszában?
2. Milyen feltételek mellett mehet végbe az energiaforgalom aerob szakasza?
3. Mi a légzési lánc? Mi a szerepe az energiaforgalom aerob szakaszának folyamataiban?
4. Hány ATP-molekula szintetizálódik az energiaforgalom aerob szakaszában?
5. Összesen hány ATP-molekula képződik az energiaforgalom anaerob és aerob szakaszában?



1. Mi az oka annak, hogy energia fejlődik a szerves vegyületek oxidációjakor?
2. Miért hatékonyabb energetikailag a szerves vegyületek oxigén jelenlétében végbemenő hasadása, mint oxigén nélkül?

## 18. §. A PLASZTIKUS ANYAGCSERE FOLYAMATAINAK SAJÁTOSSÁGAI. A FOTOSZINTÉZIS FÉNY-SZAKASZA

*Emlékezzetek*, mi jellemzi az asszimilációs folyamatokat! Mely organizmusok tartoznak az autotrófokhoz, a heterotrófokhoz és a mixotrófokhoz? Mi az enzim, a hemoglobin, a fotoszintézis? Milyen a felépítése a kloroplasztisznak? Mi a tilakoid? Melyek azok a redoxi reakciók?

A **plasztikus anyagcsere folyamatainak biokémiai sajátosságai**. Már tudjátok, hogy **plasztikus anyagcserén** a biokémiai szintézis-reakciók összességét értjük. E reakciók következtében azokból a vegyületekből, amelyek bekerülnek a sejtbe, a létfenntartáshoz szükséges anyagok képződnek. A **plasztikus anyagcsere alapvető folyamatai**: a fehérjék, a szénhidrátok, a lipidek, a nukleinsavak szintézise. Az asszimiláció folyamatai, a fotoszintézis és a kemoszintézis során is végbe mennek. Ugyanakkor érdemes megjegyezni, hogy a fotoszintézis és a kemoszintézis ideje alatt végbemennek olyan folyamatok is, amelyek az energiaforgalomra jellemzőek – azon ATP-molekulák szintézise, amelyek a sejtek energia akkumulátorai. Ahogy azt már tudjátok, egyetlen biokémiai reakció sem lehetséges enzimek nélkül. Ahogy minden más biokémiai folyamatot, a **plasztikus anyagcsere reakcióit is megfelelő enzimek katalizálják**. Az asszimiláció során az összetett vegyületek egyszerűbb vegyületekből szintetizálódnak. Erre a célra bizonyos mennyiségű energia felhasználásra kerül abból, ami el lett raktározva az energiaforgalom során.

Az asszimilációs folyamatok szorosan összefüggnek a disszimilációs folyamatokkal, tehát egyes vegyületek lebomlásának termékei felhasználhatóak azon új vegyületek szintéziséhez, amelyekre a sejtnek és a szervezetnek szüksége van. A **plasztikus anyagcsere termékei felhasználódnak a sejtek kémiai összetételének megújítására, növekedésük biztosítására, illetve új sejtek, szövetek és szervek képződésére**. Az asszimiláció során képződött szerves vegyületek olyan tartalékként szolgálnak, ami felhasználásra kerülhet az energiaforgalom reakcióiban – szükség esetén lebomlanak és energia szabadul fel.



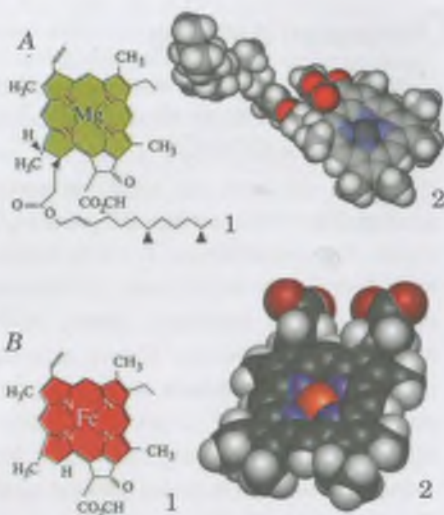
## Röviden a lényeg

Az energiaforgalom aerob szakasza a mitokondriumokban történik. A redoxi reakciók következtében a szerves vegyületek, amelyek az előző anaerob szakaszban keletkeztek,  $\text{CO}_2$  és  $\text{H}_2\text{O}$  molekulák oxidálódnak. A mitokondriumok belső membránjában különleges enzimrendszer található, amely ATP-molekulákat szintetizál. Ebben a folyamatban felhasználásra kerül az az energia, amely a  $\text{H}^+$  ionok a mitokondriumok belső membránjának külső felületéről a belső felületére történő szállításakor szabadul fel.

Mivel az energiaforgalom anaerob szakaszában két ATP-molekula képződik, és az aerob szakaszban 36, ezért a glükóz molekula teljes lebontásakor fel szabaduló energia elégséges 38 ATP-molekula képződéséhez.



**Jegyezzük meg!** Az asszimilációs folyamatok során egyszerű anyagokból összetett vegyületek képződnek. Ezeknek köszönhetően a szervezetek kis molekulatömegű (többek között: aminosavak, monoszacharidok, nukleotidok) és nagy molekulatömegű (fehérjék, nukleinsav, poliszacharidok) vegyületeket képez.



92. ábra. Klorofill (A) és hemoglobin (B) molekulák: 1 – szerkezeti képlet (ismertető célzattal); 2 – modellek

**Jegyezzük meg!** A fotoszintézis alapja az elektronok donor-vegyületekről az akceptor vegyületekre való átadásával járó redoxi reakciók.



93. ábra. **Joseph Priestley** (1733–1804) – a fotoszintézis jelenségét felfedező kutató

## Jó tudni

A fotoszintézis folyamatát az angol **Joseph Priestley** (93. ábra) fedezte fel 1771-ben. Az ő kísérleteinek köszönhetően tudjuk, hogy a növények képesek a fotoszintézis során szén-dioxidot elnyelni és oxigént kibocsátani.

**Mivel jellemezhető a fotoszintézis?** Az élővilágból ismert számos biokémiai folyamat egyikének akkora jelentősége van, hogy hiányában elképzelhetetlen az élet bolygónkon. Ez az egyedülálló folyamat a fotoszintézis: szerves anyagok képződése szervetlen anyagokból a napenergia megkötésével a szénhidrátok kémiai kötéseiben.

A növények sejtjeiben a fotoszintézis a kloroplasztiszokban zajlik, amelyek a fotoszintézisre képes színanyagot, a klorofillt tartalmazzák. Felépítését tekintve a klorofill a hemoglobinnal hasonlít, de vas atom helyett magnézium atom található benne (92. ábra). A klorofill, illetve más színanyagok (a vörös vagy sárga színű karotinoidok) a kloroplasztiszok membránszerkezetében, a tilakoidokban helyezkednek el (lásd: 68. ábra).

**A fotoszintézisnek milyen fázisait különböztetik el?** A fotoszintézisnek két szakasza különíthető el: fény és sötét szakasz. A világos szakasz azért kapta a nevét, mert a reakciói csak fény hatására mennek végbe. A sötét szakaszban nincs szükség fényre.

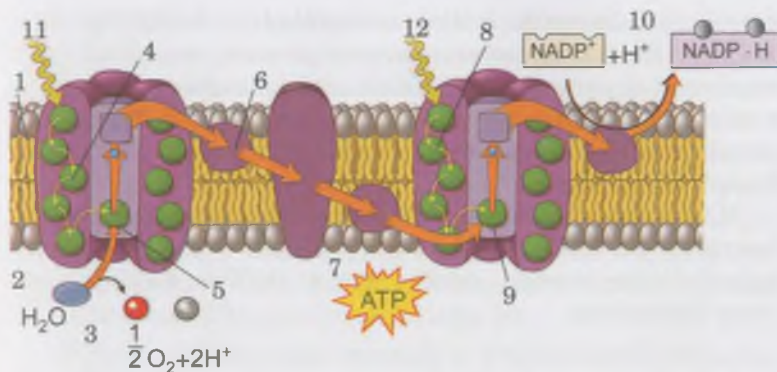
**A fotoszintézis fényszakasza** kapcsolatban áll a tilakoidok membránjaival. Ez a szakasz azzal kezdődik, hogy a klorofill molekula elnyelt egy kvantum fényt (fotont). A foton elnyelése során az elektron gerjesztett állapotba kerül – átkerül egy másik energiaszintre.

A tilakoid membránok pigmentjei (a klorofillek és más színanyagok) ún. **fotokémiai rendszereket** alkotnak. Egy ilyen rendszerhez közel 200 klorofill és 50 karotinoid molekula kapcsolódik. A karotinoidok növelik a fény spektrumainak fotoszintézisben hasznosítható részét, átadva az energiát a klorofill molekuláknak. A növények, a cianobaktériumok és némely egysejtű fotoszintézisének folyamatában az első (I) és a második (II) fotokémiai rendszer vesz részt (94. ábra).

Minden klorofill molekula képes fényt elnyelni, de közülük csak kettő közvetlen résztvevője a fényenergia kémiai energiává alakításának, mégpedig az ATP-molekulák makroerg kötési formájában. Ezek a specializált klorofill molekulák különleges férjékként **reakció-központot** alkotnak (94. ábra, 5, 9). A reakció-központok a fotoszintézis sajátos indító mechanizmusai. A feladatuk – a fényenergia begyűjtése és átadása a kloroplasztisz komponenseinek, amelyek ezt az energiát átalakítják a szintetizált vegyületek kémiai kötéseivé.

Minden más pigmentmolekula, amely valamelyik fotokémiai rendszerhez tartozik (azon a kettőn kívül, amely közvetlenül részt vesz a fényenergia kémiai energiává alakításában) fénygyűjtő pigmentekként szolgálnak. A pigmentmolekulák elnyelve a fény energiáját gerjesztett állapotba kerülnek, és átadják ezt az energiát a szomszédos molekuláknak – az első molekula elektronja visszatér az alapállapotba, míg a második molekula elektronja magasabb energiaszintre lép. Ennek eredményeképpen az elvesztett energia gyorsan vándorol a fénygyűjtő pigmentek rendszerén a fotokémiai rendszerek reakcióközpontjába. A klorofill reakcióközpontjának elektronja a gerjesztett energia hatására képes elválni a molekulától és átkerülni a transzportlánc első tagjára.





94. ábra. Elektrontranszport-lánc a fotoszintézis fényszakaszában:  
 1 – tilakoid-membrán; 2 – a tilakoid belső tere;  
 3 – a víz fotolízise során elektronok szabadulnak fel, redukálva a II. fotokémiai rendszert; 4 – II. fotokémiai rendszer;  
 5 – a II. fotokémiai rendszer reakció központja;  
 6 – elektrontranszport-lánc; 7 – a felszabaduló energia részlegesen felhasználásra kerül az ATP-molekula szintézisékor;  
 8 – I. fotokémiai rendszer; 9 – az I. fotokémiai rendszer reakció központja; 10 – NADP redukációja;  
 11 – az I. fotokémiai rendszerbe kerülő fénykvantum

**Jegyezzük meg!** A fotokémiai rendszer – a fotoszintézis folyamatában résztvevő pigmentek és más, a kloroplasztiszok tilakoidjában található molekulák egységbe szerveződése.

**Jegyezzük meg!** A víz fotolízise – a vízmolekulák lebomlása protonokra (H<sup>+</sup>), elektronokra (e<sup>-</sup>) és oxigénre (O<sub>2</sub>), fény hatására, különleges enzimek jelenlétével. Az elektronok a II. fotokémiai rendszer reakcióközpontjának redukálására használandók fel, míg a molekuláris oxigén az atmoszférába kerül.

Az elektronok transzportlánc a tilakoid membránjában hasonló a mitokondriumok belső membránjának elektrontranszport-láncához. A membránba beépülő enzimkomplex alkotja, ami az elektronok szállítását végzi a donor-molekulákról az akceptor-molekuláira.

Mindkét fotokémiai rendszer – az I. és a II. – egymással kapcsolatban áll, mégpedig az elektrontranszport-lánc révén. A fotoszintézis folyamatában ezek egymás után kapcsolódnak be – először a II. fotokémiai rendszer, majd az I. fotokémiai rendszer. Miután az I. fotokémiai rendszer elveszíti az elektronját a klorofill molekulájában ún. *elektronlyuk* marad. Ezt a II. fotokémiai rendszer reakcióközpontjának az elektronja tölti be (94. ábra). A II. fotokémiai rendszer „elektronlyukát” a vízmolekulából származó elektron tölti be. Azért az I. fotokémiai rendszernek van fényérzékeny enzimkomponense, amely fény hatására a víz fotolízisét végzi:



Az I. fotokémiai rendszerben a „gerjesztett” elektronok átkerülhetnek a NADP molekulára. Ezek az elektronok a külső környezetből bejutó protonokkal (H<sup>+</sup>) kölcsönhatásban, redukálják a NADP-molekulát. Később, a glükóz szintézise közben, a redukált molekula látja el a fotoszintézis sötét szakaszát hidrogénnel. (Erről a következő paragrafusban lesz szó.)

A fotoszintézis fényszakaszában ATP-molekulák szintetizálódnak. Ezen összetett folyamatok mechanizmusa a következő. Az elektronok szállítása a fényreakciókban úgy történik, hogy a hidrogén-ionok a tilakoidok külső membránfelületéről a belsőre vándorolnak, míg az elektrontranszport a tilakoid-membrán külső felületére történik. Így proton (H<sup>+</sup>) és elektron koncentráció-különbség jön létre a tilakoid membrán mindkét oldalán. Az elektromos potenciálkülönbség is növekszik: a külső membrán felületén a negatív töltés növekszik, míg a belsón a pozitív. Ez kiváltja a protonok (H<sup>+</sup>) további átpumpálását az ATP-szintetáz molekula

## Jó tudni

A tilakoid membránon jelenlévő enzim-komplexek vasat tartalmaznak, amely nélkül nem működhetnek. Ha a növény nem jut elég vasvegyülethez, akkor klorózis betegsége alakul ki: fotoszintézisre képtelen szintelen levelek képződnek (95. ábra).



95 ábra. Klorózis.

## Jó tudni

A NADP teljes neve – nikotin-amid-adenin-dinukleotid-foszfát (próbálgatók elemezni a szót, nem kell megjegyezni). Ez a vegyület – minden élő sejtben megtalálható enzimkomponens, amely biztosítja az energiaforgalom és a plasztikus anyagcsere redoxi reakcióit.

**Jegyezzük meg!** A fotoszintézis fényszakaszának eredménye az ATP-molekulák szintézise és a víz fotolízise, melynek következtében molekuláris oxigén jut az atmoszférába. ATP-molekulák szintéziséhez szükséges energia az elektronok és a protonok tilakoid-membránján keresztül történő szállítása közben szabadul fel, melynek során potenciálkülönbség alakul ki a membrán két oldalán: membrán egyik oldalán a pozitív töltés, a másik oldalán a negatív töltés koncentrálódik.

## Röviden a lényeg

A plasztikus anyagcsere, más néven az asszimiláció folyamatai során egyszerű anyagokból összetett vegyületek jönnek létre. Minden ilyen reakció bizonyos enzimek hatására katalizálódik, és energiát igényel. A plasztikus anyagcsere folyamatai a fotoszintézis során is végbemennek.

A fotoszintézis folyamatában részt vesz a két fotokémiai rendszer – az első (I.) és a második (II.). Mindegyik rendelkezik saját reakció-központtal – speciális struktúrákkal, amelyeket pigment-komplexek alkotnak. A reakció-központok a fotoszintézis sajátos indító mechanizmusai.

A fotoszintézis két szakaszát különböztetjük el: fény- és sötét szakasz.

A két szakasz fő folyamatai: a fénykvantumok befogása, ATP szintetizálása, a víz lebontása, amit a molekuláris oxigén és a redukált NADP sejtől való távozása kísér.

csatornáján keresztül a tilakoid membrán belső felületéről a külsőre. Ezalatt bizonyos mennyiségű energia szabadul fel, amelynek egy része az ATP-molekulák makroerg kötéseiben elraktározódik. Ahogy már tudjátok, az ATP-szintetáz enzimek a tilakoid membrán belsejében található különleges komplexek része.

Már biztosan észrevettétek, hogy a fotoszintézis fényszakaszában az energiaforgalomra jellemző folyamatok dominálnak: a napenergia raktározása az ATP-molekulák makroerg kötéseiben.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

a fotoszintézis fényszakasz, az I. és a II. fotokémiai rendszer, a fotokémiai rendszer reakcióközpontja, a víz fotolízise.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**

1. A plasztikus anyagcsere folyamatainak milyen biokémiai sajátosságai vannak? 2. Jellemezték a fotoszintézis folyamatát! 3. A fotoszintézisnek milyen szakaszai vannak? 4. Mi a fotokémiai rendszer és a reakcióközpont? 5. Milyen folyamatok zajlanak a fotoszintézis fényszakaszában? 6. Mi a hasonlóság a fotoszintézis fényszakasz és az energiaforgalom között?

### **Gondolkodjatok el rajta!**

Mi a hasonlóság a fotoszintézis fényszakaszának és az energiaforgalom aerob szakaszának folyamatai között?

## 19. §. A FOTOSZINTÉZIS SÖTÉT SZAKASZA. KEMOSZINTÉZIS

*Emlékezzetek*, milyen folyamatok zajlanak le a fotoszintézis fényszakaszában! Mi a sajátossága a prokarióták sejtjeinek? Milyen szervezetek tartoznak a fototrófokhoz?

**Fotoszintézis fényszakasz** után a sötét következik. Éppen a sötét szakasz ideje alatt szintetizálódnak a szénhidrátok a szervetlen vegyületekből.

A fotoszintézis sötét szakaszának reakciói a kloroplasztiszok sztómájában zajlanak fény nélkül, a nap huszonnégy órájában. Ezek azzal kezdődnek, hogy egy bizonyos vegyület megkötö a légköri CO<sub>2</sub> molekulát.

A CO<sub>2</sub>-molekulához, bizonyos enzimek hatására, hidrogén kapcsolódik. (A hidrogént a fény szakaszban redukált NADPH szállítja). A sötét szakasz reakcióit a fényszakaszban képződött ATP-molekulák makroerg kötéseiben tárolt energia fedezi. Speciális enzimek hatására néhány egymást követő reakció során glükóz és más monoszacharid molekula képződik. Később ezekből poliszacharidok jönnek létre. (Például, keményítő, cellulóz stb.)

A sötét szakasz reakcióit az amerikai M. Calvin (96. ábra) amerikai tudós írta le a munkatársaival. Az ő tiszteletére ezek a biokémiai reakciók a Calvin ciklus nevet kapták.

A fotoszintézis két szakaszának összező képlete:



A sötét szakasz reakcióban szintetizálódott szénhidrátok fontos szerepet töltenek be az energiaforgalom folyamataiban, nem csak oxidálódhatnak, de bomlásuk megtörténhet oxigén nélkül is. Tehát, a monoszacharidokhoz tartozó glükóz a kémiai energia raktározásának egyik formája: bomlásakor, és a mitokondriumokban történő teljes oxidációjakor energia szabadul fel, amelyet a szervezet felhasznál saját szükségletei kielégítésére. Ezenkívül, a növényi sejtek a glükózt poliszacharidok (többek között: keményítő és cellulóz) szintézisére tartalékképpen használhatja fel.

**Milyen sajátosságai vannak a fotoszintézis folyamatainak a prokarióták különböző csoportjaiban?** A fotoszintézis a prokarióták különböző csoportjaiban különbözőképpen történhet. A kékmoszatoknál a fotoszintézis ugyanúgy zajlik, mint a zöld növények esetében. Náluk két fotokémiai rendszer működik – az I. és a II. A fényszakasz alatt megtörténik a víz fotolízise, ezáltal molekuláris oxigén szabadul fel. A kékmoszatoktól eltérően, a bíbor baktériumokban és a zöld színű baktériumokban csak egy fotokémiai rendszer található. Ezért a fotoszintézis során nem szabadul fel náluk oxigén.

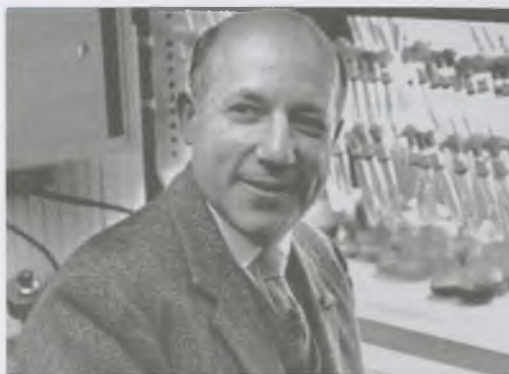
Mi a jelentősége a fotoszintézisnek a bioszféra létezése szempontjából? A fotoszintézisnek köszönhető, hogy a fotoszintetizáló szervezetek befogják a Naptól érkező fény energiáját, és az általuk szintetizált szénhidrátok kémiai energiájává alakítják azt. A heterotróf szervezetek (állatok, gombák), amikor élő autotrófokkal vagy azok maradványaival táplálkoznak, felveszik a bennük tárolt energiát. Következésképpen: a bioszféra létezése a fotoszintézisnek köszönhető.

A zöld növények és a kékmoszatok azzal, hogy szén-dioxidot vesznek fel, és oxigént választanak ki, fenntartják a légkör stabil gázösszetételét. Továbbá, a kozmikus sugárzás hatására az oxigén ózonná (O<sub>3</sub>) alakul, ami a légkört védő ózonpajzsot képezi. Az ózonpajzs elnyeli a bolygónkon élő összes élőlényre pusztítóan ható rövidhullámú ultraibolya sugarakat. Addig, amíg nem volt ózonpajzs, az élet csak a vízben létezhetett, mivel a víz elnyeli a rövid hullámhosszú ultraibolya sugarakat.

Tehát, a növények sajátos közvetítői a napfény energiájának, amelyet átadnak bolygónk más élőlényeknek, azok pedig közvetlenül felhasználhatják a saját klasszikus anyagcseréjükben. Erre elsőként K. A. Timirjavez (97. ábra) orosz tudós mutatott rá, megalapozva a **zöld növények kozmikus jelentőségének tételét**.

Éppen a fotoszintézis tartja fenn az atmoszféra állandó oxigéntartalmát. Az organizmusok többsége az oxigént használja fel a légzés folyamatában. Ezért túlzás nélkül állítható, hogy az élet a Földön a zöld növények nélkül nem lehetséges. A növények univerzális biokémiai laboratóriumok, amelyek képesek szerves vegyületeket létrehozni a szervetlenekből (98. ábra).

A különböző környezeti tényezők hatást gyakorolhatnak a fotoszintézisre. A fotoszintézis hatékonysága nő, ha jó a növény vízellátása, optimális a megvilágítottsága, a szén-dioxid ellátottsága, illetve ha a fotoszintézis hatékonyságát növelő nemesítést végzünk. A nem megfelelő vízellátás lassítja



96. ábra. **Melvin Calvin** (1911–1997) amerikai tudós. Először írta le a fotoszintézis sötét szakaszának biokémiai reakcióit. Kutatásaiért Nobel-díjat kapott.

☘ A CO<sub>2</sub> sejtbejutásának folyamatát szén-dioxid felvételnek nevezzük.

**i** **Jegyezzük meg!** A sötét szakasz folyamatai olyanok, mint a plasztikus anyagcsere (vagy más néven az asszimiláció) reakciói.



97. ábra. **Timirjavez Kliment Arkadyevics** (1843–1920) – elismert növény-fiziológus. Először bizonyította a klorofill szerepét a fotoszintézis folyamatában, és a megvilágítás intenzitásának hatását a fotoszintézis intenzitására. Megalkotta a zöld növények kozmikus jelentőségének tételét.

## Jó tudni

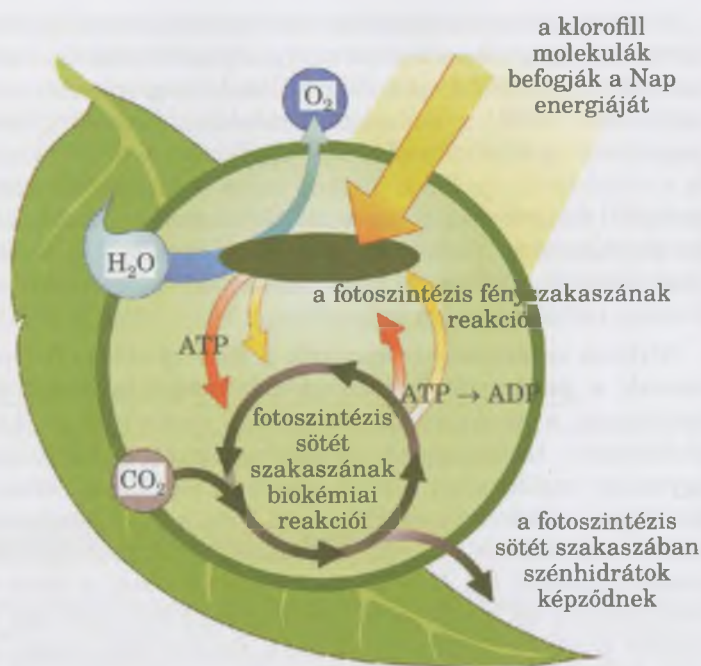
Hogyha a kékmoszatok fotoszintetizáló pigmentje a klorofill, akkor a bíbor baktériumoké és a zöld kénbaktériumoké a bakterioklorofill.

## Jó tudni

Fotoszintézisnek köszönhetően a Földön évente közel 150 milliárd tonna szénhidrát, és több mint 200 milliárd tonna gáznemű oxigén képződik. A növények átlagosan a Földre jutó napenergia 2–5 %-át hasznosítják a fotoszintézis során. A Föld növényvilága évente közel  $10^{17}$  kJ energiát termel, ami jóval felülmúlja az ember által évente felhasznált a föld mélyéről kitermelt energia mennyiségét. Éppen ezek a kibányászott energiahordozók (kőolaj, gáz és a kőszén nem mások, mint egykor élt növények fotoszintézisének termékei). A tudósok kiszámították, hogy évente a fotoszintézis által termelt energia majdnem tízszer több, a Föld népességének ellátásához szükséges energia mennyiségénél.



99. ábra. Szerhij Mikolajevics Vinogradszkij (1856–1953). Kijev városában született. Felfedezte a kemoszintézis folyamatát. A nitrogén körforgását tanulmányozta a természetben.



98. ábra. A zöld levél – univerzális biokémiai laboratórium.

**Feladat:** Figyeljétek meg a kapcsolatot a fotoszintézis fény- és sötét szakasza között!

a fotoszintézis folyamatait még akkor is, ha optimális a megvilágítottság és az atmoszféra szén-dioxid koncentrációja. A sötét szakasz reakcióinak sebessége növekszik a hőmérséklet növelésével, de  $+30\text{ °C}$  felett a folyamatok elkezdnek lassulni, túl magas hőmérsékleten pedig, a fotoszintézis folyamatai leállnak.

A fotoszintetizáló szervezeteken kívül, szerves anyagokból szerves vegyületeket bizonyos baktérium-csoportok is képesek szintetizálni kemoszintézis révén.

**Mi a kemoszintézis?** A kemoszintetizáló organizmusok, vagy más néven a kemotrófok a kémiai reakciók energiáját használják fel szerves vegyületek képzéséhez szerves anyagokból. A kemotróf szervezetekhez tartoznak egyes baktériumcsoportok: nitrifikáló vagy nitrogénkötő baktériumok, metánképző, vasbaktériumok és szintelen kénbaktériumok stb. A kemoszintézis folyamatát 1887-ben fedezte fel Sz. M. Vinogradskij (1856–1953) (99. ábra) kiváló orosz mikrobiológus.

A nitrifikáló baktériumok folyamatosan oxidálják az ammóniát nitritekké (a salétromsav sói), majd nitrátokká. Ezeket a folyamatokat nehéz túlértékelni, mivel a nitrátokra szüksége van a növényeknek. A vasbaktériumok úgy jutnak energiához, hogy a két vegyértékű vas vegyületeit három vegyértékűekké oxidálják. A szintelen kénbaktériumok kénhidrogént és más kénvegyületeket oxidálnak kén-savvá.

**Milyen szerepe van a kemotróf szervezeteknek a természetben?** A kemotrófok mindenekelőtt a kémiai elemeket alakítják át az ökoszisztémák biogeokémiai anyagkörforgásában. Idézzük fel: a bio-geokémiai anyagkörforgás bizonyos vegyületek kicserélődése az ökoszisztéma élő (az

élőlények különböző csoportja) és élettelen részei között. A bioszférában a kémiai elemek átalakulásainak zömét csak kemotróf szervezetek viszik végbe. Ezen kívül, a kemotróf organizmusok képesek szerves vegyületeket szintetizálni szervesetlenekből a bioszféra olyan részeiben, ahová a napfény nem jut el.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

a fotoszintézis sötét szakasza, Calvin ciklus, a zöld növények kozmikus jelentősége, kemoszintézis, kemotróf organizmusok.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Milyen folyamatok játszódnak le a fotoszintézis sötét szakaszában? 2. Milyen feltételeknek kell teljesülnie a fotoszintézis sötét szakaszához? 3. Miért tartoznak a sötét szakasz folyamatai a plasztikus anyagcsere reakcióihoz? 4. Miért nem létezhet a bioszféra zöld növények nélkül? 5. Mi a kemoszintézis? 6. Mi a hasonlóság és a különbség a fototróf és a kemotróf organizmusok között? 7. Milyen organizmusok képesek a kemoszintézisre? 8. Mi a kemoszintézis biológiai jelentősége?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Mi a hasonlóság és a különbség a kemoszintézis és a fotoszintézis folyamata között?



### **Röviden a lényeg**

A fotoszintézis folyamata egyesíti magában az energiaforgalmat és a plasztikus anyagcsere jellemzőit.

A fotoszintézis sötét szakaszának reakciói a kloroplasztiszok belsejében a nap 24 órájában megtörténnek. A CO<sub>2</sub> megkötése és az ATP energiájának felhasználása révén a biokémiai reakciók során szénhidrátok (például glükóz) szintetizálódnak.

A fotoszintetizáló organizmusok befogják a kozmoszból érkező napenergiát, és átalakítják a szintetizálódott szénhidrátok kémiai kötéseinek energiájává. Ezeket a vegyületeket hasznosítják a heterotróf organizmusok. A zöld növények és a kékmoszatok megkötve a szén-dioxidot, és kiválasztva az oxigént, hatást gyakorolnak az atmoszféra gázösszetételére.

A kemotrófok a szerves vegyületek szintetizálásához, a szerves vegyületek oxidációjakor felszabaduló energiát hasznosítják.

## **TUDÁSROGZÍTŐ TESZTEK**

*Válasszátok ki a helyes feleletet!*

1. Miben található klorofill: a) mitokondrium; b) kloroplasztisz; c) vakuólum; d) Golgi-készülék?
2. Mondjátok meg, hány ATP-molekula szintetizálódik az energiaforgalom anaerob szakaszában: a) 2; b) 4; c) 38; d) ATP-molekulák nem képződnek!
3. Mondjátok meg, hány ATP-molekula szintetizálódik az energiaforgalom aerob szakaszában: a) 1 molekula; b) 4 molekula; c) 36 molekula; d) 38 molekula!
4. Válasszátok ki a fotoszintézis azon szakaszát, amelyben ATP-molekulák szintetizálódnak: a) sötét szakasz; b) fényszakasz; c) a fény- és a sötét szakaszban egyaránt; d) a fotoszintézis során ATP-molekulák nem szintetizálódnak!
5. Nevezzétek meg a kemoszintézis során felhasznált energia forrását: a) szerves molekulák lebomlásakor felszabaduló energia; b) a szerves vegyületek oxidációjakor felszabaduló energia; c) az ATP-molekulák lebomlásakor felszabaduló energia; d) fény energia!
6. Mutassatok rá az organellumra, amelyben az energia-forgalom aerob szakasza történik: a) mitokondriumok; b) kloroplasztiszok; c) Golgi-készülék; d) sejtnedvvel telt vakuólum!
7. Nevezzétek meg a folyamatokat, amelyek során ATP-molekulák szintetizálódnak: a) a fotoszintézis fényszakasza; b) a fotoszintézis sötét szakasza; c) az energia-forgalom előkészítő szakasza; d) a kemoszintézis fényszakasza!
8. Nevezzétek meg a fotoszintézis feltételeit: a) a szén-dioxid; b) glükóz a sejtekben; c) kloroplasztiszok; d) mitokondrium!
9. Nevezzétek meg a kemoszintetizáló organizmusokat: a) zöld növények; b) állatok; c) gombák; d) nitrifikáló baktériumok!
10. Jelöljétek meg a fotoszintetizáló organizmusokat: a) kékmoszatok; b) soksejtű állatok; c) gombák; d) nitrifikáló baktériumok!
11. Válasszátok ki a plasztikus anyagcserehez tartozó biokémiai folyamatokat: a) légzés; b) szerves vegyületek oxidációja; c) szerves vegyületek oxidációja; d) kemoszintézis!
12. Válasszátok ki az energia-forgalomra jellemző biokémiai folyamatokat: a) fotoszintézis sötét szakasza; b) a fehérjék szintézise; c) DNS-replikáció; d) a szerves molekulák lebomlása oxigén jelenléte nélkül!
13. Mondjátok meg, honnan erednek az I. fotokémiai rendszer redukálásához szükséges elektronok: a) a II. fotokémiai rendszerből; b) a saját energiaszintjükre visszatérő saját elektronok; c) a vízmolekulák lebomlásakor szabadulnak fel; d) a NADP lebomlásakor szabadulnak fel!
14. Mutassatok rá a folyamatra, mely során molekuláris oxigén keletkezik: a) az energiaforgalom aerob szakasza; b) a fotoszintézis fényszakasza; c) a fotoszintézis sötét szakasza; d) anaerob légzés!

Asszociációs teszt

15. Társítsátok az energiaforgalom szakaszait az ezekben a szakaszokban szintetizálódó ATP-molekulák mennyiségével!

- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| 1 előkészítő szakasz | A 38 molekula                      |
| 2 anaerob szakasz    | B 36 molekula                      |
| 3 aerob szakasz      | C két molekula                     |
|                      | D nem szintetizálódik ATP-molekula |

16. Társítsátok a biokémiai folyamatokat a lefolyásuk helyszínével!

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 kemoszintézis                  | A tilakoid                     |
| 2 a fotoszintézis fényszakasza   | B a kloroplasztiszok sztrómája |
| 3 Krebs-ciklus                   | C sejtmag                      |
| 4 a fotoszintézis sötét szakasza | D mitokondriumok               |
|                                  | E egyes prokarióták sejtjei    |

17. Társítsátok a biokémiai folyamatokat a metabolizmus bizonyos típusával!

- |                                                          |                     |
|----------------------------------------------------------|---------------------|
| 1 az energiaforgalom reakciói                            | A fehérjeszintézis  |
| 2 a plasztikus anyagcsere reakciói                       | B fotoszintézis     |
| 3 a plasztikus anyagcsere és az energiaforgalom reakciói | C lipidek lebontása |

*Jelöljétek meg három helyes választ a felajánlott válaszlehetőségek hármas csoportjából!*

18. Jellemezzétek a különböző organelumok szerepét a sejt metabolizmusában!

Kloroplasztiszok	Lizoszóma	Mitokondriumok
1) Krebs-ciklus biztosítása	1) a fotoszintézis fényszakasza biztosítása	1) részt vesz az energiaforgalom előkészítő szakaszában
2) a Calvin-ciklus biztosítása	2) a fotoszintézis sötét szakasza szálak biztosítása	2) részt vesz az energiaforgalom anaerob szakaszában
3) kemoszintézist végez	3) összetett vegyületek lebontása egyszerűbbekre	3) részt vesz az energiaforgalom aerob szakaszában

19. Jellemezzétek az energiaforgalom különböző szakaszainak energetikai egyensúlyát!

Előkészítő szakasz	Anaerob szakasz	Aerob szakasz
1) 2 ATP-molekula szintetizálódik	1) 2 ATP-molekula szintetizálódik	1) 34 ATP-molekula szintetizálódik
2) 4 ATP-molekula szintetizálódik	2) 6 ATP-molekula szintetizálódik	2) 36 ATP-molekula szintetizálódik
3) nem szintetizálódik ATP-molekula	3) 8 ATP-molekula szintetizálódik	3) 38 ATP-molekula szintetizálódik

20. Jellemezzétek a metabolizmus folyamatait!

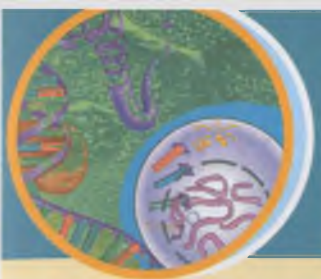
Kemoszintézis	A fotoszintézis fényszakasza	A fotoszintézis sötét szakasza
1) a szerves vegyületek oxidációjakor energia szabadul fel.	1) ATP-molekula szintézis	1) ATP-molekula szintézis
2) a szerves vegyületek oxidációjakor energia szabadul fel.	2) a szerves vegyületekből glükóz-molekula szintetizálódik.	2) a szerves vegyületekből glükóz-molekula szintetizálódik.
3) a szerves vegyületek anaerob lebomlásakor energia szabadul fel.	3) a szerves vegyületek oxidációjakor energia szabadul fel.	3) a szerves vegyületek oxidációjakor energia szabadul fel.

Nyílt végű feladatok

21. Hogyan történik a sejtek és a külső környezet anyagcséréje?

22. Az eukarióta sejtek mely organelumai vesznek részt a szerves vegyületek szintézisében?

23. Ismeretes, hogy egy glükóz molekula teljes felbomlásakor annyi energia szabadul fel, ami elégséges 38 ATP-molekula szintéziséhez. Mekkora energia mennyiségről van szó, ha az energia közel 40 %-a az anaerob szakaszban, míg közel 55 %-a az aerob szakaszban tárolódik el?



## 4. TÉMA. AZ ÖRÖKLETES INFORMÁCIÓ TÁROLÁSA ÉS REALIZÁLÁSA

Ebben a témában megismerkedhettek:

- a gén, a prokarióta és az eukarióta organizmusok genomjának szerveződési sajátosságaival;
- az örökletes információ (genetikai kód) kódolásának törvényszerűségeivel;
- az örökletes információ sejten belüli realizálódásának mechanizmusaival (a fehérjeszintézissel és a különböző típusú RNS-molekulák szerepével);
- a sejtciklus és az eukarióta sejtek osztódási mechanizmusaival (mitózis és meiózis);
- az ivarsejtek felépítésével és a megtermékenyítés folyamatával;
- az organizmusok embrionális és posztembrionális fejlődésének törvényszerűségeivel.

### 20. §. A GÉN, A PROKARIÓTA ÉS AZ EUKARIÓTA ORGANIZMUSOK GENOMJÁNAK SZERVEZŐDÉSI SAJÁTÓSÁGAI

*Emlékezzetek*, mi a gén és mik a biopolimerek! Hol tárolódik az örökletes információ az eukarióták és a prokarióták sejtjeiben? Mi a denaturáció és a renaturáció? Milyen a felépítése és mi a funkciója a DNS- és az RNS-molekuláknak? Mi a kromoszóma és a kariotípus?

**Mik a gének? Mi a sajátossága a felépítésüknek?** Minden organizmusnak van egy univerzális tulajdonsága – az **öröklődés**, vagyis a saját jellegek és az egyedfejlődés sajátosságainak generációról generációra való átadási képessége. Minden organizmus öröklődésének alapegysége a **gén** – a DNS-molekula egy szakasza. Ez kódolja az örökletes információt bizonyos fehérjék, nukleinsavak struktúrájáról, vagy szabályozó funkciót lát el.

Funkcionálisan a gén – az öröklődés teljes egysége, mivel bármely szerkezetbeli sérülése esetén megváltozik a benne tárolt információ, vagy teljesen elvész. Az egyes gének mérete eltérő lehet szerkezetében – néhány pár nukleotidtól néhány ezer pár nukleotidig.

*Emlékezzetek*: a prokarióták és az eukarióták génjeit, amelyek más molekulák struktúráját alkotják, **strukturális géneknek** nevezzük. A géneket, amelyek a biokémiai folyamatok szabályozását végző különleges fehérjéket kódolják (gyorsítják vagy lassítják azokat) – **szabályozó géneknek** nevezzük.

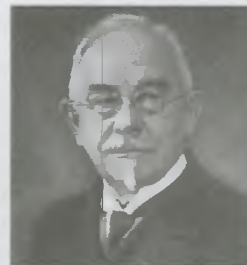
Az eukarióták génjei **mozaikos felépítésűek**: vannak génszakaszok, amelyek az örökletes információt hordozzák, míg mások nem (101. ábra). Az örökletes információt kódoló génszakaszokat **exonoknak** nevezzük, míg a nem kódoló szakaszokat **intronoknak**. Az intronok száma a génekben eltérő: a hemoglobin génjében – 2, a tojásfehérje génjében – 7, a baromfi kollagén fehérje génjének – 51.

**Milyen a különböző organizmus csoportok genomjának szerveződése?** Már tudjátok, hogy a DNS-molekulák a sejtmag fehérjéivel együtt alkotják a kromoszómákat (ez

**Jegyezzük meg!** A DNS-molekulák nukleotid sorrendje kódolja a sejtek és a szervezet minden tulajdonosságáról szóló örökletes információt.

#### Jó tudni

A „gén” szakkifejezést 1909-ben a dán tudós **W. Johannsen** (100. ábra) javasolta.



100. ábra.

**Wilhelm Ludwig Johannsen** (1857–1927). Ő alkotta meg az olyan alap fogalmakat, mint a „gén”, a „genotípus”, „fenotípus”, „populáció”



101. ábra. A gén felépítésének exon-intron modellje:

■ – intronok; ■ – exonok

**Jegyezzük meg!** A szabályozó gének jelentősége abban áll, hogy szabályozva a sejten zajló biokémiai folyamatokat biztosítják a környezeti változásához történő alkalmazkodást.



102. ábra.

**Hersenzon Szerhij Mihajlovics** (1906–1998); ő fedezte fel elsőként az „ugráló” gének jelenségét, az örökítő anyag változásának – a mutációnak – a tényezőit vizsgálta (erről a 37. §-ban fogtok tanulni).

**i** **Jegyezzük meg!** Minden nem homológ kromoszómára saját géncsoport jellemző. Míg a homológ kromoszómákra hasonló génekészlet jellemző.

## Jó tudni

Egy bizonyos génnek néhány tucat vagy több allélja és lehet. Például a lucernának van olyan génje, ami képtelenné teszi a növényt az öntermékezésre, ennek közel 200 allélja ismert.

**i** **Jegyezzük meg!** Egy bizonyos gén egy bizonyos jelleget határoz meg, például az ember szemének a színét. Az ember szeme lehet kék, barna, zöld, szürke stb. Tehát, a szemszín – egy bélyeg (vagy jelleg), míg a konkrét színe – a bélyeg egy bizonyos variánsa.



1



2

103. ábra. Allél gének által kódolt jellegek változatossága: 1 – a paradicsom termésének formái; 2 – a nyulak szőrzetének színezete

alól kivételek a mitokondriumok és a kloroplasztiszok DNS-molekulái). A sejtmagban található kromoszóma készletet **kariotípusnak** nevezzük. Minden gén egy bizonyos helyet foglal el a kromoszómában – ez a **lókusz**. A gének kromoszómák hosszában helyezkednek el egymás után, miközben nem fedik át egymást, vagyis nem épülnek egymásra.

## Jó tudni

Korábban úgy gondolták, hogy a gének egy bizonyos pontosan meghatározott helyet foglalnak el a nukleinsavak molekuláiban, de a XX. sz. hatvanas éveiben kiderült, a DNS szakaszai képesek egyik szakasról a másikra áthelyeződni. Ha ez a szakasz egy bizonyos gén kódoló szakaszára kerül át, akkor az adott gén elveszíti funkcióját. Ha az ilyen ugráló (transzpozon) gén más gén mellé kerül, akkor a funkciói megváltozhatnak. Tehát, léteznek genetikai programok, amelyek kiváltják a DNS-molekulák szakaszainak átépülését. Ezt az örökítőanyagot sokféleképpen teszi. Az „ugráló” géneket először az ukrán tudós, **Szerhij Mihajlovics Hersenzon** (102. ábra) mutatta ki.

A haploid kromoszóma készletre jellemző DNS-molekulák összességét **genomnak** nevezzük. A diploid vagy poliploid sejtek, illetve szervezetek génjeiben kódolt genetikai információk összességét **genotípusnak** nevezzük.

A homológ kromoszómákon az azonos gének ugyanabban a lókuszban találhatóak. Bizonyos jelleget kódolnak, tegyük fel a paradicsom termésének formáját. Ugyanakkor a paradicsom termése lehet gömbölyű, lapos, szilva alakú, körte alakú vagy ovális (103. ábra, 1). Ez azért van így, mert egy bizonyos génnek több változata is lehet. A gének ilyen alternatív változatait nevezzük **alléloknak**, míg magukat a géneket **allél géneknek**. Az allél gének homológ kromoszómákon azonos lókuszban helyezkednek el.

A diploid organizmusokban (2n) lehet két identikus allélja egy bizonyos génnek, vagy két különböző. Az eltérő allélok eltérő módon hathatnak egymásra. Általában az egyik gén elnyomja a másikat. Ilyen esetben az a jelleg nyilvánul meg, amit a két eltérő allél egyike hordoz. Ritkán fordul elő, hogy az egyik allél gén csak részlegesen vagy egyáltalán nem nyomja el a másik gént.

Van-e biológiai jelentősége annak, hogy egy génnek több alternatív változata, allélja van? Igen. Minél több allélja van egy bizonyos génnek, annál több variánsa van egy bizonyos bélyegnek a populációban. Például, a házi nyulaknak van néhány, a szőrzet színét meghatározó allélja: vad, csincsilla,





104. ábra. A bakteriális sejtek örökítőanyaga: 1 – nukleoid; 2 – plazmidok

himalájai stb. Léteznek albinók is, amelyeknek nincs színe (103. ábra, 2).

**Mekkora a gének mennyisége a különböző organizmusok genomjában?** A prokarióták és az eukarióták különböző képviselőinek vizsgálata rámutatott, hogy a gének mennyisége nagyon változó. *Emlékezzetek:* a prokarióta sejt – archeák és baktériumok – nem rendelkezik sejtmaggal. Az örökítő anyaguk – gyűrűs DNS-molekula – nem különül el a citoplazmától membránnal, és a citoplazma magzónájában helyezkedik el – a **nukleoidban** (104. ábra, 1).

## Jó tudni

A kólibaktérium gyűrűs DNS-molekulájának hossza közel 1,6 mm.

A kólibaktérium DNS-e 4,6 millió nukleotidpárból áll, a strukturális gének száma közel 4100, közel 120 gén pedig az RNS-molekulákat kódolja. Ezen kívül, nagy mennyiségű szabályozó gént is tartalmaz, amelyek a strukturális gének aktivitására hatnak. A baktérium génjeinek átlagos mérete – közel 950 nukleotid pár.

Ahogy már tudjátok, sok baktériumsejt citoplazmájában a gyűrűs DNS-molekulákon kívül vannak még kisméretű gyűrű alakú DNS-molekulák is. Ezek a **plazmidok** – kromoszómán kívüli örökítő faktorok (104. ábra, 2). Ezekben olyan gének vannak, amelyek növelik a baktériumok ellenálló képességét a környezet kedvezőtlen hatásaival, különösen az antibiotikumokkal szemben. A plazmidok átkerülhetnek az egyik baktérium sejtéből a másikba.

Az eukarióta genomjának szerveződése lényegesen összetettebb. Például, az ember genomja közel 20 000–25 000 strukturális gént tartalmaz (a madaraké 30 000-ig), több mint 8000 gén különböző RNS-molekulákat (például: tRNS, rRNS) kódol. A DNS mennyisége a sejtmagban 8–10-szeresen meghaladja a strukturális gének kódolásához szükséges mennyiséget. Ennek okai különfélék lehetnek. Először is, az eukarióták sejtmagjában lévő DNS sok olyan nukleotid sorrendből áll, amely közel 100 ezerszer ismétlődik. Másodszor, a DNS nagy része egyáltalán nem hordoz genetikai információt (ezek nem kódoló szakaszok). Például, olyan nukleotid-sorrend, ami a szomszédos géneket elválasztja.

## Jó tudni

Néhány esetben a DNS-molekulák nem kódoló szakaszainak mennyisége 80–90 %, míg azoké, amelyek a fehérje vagy RNS-molekulák struktúráját kódolják, mindössze csak 10–20 %.

Az evolúciós fejlettségi szint növekedésével az eukarióták genomjának mérete nő, főként a nem kódoló nukleotid

Az albinizmus (lat.: *albus* – fehér, színtelen) akkor lép fel amikor a bőrben, a szőrzetben, a tollzatban, az állatok és az ember szivárványhártyájában nincsenek pigmentek. Az albinizmus oka, hogy a bőr pigmentsejtjei képtelenek a melanin termelésére.



**Jegyezzük meg!** A genotípus – teljes integrált rendszer, amelyben az egyes gének kölcsönhatnak egymással.



## Röviden a lényeg

Minden eukarióta egysejtű rendelkezik saját kromoszómakészlettel – kariotípussal. A genetikai információ összességét, amely kódolva van a sejtek és a szervezet minden génjében „genotípus”-nak nevezzük. A haploid kromoszómakészletre jellemző DNS-molekulák összességét „genom”-nak nevezzük.

Vannak strukturális (a fehérjék és az RNS struktúráját kódoló) és szabályozó gének (hatást gyakorolnak a strukturális gének aktivitására, részt vesznek a DNS replikációjában, és a genetikai információ átírásában az RNS-molekulákra). A strukturális gének blokkokból (szakaszokból) állnak. Ezek közül az exonok átíródnak a mRNS-re, és bizonyos anyagok struktúrájáról hordoznak információt, míg az intronok nem. Általában, a szervezetségi szint növekedésével a genom szervezetsége is növekszik.

sorrendek miatt. A nematodák (fonalférgék) haploid kromoszómakészlete közel 100 millió, a muslicáké 130 millió, a baromfié közel 1 milliárd, az emlősöké (beleértve az embert is) közel 3,3 milliárd nukleotidpárból áll. A rendszertanilag közeli fajok genomjának nukleotid sorrendjében magas fokú hasonlóság figyelhető meg. Például, az ember és a házi egér genomja 80 %-ban, az ember és a csimpánz genomja, majdnem 99 %-ban egyezik. A fajok genomjának összehasonlító elemzése a modern rendszertan fontos módszere, lehetőséget nyújt meghatározni a fajok közötti rokonsági fokot.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

öröklődés, gén, strukturális és szabályozó gének, exonok, intronok, kariotípus, genom, genotípus, lókuszt, allél gének, plazmidok.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mi az öröklődés? 2. Mi a gén és a genotípus? 3. Milyen típusú gének vannak? 4. Milyen az eukarióták génjeinek strukturális felépítése? 5. Magyarázzuk meg a bélyeg és variánsai fogalmát! 6. Miket nevezünk allél géneknek?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Mi a hasonlóság és az eltérés a „genom” és a „genotípus” fogalmi között?

## **21. §. A KÜLÖNBÖZŐ RNS-MOLEKULA TÍPUSOK SZEREPE AZ ÖRÖKLETES INFORMÁCIÓ KÓDOLÁSÁBAN ÉS REALIZÁCIÓJÁBAN. A GENETIKAI KÓD**

*Emlékezzetek a nukleinsav-molekulák típusaira! Mi a komplementaritás elvének lényege? Milyen a fehérjék felépítése? Milyen az endoplazmatikus retikulum és a riboszómák felépítése? Mi a gén, milyen az eukarióták génjeinek felépítése? Milyen a felépítése és mi a tulajdonsága a mitokondriumoknak és a plasztiszoknak?*

Nukleinsavak különböző molekulatípusai fontos szerepet játszanak a genetikai információ kódolásának, tárolásának és realizálásának folyamatában. A replikációra képes DNS-molekulák ebben vezető szerepet játszanak. A replikáció biztosítja az örökletes információk pontos továbbítását az utódsejtekbe.

A DNS-molekula megkettőződése, vagy más néven **replikációja**, a komplementaritás elvén alapszik: az új DNS-molekula lánc nukleotid-sorrendje azonos az elődje nukleotid-sorrendjével. A replikáció során, a DNS-molekulák kettős spiráljai, a megfelelő enzimek hatására, elválnak egymástól, és mindegyikük az új kettős spirál mátrixaként szolgál. Speciális enzimek biztosítják a nukleotidok sorrendben való egyesülését a képződő láncok végével. Ez az enzim katalizálja a kovalens kötések létrejöttét a szomszédos nukleotidok között (105. ábra).

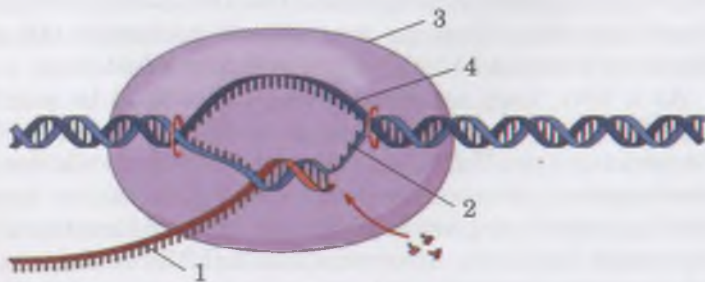
A mátrixként szolgáló DNS-lánc határozza meg, hogy milyen típusú nukleotid (A, T, G vagy C) kapcsolódjon a



105. ábra. DNS-molekula replikációjának folyamata: enzimek hatására a hidrogénkötések felbomlanak, és mindegyik anyaszálon – komplementer módon – létrejön a leányszál.

(Találjátok meg az ábrán!):

- 1 – kromoszóma;
- 2 – a DNS-molekulák kettős spirálját megbontó enzimek;
- 3 – szabad nukleotidok;
- 4 – specifikus enzim;
- 5 – az új DNS-molekula mátrixaként szolgáló anyaszál;
- 6 – leány DNS; 7 – replikációs villa.



106. ábra. AZ RNS-molekula (1) szintézise a DNS-molekula egyik láncon (2). Ezeket a folyamatokat specifikus enzim – RNS-polimeráz – katalizálja (3). A DNS másik lánca (4) ebben a folyamatban inaktív

lánchoz: a mátrixlanc megfelelő pontján lévő nukleotid komplementere kell, legyen az éppen kapcsolódó nukleotid. Ennek eredményeképpen két identikus utód DNS-molekula képződik, amelyek mindegyike pontos másolata elődjének (105. ábra).

Minden RNS (mRNS, tRNS, rRNS) a komplementaritás elve alapján szintetizálódik a DNS-molekulákon (106. ábra). Ezeket a reakciókat enzimek biztosítják.

Tehát, a biológiai rendszerekben bizonyos kémiai reakciók sajátossága, hogy az egyik molekula a másik szintézisének mátrixja. Például, a DNS-molekula a különböző típusú RNS-molekulák szintézisének mátrixa, míg az mRNS a fehérjemolekuláké. Az ilyen biokémiai reakciók a **mátrix szintézis reakciók** nevet kapták. Ez hasonlít azokra az ipari módszerekre, amikor egy mintából sok tételt állítanak elő. Például, egy formával (klisével) több bankjegyet vagy érmét állítanak elő. Ugyanígy történik a mátrix szintézis reakció is. Amikor az új molekulák a mátrix molekulák felépítése alapján képződnek: a képződő molekulák monomerjeinek sorrendje pontosan megegyezik a mátrix molekula monomerjeinek sorrendjével.

A DNS-molekulák fontos tulajdonsága – a **reparáció**. A DNS reparációjakor a sérülések és hibák javítására kerül sor. Például, ha valamely nukleotid nem komplementerje a mátrix nukleotidjának, az újonnan szintetizált DNS-lánc nukleotidsorrendjében hibák keletkezhetnek a replikáció során (az ilyesmi elég ritka). A DNS-molekulák ki lehetnek téve többek között, különböző kémiai vegyületek (mind más saját, mind a kívülről bekerült anyagok), továbbá sugárzás, ultraibolya sugárzás hatásának. Ilyenkor általában a reparációs rendszer enzimek kivágnak egy darabot a sérült vagy hibás DNS-ből, majd a DNS-polimeráz enzim megfelelően visszaépíti az adott szakaszt, felhasználva a másik láncot mátrixként (107. ábra).

Mi a **genetikai kód**? Mik a tulajdonságai? Az élő szervezetekben hatalmas mennyiségű fehérje képződik. A felépítésükről szóló információ a sejtekben tárolódik. Az örökletes információ kódolásának minden szervezet számára univerzális rendszere – a **genetikai kód** – a sejtekben tárolódik a nukleinsavak nukleotid-sorrendjének formájában. Éppen a nukleotid sorrend határozza meg az aminosav maradékok elhelyezkedését a polipeptid-láncban a szintézis során.

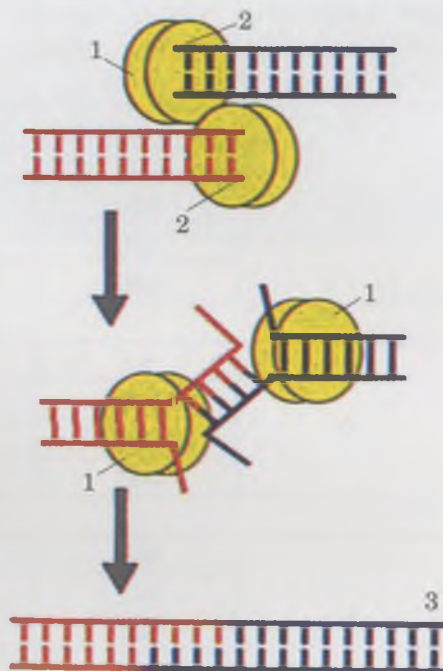
A tudósok kimutatták, hogy a polipeptid-lánc minden aminosavját három nukleotid – ún. **triplet** – kódol. A DNS vagy az RNS négy különböző nukleotidja hatvannégy kombinációt képezhet ( $4^3 = 64$ ). Vagyis 64 különböző képlet létezik. Mivel csak 20 standard aminosav ismert, ezért feltételezhetjük,

## Jó tudni

A replikáció folyamata félkonzervatív: mind a két újonnan képződött DNS-molekula az elődmolekula egyik láncaát kapja, a másik a komplementaritás elve alapján képződik a szabad nukleotidokból. Éppen emiatt a DNS leánymolekulák az anyamolekula pontos másolatai.

## Jó tudni

A sejttagon kívül, az eukarióta sejtekben a mitokondriumokban és a kloroplasztiszokban is megtörténik a DNS replikációja. A DNS-molekula megkettőződését ezeknek az organelumoknak az osztódása előzi meg.



107. ábra. A DNS-molekulák reparációs folyamata: a fehérjék (1) felismerik a DNS-molekulák sérült végeit (2) és egyesítik azokat; 3 – A DNS-molekulák szakaszának regenerációja

**Jegyezzük meg!** A mátrix szintézis reakciói képezik alapját a biológiai rendszerek egyik fő tulajdonságának – a reprodukció képességének.

hogy egy aminosavat több triplet is kódolhat (lásd: 5. táblázat). Megállapították, hogy az aminosavak többségét (18-at a 20-ból) több triplet kódol (2–6), és csak kettőt kódol egy.

Az a tény, hogy egy aminosavat több triplet is kódolhat nagy biológiai jelentőséggel bír, mivel növeli a genetikai kód megbízhatóságát. Tehát, az adott triplet nitrogén-bázisának véletlenszerű felcserélése nem mindig követi a fehérje elsődleges struktúrájának változását. Az 5. táblázatban olyan tripleteket láthatunk, amelyek a leucin (LEU) nevű aminosavat kódolják. Tétélezzük fel, hogy egy bizonyos molekulában ezt az aminosavat a CUU triplet kódolja. A változás következtében ebben a tripletben az utolsó nukleotidot (U) más helyettesíti, például A. De az így képződött triplet – a CUA – mégis a leucin nevű aminosavat kódolja.

A 5. táblázat segítségével meg lehet határozni, éppen milyen aminosavat kódol az adott triplet. A triplet első nukleotidja a bal függőleges oszlopban található, a második a felső vízszintes sorban, a harmadik a jobboldali függőleges oszlopban. Ahol ezek keresztezik egymást, ott információ található arról az aminosavról, amit kódolnak. Emlékeztünk rá, hogy a táblázatban a mRNS tripletjei láthatóak, nem pedig a DNS-é.

5. táblázat

### Genetikai kód

Az első nitrogén-bázis	A második nitrogén-bázis				A harmadik nitrogén-bázis
	U	C	A	G	
U	FEN	SER	TYR	CYS	U
	FEN	SER	TYR	CYS	C
	LEU	SER	terminátor kodon	terminátor kodon	A
	LEU	SER	terminátor kodon	TRP	G
C	LEU	PRO	HIS	ARG	U
	LEU	PRO	HIS	ARG	C
	LEU	PRO	GLN	ARG	A
	LEU	PRO	GLN	ARG	G
A	ILE	TRE	ASN	SER	U
	ILE	TRE	ASN	SER	C
	ILE	TRE	LYZ	ARG	A
	MET	TRE	LYZ	ARG	G
G	VAL	ALA	ASP	GLI	U
	VAL	ALA	ASP	GLI	C
	VAL	ALA	GLU	GLI	A
	VAL	ALA	GLU	GLI	G

**Megjegyzés.** A táblázatban (nem feltétlen szükséges megjegyezni) aminosavak nevei vannak, amelyeket az mRNS kódol: alanin (Ala), arginin (Arg), aszparagin (Asn), aszparaginsav (Asp), valin (Val), hisztidin (His), glicin (Gli), glutamin (Gln), glutaminsav (Glu), izoleucin (Ile), leucin (Leu), lizin (Lyz), metionin (Met), prolin (Pro), szerin (Ser), tirozin (Tyr), treonin (Thr), triptofán (Trp), fenil-alanin (Phe) és cisztein (Cys), Met – indító triplet.

A genetikai kódnak van még egy tulajdonsága, egy triplet csak egy aminosavat kódol. Vagyis a genetikai kód egyértelmű. Ezen kívül, a genetikai kód univerzális – minden organizmus számára a baktériumoktól az emberig azonos.

A genetikai kódban nincs átfedés, a prokarióták és eukarióták genetikai információja általában csak egyféle módon értelmezhető. A nukleotidok sorrendjének olvasása egy bizonyos pontból, egy bizonyos irányba halad, ez meghatározza a teljes nukleotidlánc tripletjeinek olvasási rendjét. Ez a tulajdonság biztosítja a fehérje-molekulák pontos reprodukcióját a különböző generációkban. A fehérjemolekulák szintézisének folyamata az AUG triplettel kezdődik, ezért nevezzük start (iniciátor) kodonnak. A genetikai információ sorban olvasódik – lépésről lépésre (108. ábra). A genetikai kódban van 3 triplet (UAA, UAG, UGA), amelyek a polipeptidlánc szintézisének végét jelzik, emiatt ezeket stop (terminátor) kodonnak nevezzük.

**AUG CCA GAU CCC GAA ... UGA**  
**Met Pro Asp Pro Glu stop-kodon**

108. ábra. A genetikai információ transzlációja

A 6. táblázat elemzésekor figyelhetünk rá, hogy az UAA, UAG, UGA triplettek nem kódolnak egyetlen aminosavat sem, az AUG triplettel ellentétben.

#### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

replikáció, mátrix szintézis reakciók, DNS-molekula reparáció, genetikai kód, triplet.

#### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mi a szerepe a DNS-nek a genetikai kód kódolásában? 2. Hogy történik a DNS-molekula replikációja? 3. Hogy történik a DNS-molekula reparációja? 4. Mi a genetikai kód, és mi a funkciója? 5. Mi a biológiai jelentősége annak a ténynek, hogy a fehérjéket alkotó aminosavak többségét nem csak egy, de több triplet is kódolja? 6. Mi a mátrix szintézis reakció? Mi a biológiai jelentősége?

#### **Gondolkodjatok el rajta!**



Mi a jelentősége az organizmusok létezése szempontjából a DNS reparációs képességének??

## **22. §. A FEHÉRJÉK BIOSZINTÉZISE**

*Emlékezzetek a fehérjék felépítésére! Mely aminosavak tartoznak a nem esszenciálisakhoz, és melyek az esszenciálisakhoz? Milyen az endoplazmatikus retikulum, és milyen a riboszóma felépítése? Milyen a felépítése a nukleinsavaknak? Milyen RNS-molekula típusok léteznek? Mi a gén? Mi a riboszóma és a durva felszínű endoplazmatikus hálózat funkciója?*

Ahogy már tudjátok, a genetikai kód a sejtekben a fehérjemolekulák bioszintézisével realizálódik. Ezekben a folyamatokban fontos szerepük van a különböző típusú RNS-molekulának: mRNS, rRNS és tRNS. Majdnem mindegyik



### **Röviden a lényeg**

A DNS-molekulák fontos tulajdonsága a megkettőződés (replikáció), a sérülések és hibák kijavítása (reparáció). A DNS fő funkciói – az örökletes információ kódolása, tárolása és átadása a leánysejteknek a szaporodás során.

A biokémiai reakciók különleges típusa, amikor egy molekula más molekula szintézisének alapjául (mátrixául) szolgál, ez a „mátrix szintézis reakció” nevet kapta.

A minden élőlény számára egységes örökletes információtároló rendszer a „genetikai kód” nevet kapta. Ez nem más, mint a nukleotid molekulák meghatározott sorrendje a nukleinsavakban. Ez határozza meg az aminosavmaradékok sorrendjét a polipeptidlánc szintézisékor. A genetikai kód tulajdonságai: triplettekből áll, univerzális, egyértelmű (egy triplet csak egy aminosavat kódol), az aminosavak többségét több triplet is kódolja; transzlációja csak egyféleképpen történhet; a nukleotid sorrendje kódolja az örökletes információt, csak bizonyos gének osztják szakaszokra; vannak tripletjei, amelyek a fehérje-molekulák szintézisének elejét vagy végét jelzik.

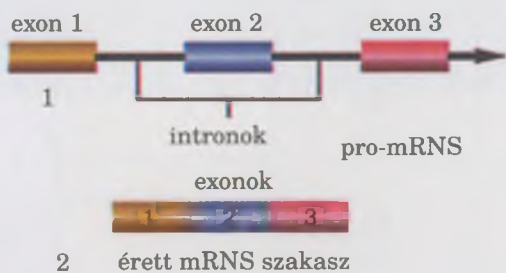


**Jegyezzük meg!** A fehérjemolekulák szintézise az örökletes információ realizációjának végső stádiuma.

☛ Az örökletes információ átírásának folyamatát a DNS-molekuláról az mRNS molekulára transzkripciónak (lat.: *transcriptio* – átírás) nevezzük.

## Jó tudni

A transzkripció során a géneken az mRNS elődje (promessenger RNS) szintetizálódik. – Olyan molekula, amely tartalmazza a gének exon és intron szakaszait. Később az intronok kivágódnak belőle, és a szomszédos exonok összetapadnak. A mRNS sajátos „érés” folyamatát splicingnak (ang.: *splice* – összeragasztani (valaminek a végeit); lásd: 109. ábra). A folyamat végén érett, intronmentes mRNS- molekula jön létre, ami a sejt citoplazmájába jut a magból. Ez a molekula szállítja az örökletes információt a DNS-től a fehérjeszintézis helyszínére, a riboszómákhoz. Ott a mRNS-molekula mátrix funkciót lát el.



109. ábra. A mRNS szerkezete a splicing előtt (1) és után (2)

**Jegyezzük meg!** A tRNS kapcsolódik az aminosavhoz, és elszállítja fehérjeszintézis helyszínére. A tRNS-aminosav komplexumának szállításában részt vesznek a citoplazma mikroszomák és mikrofonaljai.

elő organizmus képes enzimatis reakciók sorozata révén nukleotidokat szintetizálni. A nukleinsavakat alkotó nukleotidok előmolekulái az aminosavak.

**Milyen folyamatok zajlanak a fehérje molekulák bioszintézisékor?** *Emlékezzetek:* a nem esszenciális aminosavakat az ember és az állatok szervezete képes szintetizálni, az esszenciális aminosavakat pedig a táplálékkal vesszük fel. A táplálékban levő fehérjék az emésztőszervekben megemésztődnek, majd a folyamat a sejtekben fejeződik be. Az aminosavakból éppen a sejtekben szintetizálódnak az adott szervezetre jellemző fehérjék. A növények és egyes mikroorganizmusok képesek valamennyi, számukra szükséges aminosav szintézisére.

A fehérjék bioszintézisének mechanizmusát a XX. sz. 50-es éveimben ismerték meg. A mátrix reakció elvén alapozzák, akárcsak a nukleinsavak bioszintézise. A 20 alapvető aminosav mindegyikének szintézise bonyolult, többlépcsős folyamat, amit sok enzim katalizál.

A fehérjék bioszintézisének kezdeti szakasza kapcsolatban áll a mRNS-molekula szintézisével a DNS-molekulán (lásd: 106. ábra). Egy különleges enzim felbontja a kettős DNS spirált, és az egyik láncon – a komplementaritás elve alapján – RNS szintetizálódik. Ez idő alatt a mátrix DNS-lánc adeninjével szemben az RNS molekulához uracil kapcsolódik.

A fehérjék bioszintézise további szakaszait transzlációnak (lat.: *translatio* – átadás) nevezzük. A mRNS nukleotid-sorrendje lefordítódik a képződő fehérje-molekulák aminosav-maradékának sorrendjére.

Tehát, az mRNS-molekulák a DNS-molekulák egyik láncon szintetizálódnak. Eközben a mRNS-molekulák nukleotid-sorrendje komplementer annak a DNS-láncnak a nukleotid sorrendjével, amelyen szintetizálódik, és megegyezik a másik láncon a nukleotid-sorrendjével, amit kódolónak nevezünk:

**AUG\_GCG\_AUC\_CGG** – szakasz

**TAC\_CGC\_TAG\_GCC** – az a DNS-lánc, amelyiken reakció zajlik

**ATG\_GCG\_ATC\_CGG** – a másik kódoló DNS-lánc

Először a citoplazmában lévő, a fehérje-molekulákat alkotó összes aminosav egy specifikus enzim segítségével kovalens kötések képez a tRNS molekulákkal. (110. ábra; *Emlékezzetek* a tRNS felépítésére!) Ez a folyamat energiát igényel, amit az ATP-molekulák makroerg kötései tárolnak.

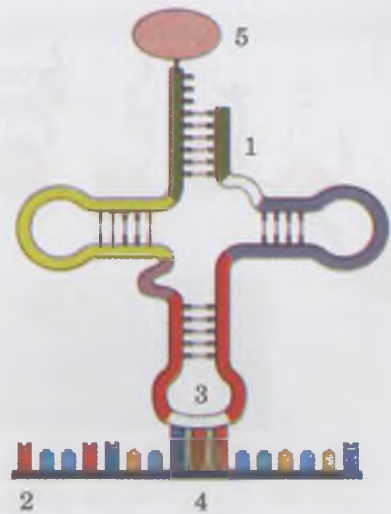
A transzláció az iniciációval kezdődik: az mRNS a riboszómához kapcsolódik, majd később a tRNS-molekula által szállított aminosav maradék is csatlakozik. Eközben az mRNS molekula a riboszóma két alegysége közé kerül. *Emlékezzetek:* a riboszómák alegységeit fehérje és rRNS molekulák alkotják. Az rRNS szerkezete határozza meg ennek a szervecskének a felépítését és működését. A fehérjékkel együtt biztosítja az mRNS és tRNS molekulák térbeli helyzetét a fehérje molekulák bioszintézise során.

Először a riboszóma kapcsolódik a mRNS AUG start kodonjához. Az így keletkező komplexum alkalmas a fehérje molekulák szintézisének megkezdésére. Ilyenkor a **kodont** (az mRNS-molekula bizonyos tripletjét) felismeri az **antiko-**

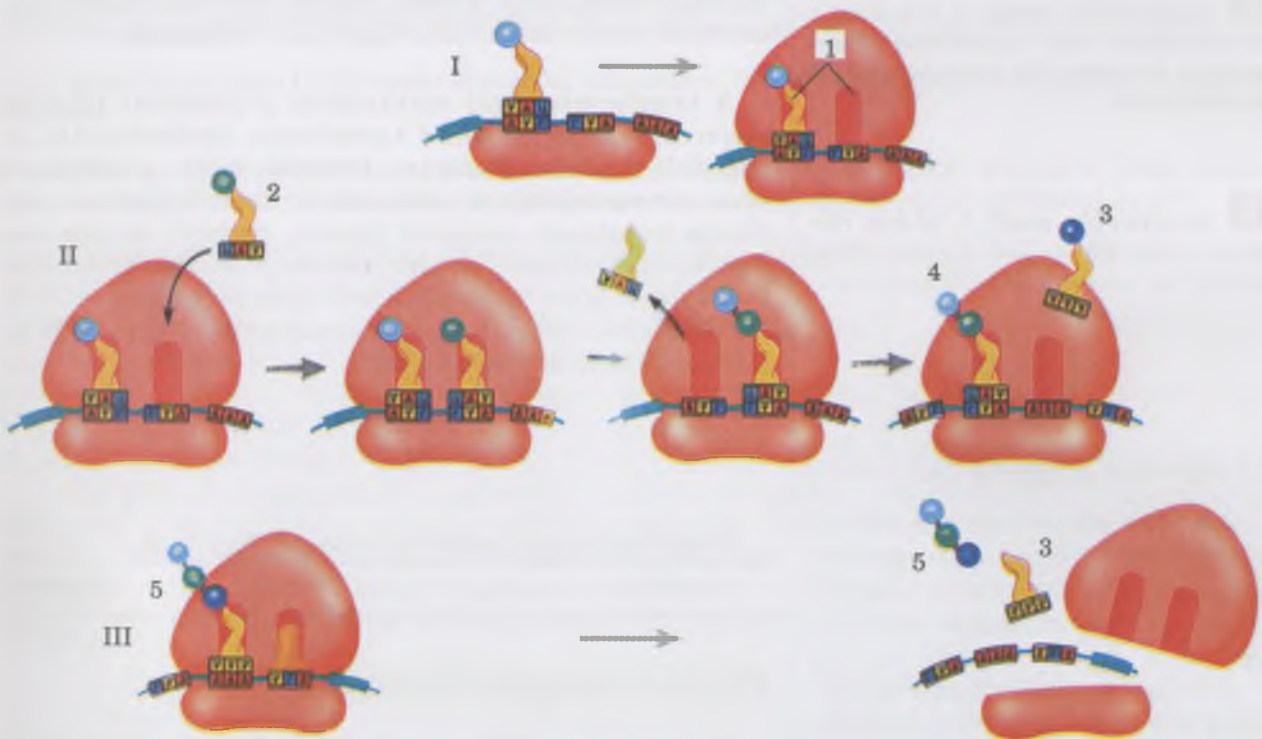
**don** – a tRNS-ben lévő komplementer triplet. (Találjátok meg a 110. ábrán!)

A fehérje bioszintézisének következő szakaszaiban a polipeptid-lánc meghosszabbodik, annak köszönhetően, hogy az aminosav maradékok egymás után kapcsolódnak egymáshoz, különlegesen erős kovalens kötéssel (a peptid kötéssel). A folyamat közben a mRNS következő kodonját a tRNS-molekula antikodonja felismeri, míg a riboszóma katalizálja a tRNS által szállított aminosavak egyesülését a polipeptidláncba. Majd a riboszóma egy lépést halad előre a mRNS-molekula hosszában azért, hogy kölcsönhatásba lépessen a következő tRNS-sel. (Egy ilyen lépés egy triplettel egyenlő.)

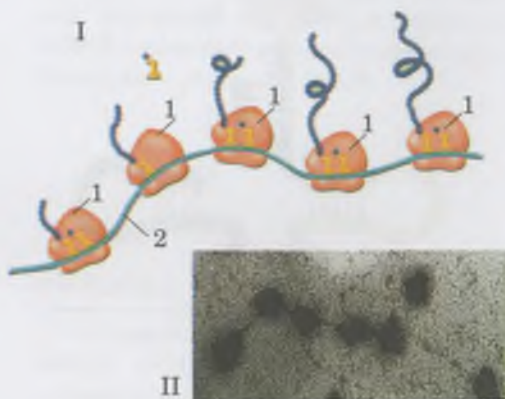
A transláció fő operációit a **riboszómák funkcionális központja** biztosítja. Ennek a mérete megegyezik két triplet méretével – egyidejűleg megtalálható benne a mRNS két szomszédos kodonja, valamint két tRNS-molekula (111. ábra). A funkcionális központ egyik részében a tRNS antikodonja felismeri a mRNS kodonját, a másik részében pedig elválik az aminosav a tRNS-től. Amikor a riboszóma továbbhalad a mRNS-molekulán, a helyét átveszi egy másik, majd



110. ábra. Az tRNS-molekula (1) kölcsönhatása az mRNS-molekulával (2). A tRNS-molekula antikodonja (3) kölcsönhatásba lép az mRNS-molekula kodonjával (4), 5 – a tRNS által szállított aminosav



111. ábra. A fehérjék bioszintézisének szakaszai. I. Iniciáció: a riboszóma kis alegysége kapcsolódik a mRNS-sel; a tRNS UAC antikodonja komplementer párt képez a mRNS AUG kodonjával. A riboszóma nagy alegysége kapcsolódik a kis alegységhez, a tRNS a riboszóma funkcionális központjának egyik részére (1) kerül. A másik rész szabad marad. II. Polipeptid-lánc szintézise. A riboszóma funkcionális központjának másik részéhez irányul még egy tRNS-molekula a CAU antikodonjával (2). Mindkét mRNS-molekula egyidejűleg a riboszóma funkcionális központjában van. Az első tRNS-molekula elhagyja a riboszóma funkcionális központját; az általa szállított aminosav peptidkötéssel kapcsolódik a másik tRNS által szállított aminosavhoz. Riboszóma tovább halad, és a második tRNS-molekula átkerül az első részbe (4). A második részhez kapcsolódik a harmadik tRNS (3). A harmadik triplet által kódolt aminosav kapcsolódik a polipeptid-lánchoz (5). A riboszóma megáll az egyik kodonon (UGA), ami jelzi a bioszintézis végét. III. A fehérje-molekula szintézisének befejezése. A képződött polipeptidlánc (5) és a mRNS (3) felszabadul. Riboszóma kis és nagy alegységei szétváltnak.



112. ábra. A poliszómák felépítése és funkciója. I. Több riboszóma (1), amelyeket a mRNS-molekula egyesít (2), poliriboszómát (poliszómát) képeznek. II. A poliriboszóma – elektronmikroszkópos képe

**Jegyezzük meg!** A riboszómák poliszómákba való egyesülése révén egyazon idő alatt több fehérje-molekula szintetizálódik.

**Jegyezzük meg!** A fehérje molekula csak akkor válik funkcionálisan aktívvá, ha bizonyos térszerkezete van.

### Röviden a lényeg

A fehérjék bioszintézise a plaztikus anyagcsere egyik típusa. A 20 standard aminosavból történő szintézis összetett többlépcsős folyamat, amelyet sok enzim katalizál.

A fehérjék bioszintézisének első szakasza a transzkripció: mRNS-molekula szintézise a DNS-molekulán. Utána a transláció folyamatai következnek: az mRNS nukleotid sorrendje lefordítódik a szintetizálódó fehérjemolekula aminosav sorrendjében.

A szintézis akkor áll le, amikor a riboszóma eljut a polipeptid-lánc szintézisének végét jelző triplethez. A fehérjeszintézis befejező szakaszában a fehérje elnyeri a természetes térszerkezetét.

harmadik, negyedik így tovább, amíg az új fehérje molekulák bioszintézise tart. Az mRNS-molekulán egyszerre található riboszómák száma a molekula hosszától függ, de nem haladja meg a húszat. A riboszómák mRNS által egyesített komplexumát **poliriboszómának** (röviden **poliszómának**) nevezzük. Tehát, egy poliszómán egyidejűleg egy bizonyos fehérjéből több szintetizálódik (112. ábra).

A fehérje-molekula szintézise addig tart, ameddig a riboszóma el nem ér a stop-kodonig. (Emlékezzetek: három van belőlük – UAA, UAG, UGA!) Ilyenkor a **transzláció leáll**: a szabad riboszóma alegységeire esik szét, majd bármely más mRNS-molekulára átkerülhet (111. ábra, III). Az így képződött fehérjemolekula eljut a citoplazmába vagy az endoplazmatikus hálózat üregeibe, ahonnan a sejt bizonyos részeibe szállítódik.

### Jó tudni

Annak érdekében, hogy megbízható legyen a fehérje-molekulák szintézisének befejező folyamata (termináció) a stop-kodonok kettősen helyezkednek el. Az első általában az UAA kodon (fő terminátor triplet), majd a hozzá nagyon közel eső részben egy tartalék terminator triplet – UAG vagy UGA – helyezkedik el.

A bioszintézis végső szakaszában a képződött fehérjék elnyerik a rájuk jellemző természetes térszerkezetet. A megfelelő enzimek hatására leválnak róluk a felesleges aminosav maradékok, a molekulákhoz kapcsolódhatnak nem fehérje természetű csoportok (foszfát, karboxil és más csoportok, szénhidrátok, lipidek stb.) – A képződött fehérjemolekula átalakul bizonyos funkció ellátása céljából.

A fehérje-molekulák szintézise energiát igényel, amit az ATP-molekulák lebomlása fedez.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

transzkripció, transláció, kódoló DNS-lánc, kodon, antikodon, riboszóma funkcionális központja, poliriboszóma (poliszóma).

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!

1. Mi a szerepe a DNS-molekulának a fehérjék bioszintézisében?
2. Milyen fő szakaszból áll a fehérjék bioszintézise? 3. Mi a riboszómák szerepe a fehérjék bioszintézisében? 4. Hogyan realizálódik a DNS-molekulákban kódolt genetikai információ a fehérjék szintézise során?
5. Mi a biológiai jelentősége annak, hogy a mRNS-molekulán egy időben nem csak egy, hanem több (max.: 20) riboszóma is található?

### Gondolkodjatok el rajta!

A gének a fehérje vagy RNS-molekulák struktúráját kódolják. Hogyan határozzák meg más (szénhidrátok, lipidek és egyéb) molekulák szintézisét?



## GYAKORLATI MUNKA 2

### Oldjátok meg a replikációval, transzkripcióval és transzlációval kapcsolatos alapvető feladatokat!

**Cél:** megtanulni a molekuláris biológiai feladatok megoldását.

**1. feladat.** A DNS-molekula egyik lánc a következő nukleotidokból áll:

TAC GAA CGC ATG CGA TCC.

Határozzátok meg a replikáció során képződő leány molekulalánc nukleotid-sorrendjét!

**Megoldás:** a komplementaritás elve alapján meghatározzuk az anya DNS-láncán képződött leány DNS-molekula láncának nukleotid sorrendjét:

anyalánc: TAC GAA CGC ATG CGA TCC

leánylánc: ATC CTT GCG TAC GCT AGG.

**2. feladat.** Az anya DNS-láncot a nukleotidok következő arányban alkotják: A – 22 %, T – 33 %, C – 21 % és G – 24 %. Számoljátok ki a replikáció során az anyaláncon képződött leány DNS-molekula láncnak a nukleotid-összetételét százalékban! Milyen a nukleotidok százalékos aránya a képződött teljes DNS-molekulában?

**Megoldás:** a komplementaritás elve alapján megállapítjuk a leány DNS-molekula láncának százalékos nukleotid összetételét:

anyalánc: A – 22 %, T – 32 %, C – 22 %, G – 24 %;

leánylánc: T – 22 %, A – 32 %, G – 22 %, C – 24 %.

A teljes DNS-molekula nukleotid tartalma: A – 27 % ( $22 + 32/2$ ), T – 27 %, C – 23 %, G – 23 %.

**3. feladat.** Az anya DNS-láncon képződött leányláncot 32% adenin alkotja. Számoljátok ki guanin arányát!

**4. feladat.** Az anya DNS lánc a következő nukleotidokból áll: ATG CCG TAG GCT. Hány hidrogénkötés alakul ki köztük, és a leánylánc komplementer nukleotidjai között a replikáció során?

**5. feladat.** A DNS-molekula egyik láncát a következő nukleotidok alkotják: TCG GAA ACG TAA CAG GTA CAT TAT.

Milyen sorrendben fognak az aminosavakat szállító tRNS-molekulák kapcsolódni az mRNS-molekulákon lévő riboszómák funkcionális központjához?

**Megoldás.** A komplementaritás elve alapján megállapítjuk a mRNS-molekulák nukleotid sorrendjét, amely a DNS-lánc fent említett szakaszán szintetizálódott:

AGC CUU UGC AUU GUC CAU GUA AUA\*

Vagyis, a riboszóma funkcionális központjához kapcsolódó tRNS-molekula nukleotid sorrendje a következő: tRNS UCG antikodonnal, tRNS GAA antikodonnal, tRNS ACG antikodonnal, tRNS UAA antikodonnal, tRNS CAG antikodonnal, tRNS GUC antikodonnal, tRNS CAU antikodonnal, tRNS UAU antikodonnal.

**6. feladat.** A DNS-molekula szakasza a következőképpen néz ki:

ATA GTC CGA GTA TCC

TAT CAG GCT CAT AGG

A DNS-molekula melyik lánc kódolja azt a polipeptidet, aminek az aminosav-sorrendje a következő: izoleucin – valin – arginin – valin – szerin?

**Megoldás.** A „genetikai kód” táblázatát felhasználva meghatározzuk a polipeptidlánc szintézisének mátrixául szolgáló mRNS-molekula nukleotid-sorrendjét:

AUA – GUC – CAG – GUA – UCC

Ezután megállapítjuk, hogy a DNS-molekula melyik lánc kódolja a mRNS-molekulát. A lánc komplementerje annak, amelyen képződött: ATA GTC CGA GTA TCC.

**\*7. feladat.** A DNS-lánc nukleotid sorrendje a sérülés előtt a következő volt:

AAA AAT TGG CAG TTG.

A változás után a következő lett:

AAA AAT TGG CAT TTG.

1. Összehasonlítva a DNS-molekula változás előtti és sérülés utáni struktúráját, a találgatok meg a megváltozott tripletet!

2. Határozzák meg a sérülés előtti és utáni DNS-lánc által kódolt polipeptid felépítését!

**Megoldás:** 1. A negyedik tripletben cserélődött fel a guanin (G) timire (T).

2. Ahhoz, hogy meghatározzuk a polipeptid aminosav-sorrendjét, amelyet a sérülés előtti DNS-molekula adott szakasza kódol, meghatározzuk az adott szakaszon képződött mRNS nukleotid-sorrendjét:

UUU UUA ACC GUC AAC

A „genetikai kód” táblázatát felhasználva meghatározzuk a polipeptid-lánc szintézisének mátrixául szolgáló mRNS-molekula nukleotid-sorrendjét: fenilalanin – leucin – treonin – valin – treonin.

A mutáció után az mRNS nukleotid-sorrendje a következő lesz:

UUU UUA ACC GUA AAC.

Összehasonlítva a két polipeptid-láncot levonhatjuk a következtetést, hogy nem változott a sérülés következtében. Ez azért lehetséges, mert a 20 aminosavból 18-at több triplet is kódol. Tehát, egy nukleotid felcserélődése egy adott tripletben nem minden esetben vezet a képződő polipeptid-lánc aminosav-összetételének megváltozásához.

**8. feladat.** Hány aminosavat kódol az mRNS, ha a DNS-molekula azon szakasza, amelyen képződött a következő nukleotidokból áll: AAGTCAGCACTCCAAATT?

**9. feladat.** Milyen a mRNS-molekula nukleotid-sorrendje, ha az általa kódolt fehérje felépítése a következő: szerin – glicin – aszparagin – cisztein – szerin – lizin – valin – arginin?

**10. feladat.** Milyen a mRNS-molekula nukleotid-sorrendje, ha az általa kódolt fehérje felépítése a következő: lizin – glicin – cisztein – glutamin – aszparagin – treonin?

**11. feladat.** Milyen aminosav-sorrendet kódol a DNS következő nukleotid-sorrendje: AGC ATT CCA GTC TGC ATG? Milyen lesz az aminosav-sorrend vessző, ha egy sérülés következtében ebből a molekulából az első nukleotid kiesik?

**12. feladat.** Milyen aminosav-sorrendet kódol a mRNS következő nukleotid-sorrendje: GCU GCA UAA ACC UGA CAG CUA? Milyen lesz az aminosav-sorrend vessző, ha egy sérülés következtében ebből a molekulából a második nukleotid kiesik?

**13. feladat.** A DNS-molekula egyik lánc a következő nukleotidokból áll:

TAC GAC ACG GCG ATT TAC AGT CGG TCG ACT.

Hány aminosav-molekulát kódol?


**14. feladat.** A polipeptid-lánc aminosav-sorrendje a következő: aszparagin – izoleucin – prolin – treonin – valin – cisztein. Számításba véve, hogy a legtöbb aminosavat több triplet is kódol, határozzátok meg ezt a polipeptid-láncot kódoló nukleotid-sorrendek lehetséges variánsait!

## 23. §. A SEJTCIKLUS. A MITÓZIS

*Emlékezzetek*, mi a faj, a neuron, a hálózatos csövek, a kromatin, a centriolum. Mi a centroméra és a kinetochor?

A sejt egyik osztódásának kezdetétől a következő osztódásig, vagy az utolsó osztódástól a halálig tartó periódusát nevezzük **sejtciklusnak** (113. ábra). Ez a különböző organizmusokban különböző ideig tarthat: a baktériumoknál optimális körülmények között 20–30 perc, az eukarióták sejtjei esetében 10–80 óra vagy több (például, a papucsállatka 10–20 óránként osztódik).

Az osztódások közötti időszakot **interfázisnak** (lat.: *inter* – között és gör.: *fasis* – megjelenés) nevezzük. Más esetekben

 **Jegyezzük meg!** A sejtciklus a osztódási periódusból és az osztódások közötti periódusból, az interfázisból áll (vagy sejt utolsó osztódásától a halálig tartó periódusból).

az interfázis a sejt utolsó osztódásától a haláláig tart. Ez a jelenség megfigyelhető a soksejtű szervezetek olyan sejtjeiben, amelyek elvesztették osztódó képességüket (neuronok, eritrociták stb.)

Az interfázisban a sejt növekszik, intenzíven szintetizálja a fehérjéket és más szerves anyagokat, aktívan a következő sejtosztódáshoz szükséges energiát tárolja el. A szintézis folyamatai az interfázisban a legintenzívebbek, ezért hívjuk *szintézis* szakasznak (113. ábra). Ebben a periódusban ket-  
tőződnek meg a kromatidok (a folyamat összefügg a sejt-  
mag DNS-molekuláinak megkettőződésével). Osztódnak a centriólumok, a mitokondriumok és a plasztiszok.

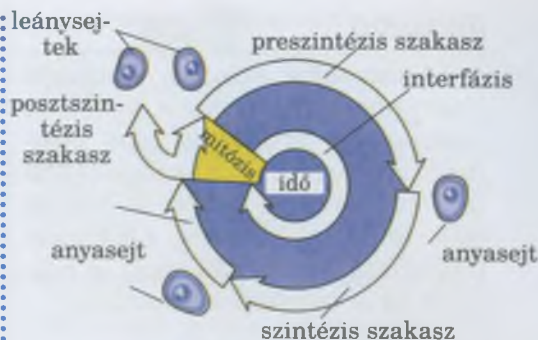
A sejt előző osztódásától a szintézis szakaszig terjedő időszakot *preszintézis* periódusnak nevezzük. A szintézis szakasz befejeződésétől a következő osztódás kezdetéig tartó időszak neve: *poszt-szintézis* szakasz (113. ábra). Az interfázis teszi ki a teljes sejtciklus 90 %-át. A következő osztódást az idezi elő, hogy a sejt elér egy bizonyos méretet az interfázisban.

Az eukarióta-sejtek alapvető osztódási módja a mitózis (gör.: *mitos* – fonál) (114. ábra). A mitózist a kromoszómák felcsavarodása, és a *magorsó* képződése kíséri, amely az anyasejt örökletes anyagának a két leánysejt közötti egyenletes megosztását biztosítja. Ebben a folyamatban részt vesznek a centriólumok.

**A mitózis fázisai.** A mitózis négy egymást követő szakaszból: profázisból, metafázisból, anafázisból és telofázisból áll (114. ábra). A mitózis tartama néhány perctől 2–3 óráig terjed. A **profázis** (gör.: *pro-* – megelőző) a kromatin fonalak tömörébbé válásával kezdődik: a kromatidok feltekerednek és tömörödnek (spirálissá válnak, 114. ábra, I.). Ennek köszönhetően láthatóvá válik az elsődleges befűződés (centroméra), ahol a kinetokorok helyezkednek el. Fénymikroszkóppal jól megfigyelhető a kromoszómák szerkezete és száma. A magvacskák fokozatosan kisebbek lesznek, majd el is tűnnek. A maghártya darabokra esik szét (egyes egysejtű állatok, moszatok és gombák kivételével), s ennek következtében a kromoszómák a citoplazmába kerülnek (114. ábra, II). Ezzel egyidejűleg elkezdődik a magorsó kialakulása. A fonalai kapcsolódnak a kinetokorokhoz, és a kromoszómák a sejt közepe felé kezdenek elmozdulni (114. ábra, II).

A mitózis következő szakaszában, a **metafázisban** (gör.: *meta* – után, keresztül) befejeződik a kromoszómák felcsavarodása, és a magorsó kialakulása. Ilyenkor lehet a legjobban látni a kromoszómák felépítésének részleteit. A kromoszómák ekkor a sejt központi részében egy síkban „sorakoznak fel”, míg centroméráik egyenlő távolságra helyezkednek el a sejt pólusaitól. A metafázis végére a kromoszómák két strukturális egysége, a kromatidok elkülönülnek egymástól (114. ábra, III, IV).

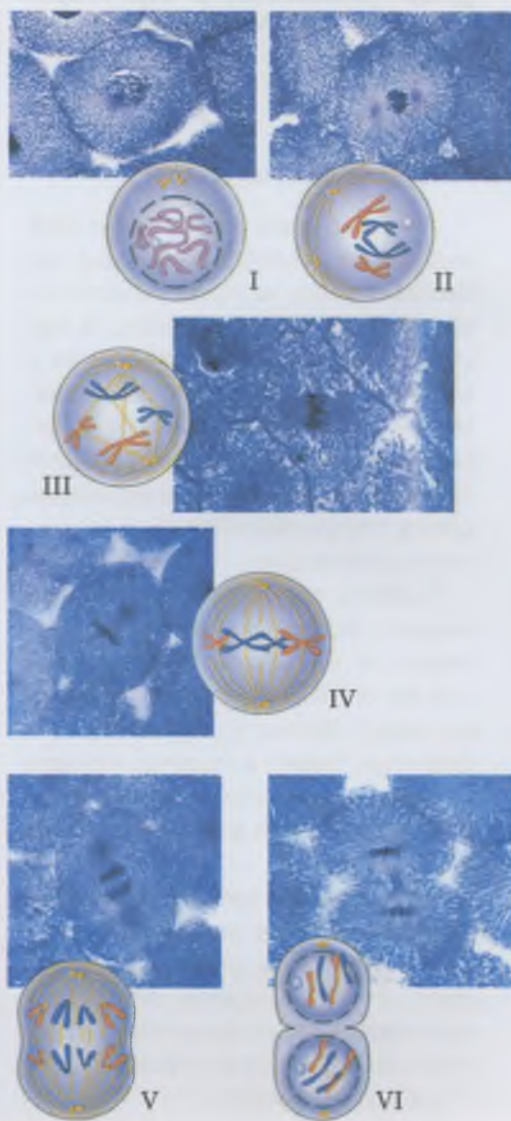
Az **anafázis** (gör.: *ana-* – fel, újra, vissza) a mitózis leg-  
rövidebb szakasza (114. ábra, V). Ebben a periódusban



113. ábra. A sejtciklus összesített vázlata.

**Feladat:** Jellemezzétek az interfázis különböző szakaszait!

**Jegyezzük meg!** A mitózis folyamata biztosítja a bizonyos fajhoz tartozó szervezet kariotípusának állandóságát, vagyis a biológiai fajok létezését.



114. ábra. A mitózis: I. Profázis: a maghártya eltűnése; II. Profázis: a kromoszómák a citoplazmába kerülnek; III. A metafázis kezdete: a magorsófonalak a kinetokorokhoz rögzülnek; IV. A metafázis befejeződése: a sejt közepén elhelyezkedő kromoszómák; V. Anafázis: a kromatidok a sejt pólusaihoz húzódnak. VI. Telofázis: a mag kialakulása, a citoplazma kettéosztódása, leánysejtek kialakulása

## Jó tudni

Minden sejtre, akár csak a többsejtű organizmusokra, bizonyos élethossz jellemezhető, ami örökletesen programozott. Így például, a bélsejtek közel öt napig élnek; a növények hajsza gyökerei közel húsz napig; a májsejtek (hepatociták) közel 480 napig; a neuronok és az izomsejtek évtizedekig.

**Jegyezzük meg!** A sejtciklus lefolyása a kontrollpontok által vezérelt. A sejtciklus szabályozását összetett molekuláris mechanizmusok biztosítják.

**Feladat:** 1. Gondolkozzatok el azon, milyen külső környezeti tényezők hathatnak a sejt életműködésére? 2. Tegyetek javaslatokat a sejt felépítésének és élettevékenységének modellezésére!

## Röviden a lényeg

A sejtciklus a sejt létezésének az egyik sejtosztódás kezdetétől a következő sejtosztódásig, vagy az utolsó sejtosztódástól a sejt haláláig tartó periódusa. A sejtciklus a sejtosztódás időszakából, és a két sejtosztódás közötti időszakból (interfázisból) áll. Az interfázisban a sejt növekszik, megkettőződik a DNS-e, a mitokondriumai, a plasztiszai, intenzíven szintetizálja a fehérjemolekulákat és más szerves vegyületeket stb.

A mitózis négy egymást követő szakaszból – profázisból, metafázisból, anafázisból és telofázisból – áll. A profázis alatt a kromatidok tömörebbé válnak, fokozatosan eltűnnek a magvacskák és a maghártya, kialakul a magorsó. A magorsó fonalai kapcsolódnak a centromérákhoz, a kromoszómák a sejt központi része felé mozdulnak el.

A metafázisban befejeződik a kromoszómák tömörödése és a magorsó kialakulása. A metafázis végére a kromoszómák kromatidjai teljesen elkülönülnek egymástól. Az anafázisban osztódnak a centromérák, a kromatidok a sejt ellenkező pólusaihoz húzódnak.

osztódnak a centromérák, és a kromoszómák kromatidjai a sejt ellenkező pólusaihoz húzódnak. Minden kromatid a kromoszómák örökítő anyaga felének felel meg a profázisban, vagyis a kromatidok azonos örökletes információt hordoznak.

A **telofázis** (gör. *telos* – vég, cél) a kromatidok mozgásának megszűnésétől a két leánysejt létrejöttéig tart (114. ábra, VI). A telofázis kezdetén a kromoszómák szétszavarnak (despiralizálódnak), láthatatlanná válnak a mikroszkópban. Mindkét kromatidcsomó körül maghártya képződik. Megjelennek a magvacskák, és a leánysejtek magjai felveszik az interfázisra jellemző alakjukat. A telofázis során fokozatosan eltűnik a magorsó, osztódik a citoplazma, és véglegesen kialakul a két leánysejt.

**Mi a mitózis biológiai jelentősége?** A mitotikus sejtosztódás biztosítja az örökletes információ pontos átadását az anyasejtől a leánysejteknek, tetszőleges számú, egymást követő sejtciklus során. Minden sejt a kromoszómák egy kromatidját kapja. Ennek köszönhetően valamennyi leánysejt magjában fennmarad az állandó kromoszómaszám és az örökítő anyag stabilitása.

Figyeljétek meg a sejtek élet folyamatait, ismerjétek meg ezeket a vázlatokról, az állandó mikropreparátumokról, a mitotikus sejtosztódás fázisait illusztráló felvételekről, elvégezve a laboratóriumi vizsgálatokat!

Hogyan történik a sejtciklus szabályozása? A sejtciklus főbb eseményei: – a DNS-molekula megkettőződése az interfázisban, és a kromatidok szétválasztása az anafázisban. A sejtciklus pontosan vezérelt. Léteznek úgynevezett ellenőrzési pontok, amelyek ellenőrzik a folyamatok helyességét, és hiba esetén leállíthatják azokat. A sejtciklus haladását a kontrollpontokon speciális enzimek végzik.

Tehát, megtanulva az előző tananyagot, amelyben átvettük a sejt felépítését és élettevékenységeit, megértettétek, hogy minden sejt egy teljesen önszabályzó biológiai rendszer. A soksejtű organizmusokban az egyes sejtek működését biológiailag aktív anyagok szabályozzák (fitohormonok a növényeknél, hormonok és neurohormonok az állatoknál), illetve a soksejtű állatok többségénél, az idegrendszer is. Az eukarióta sejtekre jellemző a bennünk zajló fizikokémiai folyamatok pontos periodicitása. Ez önmagában meghatározza a biológiai folyamatok periodicitását a szervezetünkben: az alvás és nem alvás periódusait, az emésztőenzimek kiválasztásának periodicitását a nap folyamán stb.

A sejt tevékenységére hathatnak a külső környezet faktorai is. Például, a növények sejtjeiben történő klorofill szintéziséhez fényre van szükség. Fény hiányában nem szintetizálódik új klorofill.

## LABORATÓRIUMI VIZSGÁLAT

### A mitózis fázisai (a hagymagyökér sejtjeinek példáján)

**Eszközök és anyagok:** mikroszkópok, állandó hagymagyökérről vagy más növényekből készült mikropreparátumok, amelyek a mitotikus sejtosztódás stádiumait mutatják be, mitotikus sejtosztódás stádiumait bemutató fényképek.

1. Készítsétek elő a mikroszkópot a munkához!

2. A mikroszkóp legkisebb nagyítású objektíve segítségével találjátok meg a mikropreparátumon a gyökérsüveget, az osztódási és megnyúlási zónákat!

3. A mikroszkóp nagyobb objektíve segítségével találjátok meg az osztódási zóna interfázisban (négyszögletű, vastag sejtfallal körülvett sejtek), profázisban (a sejt közepében láthatóak kromoszómák), metafázisban (látható a magorsó, a sejt közepében lévő a kromoszómák, amelyek két kromatidból állnak), anafázisban (a kromoszómák a sejt pólusainál találhatóak), telofázisban lévő sejteit (a kromoszómák széttékerednek, megjelenik a maghártya és a leánysejteket elválasztó membrán)!

4. Hasonlítsuk össze a mitotikus sejtosztódás különböző stádiumairól készült felvételeket!

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

sejtciklus, interfázis, mitózis, profázis, metafázis, anafázis, telofázis.

### **Ellenőriztétek a megszerzett tudást!**



1. Milyen szakaszokból áll a sejtciklus? 2. Mi az interfázis? Mi a jelentősége a sejt létezése szempontjából? 3. Mi a mitózis? Milyen fázisokból áll? 4. Mi történik a profázis során? 5. Mivel jellemezhető a metafázis? 6. Mi történik az anafázis során? 7. Jellemezzétek a telofázis történéseit! 8. Minek köszönhető, hogy a leánysejtek azonos örökletes információt kapnak? 9. Mi a mitózis biológiai jelentősége?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Mi a mitózis jelentősége az egyedfejlődés és a fajok hosszú távú létezése szempontjából? Indokoljátok meg a feleleteket!

## **24. §. A MEIÓZIS**

*Emlékezzetek,* miben különbözik egymástól a többsejtű szervezetek ivari és testi sejteinek kromoszómakészlete? Milyen kromoszómakészletet nevezünk haploidnak, diploidnak és poliploidnak? Hogyan történik a mitotikus sejtosztódás?

A megtermékenyítés a zömmel haploid kromoszómakészlettel ( $1n$ ) rendelkező hím és a női ivarsejtek összeolvadásával történik. Ilyenkor a két haploid ivarsejt (gaméta) összeolvadása következtében megduplázódik, azaz diploiddá ( $2n$ ) válik a megtermékenyített petesejt, a zigóta kromoszómakészlete. Hogyha a kromoszóma készlet minden ivaros szaporodáskor megkettőződne, akkor minden generáció új fajt eredményezne. A természetben ilyen jelenség nem figyelhető meg: az ivaros módon szaporodó fajoknál a kromoszóma-készlet állandó. Ez arról tanúskodik, hogy az életciklusukban létezik egy speciális mechanizmus, amely biztosítja az ivarsejtek kromoszómakészletének felére csökkenését a nem ivari sejtekhez képest. Ezt a mechanizmust meiózissnak nevezzük.

A meiózis során két sejtosztódás történik, az interfázis ezek között megrövidül. Mindegyik osztódás, akár csak a mitózis, négy egymást követő fázisból áll: profázis, metafázis, anafázis és telofázis (115. ábra).

A mitotikus sejtosztódásnak köszönhetően a szervezetek növekednek és regenerálódnak.

A telofázis kezdetén történik a kromoszómák széttécsavarodása, a kromatidák mindkét halmaza körül maghártya képződik, megjelennek a magvacsokák, és a leánysejtek sejtmagja olyanná válik, mint az interfázisban. A magorsó fokozatosan eltűnik, az anyasejt citoplazmája szétválak, és két leánysejt képződik.

A mitózis biológiai jelentősége abban áll, hogy biztosítja az anyasejt örökletes információinak pontos átadását a leánysejtekbe a sejtosztódás során.



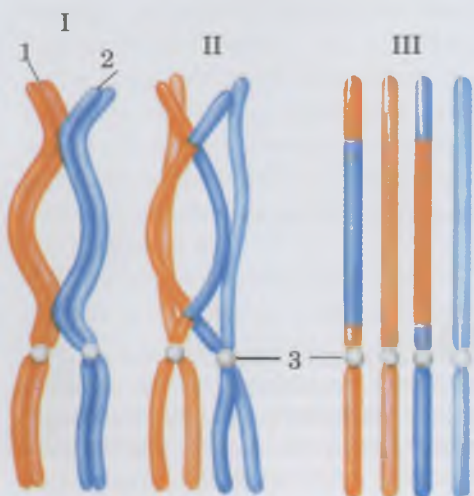
**Jegyezzük meg!** A meiózis (gör.: *meiosis* – csökkenés) – az eukarióta sejtek osztódásának egy különleges módja, melynek során kromoszóma készletük a felére csökken.



115. ábra. Az első meiotikus osztódás: egy diploid sejtől két haploid jött létre.

**Feladat:** Alaposan figyeljétek meg az ábrát és jellemezzétek a történéseket, amelyek a meiózis különböző fázisaiban történnek!

**i** **Jegyezzük meg!** A crossing over az örökletes változékonyság egyik forrása.



Az első meiotikus osztódás profázisában (I. profázis) tömörre válnak a kromoszómák, míg végül pálcika alakú struktúrákká alakulnak (115. ábra, 1). Ezt követően a homológ kromoszómák közelítenek egymáshoz, mintha összetapadnának (konjugálnának). Ilyenkor úgy néz ki, mintha a sejtmag nem diploid, hanem haploid kromoszóma-készlettel rendelkezne. De valójában csak a homológ kromoszómák kapcsolódtak össze.

A konjugáció során **crossing over** (ang.: *crossing-over* – kereszteződés) mehet végbe: a homológ kromoszómák meghatározott szakaszai kicserélődhetnek (116. ábra). A génkicserélődés eredményeként az örökletes anyag új kombinációi jönnek létre, és a különböző homológ kromoszómák – alléljaikat tekintve – különbözőek lehetnek.

Bizonyos idő elteltével a homológ kromoszómák elkezdnek elkülönülni egymástól, láthatóvá válik, hogy mindegyik két kromatidból áll, és csak bizonyos pontokon kapcsolódnak egymáshoz. Az I. profázis végén a homológ kromoszómák elkülönülnek egymástól, eltűnnek a magvacskák, elbomlik a maghártya, és elkezdődik a magorsó kialakulása.

Az első meiotikus osztódás metafázisában (I. metafázis) a magorsószalak a kinetochorokhoz rögzülnek. A homológ kromoszómák centromériái egymással szemközt helyezkednek el, de – a mitózistól eltérően – nem egy vonalban vannak (115. ábra).

Az első meiotikus osztódás anafázisában (I. anafázis) a homológ kromoszómák a sejt ellentétes pólusaihoz húzódnak, ekkor mindegyikük két-két kromatidból áll. Az I. anafázis végére a sejt mindegyik pólusán megfelelő kromoszómakészlet található. Ha a sejt a meiózis kezdete előtt diploid ( $2n$ ) volt, akkor az első meiotikus osztódás során haploiddá ( $1n$ ) válik.

Az első meiotikus osztódás telofázisában (I. telofázis) kialakul a maghártya. Az állati és egyes növényi sejtekben a kromoszómák szétcsavarodnak, és megosztódik az anyasejt citoplazmája, vagyis két leánysejt jön létre. Sok növényfaj esetében azonban a citoplazma nem osztódik meg.

Az első és a második meiotikus sejtosztódások közötti interfázis rövid: a DNS-molekulák ebben a fázisban nem kettőződnek meg. Sok növényfaj sejtjeinek esetében az interfázis teljesen kimarad, ezért náluk azonnal megkezdődik a második meiotikus osztódás (117. ábra).

A második meiotikus sejtosztódás profázisában (II. profázis) a két kromatidból álló kromoszómák, tömörre válnak, eltűnnek a magvacskák, elbomlik a maghártya, a kromoszómák a sejt központi részébe vándorolnak, elkezdődik a magorsó kialakulása (117. ábra, 1).

116. ábra. A crossing over vázlata: I – a homológ kromoszómák (1 és 2) közeledése egymáshoz; II – a konjugáció után a homológ kromoszómák távolodni kezdenek egymástól (3 – centromérák), de egyes szakaszaik még egymáshoz tapadnak; III – a homológ kromoszómák szakaszainak egymás közötti kicserélődése. (Találjátok meg az ábrán!)

A crossing over következtében két homológ kromoszóma jön létre, részben eltérő örökletes információkészlettel.

117. ábra. A második meiotikus osztódás (bemutatja, hogy mi történik a sejtekben az első osztódást követően).

1. II. profázis: a haploid kromoszóma-készlettel rendelkező sejtekben eltűnik a sejtmaghártya és a magvacskák, majd elkezdődik a magorsó képződése. 2. II. metafázis: figyeljétek meg, hogy a kromoszómák ugyanúgy helyezkednek el, mint a mitózis során! 3. II. anafázis: a sejtek pólusai felé húzódnak a kromoszómák kromatidjai. 4. II. telofázis: eltűnik a magorsó, létrejönnek a maghártyák, a magvacskák és a citoplazma szétválík. 5. A meiózis eredménye: egy diploid anyasejtből 4 haploid sejt jött létre

A második meiotikus sejtosztódás metafázisában (II. metafázis) a kromoszómák tömörebbé válásával és magorsó kialakulásával zárul. Akárcsak a mitózis során, a kromoszómák centromériái a sejt központi részében, egy síkban helyezkednek el. A kinetochorokhoz hozzátapadnak a magorsó fonalai (117. ábra, 2).

A második meiotikus sejtosztódás anafázisában (II. anafázis) szétválnak a centromérák, és az egyes kromoszómák kromatidjai különböző pólusokhoz távoznak (117. ábra, 3).

A második meiotikus sejtosztódás telofázisában (II. telofázis) a kromoszómák ismét szétcsavarodnak, eltűnik a magorsó, kialakulnak a magvacskák és a maghártya. A II. telofázis a citoplazma megosztódásával fejeződik be (117. ábra, 4). A második meiotikus osztódás eredményeként a kromoszómák száma nem változik az első meiotikus osztódás végéhez képest, de minden kromoszómában egy kromatid marad (felére csökken). Vagyis a leánysejtek DNS-molekula tartalma is a felére csökken.

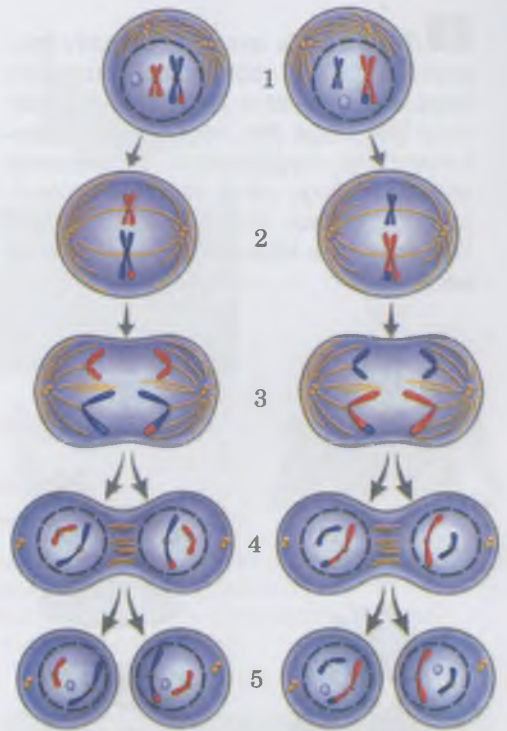
Mi a meiózis biológiai jelentősége? A meiózis olyan mechanizmus, amely fenntartja az ivaros szaporodó fajok kariotípusának állandóságát. A két meiotikus osztódásnak köszönhetően az ivarsejtek kromoszómaszáma a testi sejtekének a felére csökken. A diploid kromoszóma-készlet a megtermékenyítés során, a gaméták összeolvadásával áll helyre.

A meiózis biztosítja a szervezetek örökletes változékonyságát. Elsősorban azért, hogy az I. profázis során a homológ kromoszómák kicserélik génjeiket. Másodsorban úgy, hogy az I. anafázis során azok a homológ kromoszómák, amelyekben eltérő lehet az örökítőanyag állománya, különböző leánysejtekbe kerülnek (117. ábra). Ily módon, a meiotikus sejtosztódás során létrejövő sejtek örökletes információ készlete eltérő lehet.

**Feladat:** Hasonlítsátok össze a mitózis és meiózis során végbeműnő folyamatokat! Hasonlítsátok össze sorrendben a mitózis és az első meiózis fázisait, majd a mitózis és a második meiotikus sejtosztódás szakaszait! Határozzátok meg a hasonlóságot és az eltéréseket!

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

meiózis, kromoszómák konjugációja, crossing over.



**Jegyezzük meg!** A két egymást követő meiotikus sejtosztódás után, a diploid anyasejtből négy haploid leánysejt jön létre. A leánysejtek örökletes információ-készlete emiatt különbözhet.

### **Röviden a lényeg**

A meiózis az ivaros módon szaporodó eukarióta szervezetekre jellemző sejtosztódás. A meiózisban két osztódás követi egymást, közöttük rövid interfázissal, vagy egyes növényeknél anélkül. Mindkét osztódás, akárcsak a mitózis esetében, négy fázisból áll: pro-, meta-, ana- és telofázisból.

A két egymást követő meiotikus sejtosztódás során, a diploid anyasejtből négy haploid utódsejt jön létre.

A meiózis olyan tökéletes mechanizmus, amely az ivaros szaporodó fajok kariotípusának stabilitását biztosítja. A meiózis biztosítja a szervezetek genetikai változékonyságát is.

**Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Hány osztódásból áll a meiózis? 2. Mi a homológ kromoszómák konjugációja és a génkicserélődés (crossing over)? 3. Miért kedvez a

**Jegyezzük meg!** A vegetatív szaporodásra csak azok az organizmusok képesek, amelyekre jellemző a regeneráció jelensége (lat.: *regeneratio* – újra-keletkezés, megújulás) – a szervezet elveszített vagy sérült részeinek megújulási folyamata, illetve teljes szervezet kifejlődésének képessége egyes részeiből.

meiózis a szervezetek örökletes változékonyságának? 4. Mi a meiózis biológiai jelentősége? 5. Miben különbözik és miben hasonlít a mitózis és a meiózis?

### Gondolkodjatok el rajta!

Miért nem jellemző a meiózis az ivartalanul szaporodó szervezetekre?

## 25. §. A SZERVEZETEK SZAPORODÁS TÍPUSAI. IVARSEJTEK

*Emlékezzetek* a szaporodás biológiai jelentőségére! Milyen szaporodási formák léteznek? Hogyan történik a mitotikus sejtosztódás? Mi a zigóta, a haploid, a diploid és a poliploid kromoszómakészlet?

A **szaporodás** minden magát reprodukálni képes szervezetre jellemző. Ez biztosítja az élet folytonosságát és az öröklődést. Az élőlények fő szaporodás formái – az ivartalan és az ivaros szaporodás. Az **ivartalan szaporodás** során a következő generáció a nem ivari (szomatikus; gör.: *sóma* – test) sejtekből fejlődnek ki.

### Aktivizáljátok tudásotokat!

Az ivartalan szaporodás megfigyelhető az egysejtű szervezeteknél (prokarióták, egysejtű állatok, moszatok, gombák) és a többsejtűeknél (többsejtű moszatok, magasabb rendű növények, többsejtű gombák, szivacsok csalánozók, lapos- és gyűrűsférgek, ritkábban az izeltlábúak és a gerinchúrosok). Történhet kettéosztódással, többszörös osztódással, bimbózással, spóráképződéssel (118. ábra).

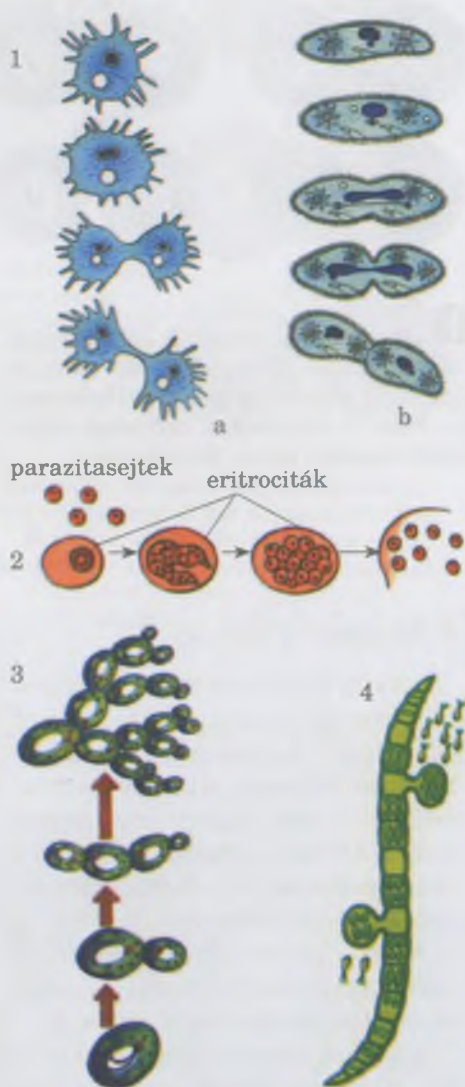
**Kettéosztódás** esetében (118. ábra, 1) két utódsejt jön létre, amelyek apróbbak az elősejtnél. Az utódsejtek miután elérik az anyasejt méretét táplálkoznak, növekednek, helyreállítják a normális szervkészletet és szaporodni kezdenek. A **többszörös sejtosztódás** során, először az anyasejt magja többször osztódik, és sokmagvúvá válik. Ezután osztódik a citoplazma is, és egymagvú leánysejtek jönnek létre (118. ábra, 2). A **bimbózás** esetében az anyasejtről leválik egy kisebb leánysejt (118. ábra, 3).

A **spórákkal való szaporodás** ismert a különböző egy- és többsejtű eukariótáknál: a gombáknál, a moszatoknál, a moháknál, a zsurlóknál, a korpafüveknél, páfrányoknál. *Emlékezzetek*: a **spórák** specializált sejtek, amelyek nemcsak a szaporodást szolgálják, de egyes esetekben a rossz körülmények közötti túlélést és a szétterjedést is (118. ábra, 4).

Az ivartalan szaporodás azon módjait, amelyek során a többsejtű szervezetek sejtcsoportokat különítenek el, **vegetatív szaporodásnak** nevezzük (lat.: *vegetativus* – tenyésző, burjánzó).

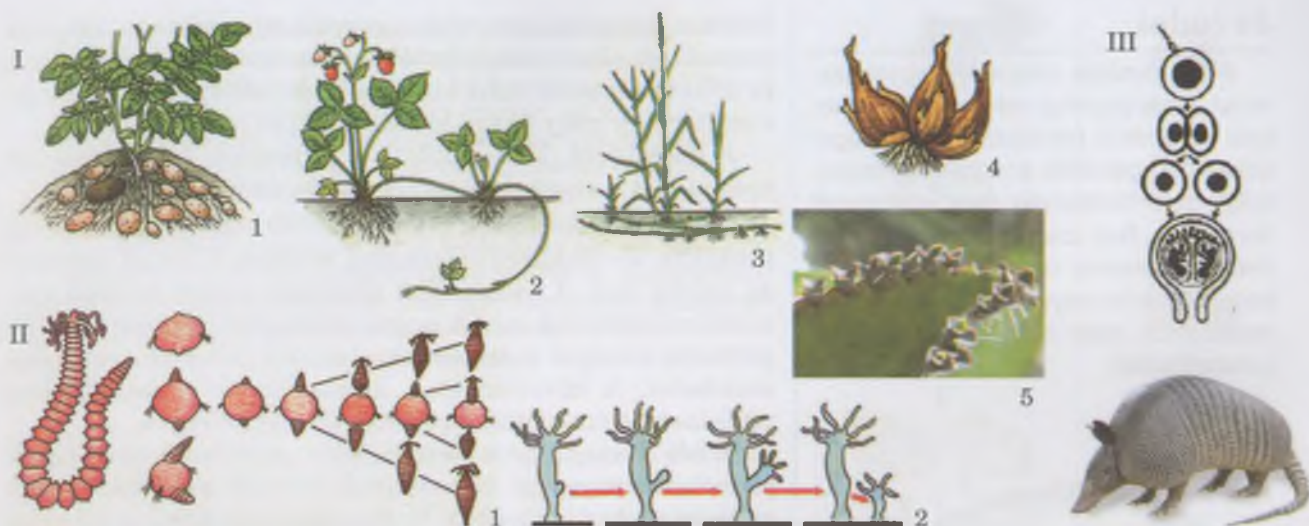
A többsejtű növényeknél egyedek fejlődhetnek sarjakkból (gyökérből, hajtásból vagy levélből) vagy hajtás módosulásokból (119. ábra, I). Vegetatív szaporodás az állatoknál általában bimbózással és fragmentációval történik (119. ábra, II).

Az ivartalan szaporodás sajátos módja a **poliembriónia** (gör.: *polys* – számos és *embryon* – magzat) – több embrió fejlődése egyetlen megtermékenyített petesejtből (zigó-



118. ábra. Az ivartalan szaporodás:  
1 – kettéosztódás  
(a – amóba, b – papucsállatka);  
2 – A malária plazmódium többszörös  
sejtosztódása; 3 – az élesztőgomba  
sejtjeinek bimbózása;  
4 – Az Ulotrix moszat spóráképződése





119. ábra. I. A növényi szaporodás különféle módjai: 1 – gumókkal a burgonyánál; 2 – indákkal a földiepernél; 3 – gyöktörzsszel a tarackbúzánál; 4 – hagymával; 5 – sarjnövényekkel a sarjikánál; II. Az állatok vegetatív szaporodása: 1 – fragmentáció és az ezután következő bimbózás a Dodecaceria féregnél; 2 – bimbózás a hidránál. III. A poliembria a tatunál fordul elő

tából). Az embrió egy bizonyos pillanatban sejtekre esik szét. Majd minden egyes sejtől különálló organizmus fejlődik ki (119. ábra, III).

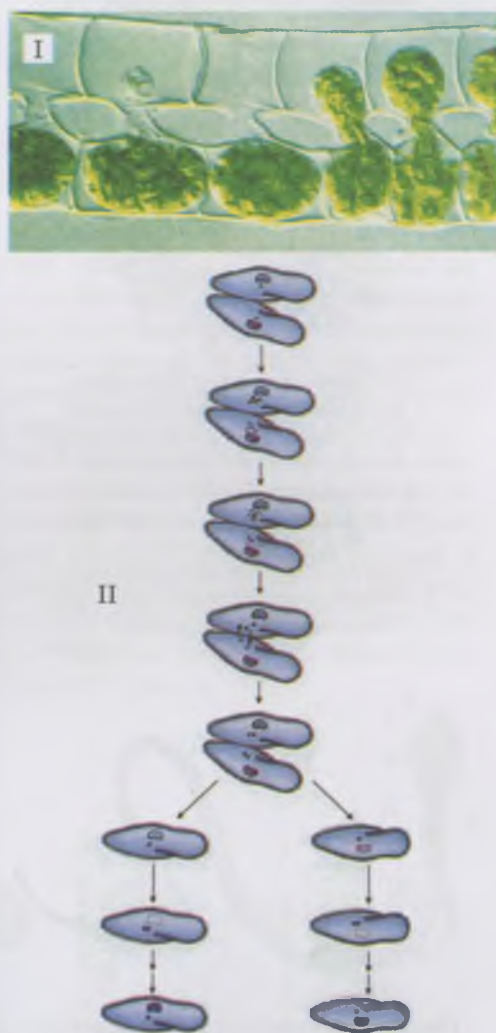
### Mi az ivartalan szaporodás biológiai jelentősége?

Egyes organizmus csoportoknál ez az egyetlen lehetséges módja az utódok létrehozásának. Azoknál a fajok, amelyek egyedei valamilyen oknál fogva elkülönülve élnek egymástól, ilyen módon képesek csak szaporodni. A fajok – az ivartalan szaporodásnak köszönhetően – rövid időn belül, jelentősen megnövelhetik egyedszámukat.

Az ivaros folyamat – két sejt örökítő anyagának egyesítése egy sejtbe. Biztosítja az utódok örökítőanyagának és a populáció génkészletének változatosságát. Minél változatosabb a populáció génkészlete, annál nagyobb esélye van a külső környezet változásaihoz való alkalmazkodásra. (Miért? Gondolkozzatok el rajta!). Az ivaros folyamat jellemző az eukarióta fajok többségére (csak néhány egysejtű szervezetre, mint az amőbára, zöld euglénára, chlorellára nem jellemző). Az ivaros folyamat az eukariótáknál általában konjugáció és kopuláció formájában történik.

A **konjugáció** (lat.: *coniugatio* – kapcsolódás) során az egysejtű (baktérium, moszat-, az állatfajok egy része) nagyobb, többsejtű szervezetek sejtjei (egyes gombák, sejtfonalas zöldmoszatok) kicserélik az örökítőanyagukat (120. ábra).

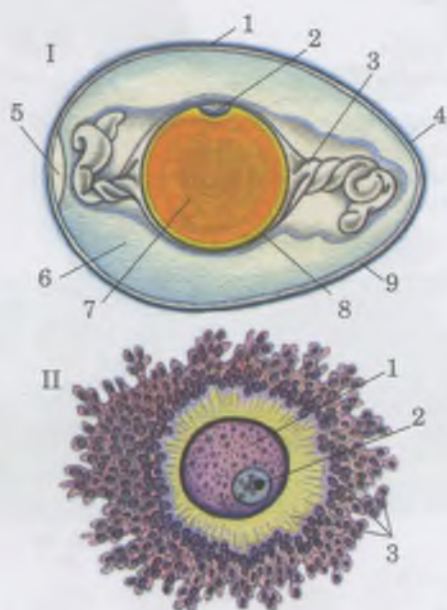
Egyes moszatok és gombák egy-egy sejtjük állományát átjuttatják a másikba ideiglenes konjugációs hidakon keresztül. Így zigóta képződik, amely bizonyos nyugalmi időszak után meiotikusan osztódik (120. ábra, I). A papucsállatkánál konjugáció során a magszerkezet átalakul (120. ábra, II). A konjugáció előtt a nagy sejt (vegetatív sejt) eltűnik, míg a kis sejt (generatív sejt) többször osztódik. A képződő magok egy része szintén eltűnik; csak kettő marad – a migráló (hím) és a mozdulatlan (női) sejt. A későbbiek során a két sejt közeledik egymáshoz, és a konjugációs



120. ábra. Konjugáció: a spiroginánál (I) és a papucsállatkánál (II)

## Jó tudni

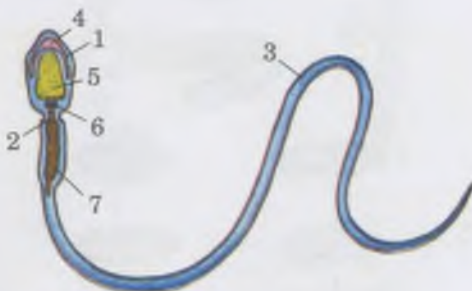
A női gaméták valamivel nagyobbak, mivel tápanyagokat raktároznak, amelyek az embrió fejlődéséhez szükségesek. A hím gaméták azonban apróbbak, mivel az örökítőanyag csak egy részét hordozzák. Sok szervezetben a hím gaméták ostorokkal rendelkeznek, és képesek az aktív helyváltoztatásra. A spermatozoidok nagy mérete akadályozná a mozgásukat.



121. ábra. A petesejt felépítése.

I. Madarak tojásának felépítése:  
 1 – külső héjhártya; 2 – csírákorong;  
 3 – jégzsínór; 4 – meszes héj;  
 5 – légkamra; 6 – fehérje réteg;  
 7 – tojássárgája; 8 – szikhártya;  
 9 – belső héjhártya.

II. Az emlősök petesejt felépítése:  
 1 – citoplazma; kettőnk – sejtmag;  
 3 – másodlagos burkok



122. ábra. Az emlősök spermatozoidjának felépítése: 1 – fej; 2 – nyak; 3 – fark; 4 – akroszóma; 5 – sejtmag; 6 – centriólum; 7 – mitokondriumok

hidakon keresztül kicserélik a migráló sejtmagjukat, amelyek összeolvadnak a mozdulatlanokkal. Ezután a sejtek szétválnak és néhány osztódás után, kialakul a normális sejtmag-készlet: a sejtben egy nagy és egy kis sejtmag van jelen.

A **kopuláció** (lat.: *copulatio* – egyesülés, összekötés) két specializált ivarsejt (gaméta) egybeolvadásának folyamata.

**Milyen az ivarsejtek felépítése?** Az ivarsejtek (gaméták) funkciója az örökletes információ átadása a szülői egyedtől az utódok felé. A szomatikus sejtekhez képest haploid kromoszómakészletük van. A megtermékenyített petesejtben (zigótában) megújul a szomatikus sejtekre jellemző kromoszómakészlet. A következőkben átvesszük az ivarsejtek felépítésének sajátosságait a gerinces állatok példáján.

A női ivarsejtek – a **petesejtek** – gyakran rendelkeznek jelentős mennyiségű tápanyaggal, és több membrán is körülveszi azokat (121. ábra, I). *Emlékezzetek*, a madarak petesejtjét vastag fehérjeréteg, vékony, kettős héjhártya, kemény meszes héj borítja (121. ábra, I). A felszínen lévő hárták védő funkciót látnak el, míg a fehérje vízforrásként is szolgál az embrió fejlődése számára. Később a fióka ezt elfogyasztja, mielőtt elhagyja a tojást.

Az emlősök petesejtjeit szintén több burok veszi körül, amelyek védő és tápláló funkciót látnak el (121. ábra, II). Ezeknél kevesebb hártya található, mint a hüllőknél vagy a madaraknál, amelyeknek az embriója hosszú ideig fejlődik az anya szervezetén kívül.

Az ostorokkal rendelkező hímivarsejtek képesek az aktív helyzetváltoztatásra (többek között: a zöldmoszatoknál, a magasabb rendű spórás növényeknél, az állatok többségénél), ezeket általában **spermatozoidoknak** nevezzük. A vörösmoszatoknál, a tülevelűeknél, a zárwatermő növényeknél, a gombáknál, egyes állatoknál (a fonálférgeneknél, a folyami ráknál, a rákoknál) a hím gaméták nem rendelkeznek ostorokkal, ezeket **spermiumoknak** nevezzük.

Az emlősök spermatozoidjának (122. ábra) rövid fej része van, amelyben a mag, a sejt központ és kis mennyiségű citoplazma található. Az örökletes információ nagyon tömören van becsomagolva. A fej elülső részén van egy különleges organelum, az **akroszóma** (122. ábra, 4). Ez enzimeket tartalmaz, amelyek feloldják a petesejt sejtthártyáját, biztosítva a spermatozoid bejutását. A fej után található a *nyak*. Benne találhatóak a mitokondriumok, amelyek ellátják az ostorokat energiával. A középső rész után található a *fark*: az ostor mozgása révén a spermatozoid képes a helyváltoztatásra a nedves közegben.

**Hogy jönnek létre az ivarsejtek?** Az ivarsejtek képződésének folyamatát **gametogenezisnek** (gör.: *gameté* – aszszony, házastárs és *genesis* – keletkezés, eredet) nevezzük. Vegyük át, hogyan történik ez az emlősöknél. A petesejtek és a spermatozoidok az ivarmirigyekben képződnek elsődleges diploid ivarsejtekből. Ivarsejtek képződésének folyamata több stádiumból áll: szaporodás, növekedés, érés és formálódás (123. ábra).

A **szaporodás stádiumában** a hím és a női ivarsejtek diploid elődjei mitotikus osztódások sorozatával szaporodnak. Ezért a kromoszómakészletük diploid marad. A **növekedés**

123. ábra. Az emlősök gametogenezisének vázlata:

I – spermatogenezis: 1 – diploid elősejt mitózis útján szaporodik;

2 – az első meiotikus osztódás után két haploid sejt képződik;

3 – a meiotikus osztódás után négy haploid sejt képződik –

spermatidok; 4 – a formálódás stádiumában a spermatidok

citoplazmája és a sejtmagjai tömörödnek, csökken a méretük,

így jönnek létre a spermatozoidok;

II – oogenezis: 1 – diploid elősejt mitózis útján szaporodik;

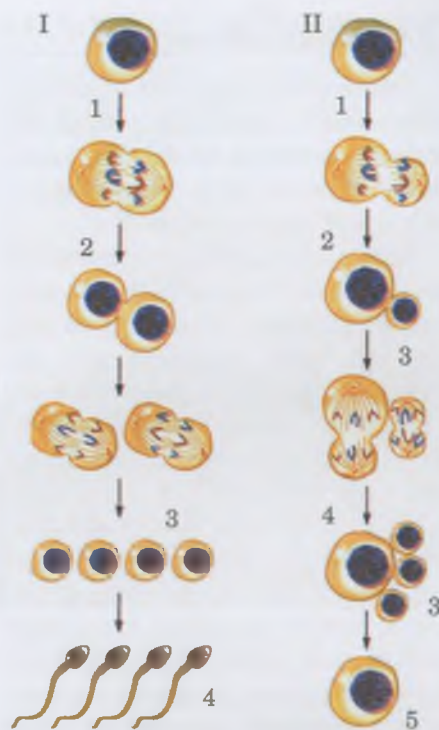
az első meiotikus osztódás során két haploid sejt jön létre:

a nagyobbik tápanyagokat raktároz (2), az apróbb (3 – poláros test);

a második meiotikus sejtosztódás után négy haploid sejt keletkezik:

egy nagy petesejt (4) és három poláros test (3);

5 – érett haploid petesejt



**stádiumában** ezek a sejtek egy bizonyos méret eléréséig növekednek. Az **érés stádiumában** a spermatozoidok és a petesejtek meiózison esnek át, és éretlen haploid gamétákká alakulnak.

A hím és női gaméták képződésének folyamata némiképpen eltérő. A hímivarsejtek érési stádiuma során négy egyforma haploid sejt jön létre. A **formálódás stádiumában** a mag és a citoplazma tömörebbé válik, a hím ivarsejtek mérete csökken. Így képződnek a spermatozoidok. Csak ezután válnak képessé a helyváltoztatásra és a petesejt megtermékenyítésére.

A növekedés stádiumában a női ivarsejtekből az első meiózis után két különböző méretű haploid sejt jön létre: a tápanyagokat raktározó nagy és az apró (úgynevezett poláros test). A második meiózis után – az érés stádiumában – négy haploid sejt képződik: egy nagy petesejt és három apró poláros test, amelyek rövid időn belül eltűnnek.

A spermatozoidok és a petesejtek képződésének különbsége azzal áll kapcsolatban, hogy a spermatozoid a megtermékenyítéskor csak a saját örökítő anyagát viszi be a petesejtbe, a tömege nincs hatással a leendő embrió fejlődésére. A petesejt a saját örökítőanyagán kívül tartalmaz minden organeliumot és tartalék tápanyagot is amelyeket az embrió felhasznál a fejlődése folyamán. A citoplazma nagyobb részének bekerülése a petesejtbe két nem egyenletes meiózis révén történik, ennek során poláros testek is létrejönnek, amik a felesleges örökítő anyagot távolítják el.

Valamivel másképpen történik a hím és a női ivarsejtek képződése a virágos növényeknél. A porzóban pollenszemcsék képződnek, amelyeket kettős burok borít. A pollen belsejében két haploid sejt található: a nagy a vegetatív, míg a kicsi a generatív. Az érés folyamán a generatív sejtől két haploid spermium képződik (124. ábra, I).

## Jó tudni

A petesejt mérete a citoplazmájában tárolt tápanyag mennyiségétől függ. Például, az emlősök többségénél, amelyek embriói a placentán keresztül az anya szervezetéből kapják a tápanyagokat, a petesejt mérete (nem számolva a külső burkokat) 50  $\mu\text{m}$ -tól (rágcsálók – pocok) 180  $\mu\text{m}$ -ig (juhok) terjed. Az embernél a petesejt átmérője közel 90  $\mu\text{m}$ . Ha a petesejt jelentős mennyiségű tápanyagot (tojássárgáját) raktároz, akkor az átmérője elérheti az 5–7 cm-t (a cápánál), a 8 cm-t (struccnál) stb. Ezeknek a petesejteknek a mérete még nagyobb, ha számításba vesszük a külső burkokat is. Például, az afrikai strucc tojása 15 cm hosszú, 1,5–2 kg.

124. ábra. A virágos növények ivarsejtjei.

I. Pollen: 1 – burkok; 2 – vegetatív sejt;

3 – generatív sejt. II. Az embriózsák:

1 – mikropille; 2 – petesejt; 3 – segédsejtek;

4 – a két haploid sejtmaggal rendelkező

központi sejt, amely magok később

összeolvadnak; 5–3 ellenlábás sejt, amelyek nem vesznek részt a megtermékenyülésben



## Röviden a lényeg

Szaporodóképesség – az organizmusok univerzális tulajdonsága, melynek segítségével fenntartják az élet folytonosságát a bolygónkon. Több szaporodási forma is ismert: ivartalan és ivaros.

Az ivartalan szaporodás történhet nem ivarsejtek (szomatikus sejtek) által, azok megkettőződésével, bimbózásával stb. Többsejtű részek anyaszervezettől való elkülönülése esetén megfigyelhető a vegetatív szaporodás. A poliembrionia esetén egy megtermékenyített petesejtől több embrió fejlődik ki.

Az ivaros folyamat megtörténhet konjugáció vagy kopuláció formájában. Konjugáció esetén a szervezetek sejtjei kicserélik az örökítő anyagukat. A kopuláció olyan folyamat, amely során két specializált ivarsejt (gaméta) összeolvad. Az ivarsejtek képződését „gametogenezis”-nek nevezzük: a hím gaméták képződését – „spermatogenezis”-nek, a női gaméták képződését – „oogenezis”-nek.



125. ábra. Az ivari dimorfizmus megjelenése a szarvasbogárnál (1), a fácánnál (2), az oroszlánnál (3): nőstény (a); hím (b)

A virágos növények petesejtje az embriózsák egyik pólusánál található, ami a magház közepében helyezkedik el. Itt még hat másik sejt is található: a haploid petesejt mellett két haploid segédsejt van. Az ellenkező oldalon is képződik 3 haploid sejt, amelyek nem vesznek részt a megtermékenyülésben és a termésképződésben. Az embriózsák közepén a központi sejt található: a diploid magja két haploid sejt összeolvadásából jött létre (124. ábra, II).

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

ivartalan és vegetatív szaporodás, spórák, poliembrionia, ivaros folyamat, konjugáció, kopuláció.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mi a szaporodási folyamat biológiai jelentősége? 2. Az ivartalan szaporodás milyen formáit ismeritek? 3. Mivel jellemezhető a vegetatív szaporodás? 4. Mi a poliembrionia lényege? 5. Mi az ivartalan szaporodás biológiai jelentősége? 6. Miben áll az ivaros folyamat sajátossága? 7. Mivel jellemezhető a madarak női ivarsejtjeinek felépítése? 8. Milyen az emlősök hímivarsejtjeinek felépítése? 9. Milyen stádiumai vannak a gametogenezisnek? 10. Miben különbözik a női és a hímivarsejtek képződése az emlősöknél?

### Gondolkodjatok el rajta!



1. Miért van az, hogy minél magasabb a szervezet szerveződési szintje annál kevésbé képes regenerálódni? Vajon regenerálni tudja-e majd a jövő embere az elvesztett szerveket? 2. Mi a jelentősége annak, hogy az evolúció folyamán a hímivarú gaméták mérete csökkent, míg a nőivarúaké nőtt?

## 26. §. A MEGTERMÉKENYÍTÉS FOLYAMATA

*Emlékezzetek*, hogyan történik a megtermékenyítés az állatok és a növények különböző csoportjainál? Hogyan történik a gametogenezis? Mi az akroszóma? Milyen növényeket nevezünk egylakiaknak és kétlakiaknak? Hogyan alkalmazkodtak a növények a különböző megporzási módokhoz? Milyen a virágos növényeknél a pollenek és a magházak felépítése?

A megtermékenyítés a hím és női ivarsejtek egybeolvadásának zigóta képződéssel járó folyamata, amelyből az új szervezet kifejlődik. Az ivaros folyamatban általában két egyed vesz részt. Sok állatfaj hím és női ivarsejtjei az ivarmirigyekben termelődnek. Azok az állatok, amelyek egyedeinek csak egyféle ivarmirigye van – vagy hím gonád (here), vagy női gonád (petefészek) – ennek megfelelően, csak egy típusú ivarsejtet termelnek. Az ilyen állatokat nevezzük **váltivarúaknak**. (Hozzatok fel példákat!)

Az állatok különböző nemű egyedei külsőleg hasonlíthatnak egymásra (például, a medúzák többsége, soksertéjű gyűrűsférgék, kagylók) vagy különbözőek lehetnek. Az a jelenség, hogy a hímek és a nőstények különbözőek az **ivari dimorfizmus** megnevezést kapta (125. ábra). Ez a jelenség az ivarérett korban fejlődik ki, és kapcsolatban áll az ivarszervek felépítésének és a másodlagos nemi bélyegek fejlődésének különbségével. *Emlékezzetek*, a **másodlagos nemi bélyegek**

a tulajdonságok olyan összessége, amelyek, a nemi szerveken kívül, megkülönböztetik a különböző nemű egyedeket; ezek fejlődését a nemi hormonok váltják ki! Ezek a bélyegek segítenek a különböző nemű egyedeknek megkeresni és felismerni egymást, stimulálják az udvarló viselkedést stb.

A hím és a női ivarmirigyek kifejlődhetnek egy egyedben is. Az ilyen állatokat **hermafroditáknak** nevezzük (126. ábra, I). Az éti csigánál például csak egy ivarmirigy van, viszont az felváltva hol női, hol pedig hímivarsejteket termel (126. ábra, II).

Mi a biológiai jelentősége a hermafroditizmusnak? A hermafrodita organizmusoknál nő a valószínűsége annak, hogy képesek utódok létrehozására, csökken a szaporodási partner keresésére fordítandó energia. Ezért a hermafroditizmus gyakrabban előfordul olyan állatoknál, amelyek rögzült életmódot folytatnak vagy korlátozott mozgásúak (például, bizonyos rákfélék, kagylók) és a paraziták. A galandféreg teste több ezer szegmensből áll, ezeknek mindegyikében egyidejűleg női és hímivarmirigyek működnek. Ez hihetetlen termékenységet biztosít: a simafejű (szarvasmarha) galand-féreg egyetlen szegmensében 125–175 ezer pete található, 1 hónap alatt az adott parazita körülbelül 50 millió petét rak le, egy év alatt 400 milliónál többet, tíz év alatt 4 milliárdnál többet.

**Milyen megtermékenyítés típusok vannak?** Megkülönböztetünk önmegtermékenyítést és kereszt-megtermékenyítést. Az önmegtermékenyítés során az egy egyed által termelt hím és a női gaméták összeolvadnak egymással. Érthető, hogy ez a folyamat a hermafroditákra jellemző, illetve az önmegporzó, virágos növényekre.

Az önmegporzás során a pollen a növény saját bibéjére kerül (különböző búzafajtáknál, paradicsomnál, veteményborsónál stb.) (128. ábra).

Az önmegtermékenyítés nem eredményezi az örökletes bélyegek változékonyságát. Ezért a hermafroditák többségénél létezik olyan mechanizmus, amely megelőzi ezt: a hím és a női ivarsejtek nem egyszerre érnek be, az állatok ivarszervei bizonyos sajátos felépítéssel rendelkeznek, a kétlakiság jelenségek a növényeknél stb.

Kereszt-megtermékenyítés abban áll, hogy a spermatozoid (spermium) a másik egyed petesejtjét termékenyíti meg.

**Emlékezzetek**, az állatoknál a megtermékenyítés lehet külső és belső! A **külső megtermékenyítés** során az ivarsejtek az ivarszerveken kívül egyesülnek, főként a külső környezetben. Ez jellemző a legtöbb vízi fajra (soksertéjű gyűrűsféreg, kagylók, csontos halak többsége és kétéltűek) és némely szárazföldi vagy talajlakó fajra (földigiliszta). Ez azzal áll kapcsolatban, hogy a szervezeten kívül az ivarsejtekre kedvezőtlenül hatnak bizonyos ökológiai tényezők (a



128. ábra. Az önporzás (1) és a keresztmegporzás (2) vázlata a virágos növényeknél

## Jó tudni

Hermafroditos – kétnemű görög mitológiai lény, Hermész és Aphrodité fia.



126. ábra. Hermafroditizmus jelensége.  
I. *Echinococcus*: minden egyes szegmensében hím és női nemi szervek vannak; II. Éti csiga

## Jó tudni

Előfordulnak olyan esetek, amikor az organizmus először az egyik nemként funkcionál, majd bizonyos idő elteltével a másik nemként (kardfarkú hal, egyes garnéla rákok; 127. ábra). Például, az akvárium túlnépesedésekor a kardfarkú halak nőstényei a hímekre jellemző bélyegeket vesznek fel.



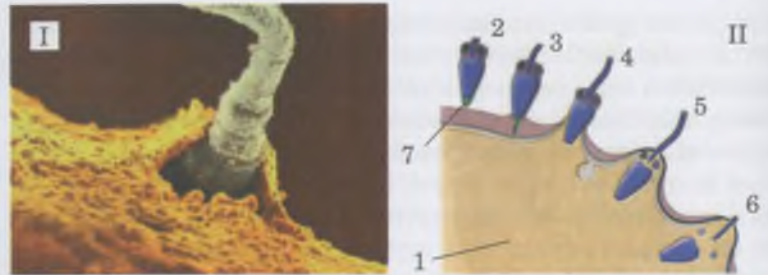
127. ábra. Nemet váltó organizmusok:  
1 – garnélarák;  
2 – kardfarkú hal

## Jó tudni

A Csendes óceán aljzatán élő soksertéjű palolo-féreg (129. ábra) mindkét nemének ivarsejtjei egyidejűleg érnek be, egy bizonyos holdfázisban. A gaméták kizárólag a test azon hátsó részében képződnek, amely leválik az előző részekből, és úszik a felső vízrétegben. Ott a gaméták bejutnak a vízbe, ahol megtörténik a megtermékenyítés. A féreg testének elülső része az aljzaton marad és regenerálódik a hátsó része. Bizonyos idő elteltével az állat újra képes a szaporodásra. Ilyen módon a palolo-féregnél az ivaros szaporodást a vegetatív szaporodás előzi meg.



129. ábra. A soksertéjű palolo-féreg



130. ábra. A spermatozoid bejutása a petesejtbe. I. Mikrofelvétel. II. Vázlat: 1 – petesejt; 2–6 – a spermatozoid a petesejttel való kölcsönhatásának egymás után következő stádiumai, és bejutása a petesejtbe (megfigyelhető, hogy a spermatozoid farka a mitokondriummal a petesejten kívül marad); 7 – akroszóma

magas vagy alacsony hőmérséklet, a kiszáradás, ultraibolya sugárzás stb.) A víz bizonyos módon elsimítja ezeket a negatív hatásokat. Ezen kívül, a víz segíti a mozgásra képes hímivarsejtek helyzetváltoztatását. A petesejtek gyakran speciális anyagokat bocsátanak ki, amelyek csak a megfelelő fajhoz tartozó spermatozoidokat vonzzák, ezzel megelőzve a fajok közötti kereszteződést.

A **belső megtermékenyítés** a női nemi szervekben történik. Ez jellemző a legtöbb szárazföldi állatra (a csigákra, a rovarokra, a hüllőkre, a madarakra, az emlősökre), illetve sok talajlakó vízben élő és parazita fajra (laposféreg, nematodák, porcos halak stb.) Ily módon a gaméták elkerülik a környezet negatív hatásait, növelve a megtermékenyítés valószínűségét. A belső megtermékenyítést gyakran kopulatív szervek biztosítják, amelyek segítségével az ivarsejtek bejutnak a női nemi szervekbe.

A megtermékenyítés során a spermatozoid bejut a petesejtbe. Ebben segítségére vannak azok az enzimek, amelyeket az akroszóma választ ki (130. ábra), ritkábban a petesejt hártyáiban lévő sajátos nyílás segíti a bejutását.

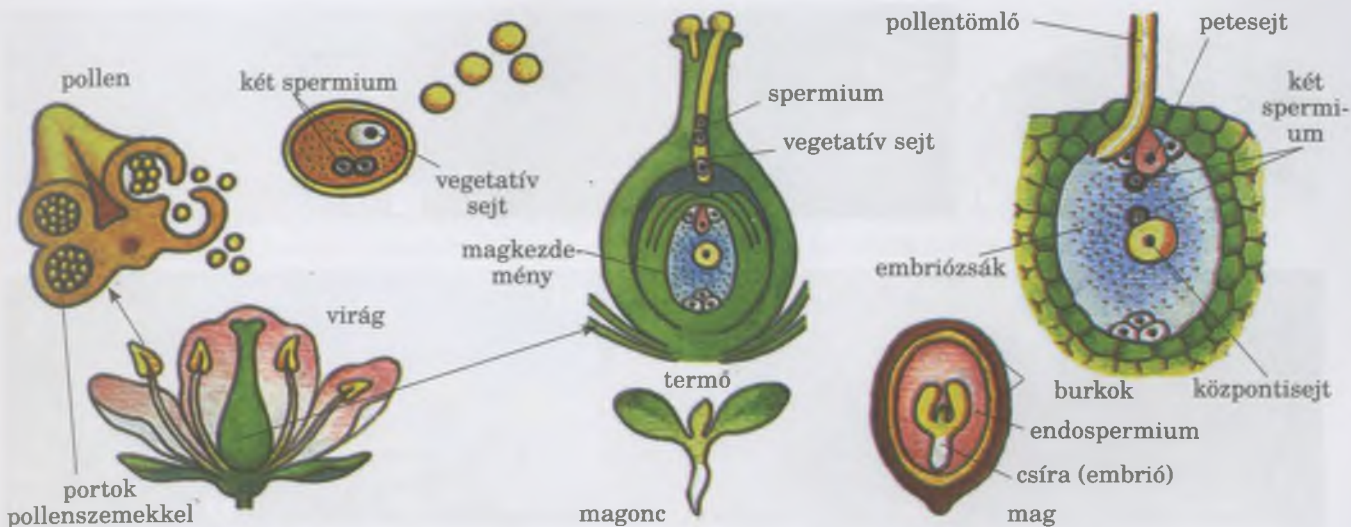
A spermatozoid és a petesejt kontaktusát megelőzi, hogy kölcsönösen felismerik egymást: A megtermékenyítés általában csak akkor lehetséges, ha a hím és női gaméták ugyanahhoz a fajhoz tartoznak. A petesejt biológiailag aktív anyagai stimulálják a spermatozoid akroszómájának felszakadását. Ennek következtében kiszabadulnak az enzimek, amelyek biztosítják a hím ivarsejt petesejtbe való bejutását. Így képződik a zigóta. A megtermékenyített petesejtben aktiválódnak az anyagcsere folyamatai, és megkezdődik a sejtosztódás.

**Milyen sajátosságai vannak a növények megtermékenyítésének? Emlékezzetek,** a moszatoknál és a magasabb rendű spórás növényeknél (a moháknál, a páfrányoknál, a korpafüveknél és a zsurlóknál) a megtermékenyítéshez vízre van szükség, amelyben a spermatozoidok a petesejt felé mozoghatnak! Virágos növényeknél (nyitvatermők és zárvatermők) a megtermékenyítést a megporzás folyamata előzi meg. **Emlékezzetek, a megporzás** a pollenszemek átkerülésének folyamata (szél, víz, állatok segítségével) a bibére (a zárvatermőknél) vagy a termőlevélre (nyitvatermőknél)!

A növények közül a zárvatermők megtermékenyítése a legösszetettebb, amit kettős megtermékenyítésnek nevezünk.



**Jegyezzük meg!** A kereszt-megtermékenyítés során a megtermékenyített petesejtben egyesül mindkét szülő örökítőanyaga. Mivel a génekészletük általában különböző, az utódok örökítőanyaga különbözik a szülőktől.



131. ábra. A virágos növények kettős megtermékenyítése.  
**Feladat:** Jellemezzétek a kettős megtermékenyítés során végbemenő folyamatokat!

A pollen rákerül a bibére, aminek a biológiailag aktív anyagai kiváltják a pollen megduzzadását, és elkezd növekedni a pollentömlő (131. ábra). A bibe biológiailag aktív anyagai kölcsönhatásba lépnek a pollen külső burkában, felismerve a kompatibilitásukat. Ez biztosítja a pollentömlő kialakulását, kizárólag a saját faj bibéjén.

A pollentömlő felső része speciális anyagot választ ki, ami fellazítja a termő szöveteit és megkönnyíti a bejutást a magházba. A pollenből a pollentömlőbe három haploid sejt kerül – egy nagy vegetatív sejt és két kisebb spermium. A vegetatív sejt részt vesz a pollentömlő létrehozásában, amely a magkezdemény speciális nyílásán (a mikropillén) keresztül jut be az embriózsákba.

Az egyik spermium egyesül a petesejttel, aminek következtében diploid zigóta jön létre, majd az embrió (csíra). A másik spermium bejut az embriózsák diploid magjába. A képződött triploid sejtből fejlődik ki az **endospermium** (gör.: *endon* – belsejében és *sperma* – mag). Az endospermium tápanyagai táplálják az embriót.

A triploid sejt képződése, amelyből később az endospermium fejlődik ki, a sejtmag DNS-tartalmának többszöröződésével jár. A haploid sejthez képest a triploid sejtből adott idő alatt több fehérje-molekula képződik. Ezért a zárvatermők csírája nagyobb tápanyagmennyiséggel rendelkezik, és gyorsabban fejlődik.

**Mi a megtermékenyítés biológiai jelentősége?** Az ivarsejtek képződésekor a kromoszóma-állomány felére csökken, míg a megtermékenyítéskor helyreáll. Ezen kívül, minden homológ kromoszómából az egyik az egyik szülőtől származik, a másik a másiktól. Tehát, a leendő egyed örökítőanyagának felét az egyik szülőtől kapja, a másikat a másiktól. Ezért az ilyen utódok genetikailag eltérnek mindkét szülőtől. Kivételt képeznek az öntermékenyülő organizmusok.

**Mi a partenogenezis?** Habár a megtermékenyítés az ivaros szaporodás jellemzője, az utódok kifejlődhetnek megtermékenyítetlen petesejtekből is **partenogenezis** (szűznem-

## Jó tudni

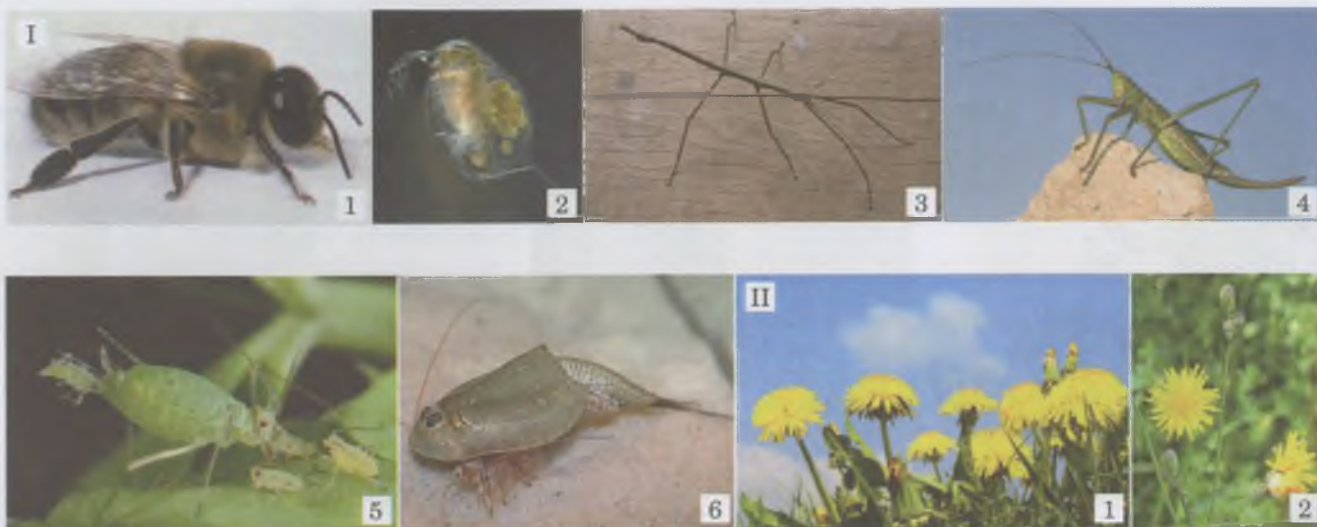
A zárvatermők kettős megtermékenyítését **Sz. H. Navasin** (132. ábra), a Szent Volodimir Kijevi Egyetem (jelenleg Tarasz Sevcenko nevét viseli) professzora írta le először, 1898-ban.



132. ábra. **Szerhij Havrilovics Navasin** (1857–1930) – elismert ukrán botanikus

**Jegyezzük meg!** A virágos növények kettős megtermékenyítése lényegében két különböző folyamatot takar, hiszen csak a megtermékenyített petesejtben fejlődik ki az embrió. A második spermium egyesülését a diploid központi sejttel, csak feltételesen nevezhetjük megtermékenyítésnek, mert a létrejövő triploid sejtből nem fejlődik ki külön szervezet, hanem csak a csíra táplálását szolgáló szövet.

**Jegyezzük meg!** A megtermékenyítés biológiai jelentősége abban áll, hogy ilyenkor visszaáll a fajra jellemző kromoszóma készlet, illetve a változékonyság egyik forrásaként szolgál.



**Jegyezzük meg!** Partenogenezis esetén az új organizmus a petesejtből fejlődik ki, de az utód fejlődését nem előzi meg megtermékenyítés. A partenogenezis az ivaros szaporodás egyik változata, habár a mechanizmusa az ivartalan szaporodásra emlékeztet.

### Röviden a lényeg

A megtermékenyítés – a hím és a női ivarsejtek egyesülésének folyamata, amely során létrejön a zigóta, amiből az új organizmus fejlődik ki.

A megtermékenyítés folyamatában részt vehet két egyed (kereszt-megtermékenyítés), vagy megtörténhet az önmegtermékenyítés (egyes hermafroditák). A virágos növényeknél a megtermékenyítést a megporzás előzi meg, ami lehet keresztmegporzás (az ilyen növényt nevezük keresztmegporzásosnak), vagy önmegporzás (önmegporzó növények). Az állatoknál a megtermékenyítés lehet belső (az ivarszervekben történik) vagy külső (az ivarszerveken kívül történik).

A virágos növényekre jellemző a kettős megtermékenyítés. Ebben a folyamatban az egyik spermium a petesejttel egyesül, zigótát képezve, amelyből kifejlődik a csíra. A másik spermium a diploid központi sejttel egyesül, amelyből később kifejlődik a csíra fejlődéséhez szükséges tápanyagokat tartalmazó embrionális szövet – az endospermium.

133. ábra, I. A partenogenezisre képes ízeltlábúak: 1 – a herék a megtermékenyítetlen petéből fejlődnek ki; 2 – A vízi bolhák képesek megtermékenyítetlen petéket rakni, amelyekből vagy bármilyen nemű egyed kifejlődhet, vagy csak nőtények; 3 – botsáska; 4 – szöcske, 5 – levéltetű, 6 – pajzsosrák. II. Partenogenezisre képes növények: 1 – gyermekláncfű; 2 – erdei hölgyfű

**zés, gör.:** *parthenos* – szűz, *leány* és *gennésis* – nemzés, szülés segítségével.

Vannak organizmusok, amelyek számára a partenogenezis a szaporodás egyetlen módja (egyes késpotrohú darazsak); másoknál (ezüstkárász, gyíkok, sórákok) vannak kétivarú és partenogenetikus populációk. A levéltetvek és a vízibolhák életciklusában az ivaros szaporodó és a partenogenetikus nemzedékek törvényszerűen váltják egymást (133. ábra, I, 2). A partenogenezis a magasabb rendű spórás és virágos növényeknél is jelen van (133. ábra, II).

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

önmegtermékenyítés és kereszt-megtermékenyítés, önmegporzás és keresztmegporzás, az állatok külső és belső megtermékenyítése, a virágos növények kettős megtermékenyítése, partenogenezis.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Milyen szervezeteket hívunk hermafroditáknak? Mi a biológiai jelentősége a hermafroditizmusnak? 2. Mi a biológiai jelentősége a megtermékenyítésnek? Milyen formái vannak a megtermékenyítésnek az állatoknál? 3. Fejtsétek ki, miért előnyösebb a belső megtermékenyítés, mint a külső! 4. Milyen folyamatok zajlanak le a spermatozoid petesejtbe való bejutásakor? 5. Mi a kettős megtermékenyítés jelentősége a zárvatermő növényeknél? 6. Mi a partenogenezis lényege és biológiai jelentősége?

### Gondolkodjatok el rajta!



1. Milyen mechanizmus akadályozza meg, hogy a petesejtet más állatfaj spermatozoidja termékenyítse meg? 2. Mi a hasonlóság és a különbség a tipikus ivartalan szaporodás és a partenogenezis között? 3. Miért jellemző a hermafroditizmus legfőképpen a parazita állatokra és azokra a fajokra, amelyek rögzült életmódot folytatnak?



## 27. §. A SZERVEZETEK EGYEDFEJLŐDÉSÉNEK SZAKASZAI. AZ ÁLLATOK EMBRIONÁLIS FEJLŐDÉSE

*Emlékezzetek, milyen fázisokból áll a sejtciklus!? Mik a hormonok, és milyen élettani jelentőségük van? Milyen szervek és sejtek képezik az ember immunrendszerét? Milyen a rovarok teljes és nem teljes átalakulása? Milyen folyamatok játszódnak le a rovarok bábjaiban?*

A megtermékenyítés után az organizmus fejlődése a zigóta sorozatos osztódásával kezdődik, később differenciálódnak a sejtek: szövetek és szervek jönnek létre.

**Az egyedfejlődés vagy ontogenezis** (gör.: *onta* – létezők, lények és *genesis* – eredet) – az egyed fejlődésének folyamata a születéstől az élete végéig (haláláig vagy az egyed osztódással való szaporodásáig). A különböző organizmus csoportoknál az ontogenezisnek megvannak a sajátosságai és ideje, ami függ a szaporodás módjától. Például, a mexikói ciprus 10 ezer évig nő; a sárkányfa 6 ezer évig. Vannak „hosszú életű” állatok is. Például, nagy csuka 1 egyede több mint 300 évig élt; a beluga hal és a nilusi krokodil 100 évig. A gerinctelen állatok közül hosszú ideig élnek az egyes tengeri rózsák (90 évig), puhatestűek (az óriáskagyló 200 évig).

Az ontogenezist embrionális és posztembrionális periódusra osztják. Embrionális (gör.: *embryon* – magzat) periódus – az embrió vagy csíra kialakulásának és fejlődésének intervalluma, ami az anya szervezetén, vagy a tojáson, vagy a magon belül történik, és a születéssel, vagy a tojásból vagy a magból való kikeléssel ér véget. Posztembrionális (lat.: *post-* – után és gör.: *embryon*) periódust méretbeli (növekedés) és minőségi (fejlődés) változás kíséri. A születéstől az egyed haláláig tart (vagy az egyed osztódással való szaporodásáig).

**Az állatok embrionális fejlődésének szakaszai.** Az állatok embrionális fejlődésének folyamata több szakaszra osztható. Először megtörténik a zigóta barázdálódása (vagy a partenogenezis esetében a megtermékenyítetlen petesejt), minek a végére létrejön az egy sejtrétegből álló embrió (blasztula). A további fejlődés során létrejön a két vagy három sejtrétegű gasztrula, kifejlődnek a szövetek és a szervek. Az embrionális fejlődés végére az embrió teljesen kifejlődik.

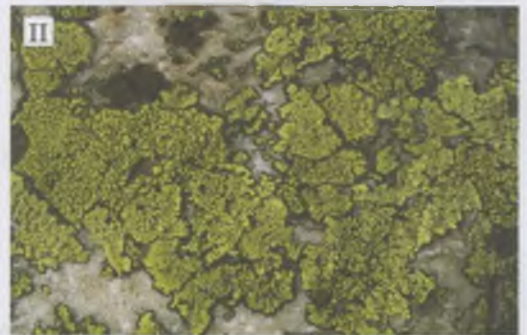
**Barázdálódás** – A zigóta többszöri egymás utáni mitotikus osztódása (135. ábra). A barázdálódás során létrejött blasztomerek (gör.: *blastos* – rügy, magzat és *meros* – rész) az interfázisban nem növekednek, méretük minden osztódás után felére csökken. Vagyis, a barázdálódás közben az embrió tömege és térfogata változatlan marad.

A barázdálódás a hólyagsíra (blasztula) létrejöttével fejeződik be (135. ábra, 1). A hólyagsíra fajonként különböző formájú, üreges képződmény, amely egy sejtrétegből áll.

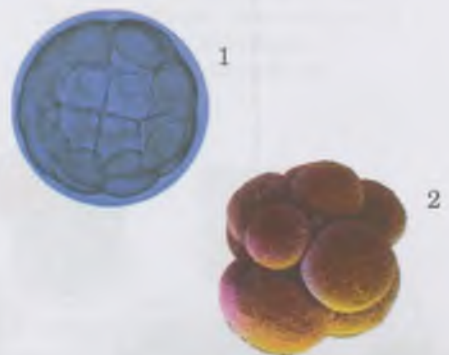
Egyes csalánozóknál laposférgeknél, ízeltlábúaknál, az emlősök többségénél a barázdálódás következtében hólyagsíra vagy szedercsíra jön létre. Olyan, mint a blasztula, ugyanakkor egymáshoz képest többé-kevésbé szorosan elhelyezkedő blasztomerek összességéből áll (135. ábra, 2). Ezután következik a sejtek differenciálódása, mely során a blasztula hasonló sejtjei, tulajdonságaikat és funkciójukat illetően specializálódnak, megváltozik a metabolikus aktivitásuk. Később ezekből fejlődnek ki az embrió különböző sejtjei.

## Jó tudni

A térképzuzmó az egyik leghosszabb életű zuzmó, életkora elérheti akár a 4500 évet (134. ábra, II). Az egyik *Anoxycalyx* szivacsfaj kora legalább 10 000 év (134. ábra, I). Ez a legnagyobb életkor az állatok körében.



134. ábra. Hosszú életű organizmusok:  
I. Szivacs az *Anoxycalyx* nemzetségből;  
II. Térképzuzmó



135. ábra. Az embrionális fejlődés barázdálódás utáni stádiuma:  
1 – hólyagsíra (blasztula);  
2 – szedercsíra (morula)

**Jegyezzük meg!** A differenciálódás vagy differenciáció (lat.: *differentiatio* – elkülönülés) a különböző sejttípusok kialakulásának folyamata az ontogenezis során. A sejtek differenciálódása következtében különböző szövetek és szervek jönnek létre. A differenciáció örökletes, mivel a különböző típusú sejtekben nem minden gén aktív. Ennek megfelelően, nem realizálódik a genotípus minden információja minden sejtben, csak azon része, amely szükséges az adott sejt differenciálódásához.



136. ábra. A gastrula képződése a betüremkedés során: 1 – blasztocöl; 2 – ektoderma; 3 – entoderma; 4 – összaj, amely az úrbélbe vezet



137. ábra. A mezoderma képződése:  
A – az embrió sejtek átkerülnek az ekto- és entoderma közötti térben, és az összaj körül helyezkednek el;  
B – az úrbél oldalsó falí kinövései betüremkednek a blasztula üregébe:  
1 – a mezodermát létrehozó sejtek;  
2 – ektoderma;  
3 – entoderma; 4 – úrbél;  
5 – a gerinchúr létrehozó sejtek;  
6 – ideglemez, amelyből az idegcső jön létre

A hólyagsíra kifejlődése után a **gasztrula** (gör.: *gastér*, *gastros* – has, gyomor) kezd kialakulni. Először két sejtréteg jön létre: a külső – **ektoderma** (gör.: *ektos* – kívülről és *derma* – bőr); és a belső – **entoderma** (gör.: *entos* – belül). Ezeket a rétegeket **csíralemezeknek** nevezzük (136. ábra). A betüremkedés helyén összaj jön létre, ami a zárt testüregbe vezet. A csalánozók embrionális fejlődése (korallpolipok és medúzák) gasztrula állapotban befejeződik. Ezeknek az állatoknak felnőtt egyedei három sejtrétegből állnak, összajuk és elsődleges testüregük (úrbélük) van.

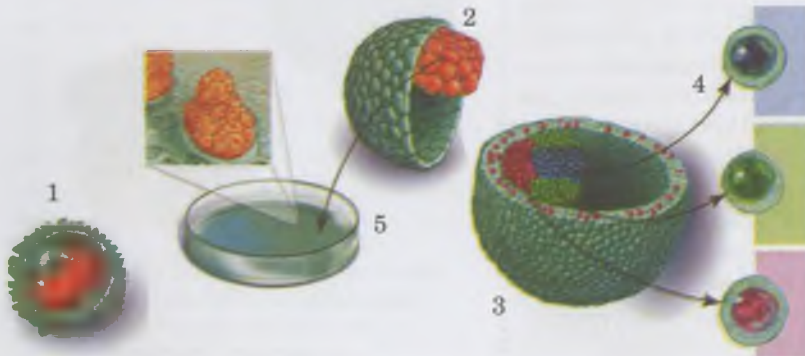
Az állatok többségénél a gasztruláció befejeződése után a külső és a belső csíralemez között kialakul a harmadik (középső) csíralemez – a **mezoderma** (gör.: *mesos* – középső; lásd: 137. ábra). A gerinchúros állatoknál a mezoderma az elsődleges testüreg oldalsó, blasztula üregébe történő, három pár betüremkedéséből fejlődik ki. Eközben az elsődleges szájnyílás (összaj) bezáródik, a száj pedig a test ellenkező oldalán fejlődik ki. Az ilyen állatokat nevezzük újszájúaknak. Azokat az állatokat pedig, amelyek megőrizték a szájnyílás elsődleges elhelyezkedését összajúaknak nevezzük (lapos és gyűrűsférgék, nematodák, puhatestűek stb.)

A két vagy három rétegű gasztrula formálódásakor történik a **hisztogenezis** (gör.: *histos* – szövet és *genesis* – keletkezés, eredet). Ez olyan folyamatok összessége, amelyek biztosítják különböző szövetek létrejöttét a különböző csíralemezekből. Ennek folyamatában fontos szerepet játszanak a sejtek közötti kölcsönhatások, a biológiai aktív anyagok hatásai stb.

A hisztogenezisben résztvevő sejtek lehetnek embrionális őssejtek, elődsejtek, felnőtt (vagy szöveti) őssejtek. Az **embrionális őssejtek** nem differenciálódtak, és a szövetek képződése vagy megújulásra (regenerációja) közben új sejteket képeznek (138. ábra). Például, az emlősöknél a vérképző szervek embrionális őssejtjeiből jönnek létre az eritrociták, a leukociták, és a trombocitákat létrehozó sejtek. Az embrionális őssejt osztódásakor az egyik utódsejt differenciálódik, a másik őssejt változatlan marad. Az embrionális őssejtek, más sejtekkel ellentétben, képesek gyakorlatilag végtelenszer osztódni. Ezen kívül, ellenállóak a negatív hatásokkal szemben.

Az **elődsejtek** differenciáltak, de megőrzik osztódó képességüket. A **szöveti** őssejtek megtalálhatók bizonyos szövetekben és képesek az osztódásra.

A szövetek létrejöttével (a hisztogenezissel) egy időben megtörténik az **organogenezis** (gör.: *organon* – eszköz, szerv



138. ábra. Őssejtek: 1 – az őssejtek osztódása; az utódaik (2) differenciálódnak (3) és különböző típusú szövetek sejtjeit hozhatják létre (4); 5 – az őssejteket mesterséges körülmények között sejtenyészetekben is lehet tartani

és *genesis* – keletkezés) is, ami a szervek és a szervrendszerek kifejlődését jelenti.

**Milyen sajátosságai vannak az organogenezisnek a gerinchúros állatoknál?** A gerinchúros állatok organogenezisének több egymás utáni szakasza van. Így van ez az idegcső és más szervek kifejlődése során, amikor a fiatal egyedekben a felnőttekre jellemző tulajdonságok kialakulnak (139. ábra).

Az idegcső kifejlődése, a mezoderma létrejötte után kezdődik meg. Az ektodermából jön létre az ideglemez, amelynek oldalsó szélei felkunkorodnak, és idegcsővé egyesülnek. Speciális biológiailag aktív anyagok határozzák meg, hogy az idegcső melyik végén fejlődik ki az agy. Az idegcső feletti ektoderma összenő, és létrehozza a bőr epitéliumát. A gerincesek embrióiban az idegcső elülső része öt elsődleges agyhólyagra oszlik, amelyek az öt agyrésznek felelnek meg. A köztiagy mindkét oldalánál kialakulnak a szemhólyagok, amelyekből kifejlődnek a szemek.

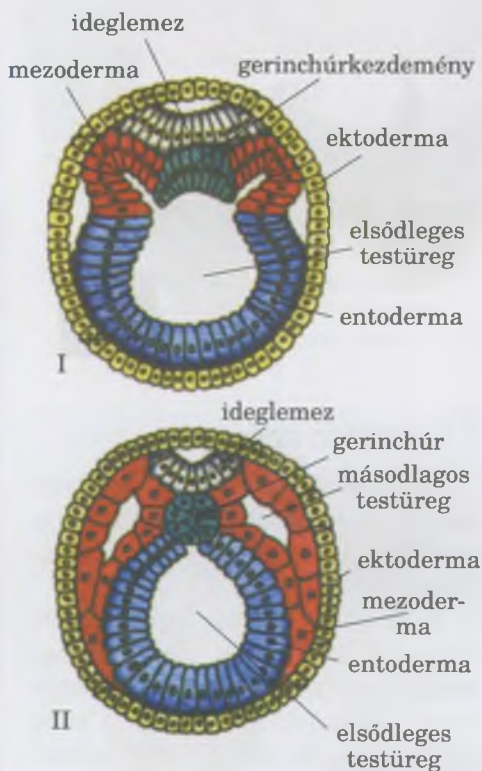
Az idegcső kialakulásával egyidejűleg alakul ki a gerinchúr és a bél. *Emlékezzetek:* a gerinchúr a gerinchúrosok vázának alapja, csak egyes csoportoknál marad meg teljes élethosszig (tokhalak és tüdőshalak stb.) A legtöbb gerinchúrosnál csak az embriók rendelkeznek gerinchúrral, a felnőtteknél felváltja a porcos, csontos gerincoszlop.

A különböző szövetek, szervek és szervrendszerek formálódásában különböző csíralemezek vesznek részt. A gerinceseknél az ektodermából jön létre az idegszövet, az érzékszervek, a kültakaró (*epidermisz*) és a bőrmirigyek, az elő és utóbél, a kétéltűek külső kopoltyúja stb. Az entodermából fejlődnek ki az emésztőszervek és az emésztőmirigyek (máj, hasnyálmirigy), az úszóhólyag, a belső kopoltyúk, a tüdő, a belső elválasztású mirigyek (például, agyalapi mirigy, pajzsmirigy) egyes részei. A mezoderma-ból az izmok, a porcos és a csontszövet, a vér- és a nyirokerekek, a szív, az ivarmirigyek, a kiválasztó szervek vezetékei, a bőr kötőszövetei (irha), a mellhártya (pleura), a testüreg epitéliumai, a szívburok (pericardium).

**Milyen feltételek biztosítják az állatok embrióinak normális fejlődését?** A többsejtű állatok fejlődése összetett, összhangban történő folyamatok összessége. Olyanoké, mint a sejtosztódás, a sejtmigráció, a sejtkölcsönhatás és differenciáció. Ezeket a gének aktivitása, a biológiailag aktív anyagok hatása és a sejtek közötti kölcsönhatás szabályozza.

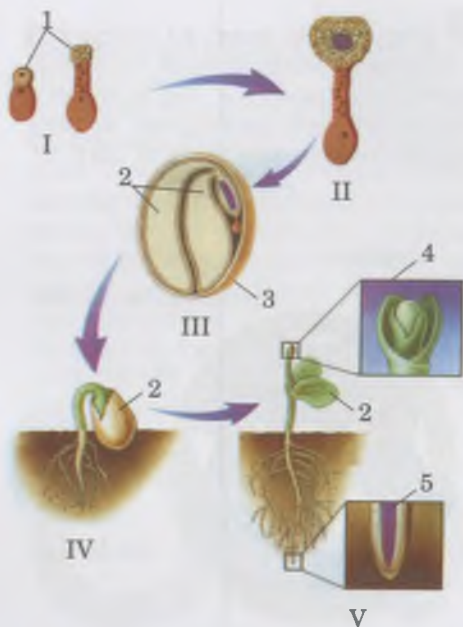
**Milyen sajátosságai vannak a magasabbrendű növények embrionális fejlődésének?** Magasabb rendű növényeknél a zigóta osztódása következtében merisztémák jönnek létre, amelyek később létrehozzák a szöveteket és a szerveket. *Emlékezzetek,* a zárwatermők csírája (embriója) gyököcskéből és rügyecskéből áll! A rügyecskén vannak az első levelek – egy vagy két sziklelevél (140. ábra). A rügyecske és a gyököcske csúcsán helyezkedik el a tenyészőkúp, amelyet a merisztéma hoz létre. Ezek biztosítják az adott szervek növekedését. A nyitwatermők és a zárwatermők embriói a tápanyagot tartalmazó magban találhatóak, amit magháj borít.

**Jegyezzük meg!** Az ideglemez és az idegcső kialakulásának folyamatát neurulációnak nevezzük, míg az ebben a stádiumban lévő gerinchúros embriót idegcsírának (neurulának) (139. ábra, II).



139. ábra. Az organogenezis – az embrió szerveinek kialakulása. **Feladat:** Elemezzétek a gasztrula (I) és a neurula (II) felépítését! Találjátok meg a változásokat, amelyek a neurula stádiumban történnek!

**Jegyezzük meg!** A szabályozó mechanizmusokra ható bármely negatív tényező kiválthat fejlődési rendelleneséget vagy akár az embrió pusztulását.



140. ábra. A zárva-termők magjának fejlődése és növekedése: I – az embrionális fejlődés kezdeti szakaszai (1 – csíra); II – szövetek képződése; III – magképződés (2 – sziklevek; 3 – magháj); IV – földfeletti csírázás (sziklevek kiemelkednek a talajból); V – a merisztéma hatására végbemegy a szövetek és a szervek (4 – a hajtás csúcsmerisztémája; 5 – a gyökér csúcsmerisztémája) további fejlődése.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

ontogenezis, embrionális és posztembrionális fejlődési periódus, barázdálódás, blasztula, gasztrula, ekto-, ento- és mezoderma, organogenezis.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Határozzátok meg az „ontogenezis” fogalmát! 2. Milyen szakaszai vannak az ontogenezisnek? 3. Mi a barázdálódás? 4. Milyen a hólyagcsíra felépítése? 5. Milyen a gasztrula felépítése? 6. Hogyan képződik a középső csíralemez, a mezoderma? 7. Mi a histogenezis és az organogenezis?

### Gondolkodjatok el rajta!



1. Mivel magyarázható, hogy a barázdálódás közben a blasztomerek nem növekednek? 2. Mivel magyarázható, hogy a fiatalkori dohányzás, alkohol- és kábítószer-fogyasztás negatívan hathat a leendőbeli utódokra?



### Röviden a lényeg

A többsejtű állatok embrionális fejlődése a barázdálódással kezdődik. Ennek következtében blasztula vagy morula jön létre.

A következő szakasz a gasztruláció, vagyis a blasztulából két sejtrétegű embrió (gasztrula) keletkezik. A továbbiakban az állatok többségénél a külső (ektoderma) és a belső (entoderma) csíralemezek után kialakul a harmadik (a középső) is – a mezoderma. Ezekből az embrionális szövetekből fejlődnek ki a szövetek és a szervek.

Az embriogenezis során végbe megy a differenciálódás, vagyis a sejtek, a szövetek, a szervek felépítésének és funkciójának megváltozása. A histogenezis és az organogenezis során létrejönnek, formálódnak a szövetek, a szervek és a szervrendszerek. A histogenezisben részt vesznek az embrionális őssejtek (új sejteket hoznak létre), az elődsejtek és a szöveti őssejtek. Minden egyes csíralemezből a megfelelő struktúrák jönnek létre.



**Jegyezzük meg! Embrionizáció** – az embrionális fejlődés meghosszabbodása annak következtében, hogy a magzat az anyai szervezet (méhlepényes emlősök, egyes porcos halak), vagy a tojás (hüllők, madarak) tápanyagaival táplálkozik.

## 28. §. A POSZTEMBRIONÁLIS FEJLŐDÉS ÉS A SZERVEZETEK NÖVEKEDÉSE

*Emlékezzetek az állatok posztembrionális fejlődésének típusaira! Hogyan történik a zárva-termő növények posztembrionális fejlődése? Mi a regeneráció? Mik a hormonok, a neurohormonok és a fitohormonok? Mi az életsiklus? Mi a partenogenezis?*

**A posztembrionális fejlődés az állati és az emberi az élet azon periódusa, amely a megszületéssel (vagy az embrió körülvívó burokból való kikeléssel) kezdődik, és a halálig tart.** Ebben az időszakban a szervezet növekszik, fejlődik, képessé válik a szaporodásra, öregszik és meghal.

Egyes állatok (141. ábra) a szaporodás után azonnal elpusztulnak, szintúgy a többsejtű, egynyári növények többsége. Náluk a posztembrionális fejlődésnek két szakasza van: **szaporodás előtti** (nem ivarérett szervezetek) és **reproduktív** (amikor már képesek szaporodni). Másoknál a reprodukív periódus viszonylag hosszú ideig tart (a gerincesek többségénél, a folyami ráknál, egyes rovaroknál, pókféléknél, puhatestűeknél, évelő növényeknél stb.) Ezután a halál nem azonnal áll be, hanem bizonyos idő elteltével (a rovaroknál néhány napig, néhány évig vagy évtizedig is tarthat a nagytestű emlősöknél, a fáknál stb.) Ez az **öregedés periódusa**, amikor fokozatosan csökken az anyagcsere aktivitásának szintje, és visszafordíthatatlan változások következnek be a szervezetben.

Az állatok posztembrionális fejlődése lehet közvetlen vagy közvetett (142. ábra). **Közvetlen fejlődésnél** az állat már születésekor hasonlít a kifejlett egyedre (142. ábra, I).

Az embrionizáció biológiai jelentősége az, hogy az állat a fejlettség magas szintjén születik vagy kel ki a tojásból, ami csökkenti a szervezet érzékenységét a környezeti hatásokkal szemben. Az ilyen szervezet világrajjöttét **valódi elevenszülésnek** nevezzük.

Ha az embrió a tojás tartaléktápanyagait felhasználva fejlődik az anya szervezetében, és a tojásból az anyai szervezeten belül kel ki, akkor ezt **tojás elevenszülésnek** nevezzük (egyek gyíkok, kígyók, a guppi és a mexikói kardfarkú akvárium halak példák erre).

Amikor az embrió az anyai szervezeten kívül fejlődik ki a tojásban, és a fiatal szervezet a tojáshéj felrepedése után közvetlenül a külső környezetbe kerül, akkor **kelésről** beszélünk (a hüllők többsége, madarak, ízeltlábúak, csalánozók).

Közvetlen fejlődés jellemző egyes csalánozókra (hidra), kevésstérű férgek, rákokra (vízibolha, folyami rák), pókokra, némely puhatestűre (édesvízi és szárazföldi csigák), porcos halakra, hüllőkre, madarakra, emlősökre.

A **közvetett fejlődést** a szervezet felépítésének jelentős változásai kísérik. Ennek eredményeként a lárva kifejlett egyedé válik (142. ábra, II). A **lárva** sok olyan gerinctelen (a csalánozók többsége, laposférgek, gyűrűsférgek, puhatestűek, atkák, rovarok stb.) és néhány gerinces állat (csontos halak, kétéltűek) posztembrionális fejlődési szakasza.

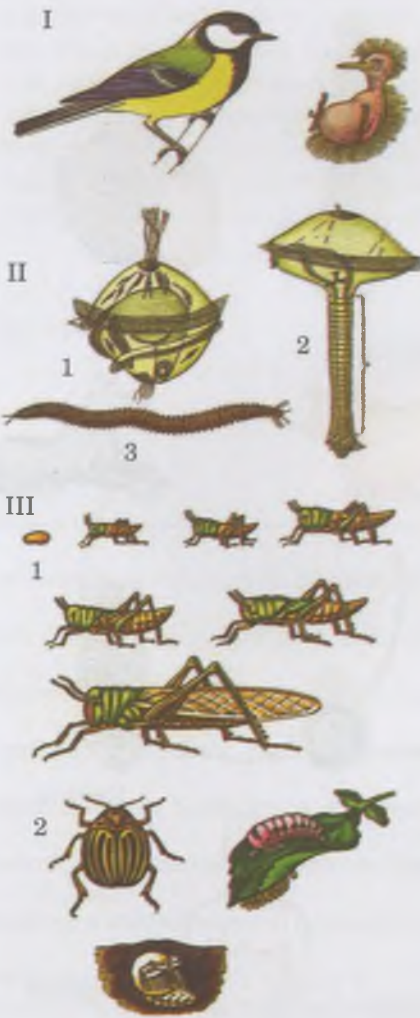
A közvetett fejlődés néhány egymás utáni szakaszból (fázisból) áll. Ezek mindegyikére jellegzetes felépítés és élettevékenység jellemző. Például, a rovarok ontogenezisének, ha nem teljes átalakulással fejlődnek (poloskák, szitakötők, csótányok, egyenesszárnyúak, tetvek): pete, lárva, kifejlett rovar (imágó) fázisokat különböztetünk meg. Vagy, ha teljes átalakulással fejlődnek, akkor pete, lárva, báb, imágó fejlődési szakaszokról beszélünk (lepkék, bogarak, hártýásszárnyúak, bolhák esetében). Teljes átalakulásnál különösen fontos szerepe van a bábállapotnak, amikor gyökeresen átalakul a szervezet. *(Elevenítsétek fel ezzel kapcsolatban tudásotokat!)*

A közvetett fejlődés néhány fontos biológiai folyamatot biztosít, amely segíti a faj fennmaradását. **Táplálkozási funkció:** A fejlődés meghatározott szakaszában az állatnak nagymennyiségű táplálékot kell felvennie, hogy befejeződhessen a fejlődése. A **tartalékok takarékos felhasználásának** lényege az, hogy a fejlődés különböző fázisai sokszor térben elkülönülnek egymástól – mind a táplálkozás tárgyát, mind pedig a módját tekintve. **Elterjedést szolgáló funkció:** a rögzült életmódot folytató, és a lassú mozgású állatok lárvai képesek szétterjedni. *(Elevenítsétek fel tudásotokat ezekkel kapcsolatban!)*

**Mi az életciklus?** Az életciklusok a fajok folytonosságát biztosítják. Megkülönböztetünk egyszerű és összetett élet-



141. ábra. A szaporodás után közvetlenül elpusztuló állatok: 1 – kérész; 2 – gorbusa lazac



142. ábra. Közvetlen és közvetett fejlődésű állatok. I. A madarak közvetlen fejlődése.

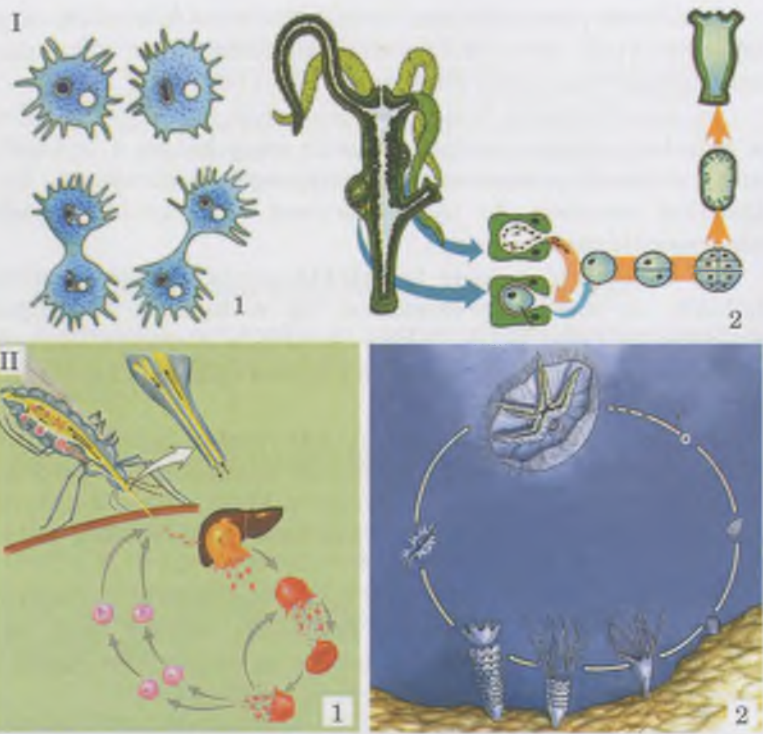
II. A nereis féreg közvetett fejlődése:

1 – lárva; 2 – a lárva új szegmenseinek fejlődése; 3 – kifejlett féreg. III.

Rovarak közvetett fejlődése: 1 – nem teljes átalakulással; 2 – teljes átalakulással

**Jegyezzük meg!** Az életciklus – több egymás utáni nemzedék fejlődési szakasza közötti rész.

**Jegyezzük meg!** Az összetett életciklus nemzedékváltakozással jár, mely nemzedékek különböző módon szaporodnak (ivaros vagy ivartalan módon), biztosítva a populáció egyedszámának fenntartását a környezet különböző feltételei mellett.



143. ábra. Életciklusok: I. Egyszerű életciklusúak: 1 – óriásamóba; 2 – hidra. II. Az ivaros és ivartalan nemzedék váltakozása által összetett életciklusúak. 1 – A malária plazmódium életciklusa. 2 – A fűlesmedúza életciklusa.

**Feladat:** Felhasználva a hetedik osztályban tanultakat, emlékezzetek vissza ezen életciklusokról tanultak részleteire!



144. ábra. Az echinococcus életciklusa. **Feladat:** A hetedik osztályban tanultak alapján írjátok le az életciklusát!

ciklust. Egyszerű életciklus esetén az ivaroson és az ivartalanul szaporodó nemzedékek nem különböznek nagymértékben egymástól. Ilyen életciklusa van sok egysejtű szervezetnek, a hidrának, a nematodák többségének, a puhatestűeknek, gerinchúrosoknak (143. ábra, I).

Az összetett életciklus nemzedékváltakozással jár együtt, amely során mindegyik nemzedék felépítésében, egyedfejlődésében, kromoszómakészletében, szaporodási formájában, különbözik a többitől (143. ábra, I). Egyes barnamoszatoknál, vörösmoszatoknál és a magasabbrendű spórás növényeknél, váltja egymást az ivaros (döntően haploid) és az ivartalan (döntően diploid) nemzedék. Például, a véglényeknél (likacsoshéjúak, malária plazmódium) és a csalánozóknál törvényszerűen váltakoznak az ivaroson és az ivartalanul szaporodó nemzedékek.

Egyes laposférgeseknél (métélyeknél) és ízeltlábúaknál (vízibolhák, levéltetvek) az életcikluson belül ivaroson és partenogenezissel szaporodó nemzedékek váltakoznak. Az ivaroson és szűznemzéssel szaporodó nemzedékek váltakozásának fontos biológiai jelentősége van, azon szervezetek körében, amelyek változó környezeti feltételek között élnek, és a kedvezőtlen időszakokban nem tudnak aktív életmódot folytatni. Az ivaros szaporodás biztosítja a faj folytonosságát, a szűznemzés pedig lehetővé teszi, a kedvező időszakok lehető legjobb kihasználását a faj egyedszámának gyors növelésére.

## Jó tudni

Az ivarosán és ivartalanul szaporodó nemzedékek váltakoznak az olyan emberi és állati paraziták életciklusában, mint amilyen az echinococcus és az alveococcus. Ezeknél a galandférgenél a borsókának nevezett stádiumban ivartalan szaporodással új, kapaszkodó szervekkel ellátott fejkezdemények képződnek (144. ábra). Az alveococcus cisztái kiszakadhatnak, és a vérrel áramolva más szervekbe juthatnak, ami a rákos megbetegedések áttéteire emlékeztet. Gyógykezelés hiányában ez a gazdaszervezet halálát okozhatja. Az ember akkor fertőződhet meg echinococussal és alveococussal, amikor olyan kóbor kutyát simogat, amelynek szőrén e paraziták petéi találhatók.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

közvetlen és közvetett fejlődés, egyszerű és összetett életciklus.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Jellemezzétek a közvetlen fejlődést! 2. Mi az embrionizáció? És mi ennek a biológiai jelentősége? 3. Milyen funkciót lát el a fejlődés lárvastádiuma a fajfenntartás szempontjából? 4. Milyen életciklust nevezünk egyszerűnek, és melyet összetettnek? 5. Milyen változatai vannak az állatok és a növények összetett életciklusának, nemzedékeik változásának?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



A virágos növényeknél az ivaros és ivartalan nemzedékek váltakozása figyelhető meg. Gondolkodjatok el rajta, mi képviseli ezeket a nemzedékeket!



## Röviden a lényeg

Az állatok és az ember posztembrionális fejlődése a születéssel (vagy kikeléssel) veszi kezdetét és az egyed haláláig tart. A posztembrionális fejlődés lehet közvetlen és közvetett. A közvetlen fejlődés esetén olyan fiatal utód jön a világra, amely hasonlít a felnőtt egyedre, de méretei kisebbek. A közvetett fejlődés esetén a fiatal egyed (lárva) nem hasonlít testfelépítésében és életműködésében a felnőtt egyedre.

Az életciklus két vagy több egymást követő nemzedék hasonló életszakaszai közötti fejlődés. Az életciklusok biztosítják a faj folytonosságát. Az életciklusok lehetnek egyszerűek vagy összetettek. Az egyszerű életciklus esetén az egymás utáni nemzedékek felépítésükben és egyedfejlődésük sajátosságaiiban hasonlítanak egymásra. Az összetett életciklus nemzedékváltakozással történik, amelyben minden nemzedék felépítésében, fejlődésében, kromoszómakészletében, szaporodásában eltér.

## TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK

Válasszátok ki a helyes feleletet!

1. Mutassatok rá a gametogenezis azon stádiumára, amelyikben meiózis történik: a) szaporodás; b) növekedés; c) érés; d) formálódás!
2. Mutassatok rá a diploid elődsejt meiózisa során keletkező haploid petesejtek mennyiségére: a) 1; b) 2; c) 3; d) 4!
3. Hogy nevezzük azt a szaporodást, melynek során a soksejtű részek leválnak a szervezetről: a) ivaros; b) vegetatív; c) partenogenezis; d) poliembriónia?
4. Hogyan nevezzük a gaméták egyesülésével járó szaporodást: a) kopuláció; b) vegetatív; c) partenogenezis; d) konjugáció?
5. Mutassatok rá, mely növénycsoportra jellemző a kettős megtermékenyítés: a) mohák; b) páfrányok; c) nyitvatermők; d) zárvatermők!
6. Mutassatok rá, mely állatcsoportra jellemző a közvetlen fejlődés: a) rovarok; b) porcos halak; c) csontos halak; d) soksertéjű gyűrűsférgék!
7. Mutassatok rá az embrionális fejlődés azon stádiumára, amelyben kifejlődnek a csíralemezek: a) barázdálódás; b) blasztula; c) gasztrula; d) morula!
8. Nevezzétek meg a meiózis közben végbemenő, egymás utáni osztódások számát: a) 2; b) 3; c) 4; d) 1!
9. Mutassatok rá, mikor történik meg a homológ kromoszómák konjugációja: a) a mitózis alatt; b) az első meiotikus osztódás alatt; c) a második meiotikus osztódás alatt; d) az interfázisban!
10. Mi a transzkripció: a) az információ átadása a DNS-molekuláról a mRNS-molekulára; b) az aminosavak szállítása a fehérjemolekulák szintézisének helyszínére; c) az aminosavak kapcsolódása a polipeptid lánchoz; d) a fehérje-molekula aktívává válása?
11. Hol szintetizálódnak a fehérje-molekulák: a) a Golgi-készülék membránján; b) a lizoszóma membránján; c) a durva felszíni endoplazmatikus hálózat membránján; d) a sima felszíni endoplazmatikus hálózat membránján?

Asszociációs teszt

12. Társítsátok az emlősök gametogenezisének stádiumait a bennük lezajló történésekkel!
- 1 szaporodás                      **A** a spermatozoidok citoplazmájának tömörödése, a petesejt külső burkának létrejötte  
 2 növekedés  
 3 érés                                **B** az elsődleges ivarsejtek egymás utáni mitotikus osztódása  
 4 formálódás                      **C** a sejtek méretének növekedése  
                                          **D** meiózis
13. Társítsátok a mitózis fázisait a bennük lezajló történésekkel!
- 1 profázis                          **A** a homológ kromoszómák konjugációja  
 2 metafázis                        **B** a kromatidok egymástól való eltávolodása  
 3 anafázis                         **C** a kromoszómák a sejt központi részében helyezkednek el  
 4 telofázis                         **D** sejtmaghártya létrejötte  
                                          **E** eltűnnek a magvacskák
14. Társítsátok a meiózis fázisait a bennük lezajló történésekkel!
- 1 I. profázis                        **A** crossing over  
 2 II. metafázis                    **B** a kromatidok egymástól való eltávolodása  
 3 I. anafázis                       **C** a homológ kromoszómák egymástól való eltávolodása  
 4 II. telofázis                    **D** A kromoszómák a sejt központi részében helyezkednek el  
                                          **E** a magvacskák formálódása
15. Társítsátok a gerinchúros állatok embrionális fejlődésének stádiumait a bennük lezajló történésekkel!
- 1 blasztula                         **A** az idegcső létrejötte  
 2 morula                            **B** üreges belsejű, egy sejtrétegű embrió létrejötte  
 3 gasztrula                        **C** a sejtek betüremkedése révén létrejövő embrió  
 4 neurula                           **D** merisztéma szövet kialakulása  
                                          **E** három sejtrétegű embrió kialakulása

Jelöljétek ki 3 helyes választ a felajánlott válaszlehetőségek hármass csoportjaiból!

16. Nevezzétek meg azon RNS-molekula funkcióját, amely részt vesz a fehérje-molekulák szintézisében!

mRNS	tRNS	rRNS
1) szállítja az aminosavakat a fehérjeszintézis helyszínére	1) a riboszómák alegységeit alkotja	1) szállítja az aminosavakat a fehérjeszintézis helyszínére
2) a fehérje molekulák struktúrájáról szóló információt őrzi	2) szállítja az aminosavakat a fehérjeszintézis helyszínére	2) a fehérje molekulák struktúrájáról szóló információt őrzi
3) biztosítja a fehérje-molekulák szerkezetéről szóló információk eljutását a szintézis helyszínére	3) biztosítja a fehérje molekulák szerkezetéről szóló információk eljutását a szintézis helyszínére	3) a riboszómák az egységeit alkotja

Nyílt végű feladatok

17. A mitotikus és a meiotikus osztódások során miért tűnik el a sejtmaghártya? Támasszátok alá a választókat!
18. Előfordul-e a meiotikus osztódás azoknál az organizmusoknál, amelyek nem szaporodnak ivaros módon? Támasszátok alá a választókat!
19. Mi a jelentősége az interfázisnak az eukarióta sejtek ciklusában?
20. Milyen struktúrák vesznek részt a mitotikus és a meiotikus osztódásokban? Mi a funkciójuk az osztódás során?
21. A DNS-molekulák replikációjának módját félkonzervatívnak nevezzük. Magyarazzátok meg, miért!
22. Mi a hasonlóság és a különbség a spermatozoidok (spermiumok) és a petesejtek képződésében az emlősöknél, illetve a virágos növényeknél?
23. Mi a hasonlóság és a különbség a vegetatív szaporodás és más ivartalan szaporodási módok között?
24. Miért dominál a szárazföldi állatoknál a belső megtermékenyítés? Támasszátok alá a választókat!
25. Mi a kapcsolat a hisztogenezis és az organogenezis között?
26. Mi a funkciója az ivaros és az ivartalan nemzedékeknek az összetett életciklus során?





## 5. TÉMA. A BÉLYEGEK ÖRÖKLŐDÉSÉNEK TÖRVÉNYSZERŰSÉGEI

Ebben a témában megismerkedhettek:

- az öröklődésmenet alapvető törvényszerűségeivel;
- a genotípus és a külső környezet tényezőinek szerepével a szervezetek fenotípusának kialakításában;
- a kapcsolt öröklődés jelenségével és az örökletesség kromoszóma-elméletével;
- a nemek genetikájával és a nemhez kötött öröklődéssel;
- az organizmusok változékonyságának formáival;
- a mutáció fajtáival, okaival és következményeivel;
- a modern molekuláris genetikai kutatási módszereivel.

### 29. §. A GENETIKA, MINT AZ ÖRÖKLŐDÉS TÖRVÉNYSZERŰSÉGEIVEL ÉS A SZERVEZETEK VÁLTOZÉKONYSÁGÁVAL FOGLALKOZÓ TUDOMÁNY

*Emlékezzetek*, mi a kromoszóma, a gén, a genom, a kariotípus! Mik a homológ kromoszómák, az allél gének, a lókuszt? Mik az antigének és az antitestek? Az ember milyen vércsoportjai ismertek? Mi határozza meg a vércsoportokat? Milyen a plazmamembrán felépítése? Milyen funkciókat láthatnak el a sejtmembránban található receptor-molekulák?

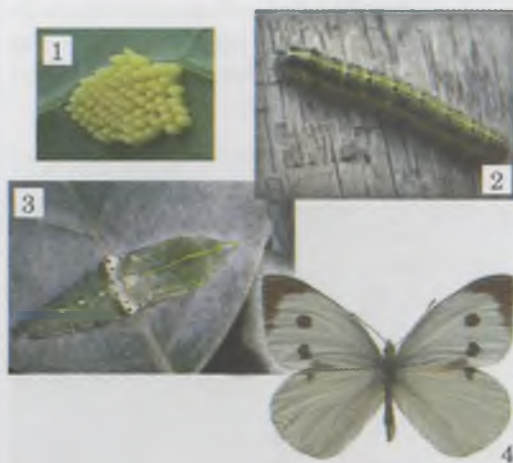
Mit vizsgál a **genetika**? Miért hasonlítanak a gyermekek a szüleikre? Mi az oka annak, hogy egyazon faj egyedei többékevésbé hasonlítanak egymásra, míg más fajok egyedeihez általában nem? Az ok abban rejlik, hogy minden szervezet univerzális tulajdonsága az öröklődés, aminek köszönhető a generációk közötti genetikai kapcsolat.

Ti is tapasztaltatok már, hogy a szervezetetek, akárcsak más emberek szervezetete, az élet során változik. Ugyanez történik más szervezetekkel is (145. ábra). Ezen kívül, nehezen találni két azonos korú és azonos fajú, egyforma egyedet. Ennek oka egy másik univerzális biológiai törvényszerűség: a **változékonyság**.

Az öröklődés és változékonyság – az élő szervezetek ellentétes tulajdonigai. Az öröklődésnek köszönhető a biológiai fajok állandósága. A változékonyság eredményeként keletkeznek az új bélyegek és változataik, azaz lehetővé válik új fajok létrejötte és a bioszféra egészének történelmi fejlődése.

A két általános biológiai jelenség, az öröklődés és a változékonyság képezi a **genetika** (gör.: *genesis* – eredet, származás) tudományának vizsgálati tárgyát. Születésének dátumát 1900-ra teszik, amikor három tudós, a holland Hugo de Vries, a német Karl Erich Correns és az osztrák Erich von Tschermak növényi hibridizációs kísérlet során – egymástól függetlenül – újra feltárták a genetika törvényeit, amelyeket

**Jegyezzük meg!** Az öröklődés organizmusok képessége arra, hogy a saját bélyegeiket és egyedfejlődésük sajátosságait átadják utódaiknak.



145. ábra. A lepkék fejlődésének fázisai: pete (1) – hernyó (2) – báb (3) – lepke (4).

**Feladat:** Magyarazzátok el, hogyan változik a lepke szervezete a fejlődésének fázisaiban!

**Jegyezzük meg!** A változékonyság a szervezetek képessége az új bélyegek megszerzésére az egyedfejlődés során.



146. ábra. A genetika létrehozásában résztvevő tudósok: 1. **Gregor Johann Mendel** (1822–1884) – cseh szerzetes és kutató, leírta az öröklődés törvényeit; 2. **Hugo de Vries** (1848–1935) – holland botanikus és genetikus, a „mutáció” szakkifejezés megalkotója; 3. **Carl Correns** (1864–1933) – német biológus, elismert tudós a botanika és a mikológia területén; 4. **Eric Tschermak** (1871–1962) – osztrák genetikus, a kultúrnövények keresztezésével foglalkozott; 5. **William Bateson** (1861–1926) – angol tudós, aki a „genetika” megnevezés ajánlotta



147. ábra. Példák a különböző fénekre: Az *Anixa* nemzetségbe tartozó csiga házáinak különböző színű variánsai

## Jó tudni

A **fenetika** tudománya a fének megjelenésének, és a különböző fajok populációiban való eloszlásának törvényszerűségeit vizsgálja.



148. ábra. A nappali pókhálós lepke tavaszi (1) és nyári (2) formája



**Jegyezzük meg!** Az egyed genotípusa az élete során nem változik. Az egyedfejlődés során a fenotípusa változik.

korábban Gregor Mendel cseh tudós fedezett fel. A „genetika” megnevezést az új tudományterület számára W. Bateson, angol tudós javasolta 1906-ban.

Milyen szakkifejezéseket alkalmaznak a **genetikában**? Az emberi szervezet szomatikus sejtek milliárdjaiból áll, ezek mindegyikének teljesen azonos a génkészlete. Mindegyik nem ivari sejtben azonos kromoszómakészlettel rendelkező mag található (egy-egy sejtet leszámítva). (Elevenítsétek fel ezekkel kapcsolatos tudásotokat!) Mindegyik kromoszóma egy hosszú DNS-molekulát tartalmaz, ez kódolja a fehérjemolekulákat és az RNS-molekulát.

Egy meghatározott gén különböző alléljai valamely jelleg különböző változataiért felelnek. Valamely bélyeg egyes változatait **fén**-eknek (gör.: *phaino* – megmutatkozni, megjelenni) nevezzük (147. ábra). Az egyes fénekre példa a veteményborsó szemeinek sárga vagy zöld színe, az ember kék vagy barna szemszíne.

A genotípus és a környezeti tényezők kölcsönhatása következtében alakul ki a **fenotípus**, azaz a szervezet valamennyi bélyegének és sajátosságainak összessége. A 148. ábrán a nappali pókhálós lepke két fenotípusa látható. Ha a lepke alacsony hőmérsékleten fejlődött és kelt ki a bábból (tavaszi forma), akkor szárnyának az alapszíne (1) téglavörös lesz. Ha a báb magas hőmérsékleten (nyári forma) fejlődött, a pillangó szárnyának alapszíne sötét árnyalatú (2).

Hogyan tudnak az allél gének kölcsönhatásba lépni egymással? Egyes gének mutációja új allélok megjelenésével jár, amelyekből több tucat, vagy annál is több lehet. A diploid (amikor minden kromoszómának van párja) szervezet meghatározott génjének két egyforma vagy eltérő allélja lehet. Eközben az egyes gének alléljai elnyomhatják más allélok megjelenését. Ilyen esetben csak az egyik bélyeg változatai jelennek meg, miközben a másik változat mintha eltűnne.

Az egyik allél másik általi elnyomását **dominanciának** nevezzük. Például, ha a paradicsom termésének piros színét meghatározó allél dominál, a sárga színt megjelenítő allél felett (149. ábra); az embernél a barna szemszínt hordozó gén dominál, a kék szemszínt hordozó gén felett. A domináns allélok a latin ábécé nagybetűivel (**A, B, C, D**), a megfelelő recesszív allélok kis betűkkel (**a, b, c, d**) jelöljük.

Milyen kombinációkban kapcsolódhatnak az allél gének a szervezetek genotípusában? Tétélezzük fel, hogy egy bizonyos faj szervezetében egy adott génnek csak

két allélja lehet – egy domináns (A) és egy recesszív (a). A diploid szervezetek nem ivari (szomatikus) sejtjeiben egy génnek egyidejűleg csak két allélja lehet jelen. Ez a két allél háromféle módon kapcsolódhat: AA, Aa és aa. Amint észrevettétek, az első és a harmadik kapcsolódási mód esetén az egyed genotípusában két egyforma allél van jelen: az AA és aa genotípusok. Az ilyen egyedeket *homozigótáknak* nevezzük.

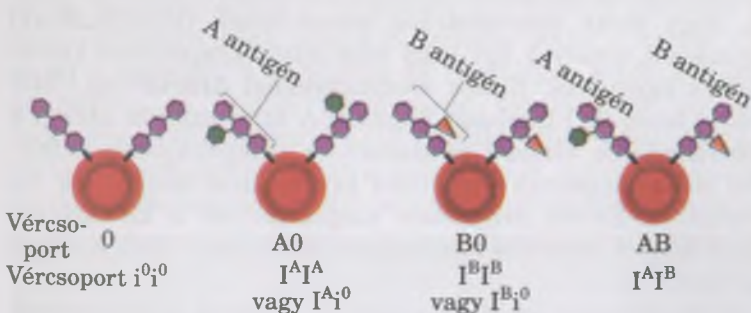
Azokat az egyedeket, amelyekben két különböző – egy domináns (A) és egy recesszív (a) – allél található, *heterozigótának* nevezzük.

Vannak esetek, amikor valamely jelleg meghatározott változatának kialakításában mindkét allél gén részt vesz. Példaként az ember vércsoportjainak öröklődése említendő. Emlékezzetek a 8. osztály biológia tananyagára! A vörös vérsejtek membránjában receptorfehérjék lehetnek, amelyeket A és B betűkkel jelölnek. A vérplazmában  $\alpha$ - és  $\beta$ -betűkkel jelölt antigének fordulhatnak elő. Ha A és  $\alpha$  vagy B és  $\beta$  vegyületek találkoznak egymással, akkor *antigén-antitest típusú reakció játszódik le közöttük*.

Az ilyen vagy olyan típusú antigének jelenlétét a vörös vérsejtek membránjában az  $I^A$  és  $I^B$  jelölésű allélok határozzák meg, az  $i^0$  allél a megfelelő gén inaktív alakja. Az  $I^A$  és az  $I^B$  allélok teljesen dominálnak az  $i^0$  allél fölött, ezért az  $I^A i^0$  vagy az  $I^B i^0$  genotípusú embereknél csak domináns allélok jelennek meg, és ennek megfelelően náluk második (A) vagy harmadik (B) vércsoport alakul ki, de az  $I^A$  és az  $I^B$  allélok nem dominálnak egymás felett. Ezért abban az emberben, akinek a genotípusában  $I^A$  és  $I^B$  allélok találhatóak, négyes vércsoport (AB) alakul ki, vörös vérsejtjeinek membránjaiban pedig képződik az antigének mindkét típusa (150. ábra).

Abban az esetben, ha egyik allél sem dominál a másik felett, *intermediér* (nem teljes dominancia) öröklődés figyelhető meg. Például, az oroszlánszáj vörös és fehér virágú homozigóta egyedeinek kereszteződése következtében az első hibridnemzedék virágai rózsaszínűek lesznek (151. ábra).

Vannak olyan allélok, amelyek a fenotípusban megnyilvánulva a szervezet pusztulását okozzák a fejlődés valamelyik szakaszában. Ezeket *letális* (lat.: *letalis* – halálos) alléloknak nevezzük. Például, a platina színű rókaprémet nagyra értékeli a szücsiparban. Ezt a színt egy domináns allél (P) határozza meg. A homozigóta genotípusú (PP) embriók még a fejlődés korai szakaszában elpusztulnak (152. ábra). Leggyakrabban a letális allélok recesszívek, ezért a fenotípusban rendszerint csak homozigóta állapotban jelenhetnek meg.



150. ábra. Az ember vörösvérsejtjeinek különböző antigénjei



149. ábra. Az organizmusok domináns és recesszív bélyegeinek variánsai: a paradicsom termésének vörös színét meghatározó allél dominál a sárga színt meghatározó allél felett

**Jegyezzük meg! Homozigótának** (gör.: *homos* – egyforma és *zygos* – kötelék) nevezzük azt a diploid vagy poliploid sejtet vagy egyedtet, amelynek homológ kromoszómái meghatározott gének azonos alléljait hordozzák.



151. ábra. Az oroszlánszáj színének intermediér öröklődése: 1, 2 – szülői formák; 3 – első hibrid nemzedék

**Jegyezzük meg!** Azt az allélt, amelyik a másik jelenlétében mindig megjelenik a bélyeg egy adott variánsa formájában, **dominánsnak** (lat.: *dominans* – döntő, uralkodó), a meg nem jelenőt pedig **recesszívnek** (lat.: *recessivus* – lappangó, rejtett) nevezzük.

**Jegyezzük meg!** Mindkét allél gén részvételét egy heterozigóta egyed valamely jellegállapotának meghatározásában kodominanciának vagy együttes dominanciának nevezzük.

**Jegyezzük meg!** A heterozigóta (gör.: *heteros* – más, másik) olyan diploid vagy poliploid sejt vagy egyed, amelynek homológ kromoszómái valamely gén különböző alléljait hordozza.

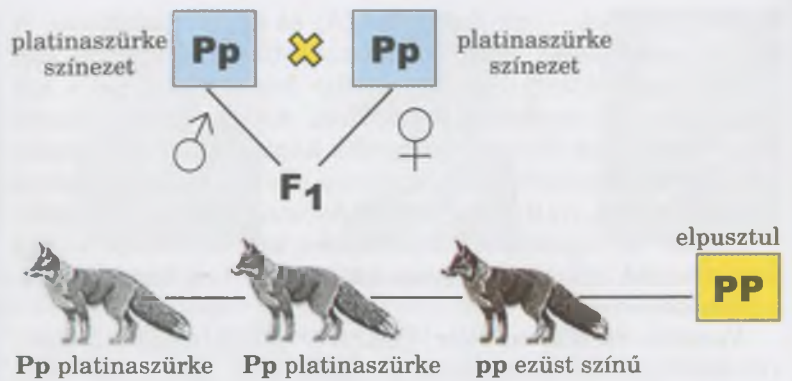
## Röviden a lényeg

Az öröklődés és a változékonyság jelenségét vizsgálja a genetika, amely 1900-ban jött létre.

A genotípus és a külső környezet kölcsönhatásának eredményeképpen jön létre a fenotípus, vagyis a szervezet minden bélyegének és tulajdonságának összessége.

Azt az allélt, amelyik a másik jelenlétében mindig megjelenik a jelleg egy adott állapota formájában, „domináns”-nak, a meg nem jelenőt pedig „recesszív”-nek nevezzük. Az egyik allél másik általi elnyomását „dominanciá”-nak nevezzük. Homozigótának nevezzük a diploid egyedet, ha a genotípusában két egyforma allél van; ha pedig különböző, akkor heterozigótának. Ha a bélyeg meghatározásában mindkét allél részt vesz, akkor azt kodominanciának vagy együttes dominanciának nevezzük. A letális gének, ha fenotípusosan jelennek meg, akkor a szervezet a fejlődésének bizonyos szakaszában elpusztul.

**Jegyezzük meg!** A kereszteződés különböző egyedek genetikai állományának egyesülése egy egyedben.



152. ábra. A róka platinaszürke színének öröklődése

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

öröklődés, változékonyság, allél gének, domináns és recesszív bélyegek, homozigóta, heterozigóta, genotípus, fenotípus, intermedier öröklődés.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!

1. Mi az öröklődés és a változékonyság? 2. Magyarózzátok meg, mi a bélyeg és változatainak lényege! 3. Mondjatok példákat mennyiségi és minőségi jellegekre! 4. Milyen géneket nevezünk alléloknak? Mi jellemző rájuk? 5. Milyen kölcsönhatásba léphetnek egymással az allél gének? 6. Milyen szervezeteket nevezünk homozigótáknak és heterozigótáknak? Mi a hasonlóság és a különbség a kodominancia és az intermedier öröklődés között?

### Gondolkodjatok el rajta!

Az általános biológiai törvényszerűség szerint a heterozigóták életképesebbek, mint a homozigóták. Gondolkodjatok el azon, miért van így!

## 30. §. A GENETIKAI KUTATÁSOK MÓDSZEREI

*Emlékezzetek,* hogyan megy végbe a mitotikus és meiotikus sejtosztódás! Milyen sajátosságai vannak a kromoszóma szerkezetének? Mi a genotípus és a fenotípus? Mi a populáció? Mit kutat a rendszertan? Milyen taxonómiai egységeket használnak az állatok és növények rendszertanában?

**Milyen módszereket alkalmaznak a genetikusok a kutatásaik során?** A genetikai kutatásokban elsőként a **hibridizációs módszert** kezdték alkalmazni. Ennek lényege az, hogy olyan szervezeteket kereszteznek (hibridizálnak) egymással, amelyek egy vagy több jelleg állapotában különböznek egymástól. Ennek eredményeként **hibrid** (lat.: *hibrida* – keverék) utódokat kapnak. A hibridizáción alapul a **hibridizációs elemző módszer** – a jellegállapotok öröklődési sajátosságainak vizsgálata keresztezési rendszerek segítségével. Ennek érdekében megszámlálják a keresztezés során kapott, bizonyos fenotípussal rendelkező utódok mennyiségét.

A keresztezés lehet monohibrid, dihibrid és polihibrid. **Monohibrid keresztezésről** beszélünk, amikor olyan szülői formákat hibridizálnak, amelyeknek egyetlen vizsgált örök-

letes bélyege különbözik (például a mag színe); *dihibrid keresztezés*kor kettő (például a mag színe és felszínének szerkezete), *polihibrid keresztezés*kor három vagy több. (Például, a mag színe, a felszínének szerkezete és a párta színe.)

A keresztezés folyamatát megfelelő szimbólumokkal jelölik. Tekintsétek meg az 153. ábrát, amelyen a veteményborsó három, eltérő genotípusú egyedének virágai láthatók. Teljes dominancia mellett két genotípus-változat – **AA** (az A allél szerinti homozigóta) és **Aa** (heterozigóta) – határozza meg a fenotípusnak ugyanazt a változatát: a virágpárta lila színét. A fehér pártaszín egyértelműen az egyed genotípusára utal, amely a homozigóta recesszív allél gén, és a pártaszínt határozza meg.

Annak érdekében, hogy meghatározzák a domináns fenotípusú egyed (homozigóta vagy heterozigóta) genotípusát, visszakeresztezik a homozigóta recesszív egyeddel. Ezt *tesztelő keresztezésnek* nevezzük.

Tételezzük fel, hogy a veteményborsó populációja **AA**, **Aa** és **aa** genotípusú egyedekből áll. Vagyis a domináns allél a hosszú szárát, míg a recesszív az rövid szárát határozza meg. Ebből adódóan a magas szárú egyedek genotípusa **AA** és **Aa** lehet, míg az alacsony szárúaké csak **aa**. A magas szárú egyedek genotípusának meghatározásához ezeket olyan egyedekkel kell keresztezni, amelyeknek rövid a száruk. Bemutatjuk a keresztezés vázlatos menetét. Ha az egyed, amelynek meg kell állapítani a genotípusát, a domináns allél szerinti homozigóta volt, a keresztezés menete a következő lesz:

P	♀ AA		♂ aa	
gaméták	A	A	a	a
F <sub>1</sub>	Aa	Aa	Aa	Aa

*Figyeljétek meg a jelölést!* A szülői egyedek P-betűvel (lat.: *parentes* – szülők, elődök) vannak jelölve, a ♀ és ♂ jelképek rendre a női és a hím nemnek felelnek meg. Ha a szervezetek hermafroditák (egyes állatok) vagy kétnemű virágaik vannak (különböző növények), akkor tetszés szerint jelölhető az egyedek egyike hímnemüként, a másik pedig nőnemüként.

A keresztezés folyamatát a **Punnett-táblázat** segítségével célszerű ábrázolni. Az elnevezését Reginald Crundall Punnett (1875–1967) angol genetikus tiszteletére kapta, aki először javasolta a keresztezés menetének ilyen jelölését. A vízszintes sorba valamely egyed – váltóivarú szervezetek esetében az apa – gamétáit írják, míg a függőleges sorba a másik – az anyai – egyedét. A vízszintes és függőleges sorok metszéspontjaiban az utódok genotípusait tüntetik fel. Az első utódnemzedék jelölése: F<sub>1</sub> (lat. *filius* – fiú, utód). *Punnett-táblázat segítségével leírjuk a domináns és recesszív allélokat hordozó homozigóta szülői egyedek keresztezésének menetét.*

♀/♂	a	a
A	Aa	Aa
A	Aa	Aa

AA genotípus



Aa genotípus



aa genotípus



153. ábra. A háromféle veteményborsó genotípusa és fenotípusa. 1, 2 – lila; 3 – fehér

**Jegyezzük meg!** A tesztelő keresztezés alapja az, hogy a bizonyos gén recesszív alléljaira homozigóta egyedek adott fenotípussal és gamétákkal rendelkeznek.

**Jegyezzük meg!** Ha az tesztlő keresztezés eredményeként az utódok között 1 : 1 arányban fenotípus szerinti hasadás figyelhető meg, akkor az az egyed, amelynek genotípusát meg kellett határoznunk, heterozigóta volt.

**Jegyezzük meg!** Az emberi jogok egyetemes nyilatkozata, és más nemzetközi szerződések alapján bármilyen beavatkozás az emberi örökítőanyagba, akár kísérleti módszerekkel is tilos, még akkor is, ha humánus célokból végzik.

Ha az tesztlő keresztezés nyomán kapott utódok között nincs fenotípus szerinti hasadás, akkor a szülői egyed, amelynek a genotípusát ellenőriztük, domináns allélt hordozó homozigóta volt. Ha heterozigóta lett volna, akkor az tesztlő keresztezés a következő képet mutatná:

♀♂	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

Az tesztlő keresztezést alkalmazzák a nemesítésben, mivel meghatározott fenotípussal rendelkező utódok előállítását teszi lehetővé.

A **genealógiai módszer** az élőlények származási kapcsolatainak vizsgálatán alapul. A módszer lehetővé teszi meghatározott jellegek átörökítésének nyomkövetését a különböző nemzedékekben. Alkalmazása széleskörűen elterjedt az orvosi genetikában és a nemesítésben. Segítségével megállapítható az egyed genotípusa, kiszámítható egyik vagy másik jelleg megnyilvánulásának valószínűsége a következő nemzedékekben. A családfákat a genetikai kutatásokban sémák formájában állítják össze meghatározott szabályok alapján: a nőket körrel, a férfiakat négyzettel jelölik. Az egyazon nemzedék tagjait jelölő szimbólumokat azonos sorban helyezik el, és vízszintes vonallal, az elődöket, az utódokat pedig függőleges vonallal kötik össze. Azokat az egyedeket, amelyek a vizsgált jelleggel (például betegséggel) rendelkeznek, kiszínezik. Az emberek vagy más szervezetek minél több nemzedékét foglalja magában a családfa, annál teljesebb és megbízhatóbb a genealógiai elemzés eredménye. Vagyis, a genealógiai módszer két fő szakaszból áll: a családfa elkészítése, és az egyes bélyegek öröklődésének genealógiai elemzése.

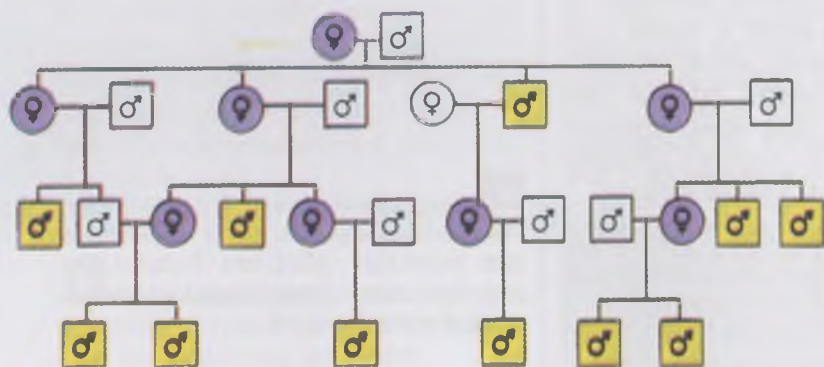
Az 154. ábrán Viktória angol királynő családfájának részlete látható, akinek leszármazottai között orosz cárok is voltak. A családfát vizsgálva nyomon követhető egy súlyos betegség, a hemofília (vérzékenység) átörökítése. (Idézzétek fel, milyen tényezők határozzák meg a véralvadást!).

A **populáció-statisztikai módszer** lehetővé teszi a különböző allélok és allélkombinációk előfordulási gyakoriságának tanulmányozását a szervezetek populációiban, valamint a populációk genetikai szerkezetének vizsgálatát. Vagyis azt, hogy valamely fajhoz tartozó szervezetek összes génjének lehetsé-



Viktória királynő

Albert herceg



154. ábra. Viktória királynő családfájának egy része:

- ♂ – egészséges férfi;
- ♂ – hemofiliás férfi;
- ♀ – egészséges nő;
- ♀ – hemofiliás recesszív allélt hordozó nő

ges alléljai milyen gyakorisággal, és milyen kombinációkban fordulnak elő. Ezt a módszert használják az orvosi genetikában is, meghatározott (örökletes betegségeket hordozó) allélok elterjedésének tanulmányozására az embereknél.

A **citogenetikai módszer** a szervezetek kromoszómakészletének (kariotípusának) a vizsgálatán alapul. Az eljárás alkalmazásával kimutatható a kromoszómák számának és szerkezetének változása. A sejtek kariotípusát a metafázis szakaszában tanulmányozzák. (Emlékezzetek: a kromoszómák szerkezete a legpontosabban a sejtciklusnak ebben a periódusában mutatkozik meg!)

A **biokémiai módszert** az anyagcsere zavarokkal kapcsolatos örökletes betegségek diagnosztizálására alkalmazzák. Segítségével a szervezet normális állapotára nem jellemző fehérjéket mutatnak ki, ami mutáns gének meglétét jelzi. Több mint 1000 olyan emberi betegség ismeretes, amelyeket mutációk okoznak. (Például, a diabéteszt.)

Az **ikerkutatói módszer** lényege az egytétjű ikrek (egy zigótából kifejlődő szervezetek) vizsgálata. Az egytétjű ikrek mindig egyneműek és azonos a genotípusuk (emlékezzetek: hogyan jönnek létre az egytétjű ikrek!) Rajtuk tanulmányozható a környezeti tényezők hatása a fenotípus kialakulására. Az egytétjű ikreknél gyakran más közös betegségek is megfigyelhetők: bronchiális asztma, kanyaró (az egybeesés több mint 90 %-os), tudathasadás, diabétesz (közel 50 %), TBC (tuberkolózis – több, mint 50 %).

A **dermatoglífiás módszer** az ujjbegyek, a tenyér és a talp bőrlécrendszerének vizsgálatán alapul (156. ábra). Alkalmazzák az eljárást egyes örökletes betegségek diagnosztizálására (például a Down-kórban szenvedők tenyerén csak egy haránt és egy hosszanti hajlatbarázda található, miközben az egészséges embereknek két haránt barázdájuk van). Ezt a módszert széleskörűen alkalmazzák a kriminalisztikában a bűncselekmények elkövetésének bizonyítására.

A **génsebészet módszerei** a molekuláris biológia eredményein alapulnak. Segítségükkel a tudósok képesek elkülöníteni a szervezetek egyes génjeit, és mesterséges úton szintetizálni tudják azokat, megváltoztathatják bizonyos gének szerkezetét, és beinjektálhatják azokat más sejtek vagy szervezetek genomjába. Ezen kívül, a tudósok képesek a különböző fajok génjeit összekötni egy sejtben, vagyis egyesíteni a két fajra jellemző örökletes bélyegeket egy egyedben. Az ilyen módon létrehozott szervezeteket **transzgenikus szervezeteknek** (lat.: *trans* – keresztül és gör.: *genos* – nemzetség, eredet) vagy **genetikailag módosított organizmusnak** (röviden **GMO**) nevezzük (részletesebben az 57. §-ban tárgyaljuk majd).

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

hibridizáció hibridek, tesztelő keresztezés, genetikailag módosított organizmusok.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Min alapul a hibridizációs módszer? Mi a mono-, di- és polihibrid kereszteződés? 2. Milyen célból alkalmazzák az elemző kereszteződést?

## **Jó tudni**

A populáció statisztikai elemzésének segítségével mutatták ki, hogy a daltonizmust (színtévesztés) okozó allél a nők 13 %-a (0,5 %-nál jelenik meg a betegség), míg a férfiak 7 %-a hordozza (mindegyik megbetegszik). Az albinizmust (a pigmentek veleszületett hiánya a bőrben és a szemben) okozó recesszív allél előfordulási gyakorisága 0,0001 – 0,00005 (10000–20000 normális pigmentációjú emberre jut egy albinó) (155. ábra).



155. ábra. Albinó ember: figyeljétek meg a fenotípus sajátosságait!

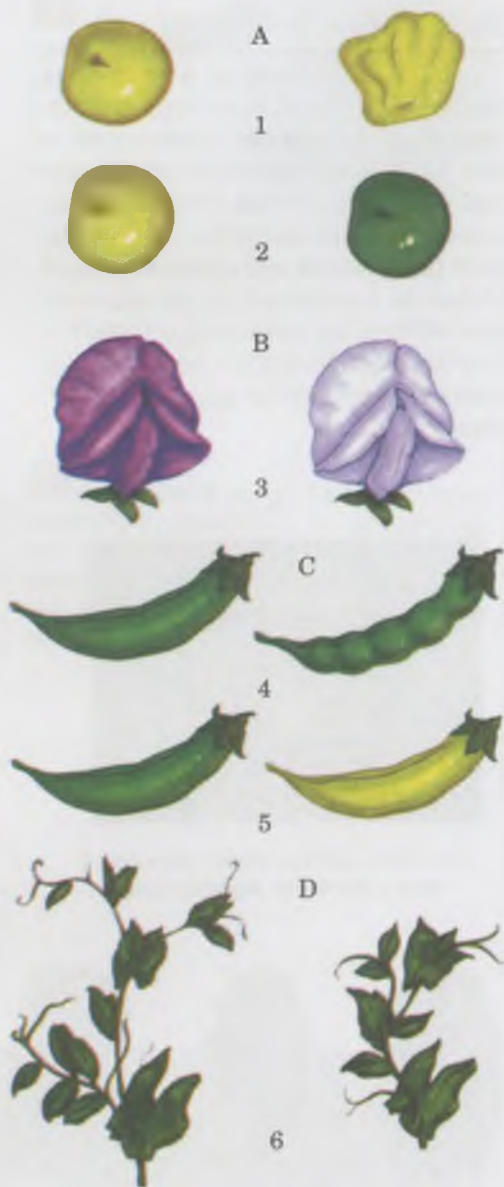


156. ábra. Az ujjlenyomat minden embernél egyedi.

## **Röviden a lényeg**

Genetikai vizsgálatok során különböző módszereket használnak, amelyek közül a leggyakoribbak a hibridizációs, a genealógiai, citogenetikai, a populáció-statisztikai, a biokémiai, az ikerkutatói, a dermatoglífiás stb.

A hibrid egyedek genotípusa meghatározható tesztelő keresztezéssel: a domináns fenotípusú (amelyeknek a genotípusát meg kell határozni) egyed keresztezése a homozigóta recesszív allélt hordozó egyeddel.



157. ábra. Példa a borsóra jellemző különböző bélyegek variánsaira:  
 A. Mag: 1 – sima vagy ráncos maghéj;  
 2 – sárga vagy zöld szín; B. Virág:  
 3 – lila vagy fehér színű párta;  
 C. Termések: 4 – a hüvelytermések domborúak vagy befűződnek;  
 5 – a hüvelyek zöld vagy sárga színűek;  
 D. Szár: 6 – hosszú vagy rövid

**i** **Jegyezzük meg!** Tiszta vonalak – egyetlen egyed genotípusukat tekintve egyforma utódai, amelyek a vizsgált génnek szempontjából homozigóták. Tiszta vonalakat növények önbeporzásával, vagy közeli rokonságban álló állatok több nemzedéken át történő keresztezésével állítanak elő.

3. Milyen célból alkalmazzák a genealógiai módszert? 4. Jellemezzétek a citogenetikai módszert! 5. Milyen célból alkalmazzák a genetikai kutatásokban a populáció-statisztikai, ikerkutatási és biokémiai módszert? 6. Min alapulnak a génsébeszet módszerei?

### Gondolkodjatok el rajta!



Két egypetűjű iker férfi házasságot kötött két egypetűjű iker nővel. Vajon a két házasságból születő gyerekek ugyanolyan hasonlóak lesznek egymáshoz, mint az ikrek? Magyarozzatok meg a feleletet!

### Tanulmányi projekt:

Állítsátok össze a családfákat vagy ismert emberek családfáját, és mutassátok be bizonyos bélyegek öröklődésmenetét!

## 31. §. AZ ÖRÖKLŐDÉS GREGOR MENDEL ÁLTAL MEGÁLLAPÍTOTT TÖRVÉNYSZERŰSÉGEI. AZ ÖRÖKLŐDÉSI TÖRVÉNYEK STATISZTIKAI JELLEGE ÉS CITOLÓGIAI ALAPJA

*Emlékezzetek*, milyen bélyegeket nevezünk dominánsnak, és milyeneket recesszívnek? Mi a genotípus és a fenotípus? Milyen kromoszómakészletet nevezünk haploidnak, diploidnak és poliploidnak? Milyen kereszteződést nevezünk mono-, di- és polihibridnek? Miben áll a genetikai kutatások hibridizációs módszerének lényege? Milyen célból alkalmazzák az tesztlő keresztezést? Hogyan megy végbe a meiotikus osztódás és a gametogenezis?

Az öröklődés alapvető törvényszerűségeit a kiemelkedő cseh tudós, Gregor Mendel fedezte fel. Amint ez sokszor előfordul, a tudósok zseniális ötletei megelőzik korukat. Mendel esetében sem volt ez másként, hiszen amikor a kísérleteit végezte, még nem ismerték a géneket, kromoszómákat, az örökletes anyag megoszlási mechanizmusait a sejtosztódás során.

**Mit kutatott Gregor Mendel?** Kísérleteit Gregor Mendel a pillangósvirágúak családjába tartozó veteményborsóval végezte, ami sikeres alanyként bizonyult genetikai kísérletekhez. *Először* is azért, mert ennek a kultúrnövénynek nagyon sok fajtája ismert, s ezek örökletes jellegei eltérő állapotokban különböznek egymástól (mag- és virág szín, szárhosszúság, magfelületi szerkezet) (157. ábra). *Másodszorban*, a borsó életciklusa meglehetősen rövid, ennek köszönhetően sok nemzedéken át megfigyelhető, hogyan adódnak át az örökletes információk az utódoknak. *Harmadszorban*, a veteményborsót önmegporzással és keresztmegporzással lehet szaporítani. Az önmegporzás lehetőséget nyújt tiszta vonalak létrehozására. (Gondolkodjatok el rajta, hogyan lehet megakadályozni a növény önmegporzását!)

Mendel elődei szintén törekedtek arra, hogy tudományosan megfigyeljék a vizsgált szervezetek bélyegeinek öröklődését, ám nem jártak sikerrel. Velük ellentétben G. Mendel figyelmét nem az örökletes jellegek összességére összpontosította, hanem csak azok egyikére-másikára.

Még egy fontos sajátossága van Mendel kísérleteinek: a tudományos kísérlet tisztasága. A növények keresztezésének



elkezdése előtt a tudós meggyőződött róla, hogy nem tiszta vonalakkal van dolga. Emellett Mendel kutatásának eredményeit statisztikai módszerekkel dolgozta fel, mindegyik hibrid nemzedékben kiszámította a különböző jellegkombinációkat hordozó utódok mennyiségét (idéztek fel, hogyan nevezik ezeket a módszereket). Ez lehetővé tette az örökletes bélyegek különböző kombinációinak átadásával kapcsolatos törvényszerűségek megállapítását az ivarosán szaporodó hibridnemzedékek sorában.

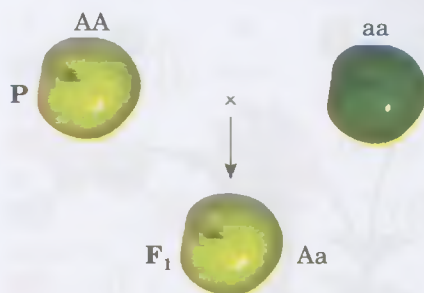
**Milyen törvényszerűségeket állapított meg Mendel? Kísérleteit monohibrid keresztezéssel kezdte:** két tiszta vonalú, sárga maghéjú és zöld maghéjú veteményborsót keresztezett (P – szülői egyedek). A keresztezés eredményeként létrejött utódok (F<sub>1</sub> – első hibridnemzedék) mindegyike egyöntetűen sárga maghéjú lett (158. ábra). Mendel felfedezte az első hibridnemzedék **egyformaságának (uniformitásának) törvényét**: az első hibridnemzedék fenotípusában a két bélyeg közül csak a domináns jelenik meg. Ezt a törvényszerűséget **dominanciátörvénynek** is nevezik.

Ezután Mendel az első hibridnemzedék egyedeit keresztezte egymással. Ebből utódként 8023 magot (F<sub>2</sub> – második hibridnemzedék) kapott, közülük 6 022 sárga, 2 001 pedig zöld maghéjú lett. Tehát a második hibridnemzedékben újra megjelent a zöld maghéjszín (recesszív bélyeg). A zöld magok az összmennyiség körülbelül 1/4 részét képezték, míg a sárgák (domináns bélyeg) a 3/4 részét.

Mendel vizsgálta más jellegek öröklődését is, és mindegyik esetben hasonló eredményre jutott. Ezt a törvényszerűséget a **hasadás törvényének** nevezte el: az első hibridnemzedék egyedeit egymással keresztezve az utódok között a **bélyegek hasadása** figyelhető meg – a második hibridnemzedék fenotípusában 1/4 részben a recesszív, 3/4 részben pedig a domináns jelleg jelenik meg (159. ábra).

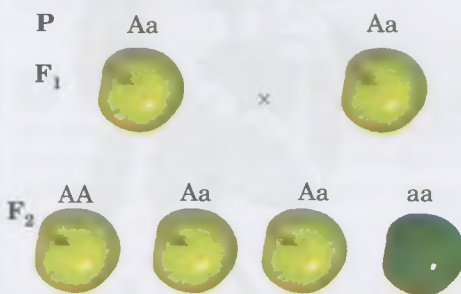
Mendel nyomon követte a domináns vagy recesszív bélyegek öröklődését a következő hibridnemzedékekben is (160. ábra). Megfigyelte, hogy a zöld maghéjú borsóból olyan növény lett, ami önmegporzással kizárólag zöld maghéjú termést hozott. Ugyanakkor a sárga maghéjú borsóból kikelt növények „másként viselkedtek”. Egy részük, a sárga magból kikelt növények 1/3-a, önmegporzással csak sárga maghéjú termést hozott, másik részük, a növények 2/3-a mind sárga, mind zöld maghéjúakat, 3:1 arányban. Vagyis a sárga maghéjú borsók az azonos fenotípusuk ellenére genotípusukban különbözhetnek egymástól. Ezzel szemben a bélyeg recesszív variánsának (a zöld maghéj) genotípusa is azonos. Tehát a domináns bélyeggel rendelkező magvak lehetnek homozigóták és heterozigóták.

További kutatásai során Mendel bonyolultabb kísérleteket folytatott: olyan növényeket választott kísérleti alanyokként, amelyek az örökletes jellegek két (*dihibrid keresztezés*) vagy több (*polihibrid keresztezés*) állapotában különböztek egymástól. A veteményborsó olyan tiszta vonalait keresztezte egymással, amelyek egyike sárga, sima maghéjú, a másika zöld, ráncos héjú volt (161. ábra). Az első hibridnemzedék (F<sub>1</sub>) valamennyi egyede sárga, sima maghéjú lett (mindkét vizsgált bélyeg domináns). Tehát Mendel megfigyelte, miként



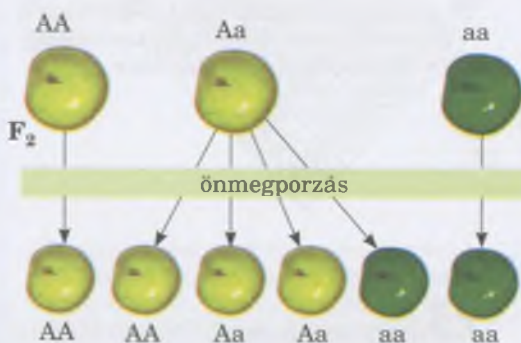
158. ábra. Monohibrid keresztezés: az első hibridnemzedék egyformaságának (uniformitásának) törvénye

**Jegyezzük meg!** Mendel összekeverte a veteményborsó tiszta vonalait – heterozigótákat (hibrideket) kapott. Tehát, a *hibridizációs módszert* alkalmazta.



159. ábra. A hasadás törvényének megnyilvánulása

**Jegyezzük meg!** Hasadás – a bélyeg mindkét (domináns és recesszív) variánsának megjelenése a második hibridnemzedékben.



160. ábra. Az F<sub>2</sub> hibrid veteményborsó utódok genotípus és fenotípus szerinti hasadása önmegporzás esetén



161. ábra. A független kombinálódás törvényének megjelenése.

A veteményborsó bélyegeinek fenotípusa (a magháj felszínének színe és szerkezete) szerinti hasadása az  $F_2$  nemzedékben dihibrid keresztezéskor

nyilvánul meg az első hibridnemzedék egyformaságának törvénye.

Az első hibridnemzedék egyedeit egymással keresztezve Mendel az  $F_2$  nemzedékben 4 fenotípuscsoportot mutatott ki: a magok körül-belül 9 része sárga, sima héjú volt (315 mag), 3 része sárga, ráncos héjú (101 mag), 3 része zöld, sima héjú (108 mag) és 1 része zöld, ráncos héjú (32 mag). Ebből azt a következtetést vont le, hogy a magok színét és héjuk felszínének bélyegét meghatározó gének függetlenül öröklődnek. De hogyan jelentek meg a második hibridnemzedékben a szülői formákra nem jellemző fenotípus-változatok?

Magyarázatot keresve ezekre az eredményekre Mendel külön-külön megvizsgálta mindkét bélyeg változatainak öröklődésmenetét. A második hibridnemzedék egyedeinek maghéjszíne az alábbiak szerint alakult: a magok 12 része sárga, 4 része zöld volt. Tehát, a hasadás a színt, mint bélyeget tekintve olyan volt, mint a monohibrid keresztezésnél: 3:1. Ugyanezt figyelte meg a magfelület jellegének öröklődését illetően is: 12 rész sima héjú magra 4 rész ráncos felületű jutott. Vagyis a magfelület jellegét tekintve a hasadás ugyan-csak 3:1 arányban történt.

A kapott eredmények alapján Mendel megfogalmazta a bélyegek **független kombinálódásának törvényét**: di- vagy polihibrid keresztezéskor a bélyegek hasadása független egymástól. Vagyis a dihibrid keresztezés abban az esetben, amikor az allél gének egyike teljesen dominál a másik felett, lényegében két monohibrid keresztezésnek tekinthető, amelyek mintha egymásra rakódnának, s ugyanígy van a trihibrid keresztezés esetén is.

**Melyek az öröklődés törvényszerűségeinek citológiai alapjai, és milyen azok statisztikai jellege?** Idővel a Mendel által felvetett hipotézist kísérletileg is bizonyították. Ennek megfelelően a hibrid (heterozigóta) szervezetek gamétái „tiszták”, vagyis valamennyi ilyen gaméta csak egy allél gént tartalmazhat, nem hordozhat egyidejűleg két vagy több allélt. Mendel nézeteit William Bateson (lásd: 146. ábra, 5) angol tudós fejlesztette tovább, s azok a **gaméták tisztaságának törvényeként váltak ismertté**.

A homozigóta szervezet csak egyféle ivarsejtet képez (egy meghatározott gén vagy domináns, vagy recesszív allélját hordozza). Ugyanakkor a heterozigóta szervezetekben kétféle ivarsejt jön létre egyenlő arányban, egy adott gén 50%-ban domináns, 50 %-ban recesszív alléljával. A 162. ábra segítségével kövessük nyomon a homológ kromoszómákat a veteményborsó homozigóta egyedeinek keresztezésekor. Az egyik egyed homozigóta domináns alléllal rendelkezik, a másik recesszívvel.

Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy ezeknek az egyedeknek csak egy pár homológ kromoszómájuk van (tehát diploid kromoszómakészletük kettő:  $2n = 2$ ), és mindegyik csak egy gént hordoz. A domináns allélt (A) hordozó kromoszóma az ábrán sárga színnel van jelölve, a recesszív (a) allélt hordozó zölddel. Ismeretes, hogy a domináns és recesszív géneket hordozó homozigóta egyedek keresztezésekor létrejött utódok (első hibridnemzedék) heterozigóták (genotípusuk – Aa). Ez azzal magyarázható, hogy egyik kromoszómájukat a

**Jegyezzük meg!** Egy gén alléljai a zigótában egyesülve a megtermékenyítés után nem keverednek, hanem átkerülnek a következő generációba „tisztá” formában.

domináns alléllal az egyik szülőtől kapták, a recesszív allélt hordozó másikat a másik szülőtől. Tehát ezek a növények egyformák lesznek genotípusukban és fenotípusukban egyaránt.

Az első hibridnemzedék egyedeinek egymással való keresztezésekor (a második hibridnemzedék egyedei) háromféle genotípus figyelhető meg az utódok között: az egyedek egynegyed része csak domináns allélokat hordozó kromoszómákat tartalmaz (homozigóta a domináns allélt tekintve – AA), fele egy kromoszómát domináns, egyet recesszív alléllal (heterozigóták – Aa), egynegyed részének pedig csak recesszív allélokat hordozó kromoszómái (homozigóta a recesszív allélt tekintve – aa) vannak. A fenotípust illetően a második hibridnemzedék magvainak 3/4 része sárga héjú volt (homozigóták a domináns allélt tekintve és heterozigóták), 1/4 részük pedig zöld héjú (homozigóták a recesszív allél szerint).

A Punnet-táblázat segítségével felírjuk a homozigóta domináns és recesszív szülői egyedek keresztezésének menetét:

♀/♂	a	a
A	Aa	Aa
A	Aa	Aa

Az első nemzedék hibridjeinek keresztezésekor a következő eredményeket kapjuk:

♀/♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

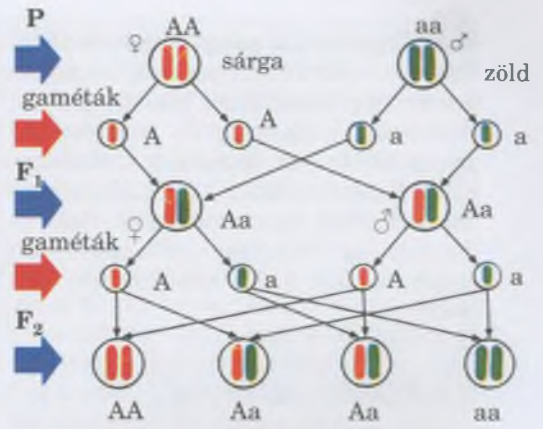
A második hibridnemzedékben három genotípus alakul ki: AA, Aa és aa. A domináns allél teljes dominanciája mellett két megjelenési forma (fenotípus) jön létre.

Hasonlóan szemléltethetők a jellegállapotok független kombinálódásának citológiai alapjai és statisztikai jellege. Képzeld el, hogy a növény diploid kromoszómakészletében két homológ kromoszóm páros van ( $2n = 4$ ), amelyek mindegyike csak egy gént hordoz (163. ábra).

Tételezzük fel, hogy az anyanövény csak a magháj színének és felületi szerkezetének domináns alléljait hordozó géneket tartalmaz, az apai pedig a megfelelő recesszíveket. A szülői formák keresztezésekor a mag színét és szerkezetét meghatározó gének szempontjából az utódok (első hibridnemzedék) heterozigóták lesznek, és négyféle gamétát fognak termelni azonos arányban. Ezek közül kettő azonos lesz a szülői formák gamétaival, a másik kettő pedig új kombináció lesz, vagyis rekombinálnak.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

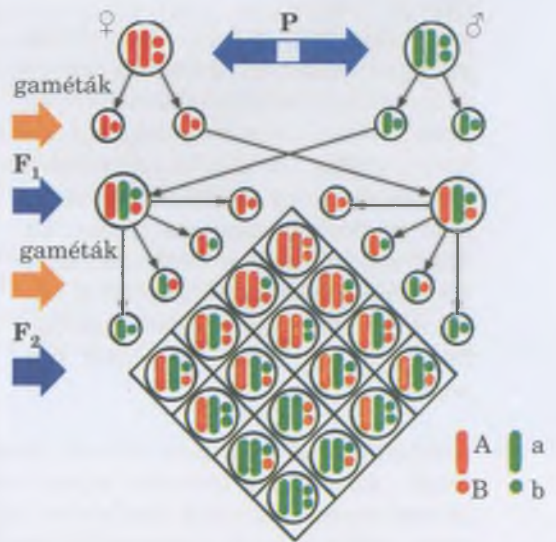
tiszta vonalak, rekombináció, az első hibrid nemzedék uniformitásának törvénye, hasadás, bélyegek független kombinálása, gaméták tisztasága.



162. ábra. A monohibrid keresztezés citológiai alapjai. **Feladat:** Kövessétek nyomon, hogy egy gén különböző alléljai, hogyan kerülnek a különböző gamétákba!

**Jegyezzük meg!** A hasadás törvényének statisztikai jellegét a különböző típusú gaméták találkozásának valószínűsége határozza meg.

**Jegyezzük meg!** A homozigóta domináns és recesszív allélokkal rendelkező egyedek keresztezéséből kifejlődő utódok egyformák: mindegyikük heterozigóta.



163. ábra. A bélyegek független kombinálódásának citológiai alapjai hibrid keresztezéskor: domináns allélt hordozó kromoszómák (sárga szín), recesszív allélt hordozó kromoszómák (zöld).

**Feladat:** Kövessétek nyomon, hogy a különböző nem allél gének különböző alléljai, hogyan kerülnek a különböző gamétákba!



### Jegyezzük meg! Rekombináció

(lat. *re-* – képző, megújulást, a cselekmény megismétlődését jelenti, valamint *combinatio* – összetett) – a különböző gének alléljainak újszerű összekapcsolódása, ami különbözik a szülői ivarsejtek alléljainak kapcsolódásaitól. Rekombináció az örökletes változékonyság egyik forrása (erről később még szó lesz).



### Röviden a lényeg

Mendel a hibridizációs kísérleteit a veteményborsón végezte. Leírta az öröklődés alaptörvényeit. Az első hibrid nemzedék uniformitásának törvénye (dominancia törvény) megállapítja, hogy az első hibrid nemzedék fenotípusában csak az egyik bélyeg jelenik meg, méghozzá a domináns. A hasadás törvénye megállapítja, hogy az első generációs hibridek egymással való keresztezésekor a bélyegek hasadása figyelhető meg az utódaikban. – A második generációs hibridek 1/4-e recesszív, 3/4-e domináns fenotípusú. A bélyegek szabad kombinálódásának törvénye kimondja, hogy a di- vagy polihibrid kereszteződéskor minden bélyeg hasadása a többi bélyegtől függetlenül történik.

Az öröklődés mendeli törvényeinek citológiai alapjai és statisztikai jellege magyarázza a tiszta gaméták törvényét: diploid hibrid (heterozigóta) organizmus gamétái „tiszták”, vagyis minden génnek csak egy allélját hordozza, és nem hordozhat egyszerre többet. Ez azért van így, mert a meiózis során a homológ kromoszómák különböző sejtekbe kerülnek, és normális esetben nem lehetnek egyszerre együtt egy sejtben.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Hogyan hozzák létre a tiszta vonalakat? 2. Fogalmazzátok meg az első hibridnemzedék egyformaságának (uniformitásának) törvényét! Érvényes-e ez a törvény a di- és polihibrid keresztezés esetén? 3. Mit bizonyít a hasadás törvénye? 4. Fogalmazzátok meg a jellegek független kombinálódásának törvényét! 5. Mit bizonyít a gaméták tisztaságának törvénye? 6. Miben nyilvánul meg az öröklődési törvények statisztikai jellege? 7. Milyen citológiai alapokon nyugszanak az öröklődés törvényei? 8. Miben áll a rekombináció biológiai jelentősége?

### Gondolkodjatok el rajta!



Az ivartalan szaporodás egyik formája a vegetatív szaporodás. Gondolkozzatok el azon, hogy a szaporodásnak ebben a típusában miért nem figyelhető meg a jellegek hasadása az utódoknál?

## GYAKORLATI MUNKA 3

### Keresztezéssel kapcsolatos feladatok

**Cél:** megoldva a genetika típus feladatait (mono – és dihibrid keresztezés) megtanulni a keresztezéses feladatok megoldását.

#### Példa feladatok

**1. feladat.** A paradicsomnál a gömbölyű termésformát (A) meghatározó allél dominál a körte alakú (a) termésforma fölött. A gömbölyű termést hozó növények kereszteződése következtében 489 gömbölyű és 183 körte formájú termést adó utódnövény jön létre. Határozzátok meg a szülők és az utódok genotípusait!

#### Monohibrid keresztezéssel kapcsolatos feladat megoldási algoritmus

1. Mivel a gömbölyű terméseket hozó paradicsomnövények keresztezéséből mind gömbölyű, mind körte alakú terméseket hozó utódokat kaptak, azt a következtetést vonhatjuk le, hogy ezek a növények heterozigóták (genotípusuk **Aa**) voltak.

2. Elemezzük az első hibridnemzedéken ( $F_1$ ) belüli hasadás jellegét: 489, gömbölyű termést hozó növény (domináns fenotípus), és 183, körte alakú termést adó növény (recesszív fenotípus), az arány körülbelül: 3:1.

Felírjuk a keresztezést:

<b>P (szülők)</b>	$\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$
<b>Gaméták</b>	A a      A a
<b><math>F_1</math> (első hibridnemzedék)</b>	AA Aa    Aa aa

**Megjegyzés:** először a domináns allélt írjuk fel, utána a recesszívet.

Punnett-táblázat segítségével felírjuk ugyanezt:

$\text{♀} / \text{♂}$	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

3. Levonjuk a következtetést: ilyen jellegű hasadás (a hasadás törvényének megfelelően) heterozigóta egyedek (**Aa x Aa**) keresztezése során figyelhető meg.

**\*2. feladat.** Veteményborsó allél génje, amely a mag sárga színét határozza meg (A), dominál a zöld szín felett (a); a sima maghéjt meghatározó allél gén (B) a ráncos felett (b). A két (a magfelszín színét és struktúráját megehatározó) gén nem homológ kromoszómákon helyezkedik el, és ezért egymástól függetlenül öröklődnek. A nemesítők keresztezték egymással a növényeket, amelyek sárga, sima felszínű magokat hoztak. Az ilyen keresztezésből származó termésből 36124 sárga sima, 11954 sárga ráncos, 12232 zöld, sima és 4101 zöld, ráncos felszínű lett. Határozzátok meg a szülői formák és az utódok genotípusát!

**Dihibrid keresztezéssel kapcsolatos feladat megoldási algoritmus**

1. Mivel a hasonló fenotípusú (sárga sima felszínű magvak) növények keresztezésekor négy különböző fenotípusú utód jött létre (sárga sima, sárga ráncos, zöld sima és zöld ráncos felszínű mag) feltételezhetjük, hogy a szülő egyedek heterozigóták voltak mind a mag színét, mind pedig a mag szerkezetét meghatározó gén szempontjából.

2. Elemezzük az első hibrid nemzedék (F<sub>1</sub>) hasadásának jellegét: 36124 – sárga, sima, 11954 – sárga, ráncos, 12232 – zöld, sima és 4101 – zöld, ráncos felszínű mag. Az ilyen jellegű hasadás megfelel a bélyegek független hasadása törvényének: 9:3:3:1.

Ahhoz hogy alátámasszuk a feltételezésünket az szülői formák heterozigóta voltáról, levezetjük a keresztezést:

P (szülők)                      ♀ AaBb × ♂ AaBb  
 Gaméták                        AB Ab aB ab      AB Ab aB ab

F<sub>1</sub> (első hibrid nemzedék) AABB, AABb, AaBB, AaBb, AABb, AAbb, AaBb, Aabb, AaBB, AaBb, aaBB, aaBb, AaBb, Aabb, aaBb, aabb, vagy:

AABB, 2 AABb, 2 AaBB, 4 AaBb, AAbb, 2 Aabb, aaBB, 2 aaBb, aabb

Punnett-táblázat segítségével ugyanez:

♀/♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

3. Elemezzük a kapott eredményeket: az AaBB, AABb, AaBB, AaBb genotípusok sárga, sima felszínű magokat határoznak meg (9 rész), az AAbb, Aabb sárga, ráncos felszínű magokat (3 rész), az aaBB, aaBb zöld, sima felszínűeket (3 rész), az aabb zöld, ráncos felszínűeket (1 rész). Tehát, a különböző tematikus csoportok aránya 9:3:3:1.

4. Levonjuk a következtetéseket: az ilyen hasadás (a bélyegek független hasadása törvénye értelmében) akkor figyelhető meg, amikor a szülő egyedek mindkét génre heterozigóták (diheterozigóták): ♀ AaBb × ♂ AaBb.

**3. feladat:** A paradicsomnál a nem domináns allél (A) határozza meg a hosszú szárát, a recesszív (a) a rövidet. A növénynemesítők keresztezték a hosszú és rövid szárú tiszta vonalú paradicsomokat. Az első hibrid nemzedék (F<sub>1</sub>) mindegyike magasszárú lett, de a második utód nemzedékben (F<sub>2</sub>) 19651 utód magasszárú és 6237 alacsony szárú lett. Határozzák meg a szülői formák, az első és a második hibrid nemzedék genotípusát!

**4. feladat:** A Wyandot csirkék rózsaszínű taréjjal rendelkeznek, amit a domináns bélyeg határoz meg, míg az egyszerű tarajat a recesszív. Ha a tojókat egyszerű taréjú kakással keresztezik, akkor minden utód öröklí az adott bélyeget; míg ha a rózsaszínű taréjjal rendelkező kakással kereszteznek, akkor megjelenik mind a két bélyeg. Milyen keresztezést kell, hogy folytasson a farmer ahhoz, hogy kizárólag rózsaszínű taréjjal rendelkezzenek az utódok?

**5. feladat:** A gömbölyű formájú termést meghatározó allél a paradicsomnál dominál a körteformájú felett, míg a magas szárát meghatározó allél a rövid szárát meghatározó felett. A termés formáját és a szár hosszát meghatározó gének nem homológ kromoszómákon helyezkednek el. Keresztezték a két tiszta vonalat: a hosszú szárú gömbölyű és a rövid szárú körteformájú terméssel rendelkező növényeket. Az első hibrid nemzedék mindegyik tagja hosszú szárú lett, és gömbölyű termést hoztak. Milyen arányban (százalékban) lesznek a fenotípusok a második hibrid nemzedékben?

**6. feladat:** A nyulaknál rövid szőrmét és a rövid füleket meghatározó allélok dominálnak a hosszú szőrmét („angóra”) és a lógó fület meghatározó allélok felett. A két gén nem homológ kromoszómákon helyezkedik el, és függetlenül öröklődnek.

1. Ha párosítják A felálló fülű, rövid szőrű kan nyulat a lógófülű, angóra prémmel rendelkező nőténnyel, akkor az első nemzedékben az utódok közel 25 %-a felálló füllel és angóra prémmel rendelkezik, 25 % – lógó füllel és rövid szőrrel, 25 % – felálló füllel és rövid szőrrel, 25 % – lógó füllel és angóra prémmel. Határozzátok meg a szülők és az utódok genotípusait!

2. Az állófülű és rövid szőrű kan nyulat párosítva lógófülű angóra prémű nőténnyel, álló fülű és rövid szőrű utódokat kaptak. Az első hibrid nemzedékben 10 utód rendelkezett álló füllel, rövid szőrrel, 4 állófütés angóra prémmel, 3 lógó füllel és rövid szőrrel, 2 lógó füllel is angóra prémmel. Határozzátok meg a szülők, majd az első és a második hibrid nemzedék genotípusát!

**7. feladat:** Veteményborsónál a párta piros színe dominál a fehér felett, a hosszú szár a rövid felett. A nemesítők kereszteztek két vonalat, amelyek egyike piros pártával és rövid szárral rendelkezett, míg a másik fehér pártával és hosszú szárral. Az első hibrid nemzedékben 4672 növény piros pártával és hosszú szárral rendelkezett, 4421 pedig piros pártával és rövid szárral.

1. Határozzuk meg a szülői formák genotípusait!

2. Milyen lesz az utódok genotípusa, ha az első hibrid nemzedéket keresztezzük tovább?



**Jegyezzük meg!** Az egy kromoszómában lévő gének külön kapcsolási csoportot alkotnak.

## 32. §. A KAPCSOLT ÖRÖKLŐDÉS JELENSÉGE. AZ ÖRÖKLŐDÉS KROMOSZÓMA-ELMÉLETE

*Emlékezzetek,* mi a crossing over és az tesztlő keresztezés! Mi az intermedier öröklődés, a kodominancia és a letális gén? Mit értünk homológ és nem homológ kromoszómák kifejezések alatt? Hogyan megy végbe a meiózis? Milyen a DNS szerkezete?

A tudósok, amikor Mendel kísérleteit különböző szervezetekkel – nem csak növényekkel, hanem állatokkal – próbálták megismételni, gyakran szembesültek olyan hasadási jelenségekkel, amelyek nem feleltek meg az öröklődés törvényei szerinti elvárásoknak. Az okok közül néhányat, mint például az intermedier öröklődés, kodominancia, letális allélok hatása, már korábban említettünk. A hasadási jelenségek öröklődési törvényektől való eltérésének egyik fő okát azonban – mint kiderült - a **kapcsolt öröklődés jelenségében** kell keresni.

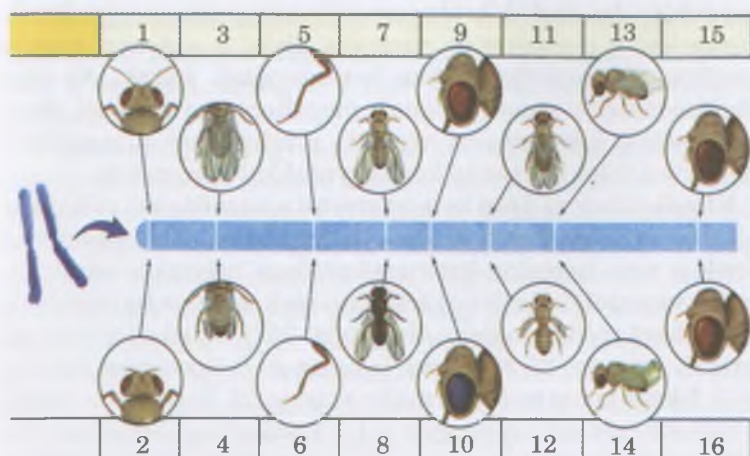
**Hogyan nyilvánul meg a kapcsolt öröklődés jelensége?** *Emlékezzetek:* a bélyegek független kombinálódásának törvénye a következő tételeken alapul:

- a bélyegek különböző változatainak kialakulását a homológ kromoszómákban azonos lókuszán lévő allél gének határozzák meg;

- a gaméták és más haploid sejtek, amelyekben mindegyik homológ kromoszómapárból csak egy kromoszóma van, a meghatározott számú allélból csupán egy allélt hordoznak;

- az egymástól függetlenül öröklődő jellegek kialakulását ellenőrző gének a nem homológ kromoszómákban vannak.

Az örökletes bélyegek száma a szervezetben jelentősen meghaladja a haploid kromoszómakészletükben lévő kro-



164. ábra. Kapcsolási csoportok jelölése a muslica genetikai térképén (számokkal vannak jelölve az allél gének): 1 – hosszú csápok; 2 – rövid csápok; 3 – hosszú szárnyak; 4 – rövid szárnyak; 5 – hosszú lábak; 6 – rövid lábak; 7 – szürke test; 8 – fekete test; 9 – vörös szemek; 10 – lila szemek; 11 – normális szárnyak; 12 – csökevényes szárnyak; 13 – egyenlő szárnyak; 14 – görbe szárnyak; 15 – vörös szemek; 16 – barna szemek

moszómáik számát. Például az ecetmuslica (gyümölcslevegő) haploid kromoszómakészletében csupán négy kromoszóma van. Azonban az örökletes jellegek, köztük természetesen az ezeket meghatározó strukturális gének száma közel 10 ezer. Ugyanakkor mindegyik kromoszómában nem egy, hanem sok gén van. A függetlenül öröklődő jellegek mellett vannak olyanok, amelyek egymással kapcsolt módon öröklődnek, mivel egy kromoszómán belül elhelyezkedő gének határozzák meg őket.

A 164. ábrán a muslica genetikai térképének részlete látható, amelyen meg vannak jelölve a kapcsolási csoportok. Valamely fajhoz tartozó szervezetekben ezeknek a csoportoknak a száma megegyezik a nem ivari kromoszómák (autoszómák) és ivari kromoszómatípusok számával. Például, a nőtény muslicánál a kapcsolási csoportok száma 4, míg a hímek esetében 5 (mivel az X- és az Y-kromoszómák génkészletükben különböznek egymástól). Hasonlóképpen, a nőknél a kapcsolási csoportok száma 23, a férfiaknál 24.

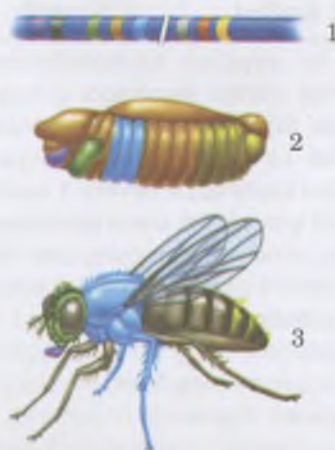
A kapcsolt öröklődés jelenségét a kiváló amerikai genetikus, **Thomas Hunt Morgan** (165. ábra) kutatta. Mint annak idején Mendel tette a veteményborsóval, Morgan is sikeresen választotta ki kísérleteihez alanyként az ecetmuslicát (166. ábra). A muslica könnyen tenyészthető laboratóriumban, mert nagyon szapor, nemzedékei gyors ütemben váltják egymást (optimális körülmények között az újabb nemzedékek másfélkét hét alatt jelennek meg), kromoszómaik száma nem nagy (a diploid készletben 8 a számuk). A teljes átalakulással fejlődő muslicánál ugyanis a fejlődés különböző stádiumaiban vizsgálható a gének aktivitása.

A kapcsolt öröklődés jelenségét Morgan a következő kísérlettel állapította meg (167. ábra). A tudós a testszín (szürke) és a szárnyformát (normális) tekintve homozigóta muslica-hímeket keresztezett a megfelelő recesszív allélok (fekete testszín, csökevényes szárny) szerint homozigóta nős-

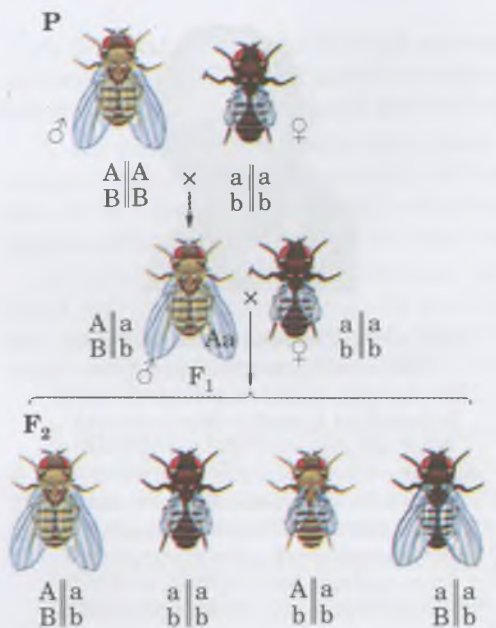


165. ábra. **Thomas Hunt Morgan** (1866–1945) amerikai genetikus 1933-ban fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjat kapott a kromoszómák öröklődésben betöltött szerepének megismeréséért. Morgan és tanítványai hozták létre az öröklődés kromoszóma elméletét; megállapították a gének elhelyezkedésének törvényszerűségeit a kromoszómákban; rájöttek a mendeli törvények citológiai mechanizmusaira

**Jegyezzük meg!** A kromoszómák genetikai térképeinek nevezzük a kromoszómában elhelyezkedő gének sorrendjét (szekvenciáját) és a köztük lévő távolságot jelölő grafikai ábrázolást. Az ilyen térképeknek nem csak elméleti jelentőségük van, hanem széleskörűen alkalmazzák őket a nemesítésben és a génsebészetben.



166. ábra. Az ecetmuslica a genetikai kutatások klasszikus kísérleti alanya: 1 – kromoszóma-szakasz; 2 – báb; 3 – kifejlett rovar (színek jelölik a géneket és azokat a bélyegeket, amelyeknek a fejlődését meghatározzák).



várt eredmények			
25 %	25 %	25 %	25 %
kapott eredmények			
41,5 %	41,5 %	8,5 %	8,5 %

167. ábra. Egyes bélyegek (a testszín és a szárnyforma) kapcsolt öröklődése az ecetmuslicánál

## Jó tudni

Az egyazon kromoszómában lévő gének közötti távolságot a nagy genetikus tiszteletére centimorganban (cM) mérik (a mértékegység Morgan tiszteletére kapta ezt a nevet): 1 centimorgan a két gén közötti olyan távolságnak felel meg, amelyen a crossing over folyamata szából 1 gamétában megy végbe, azaz a valószínűsége 1 % : 1 cM = 1 %. Megjegyzendő, hogy 50 és nagyobb centimorgannak meg-felelő távolság mellett a gének függetlenül öröklődnek, mintha nem homológ kromoszómákban lennének.

**i** **Jegyezzük meg!** A crossing over az örökletes változékonyság egyik forrása.

tényekkel. Az első hibridnemzedék valamennyi egyedének szürke lett a testszíne és normális alakú a szárnya, vagyis mindkét gén vonatkozásában heterozigóták voltak. Az első hibridnemzedék genotípusának megállapítása céljából Morgan tesztelő keresztezést végzett: a hibrideket a megfelelő recesszív allélokkal rendelkező egyedekkel keresztezte.

**Elméletileg** az ilyen keresztezéstől a hasadás két változata volt várható. Ha a testszín és a szárny formáját meghatározó gének a nem homológ kromoszómákban helyezkednének el, azaz egymástól függetlenül öröklődnének, akkor a hasadásnak a következő módon kellene alakulnia: 25 % szürke testszín és normális szárny, 25 % szürke testszín és csökevényes szárny, 25 % fekete testszín és normális szárny, 25 % fekete testszín és csökevényes szárny (vagyis 1:1:1:1 arányban). Azonban, ha ezek a gének egy kromoszómában lennének, és kapcsoltan öröklődnének, akkor az utódok között 50%-ban szürke testszínű és normális szárnyú, és 50 %-ban fekete testszínű és csökevényes szárnyú egyedre lehetne számítani (vagyis az arány 1:1 lenne).

A **valóságban** kapott eredmények a következők voltak: az utódok 41,5 %-a szürke testszínű és normális szárnyú, 41,5 %-a fekete és csökevényes szárnyú, 8,5 % szürke és csökevényes szárnyú, 8,5 % fekete és normális szárnyú lett. Tehát a fenotípus szerinti hasadási arány megközelítőleg 1:1 (mint a kapcsolt öröklődés esetében). De az utódok között volt két másik fenotípus-változat, amelyek megjelenése abban az esetben lett volna várható, ha a test színét és a szárny alakját meghatározó gének nem homológ kromoszómákban lettek volna, és öröklődésük egymástól függetlenül történt volna. A számuk azonban túl kicsinek bizonyult.

Hogyan magyarázta Morgan ezeket az eredményeket? A tudós azt feltételezte, hogy a test színét és a szárny alakját meghatározó gének egy kromoszómában vannak, és kapcsoltan öröklődnek. Az ivarsejtek keletkezésekor a meiózis során a homológ kromoszómák képesek arra, hogy kicseréljék egyes homológ részeit (ez a *crossing over jelensége*) (116. ábra). A crossing over fokozza a változékonyságot, elősegíti az allélkombinációk új változatainak kialakulását. Ilyenkor bekövetkezhet néhány gén vagy egy gén, vagy a két, illetve az egyik DNS-szál részeinek kicserélődése.

A crossing over jelenségét különböző szervezeteken vizsgálták, s ennek alapján a következő törvényszerűségeket állapították meg:

- a gének a kromoszóma hosszanti irányában, lineárisan, azaz egymás utáni sorrendben helyezkednek el;
- a kromoszómák génkészlete nem azonos, vagyis minden nem homológ kromoszóma génkészlete egyedi;
- a kromoszómán lévő összes gén bizonyos helyen (lókusz) található; az allél gének a homológ kromoszómákon, ugyanabban a lókuszban vannak;
- egy kromoszóma minden génje kapcsolási csoportokat alkot, aminek következtében a bélyegek kapcsolt módon öröklődnek;
- az egy kromoszómában található két gén közötti kapcsolódás erőssége fordítottan arányos a közöttük lévő távolsággal; minél nagyobb a távolság, annál gyakrabban történik crossing over;



• a hosszú kromoszómák végein lévő gének által meghatározott bélyegek függetlenül öröklődhetnek, akárcsak azok a bélyegek, amelyek a nem homológ kromoszómákban találhatóak;

• a crossing over gyakorisága két, egy kromoszómán található gén között, relatíve állandó mértékű mindkét konkrét génpár számára; azonban a külső és a belső környezet faktorai (többek között: egyes kromoszómák felépítésbeli megváltozása, amelyek megnehezítik, vagy lehetetlenné teszik a crossing over folyamatát, magas vagy alacsony hőmérséklet, röntgensugárzás, egyes kémiai vegyületek) hatást gyakorolhatnak rá; egyes organizmusokban kimutatható a crossing over gyakoriságának függése a kortól (például az ecetmuslicánál) vagy a nemtől (egér, baromfi);

• az egy kapcsolts csoportba tartozó génpárok közötti crossing over viszonylagos állandó gyakoriságát alkalmazzák a gének közötti távolság mutatójaként, illetve a kromoszómákban való sorrendjük meghatározására. Például, a különböző génpárok között történő crossing over gyakoriságának meghatározását felhasználják a kromoszómák genetikai térképének készítésére (lásd: 164. ábra);

• az egy csoportba tartozó gének közötti kapcsolódás megbomlik a homológ kromoszómák egyes részlegeinek kicserélődése folytán a meiotikus osztódás első profázisában (a crossing over folyamata).

**Mi az öröklődés kromoszóma elméletének jelentősége?** Morgan és munkatársai kutatási eredményeikre támaszkodva megalkották az öröklődés **kromoszóma-elméletét**. Ez a teória, amely nem csak a genetika, hanem az egész biológia további fejlődését meghatározta. Rávilágít arra, hogy milyen anyagi alapokon nyugszanak az öröklődés Mendelféle törvényei, és magyarázattal szolgál arra vonatkozóan is, hogy miért következnek be eltérések egyik vagy másik bélyeg öröklésmenetében.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

kapcsolt öröklődés, kapcsolási csoport, az öröklés kromoszóma-elmélete.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Milyen feltételek mellett érvényesül a jellegek független kombinálódásának törvénye? 2. Mi az oka a jellegek kapcsolt öröklődésének?
3. Mi határozza meg a kapcsolódási csoportok számát egy fajon belül?
4. Mi a crossing over biológiai jelentősége? Milyen törvényszerűségeket állapítottak meg a kutatók a crossing over folyamatának vizsgálata során? 5. Mi a jelentősége az öröklődés kromoszóma-elméletének?
6. Hogy állítják össze a kromoszómák genetikai térképét?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



1. Magyarázzátok meg, hogyan bizonyítható, hogy a gének lineárisan helyezkednek el a kromoszómában! 2. Az ecetmuslica lett a genetikai vizsgálatok klasszikus alanya. Gondolkozzatok el azon, milyen állatok felelnének még meg a genetikai kutatások klasszikus alanyaiként!



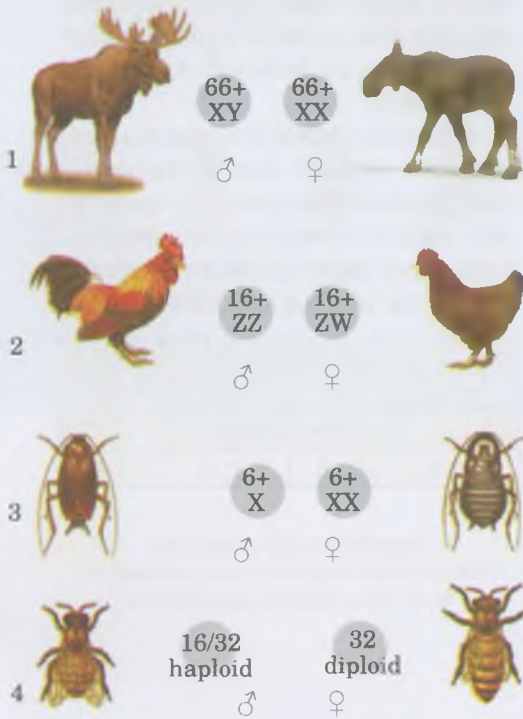
## **Röviden a lényeg**

A mendeli öröklődés törvényszerűségeitől való eltérések egyik oka a kapcsolt öröklődés. Ennek az alapja az, hogy az egy kromoszómán lévő gének kapcsolási csoportokat alkotnak. A kapcsolt öröklődés jelenségét Morgan bizonyította az ecetmuslicán végzett kísérletei segítségével. Ezek a kísérletek alapozták meg az általa és munkatársai által megalkotott öröklődés kromoszóma-elméletét.

A kapcsolt öröklődés jelenségének vizsgálata lehetővé tette a kromoszómák genetikai térképének megalkotását, vagyis a kromoszómákon elhelyezkedő gének sorrendjének és relatív távolságának vázlatos megjelenítését.

## Jó tudni

Azokban a szervezetekben, amelyeknél a női a heterogaméta ivar, az ivari kromoszómák más jelölést kapnak: a mindkét nemben megtalálható ivari kromoszómákat Z – betűvel, míg csak a heterogaméta ivarban előforduló W-betűvel jelöljük.



168. ábra. Az ivar meghatározásának mechanizmusa: 1 – X–Y az emlősöknél (például az embernél); 2 – Z–W a madaraknál; 3 – X–0 egyes rovaroknál; 4 – haploid-diploid a méheknél (kezdetben a heréknél haploid (16), majd a kromoszómaszám megduplázódik (32)).

## Jó tudni

Érdeemes megjegyezni, hogy az ivar meghatározásának genetikai alapjai különbözők lehetnek még azokban a szervezetekben is, amelyekben a hím a heterogaméta ivar. Például, az ember esetében a 44 autoszómát és egyetlen X-kromoszómát (XO) tartalmazó kariotípusú zigótából testileg és pszichikailag sérült női szervezet fejlődik. Az ilyen nők terméketlenek. A muslicánál ugyanakkor az egy X-kromoszómát tartalmazó zigótából szaporodásra alkalmatlan hímek fejlődnek.

## 33. §. IVARGENETIKA. NEMHEZ KÖTÖTT ÖRÖKLŐDÉS

*Emlékezzetek*, milyen a muslica kariotípusa! Miben különbözik a férfiak és a nők kromoszómakészlete? Mik az ivari kromoszómák és az autoszómák? Milyen növényeket neveznek kétlakiaknak? Milyen nemi hormonok képződnek az emberi szervezetben?

A biológia egyik legnagyobb érdeklődésre számot tartó problémája az, hogy mi határozza meg egyik vagy másik szervezet nemét az individuális fejlődés során.

**Mi határozza meg az ivart a különböző szervezetekben?** A kutatók már a XIX. század végén figyeltek arra, hogy a hímek és a nőstények kromoszómakészletében egy kromoszómapárnak eltérő a szerkezete. Sok állatfaj nőstényei diploid szomatikus (nem ivari) sejtjeiben mindegyik kromoszómapár azonos felépítésű, ugyanakkor a hímek egy kromoszómapárja nem egyforma. *Emlékezzetek*: az ilyen kromoszómákat ivari vagy **hetero-kromoszómáknak** nevezzük. A muslica hímjének egyik ivari kromoszómája pálcika alakú (ez az úgynevezett **X-kromoszóma**), a másik horogszerű (**Y-kromoszóma**). A nőstényeknél mindkét ivari kromoszóma azonos felépítésű (X-kromoszómák), vagyis a muslica nőstényeinek kariotípusa egyezményesen így jelölhető: **6A** (autoszóma) + **XX**, a hímeké: **6A + XY** (a mindkét nemnél azonos szerkezetű, nem ivari kromoszómák, azaz autoszómák jelölése: „A”). Az eltérő kromoszómakészletek a kétlaki növényekre is jellemzők.

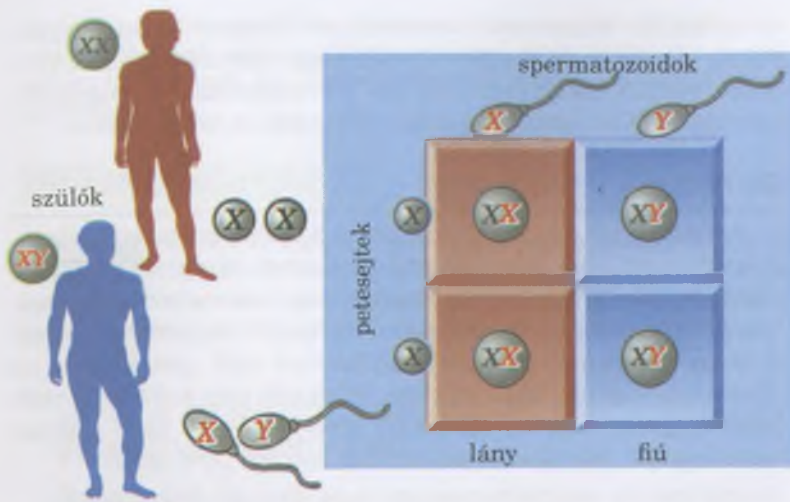
Mivel meióziskor a homológ kromoszómák különböző ivarsejtbe kerülnek, ezért az egyik nem egyedének az ivarsejtjei egyfélék (homogaméta ivar; gör.: *homoios* – egyforma és *gameté* – asszony vagy *gametés* – férj), míg az ellenkező nemű egyedekéi kétfélék (heterogaméta ivar; gör.: *heteros* – más).

Sok élőlénynél a homogaméta ivar a női, a heterogaméta pedig a hím (legyek, poloskák, bogarak, emlősök, a halak többsége, egyes kételtűek stb.). Más esetekben fordítva (lepkek, hüllők, madarak, egyes halak és kételtűek) (168. ábra). Bizonyos fajok különmemű egyedei az ivari kromoszómák számában különböznek. A szöcskéknél és a csótánynál például a nőstények diploid kromoszómakészletében mindkét ivari kromoszóma megtalálható, míg a hímekében csak az egyik.

A váltivarú szervezetek többségénél már a megtermékenyítés pillanatában eldől a majdani egyed neme. Ez attól függ, hány és milyen ivari kromoszómák egyesülnek a zigótában. Az ivarnak ezt a fajta meghatározását figyelhetjük meg az emlősöknél.

## Jó tudni

Az emlősök esetében az ivarfejlődés folyamatában két főbb szakasz különböztethető meg. A zigóta kromoszóma-állománya határozza meg az ivarmirigyek fejlődési irányát. Ha a zigóta kariotípusában jelen vannak mind az X-, mind az Y-kromoszómák, úgy az ivarmirigy-kezdemények herékké fejlődnek. A herék hím nemi hormont, tesztoszteront termelnek, amely az embrióban keringve hím irányba tereli annak fejlődését. Ha a zigóta kariotípusában két X-kromoszóma egyesül, akkor az ivarmirigy-kezdemények petefészkekké fejlődnek. Az ilyen embrió női szervezetté alakul (169. ábra).



169. ábra. Az ivar meghatározásának mechanizmusa az embernél.

**Feladat:** Elemezzétek az ábrát és figyeljétek meg, hogy a fiú vagy lány gyermek születésének valószínűsége 50 %; de vannak családok, amelyekben kizárólag vagy fiúk, vagy lányok születnek; a tanár segítségével próbáljátok meg megmagyarázni ezt a jelenséget!

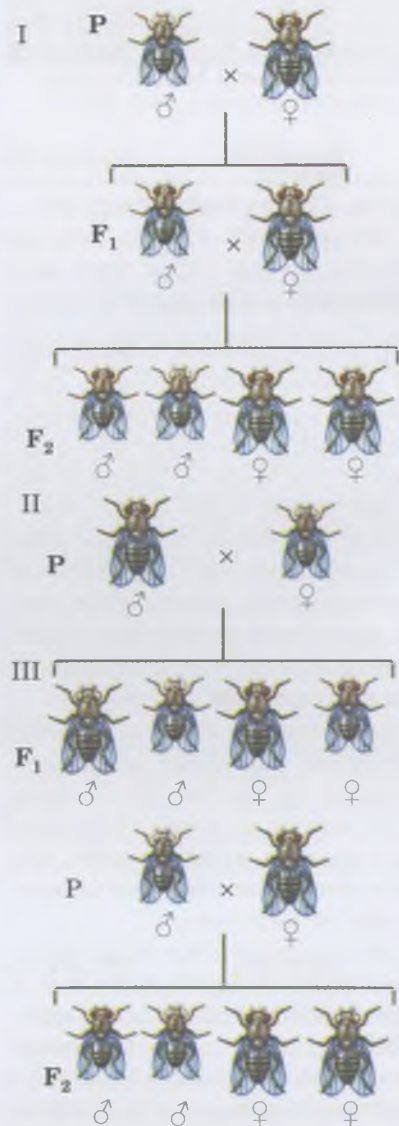
Vannak más ivar-meghatározási mechanizmusok is. Például, egyes gerincteleneknél (örvényférgek, egyes soksertéjű férgek) az utód neme még a megtermékenyítés előtt eldől. Ezek az állatok kétféle petesejtet képeznek: nagy szikben gazdag petesejtet és viszonylag kevés tápanyagot tartalmazó kicsiket. A nagy petesejtekből nőtények, a kicsikből hímek fejlődnek.

Egyes teknősöknél, gyíkoknál és krokodiloknál, az ivar kialakulását befolyásolja az a hőmérséklet, amelyen a tojásaik fejlődnek. A krokodilok és a gyíkok esetében a környezet hőmérsékletének növekedésével a tojásokból több hím, míg a teknősöknél több nőtény kel ki.

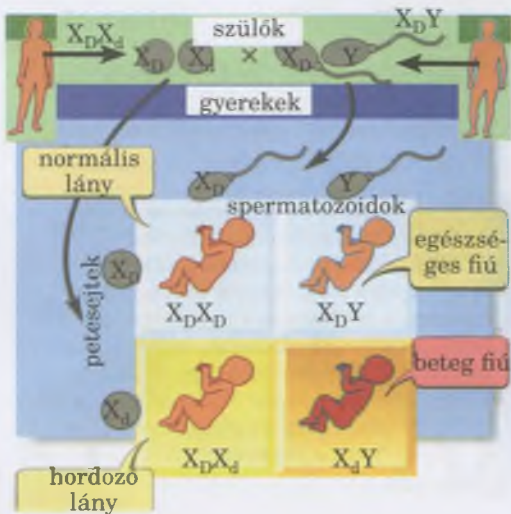
Társas rovaroknál, mint például a mézelő méheknél, poszméheknél, hangyáknál a nőtények kétféle – megtermékenyített és megtermékenyítetlen (partenogenetikus) – petéket raknak. A megtermékenyítetlen petesejtekből hímek fejlődnek, a megtermékenyítettekéből nőtények. A nőtényeknek ezáltal diploid kromoszómakészletük lesz, míg a hímeknek először haploid a kromoszómakészletük, de idővel megduplázódik.

Léteznek olyan bélyegek, amelyek öröklődésére hat a szervezet neme. Ennek oka, az X- és az Y-kromoszómák génekészletének különbözősége.

Az ivarhoz kapcsolt öröklődés jelenségét Thomas H. Morgan vizsgálta. Vörös szemszínű muslicák tiszta vonalú nőtényeit olyan hímekkel keresztezte, amelyek szeme nem tartalmazott vörös pigmentet (fehér szemszín; lásd: 171. ábra, I). Az első hibridnemzedék egyedeinek vörös volt a szemük. A második hibridnemzedék egyedeinél, amelyek az első hibridnemzedék egyedeinek kereszteződéséből jöttek létre, minden nőtény esetében vörös volt a szemszín, míg a hímeknél fele-fele arányban volt jelen a vörös és a fehér szemszín. Egyidejűleg fehér szemszínű nőtényeket keresztezett vörös szemű hímekkel (170. ábra, II). Az első hibridnemzedék egyedei között a következő, fenotípus szerinti hasadás ment végbe: minden nőténynek vörös, minden hímnek fehér volt a szemszíne. Az első hibridnemzedék egyedeinek egymás közötti keresztezésekor az utódok között másfajta hasadást figyelt meg: mindkét nem egyedeinél 50 %-ban vörös, 50 %-ban fehér volt a szemszín (170. ábra, III).



170. ábra. Ivarhoz kapcsolódó öröklődés az ecetmuslicánál. **Feladat:** Figyeljétek meg a szem színét meghatározó bélyeg hasadási jellemzőit a különböző keresztezések során!



172. ábra. A daltonizmus öröklődésének mechanizmusa az embernél (hasonló az öröklődésmenet a hemofiliához)

A kétféle keresztezés eredményét Morgan azzal magyarázta, hogy a szem pigmentációját meghatározó gén az X-kromoszómában található, míg az Y-kromoszómából hiányzik, ezért nem lehet hatása ennek a jellegnek az öröklődésére.

### Jó tudni

A macskánál ivarhoz kapcsolatos öröklődnek egyes szőrszínek. A kandúroknál nem fordul elő az úgynevezett teknősbéka szőrszín (vörös és fekete foltok fehér alapon), vagy csak sötét, vagy csak vörös foltok vannak a szőrzetükben. Ez azzal magyarázható, hogy a vörös és fekete szőrszín meghatározó allél gének csak az X-kromoszómákban lokalizálódnak. Egyik allél sem dominál a másik felett. Ezért a nőstény macskák, amelyek ezt a gént tekintve heterozigóták, teknősbéka szőrszínűek lesznek (171. ábra).

171. ábra. A teknősbéka szőrszín meghatározása a macskánál:  
1 – a szőrzet színét meghatározó gén helye;  
2 – teknősbéka szőrszínű nőstény macska



### Röviden a lényeg

Sok állatfaj esetében a különböző nemű egyedeknek különbözik a nemi kromoszómájuk, vagyis hetero-kromoszómájuk van. Sok szervezetben a homogaméta ivar a női, a heterogaméta ivar a férfi (többek között: legyek, poloskák, bogarak, emlősök, a halfajok többsége, egyes kétéltűek), míg másoknál éppen ellenkezőleg (lepkék, hüllők, madarak, egyes halak és kétéltűek). Egyes fajoknál az egyedek nemi kromoszóma-száma eltér (szöcskék, csótányok).

Mivel a meiózis során a homológ kromoszómák különböző gamétákba kerülnek, az egy nemhez tartozó egyedek csak egy típusú gamétát képezhetnek (a homogaméta ivar esetében), míg a másik nem képviselője kettőt (a heterogaméta ivar esetében).

A váltivarú organizmusok többségének esetében, az egyed neme már a megtermékenyítés pillanatában eldőlt. Ez attól függ, hogy milyen és mennyi ivari kromoszóma egyesül a zigótában.

A bélyegek nemhez kötött öröklődésének jelensége azzal áll kapcsolatban, hogy az X- és Y-kromoszómák különböző génkészlettel rendelkeznek. Ezért bizonyos bélyegek csak bizonyos nemű egyedben jelenhetnek meg.

Az embernél közel 150 jelleg, köztük egyes betegségek (színtévesztés, vérzékenység) öröklődnek nemhez kapcsolatosan. A daltonizmus (színtévesztés esetén a szem képtelen megkülönböztetni a vörös és zöld színeket és árnyalataikat) az X-kromoszómában lokalizált recesszív gén által öröklődik, az Y-kromoszómából hiányzik. Ezért az a férfi, akiben jelen van ez az allél, színtévesztő. A nőknél ez a betegség csak akkor jelenik meg, ha ezt a recesszív allélt tekintve az egyén homozigóta; a heterozigóta nők fenotípusosan egészségesek, jóllehet hordozói ennek az allélnak, ám a daltonizmus nem jelentkezik náluk (172. ábra). Hasonló módon öröklődik a hemofília (kóros vérzékenység, amikor a vér alvadásképtelensége miatt, az érrendszer legkisebb sérülései is halálosak lehetnek, a szervezet elvérvzése következtében). A hemofiliát okozó recesszív allélt a heterozigóta nők örökítik nemzedékről nemzedékre.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

homogaméta és heterogaméta ivar, az öröklődés jelensége, nemhez kötött öröklődés.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!

1. A szervezetek ivar-meghatározásának milyen módjait ismeritek a váltivarú szervezeteknél? 2. Mely ivart nevezik heterogamétának, és melyet homogamétának? 3. Mi határozza meg a nemhez kapcsolódó öröklődést? 4. Mivel magyarázható, hogy a heterogaméta ivar esetében nagyobb a halandóság, mint a homogaméta ivarnál? 5. Miért van az, hogy az egyik nemhez tartozó egyedek a populációban nagyobb

mennyiségben vannak jelen, mint a másik nem tagjai? 6. Nevezzétek meg a módszert, amely segítségével meg lehet határozni az állat nemét, ha a hímek és nőtények testfelépítésükben megkülönböztethetetlenek!

### Gondolkodjatok el rajta!



Az embernél van olyan mutáció, amikor a sejtek csak egy X-kromoszómát tartalmaznak, vagyis a kromoszóma-állomány 45-tel, nem pedig 46-tal egyenlő. Miért nem léteznek olyan emberek, akiknél csak Y-kromoszóma fordul elő, X-kromoszóma nélkül? Feleleteketek magyarázzátok meg!

## 34. §. A GENOTÍPUS MINT EGYSÉGES RENDSZER

*Emlékezzetek, mi a gén, a genom, a genetikai kód, a rekombináció, a transzkripció, a crossing over! Miben nyilvánul meg a mitokondriumok és plasztizok autonómiája a sejtben? Mik a strukturális és a szabályozó gének? Mi a plazmid és a nukleoid?*

Hosszú ideig, egészen a nukleinsavak szerkezetének és a genetikai kódnak a feltárásáig, a gént az örökletes információ, a rekombináció és a mutáció oszthatatlan egységének tekintették. Később azonban kiderítették, hogy vannak mutációk, amelyek nem a teljes gént, hanem annak csupán meghatározott részét érintik. A crossing over során a homológ kromoszómák között kicserélődhetnek egész gének vagy csupán azok egyes részei. A nukleinsav legkisebb része, amely a crossing over alkalmával kicserélődhet, mindössze 1–2 nukleotidpárból áll.

A genetikában hosszú ideig létezett az a szabály, amely szerint minden gén egy meghatározott fehérje (egy gén – egy fehérje) szintéziséért felel. Azonban a későbbi kutatások kiderítették, hogy a „gén-bélyeg” viszony sokkal bonyolultabb, mint azt korábban gondolták. Ez a nem allél gének és a gének többszörös hatásának jelenségével áll összefüggésben.

**Milyen a nem allél gének egymás közötti kölcsönhatása?** Korábban már említettük az allél gének kölcsönhatásának különböző változatait: a teljes és az intermedier öröklődést, a kodominanciát. Azonban egy adott jellegállapot kialakulását gyakran befolyásolja két vagy több nem allél gén kölcsönhatása. Az ilyen kölcsönhatás különböző formákat ölthet. A nem allél gének kölcsönhatása úgy is jelentkezhet, hogy az egyik gén allélja elnyomja a másik, nem allél gén alléljának fenotípusban történő megnyilvánulását.

A nem allél gének kölcsönhatásának másik elterjedt formája abban mutatkozik meg, hogy egy adott bélyeg fenotípusos megjelenéséhez két, vagy több nem allél gén domináns alléljainak kölcsönhatása szükséges. A padlizsán termésének ibolyaszínét két nem allél gén domináns alléljainak kölcsönhatása határozza meg. Ennek eredményeként termelődik a megfelelő pigment (antocián). Ha a gének közül akár egy is homozigóta a recesszív allélra nézve, a pigment nem termelődik, és a termések színtelenek lesznek. Hasonló jelenség figyelhető meg a szagos bükköny esetében, amikor két nem allél gén domináns alléljai határozzák meg a párta piros színét. Ha azonban az egyik gén homozigóta a recesszív allél tekintve, a párta fehér lesz.



**Jegyezzük meg!** A gén az öröklődés teljes funkcionális egysége, mivel a szerkezetének bármilyen sérülése megváltoztatja a benne kódolt információt, vagy annak elvesztéséhez vezet.



173. ábra. Leghorn tyúkfajta

### Jó tudni

A leghorn tyúkokban (173. ábra) van egy gén, amely a tollazat színét határozza meg: a CC vagy Cc genotípusú tyúkoknak bizonyos színű a tollazatuk, míg a cc genotípusúaké fehér. De létezik egy nem alléi gén, amelynek domináns allélja elnyomja a tollazat színét meghatározó másik, nem alléi gént. Ezért az alléi gént tekintve homozigóta (II) vagy heterozigóta (Ii) tyúkoknak fehér a tollazatuk, a másik nem alléi gén alléljainak (C) jelenléte ellenére.



**Jegyezzük meg!** Azt a jelenséget, amikor az egyik gén alléljai elnyomják a másik, nem alléi gén megnyilvánulását a fenotípusban, episztázisnak nevezzük (gör. *epistasis* – megállás, várakozás).

### Jó tudni

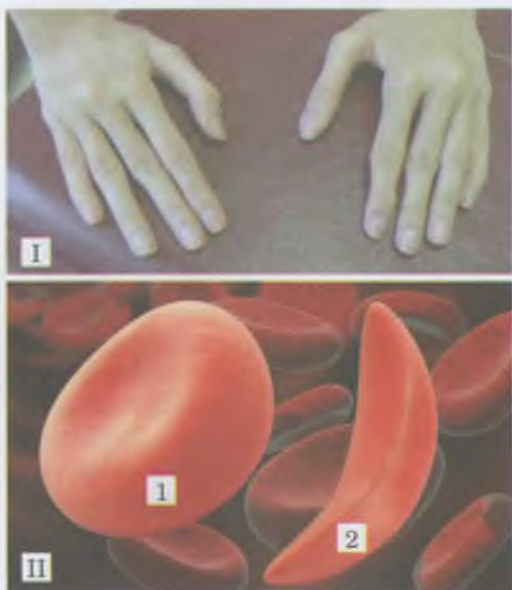
Az emberben a normális hallás kialakulását szintén két nem alléi gén domináns alléljai határozzák meg, közülük az egyik a csiga normális fejlődéséért felelős a belső fülben, a másik a hallóideg normális fejlődését határozza meg. Ha csak az egyik gén is homozigóta a recesszív alléit tekintve, az utód születésétől fogva süket lesz.

**Jegyezzük meg!** Azokat a nem allél géneket, amelyeknek a domináns alléljai valamely, mindegyik génre egyenként nem jellemző jellegváltozat kialakításához szükségesek, **komplementereknek** nevezzük (lat.: *complementum* – kiegészítés).

**Jegyezzük meg!** A citoplazmás vagy **sejtmagon kívüli öröklődés** a citoplazma bizonyos szerkezeti elemeinek az a képessége, hogy megőrzik és átadják az utódoknak a szülők örökletes információinak egy részét.

## Jó tudni

A sarlósejtes vérszegénységet az okozza, hogy egy mutáció következtében létrejövő recesszív allél másikkal cseréli le az egyik aminosav-maradékot a hemoglobin-molekula polipeptid-láncának szintézise során. Ennek következtében a vörös vérszálak szabálytalan, sarló alakot öltenek (175. ábra, II), és rendelkeznek keletkeznek a szív-érrendszerben, az emésztő, kiválasztó szervekben és az idegrendszerben. A sarlósejtes vérszegénység olyan régiókban terjedt el, ahol sok a maláriás megbetegedés (például Afrikában). A sarlósejtes vérszegénységben szenvedő emberek ellenállóak a malária kórokozójával szemben, vagyis a malária plazmódium ellen.



174. ábra. Nem allél gének kölcsönhatása a házinyulak prémszínének kialakulásánál

Az állatok (egerek, nyulak) esetében a sötét szőrszín megjelenését két nem allél gén domináns alléljai okozzák, amelyek közül az egyik a pigment meglétét, a másik a szőrszálban való eloszlását határozza meg. A házinyulaknál a sötét pigment szintéziséért a domináns C allél felel. Egy másik nem allél gén a pigment szőrszálban való eloszlását szabályozza. Ha a nyúl genotípusában ennek az (A) génnek a domináns allélja található, akkor a pigment a szőrszál tövével összpontosul, és az állatnak szürke lesz a prémje. Ha a házinyúl homozigóta a recesszív allél szerint (a genotípusa CCaa, Ccaa), akkor a pigment egyenesen oszlik el a szőrszálban, és a nyúl fekete lesz. Ha a sötét pigment termeléséért felelős gén homozigóta, a recesszív allélt tekintve, akkor nem termelődik pigment, és fehér egyedek (albínók) születnek (174. ábra).

A komplementer géneken kívül léteznek **polimer gének** is (gör.: *polymerés* – több részből álló). Ezek kölcsönhatása (polimeria) abban áll, hogy valamely jellegváltozat megléte attól függ, miként kapcsolódnak egymáshoz e nem allél gének bizonyos alléljai a genotípusban. Egyes esetekben elegendő bármely gén egyetlen domináns allélja azok közül, amelyek hatással vannak a jellegre, hogy a megfelelő jellegváltozat a fenotípusban megjelenjen. Például, az egyik pásztortáska fajnál csak két, a recesszív allélok szerint, homozigóta gén jelenléte esetén képződik ovális termésforma, más esetekben (amikor van legalább egy domináns allél), a termés háromszög alakú.

Az állatoknál a nem allél gének polimer kölcsönhatása határozza meg a növekedés intenzitását, a termékenységet, tejszírtartalmat, az embernél a magasságot, testtömeget, artériás vérnyomást. A polimeriának fontos biológiai jelentősége van, mivel a szervezetek változékonyságát biztosítja. Ezenkívül a nem allél gének által meghatározott bélyegek stabilabbak, mint azok, amelyek egy gén különböző alléljai által determináltak. Egyebek mellett ez a tény kiegyenlíti bizonyos mutációk megjelenését a fenotípusban. A polimeriára példa az ember bőrszínének öröklődése, amelyet nem kevesebb, mint négy gén határoz meg.

**Hogyan nyilvánul meg a gének többszörös hatása?** Korábban azokat az eseteket vizsgáltuk, amikor egy gén

175. ábra. Példák a gének többszörös hatására: I – arachnodaktília; II – sarlósejtes vérszegénység: az egészséges ember eritrocitái (1) és a sarlósejtes vérszegénységben szenvedő ember eritrocitái (2)

alléljai csupán egyetlen jelleg különböző változatainak a kialakulására hatottak (például a mag színe, felületi szerkezete, a virágpárta színe). A gének zöménél ugyanakkor egy allél több különböző jelleg meghatározott állapotának kialakulását befolyásolja. Ezt a jelenséget a **gének többszörös hatásának** vagy **pleiotropiának** nevezzük (gör.: *pleiön* – több, nagyobb számú és *tropos* – irány, mód).

Például, az embernél ismert az **arachnodaktília** (pókujjúság) nevű betegség (175. ábra, I). Ezt a kórt egy domináns allél mutációja okozza, ami a kéz és a láb ujjainak meghosszabbodásában, a szemlencse rendellenes helyzetében és veleszületett szívhibákban nyilvánul meg. A gének többszörös hatásának példája az embernél a sarlósejtes vérszegénység (175. ábra, II) és a fenilketonuria.

A gének többszörös hatását az okozza, hogy mindegyik gén az anyagcsere meghatározott szakaszát ellenőrzi. Mivel az anyagcsere legkülönfélébb folyamatai gyakran kölcsönösen kapcsolódnak egymáshoz, ezért a valamely szakaszában bekövetkező rendellenesség, óhatatlanul kihat a következő szakaszokra, és végeredményben kihat a szervezet bélyegeinek alakulására.

A fenotípus kialakulására hatást gyakorolhat a citoplazmatikus öröklődés is.

**Miben nyilvánul meg a citoplazmás öröklődés?** Az eukarióták sejtjeiben az örökítőanyag nem csak a sejtmagban található. Az ilyen szervezetekre citoplazmás öröklődés jellemző.

Az eukarióták citoplazmás öröklődése a genetikai jelenségek két formájával kapcsolatos:

- a meghatározott sejtservecskékben (mitokondriumokban, plasztiszokban) található sejtmagon kívüli génekben kódolt jellegek öröklődésével;

- a sejtmag génei által kódolt jellegek megjelenésével az utódokban, amelyek kialakulására hatással van a petesejt citoplazmája.

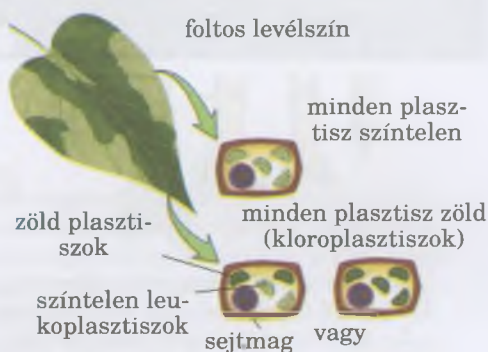
*Emlékezzetek*, hogy a plasztiszoknak és mitokondriumoknak saját örökítőanyaguk – gyűrűs DNS-molekulájuk – és saját fehérjék előállítására képes apparatusuk van! A prokarióták sejtjeiben kromozómán kívüli öröklődési tényezők, úgynevezett plazmidok találhatóak. Ezek DNS-molekulák, amelyek a magzónán, azaz a nukleoidon, kívül helyezkednek el. A sejtmagon kívüli gének kölcsönhatnak a sejtmag génjeivel, és a sejtmag DNS-e ellenőrzi őket.

A plasztiszok génjeihez kötődő, citoplazmás öröklődés különböző növényfajokra jellemző. Az ilyen növények között elfordulnak tarka levelű formák. Ez a bélyeg anyai ágon öröklődik, és azért alakul ki, mert a plasztiszok egy része nem tud klorofillt képezni. A szintelen plasztiszokat tartalmazó sejtek osztódása után a leveleken egymást váltó fehér és zöld foltok jelentkeznek (176. ábra). Az osztódással szaporodó plasztiszok genetikailag folytonosak: a zöld plasztiszok zöld, a szintelenek szintelen plasztiszokat képeznek.

A genotípus teljességére utal az egyes gének aktivitásának szabályozása is. A strukturális gének nem képesek folyamatosan aktív állapotban lenni, ezért működésük hol aktív, hol pedig csökken.



**Jegyezzük meg!** Minden faj egyedeinek genotípusa egységes rendszer, jöllehet különálló gének alkotják, amelyek képesek elkülönülni egymástól, és függetlenül öröklődni. A genotípusnak a történelmi fejlődés során kialakult egységes volta abban mutatkozik meg, hogy a szervezet jellegállapotai zömmel az allél és a nem allél gének kölcsönhatásának eredményeként alakulnak ki. Ezenkívül, a szervezetek fenotípusának alakulása függ a citoplazmás öröklődéstől.



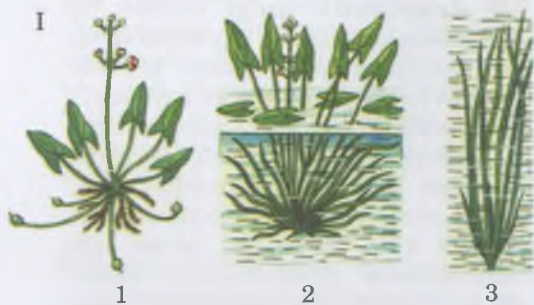
176. ábra. A citoplazmatikus öröklődés megjelenési mechanizmusa növényeknél



## Röviden a lényeg

A szervezetek genotípusa egy egységes rendszer, ami az evolúció során jött létre. A genotípus egységességét az allél és nem allél gének kölcsönhatása, a gének többszörös hatása és a citoplazmatikus öröklődés határozza meg. A nem allél gének különböző módon léphetnek kölcsönhatásba egymással: az egyik esetben a nem allél gén bizonyos alléljai elnyomják a másik megjelenését; más esetben bélyegek bizonyos variánsai létrejöttéhez szükséges néhány nem allél gén domináns alléljának jelenléte; a harmadik esetben a bélyeg bizonyos variánsa attól függ, hogy a nem allél gének alléljai milyen módon kapcsolódnak.

A citoplazmatikus öröklődésnek alapja a citoplazma bizonyos struktúráinak azon képessége, hogy megőrzik, és az utódoknak átadják a szülők örökletes információinak egy részét.



177. ábra. Modifikáció változékonyság.  
 I. A nyílű (1) és levelének modifikációi:  
 2 – nyíl formájú levelek, amelyek víz felett nőttek; 3 – szalagszerű levelek, amelyek a víz alatt nőttek.  
 II. 1. Sófereg (külső nézet). 2. A sófereg szőrözöttsége különböző sókoncentráció tartalmú közegben (balról jobbra: nagyobb sótartalomtól a kisebb irányába; gondolkodjatok el rajta, miért rendelkezik az édesvizekben élő sófereg sűrűbb szőrözöttséggel).



178. ábra. Különböző kategóriájú egyedek (kasztok) a házi méhénél:  
 1 – királynő; 2 – here; 3 – dolgozó méh

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

nem allél gének kölcsönhatása, többszörös génhatás, citoplazmatikus öröklődés.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mik a strukturális gének és a regulátorgének? 2. Hozzatok fel példákat nem allél gén kölcsönhatásra 3. Mi a gének többszörös hatásának biokémiai alapja? 4. Mi okozza a citoplazmatikus öröklődést? 5. Miben nyilvánul meg a genotípus egységessége?

### Gondolkodjatok el rajta!



Mik a citoplazmás öröklődés evolúciós alapjai!

## 35. §. VÁLTOZÉKONYSÁG – A GENOTÍPUS ÉS A KÖRNYEZET KÖLCSÖNHATÁSÁNAK KÖVETKEZMÉNYEI

Emlékezzetek, mi jellemzi az egyetétű ikreket? Mit értünk állat- és növényfajtákon? Mik a mennyiségi és a minőségi jelegek?

Már tudjátok, hogy az élő anyag egyik egyetemes tulajdonsága a **változékonyság**, vagyis az organizmusok képessége az individuális (az egyedi), illetve a faj evolúciós fejlődése során, új bélyegekre szert tenni. A változékonyság lehet nem örökletes, vagy modifikációs és örökletes.

A modifikációs változások a szervezetek reakciója a külső környezet bizonyos tényezőire. A modifikációs változékonyságot nem a DNS-molekula nukleotid sorrendjének megváltozása, hanem az örökletes információ realizációjának jellege váltja ki.

**A modifikáció azonos minden genotípusosan hasonló lény számára.** Bármely szervezet örökletes programja nem csupán a gének irányításával valósul meg, hanem a külső környezet is hatással van rá. Sokszor a környezettől függ az örökletes jelleg megjelenési foka. Például, a nyílű (177. ábra, 1) valamennyi víz alatti egyedének hosszúak és vékonyak a levelei. A parton növő növények levelei nyíl alakúak. A félig vízben álló egyedeknél mindkét levéltípus megtalálható.

**A modifikáció megjelenésének mértéke egyenes összefüggést mutat bizonyos ökológiai faktorok szervezetre gyakorolt hatásának intenzitásával és időtartamával.** Így a sófereg szőrösségének mértéke a víz sótartalmától függ: minél kisebb a sótartalom, annál erősebb a szőrösség (177. ábra, II). Saját tapasztalatotok alapján tudjátok, hogy minél hosszabb ideig tartózkodtok a napon, annál erősebben barnul a bőrötök. Minél magasabban tartózkodik az ember a hegyekben, annál több lesz a vérében a vörös vérsajt.

**A modifikációk egy egyed életén belül eltűnhetnek, ha megszűnik az ezeket kiváltó hatás.** Például, télen eltűnik az ember bőrének nyári barnasága. Magas hegyen való rövid tartózkodást követően, az emberi vérben a vörös vérsajt száma visszatér a normális szintre, a völgybe való visszatérés után. (Emlékezzetek, mennyi vörös vérsajt van 1 ml vérben normális körülmények között!)



**Bizonyos modifikációk, de elsősorban azok, amelyek az egyedfejlődés korai szakaszában alakultak ki, az egyed élete végéig megmaradnak.** Például, az alsó végtagok angolkór következtében kialakult görbülete egész életen át megmarad. (Emlékezzetek, mi váltja ki ezt a betegséget!) A gyermekkorukban angolkóros szülők gyermekei viszont, egészségesek lesznek, ha fejlődésük során megfelelő mennyiségű D-vitamint kapnak.

Az egész életen át megmaradó modifikáció másik példája lehet az, ahogyan a házi méh lárvája anyává vagy dolgozóvá alakul (178. ábra). A tágas anyabölcsőben fejlődő lárvából anya lesz, ha azt csak a dolgozók különleges mirigyei által termelt méhpempővel táplálják. A pempő, méz és virágpör keverékével táplált lárvából ellenben dolgozó fejlődik, ami csökevényes, szaporodásképtelen nőtény. Tehát, a nőivarú lárva differenciációja a tápláléktól függ. Ha a fejlődés korai stádiumában felcserélnék a lárvák fejlődési helyét, amelyekből az anya és a dolgozó méh fejlődne ki, akkor ennek megfelelően megváltozna a táplálékuk jellege és a további fejlődésük.

**A modifikációs változékonyság biztosítja a környezet változó feltételeihez való alkalmazkodást.** Például, a nyílfű szalagszerű levelének hosszú, vékony alakja óvja a levéllemezt attól, hogy kárt tegyen benne a víz áramlása. Az emlősök szőrzete az őszi vedlést követően sűrűbbé és tömörebbé válik, ami megvédi az állatokat a hidegtől. Az emberi bőr barnulása a nap káros sugaraitól véd. Ezek alapján jogos lehet a feltételezés, hogy az említettekhez hasonló modifikációk a faj evolúciós fejlődése során alakultak ki, mint a szervezeteknek a környezet változásaira adott alkalmazkodási reakciói. *Emlékezzetek:* az organizmusok alkalmazkodását a külső környezet hatásaihoz **adaptációnak** (lat.: *adaptatio* – alkalmazkodás) nevezzük.

Melyek a modifikációs változékonyság statisztikai törvényszerűségei? A modifikációs változékonyság bizonyos statisztikai törvényszerűséget mutat (emlékezzetek, mi a lényege a statisztikai vizsgálati módszereknek!).

A modifikációs változékonyság korlátait a szervezet genotípusa határozza meg, és reakciónormának nevezzük. Vannak jellegek, melyek különböző állapotait majdnem teljes egészében a genotípus határozza meg (a szemek elhelyezkedése, a végtagok ujjainak száma, vércsoport, a levélerezet jellege). A bélyegek (a szervezet méretei és tömege, a levéllemezek mérete) megnyilvánulási mértékére főként a környezeti feltételek hatnak. Például a nyulak prémjének színére a hőmérséklet hat (179. ábra). A sziámi macskáknál a bőrfelület minden részének megvan a saját hőmérsékleti küszöbértéke, amely meghatározza a szőrzet színét.

Minden egyes bélyegnek megvannak a saját reakciónorma határai. Legszűkebb a reakciónorma azoknál a jellegeknél, amelyek a szervezet élettevékenységével kapcsolatosak (a belső szervek egymáshoz viszonyított elhelyezkedése).

Hogy egy meghatározott jelleg változékonyságát vizsgálhassák, úgynevezett **variációs** (lat.: *variatio* – változat) **sort** állítanak fel. Variációs sor – valamely jelleg megnyilvánulásának mennyiségi mutatói, növekedő vagy csökkenő sorrendbe rendezve (180. ábra). A variációs sor hossza a modifikációs változékonyság amplitúdóját (kilengését) jelöli.



179. ábra. A házinyúl prémjének hermelin színe. – A hátán leborotváltak egy foltnyi szőrzetet, és ezt a helyet jéggel kezelték; az alacsony hőmérséklet hatására nem fehér, hanem sötét prém nőtt a kezelés helyén.

**Jegyezzük meg!** A nem örökletes, modifikációs (lat.: *modificatio* – átalakítás, módosítás) változékonyság – a szervezet fenotípusának változásai az egyedfejlődés során, amelyek a környezet hatására következnek be, és nincsenek összefüggésben a genotípus változásaival.

**Jegyezzük meg!** Az élő szervezet Egy nyitott rendszer, ezért az örökletes programja a genotípus és a külső környezet hatására realizálódik. A környezeti feltételei határozzák meg az örökletes bélyegek megjelenésének mértékét. Ezért a hasonló genotípussal rendelkező egyedeknél különböző környezeti feltételek mellett különböző fenotípus alakulhat ki.



180. ábra. A babérmeggy leveleinek variációs sora



181. ábra. A búza kalászában lévő kalászkák számának variációs görbéje



### Röviden a lényeg

A változékonyság az élő anyag egyetemes tulajdonsága. Megkülönböztetünk örökletes és nem örökletes változékonyságot. A nem örökletes változékonyságot „*modifikáció*”-nak nevezük. A szervezetek fenotípusát a genotípusuk és a külső környezet feltételeinek kölcsönhatása határozza meg.

A modifikációs változékonyság bizonyos törvényszerűségekkel jellemezhető: a modifikáció azonos minden hasonló genotípusú élőlényre nézve; a modifikáció megjelenésének mértéke egyenesen arányos a szervezetre ható bizonyos ökológiai tényezők intenzitásához és időtartalmához; a modifikációk eltűnhetnek az egyed élete során, ha a kiváltó tényezők hatása megszűnik, ugyanakkor egyes modifikációk megmaradhatnak teljes élethosszig, különösen ha azok az egyedfejlődés korai stádiumában jöttek létre; modifikációs változékonyság általában a külső környezeti feltételeihez való alkalmazkodást biztosítja.

A bélyegek modifikációs változékonyságának határait a genotípus határozza meg, és a „*reakciónorma*” nevet viseli.

Ezt a külső környezet feltételei határozzák meg: minél stabilabbak a környezeti viszonyok, annál rövidebb a variációs sor és fordítva.

A változatok eloszlása a variációs sor közepén grafikusán **variációs görbével** ábrázolható (181. ábra). A variációs görbe a bizonyos bélyegek modifikációs változékonyságának mennyiségi mutatóit ábrázolja. A segítségével megállapíthatók egy meghatározott bélyeg átlagos értékei és reakciónormája.

Figyelmesen vizsgáljátok meg a 181. ábrát! A változatok közül a legtöbb a variációs sor közepére esik, vagyis egy bizonyos bélyeg átlagára. Ez azzal magyarázható, hogy a bélyegek minimális és maximális értékei csak akkor jelennek meg, amikor az ökológiai feltételek többsége egy irányban hat, vagyis a leginkább vagy legkevésbé kedvező irányban. Ugyanakkor általában egyes tényezők a bélyegek fejlődését váltják ki, mások éppen ellenkezőleg, elnyomják azokat. Ezért bizonyos bélyegek fejlődésének mértéke a populációk és a faj egyedeinek többségénél átlagos. Például, az emberek többsége átlagos növésű, közülünk csak néhányan óriások vagy törpék.

## LABORATÓRIUMI MUNKA

### A változékonyság vizsgálata a növényeknél és az állatoknál

**Feladat: megvizsgálni a növények változékonyságát. Variációs sor és variációs görbe készítése.**

**Eszközök és anyagok:** kultúrnövények (búza, árpa, kukorica) herbáriumi gyűjteményei, különböző növények (bab, kukorica, napraforgó) magvai, fák (tölgy, juhar, hárs) levelei, vonalzó vagy milliméterpapír, rovargyűjtemény (például májusi cserebogár) vagy csigaházak, nagyító.

1. Hasonlítsátok össze egy növényfaj (3–5) egyedét vagy a részeiket (pázsitfűfélék, babszemek, burgonyagumók) fenotípusuk szerint (külalak, méret)! Írjátok be az eredményeket a füzetbe!

2. Keressetek meg a faji bélyegeket a különböző fajoknál!

3. Mutassátok ki a különbségeket az egy fajhoz tartozó egyedek felépítésében, hasonlítsátok össze ezeket más fajok képviselőivel! Magyarazzátok meg az eltérések okait!

4. Válasszátok ki egy növényfaj legalább 25 egyedét (vagy részeiket) meghatározott bélyegek alapján (rügyek száma a burgonya gumóin, sötét foltok a fehér színű babszemen)!

5. Számoljátok meg a kiválasztott bélyegek számát valamennyi növény esetében, és írjátok táblázatba a kapott adatokat, feltüntetve valamennyi előfordulási gyakoriság számbeli értékét és a bélyeg átlagát!

6. A kapott eredmények alapján szerkesszettek variációs sort és variációs görbét: az X-tengelyen jelöljétek a variációkat, az Y-tengelyen pedig a jelleg előfordulási gyakoriságának számbeli mutatóit! Jellemezzétek a sort és a normális eloszlás görbéjét!

**2. feladat. Megvizsgálni az állatok változékonyságát. Variációs sor és variációs görbe készítése**

1. A tanár segítségével válasszátok ki a gyűjteményből a májusi cserebogár (vagy csiga) legalább 25 hím és 25 nőstény egyedét! A hímek csápjain hét nagyobb lemez van, a nőstényekén 6 kisebb. Ezenkívül, a hímek potrohán mindig hosszabb kinövések vannak, a nőstényekén rövidebbek.

2. Mutassátok ki az egyedek közötti színbeli különbségeket! Magyarazzátok meg az eltérések okait!

3. Mérjétek meg először a nőstények testhosszát, majd a hímekét! Az eredményeket írjátok a füzetbe!

4. A kapott eredmények alapján szerkesszettek variációs sort és variációs görbét, külön a nőstényekét, és külön a hímekét: az X-tengelyen jeleljétek a variációkat, az Y-tengelyen pedig a jelleg előfordulási gyakoriságának számbeli mutatóit! Jellemezzétek a sort és a normális eloszlás görbéjét! Elemezzétek a kapott eredményeket!

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

modifikációs változékonyság, reakciónorma, variációs sor, variációs görbe.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Miért nem öröklődik a modifikációs változékonyság? 2. Milyen tulajdonságai vannak a modifikációs változékonyságnak? 3. Miért van adaptációs jelentősége a modifikációk többségének? 4. Mi határozza meg a reakciónormát? 5. Mi a variációs sor és a variációs görbe? 6. Mi a genotípus és a környezeti viszonyok szerepe az egyed fenotípusának kialakulásában? 7. Mi a modifikációs változékonyság biológiai jelentősége?

### Gondolkodjatok el rajta!



Miért maradnak meg az egyed korai fejlődési szakaszában kialakult modifikációk az egész élet folyamán!

## 36. §. A MUTÁCIÓ FAJTÁI ÉS KIALAKULÁSÁNAK OKAI

*Emlékezzetek*, mi a haploid, a diploid és a poliploid kromoszómakészlet? Mi a rekombináció, reparáció, stop-kodonok, autoszómák, hetero-kromoszómák, homo- és heterozigóták? Milyen tulajdonságai vannak a genetikai kódoknak? Mit vizsgál a rendszertan?

A nem örökletes (modifikációs) változékonyságon kívül létezik örökletes **változékonyság** is, amely a genotípus változásával van összefüggésben. Ez lehet kombinatív és mutációs.

A **kombinációs vagy kombinatív változékonyság** az allél gének különböző kombinációinak kialakulásával (*rekombinációjával*) kapcsolatos:

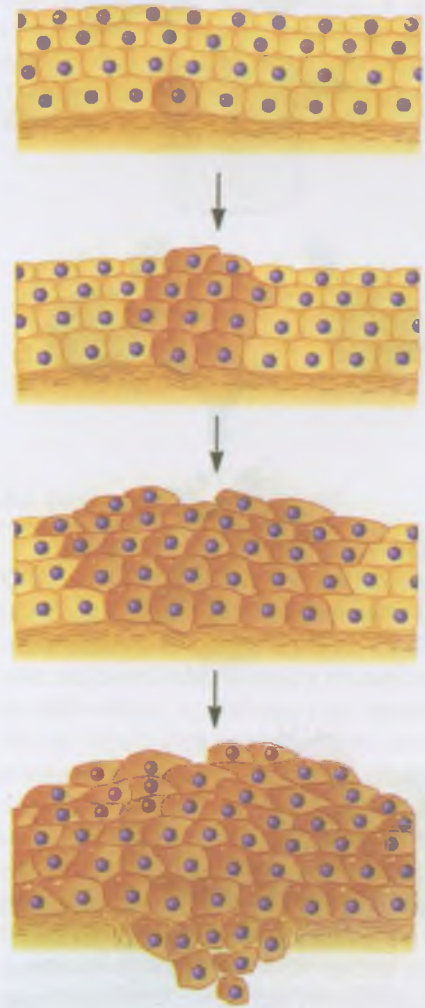
- az allél gének új kombinációi létrejöhetnek crossing over következtében, a homológ kromoszómák konjugációja során a profázisban, illetve az egymástól függetlenül való eltávolodásuk idején, az első meiotikus osztódás anafázisában;
- az allél gének véletlenszerű kapcsolódása nyomán a gaméták megtermékenyítés idején történő összeolvadásakor.

**Mutációs változékonyság.** **Mutációk** (lat.: *mutatio* – változás) – a genotípus váratlanul fellépő, a szervezet egyik vagy másik örökletes jellegét véglegesen módosító változásai. Már említettük, hogy a **mutációval kapcsolatos ismeretek** alapjait Hugo de Vries holland tudós (lásd 146. ábra) fektette le. A későbbi kutatások bebizonyították, hogy a mutációra való hajlam az élőlények univerzális tulajdonsága.

**Mutációk a szervezet bármelyik sejtjében bekövetkezhetnek, és különböző változásokat idézhetnek**

## Jó tudni

A szomatikus mutációk súlyos betegségeket okozhatnak. Például, az ember vörös csontvelőjének sejtjeiben történő mutáció fehérvérűséget válthat ki, vagyis a nem tipikus rosszindulatú leukociták elszaporodását; más szövetekben történő mutációk rákot okozhatnak (182. ábra).

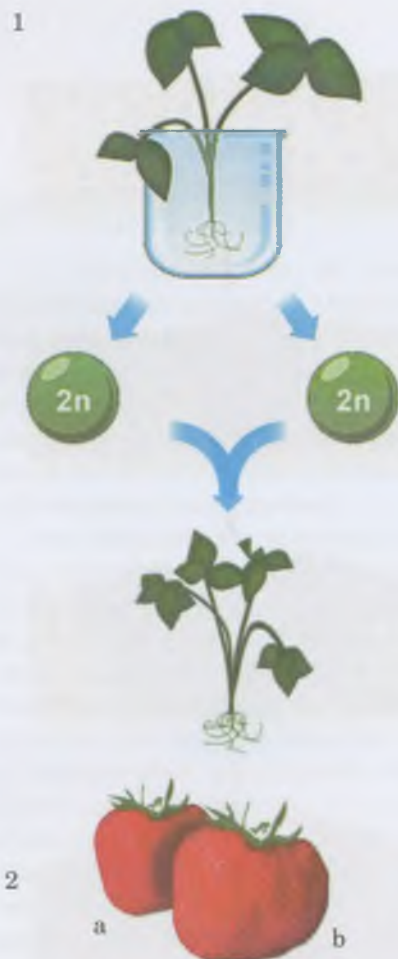


182. ábra. A szomatikus sejtek mutációjakor keletkező daganat. (Figyeljétek meg, a daganat képződésének oka a sejtek kontrollálatlan osztódása!)

**Jegyezzük meg!** A kombinatív változékonyság különböző fenotípusos egyedek megjelenését okozza.

## Jó tudni

A poliploidia gyakran váltja ki a szervezetek méretének növekedését, az életfolyamatok felgyorsulását és a produktivitás növekedését (183. ábra). Ezt a módszert gyakran alkalmazzák a növénynemesítésben a nagy terméshezajmú fajták létrehozásakor (búza, cukorrépa, földieper stb.)



183. ábra, 1. A poliploid földieper létrejöttének vázlatja: a kolhicin nevű alkaloida használatának köszönhetően diploid gamétákat kapnak. Ezeknek az összeolvadásakor tetraploid zigóta jön létre (4n), amelyből kifejlődik a növény. A földieper diploid (2n) (a) és poliploid (4n) (b) termése

elő az örökítő anyagban, illetve ennek megfelelően, az egyedek fenotípusában. A **generatív mutációk** ivarsejtekben jönnek létre, és az ivaros szaporodás során öröklődnek. A **szomatikus** (nem ivari) **mutációk** a nem ivari (szomatikus) sejtekben mennek végbe, és ivaros úton az utódok nem öröklik. A szomatikus mutációk csak ivartalan szaporodáskor örökítődnek át.

A szervezet életműködésére gyakorolt hatása alapján megkülönböztetnek letális, szubletális és neutrális (semleges) mutációkat. A fenotípusban megnyilvánuló **letális mutációk** a szervezet pusztulását okozzák még a születés vagy a szaporodóképes kor elérése előtt.

A **szubletális mutációk** csökkentik az egyedek életképességét, és egy részük (10–50 %) elhalását eredményezik. A neutrális (lat.: *neutralis* – semleges) mutációk megszokott környezeti feltételek mellett nincsenek hatással a szervezetre. Bizonyos esetekben, leginkább a létfeltételek megváltozása-kor, a neutrális mutációk hasznosak vagy károsak lehetnek a szervezetre nézve.

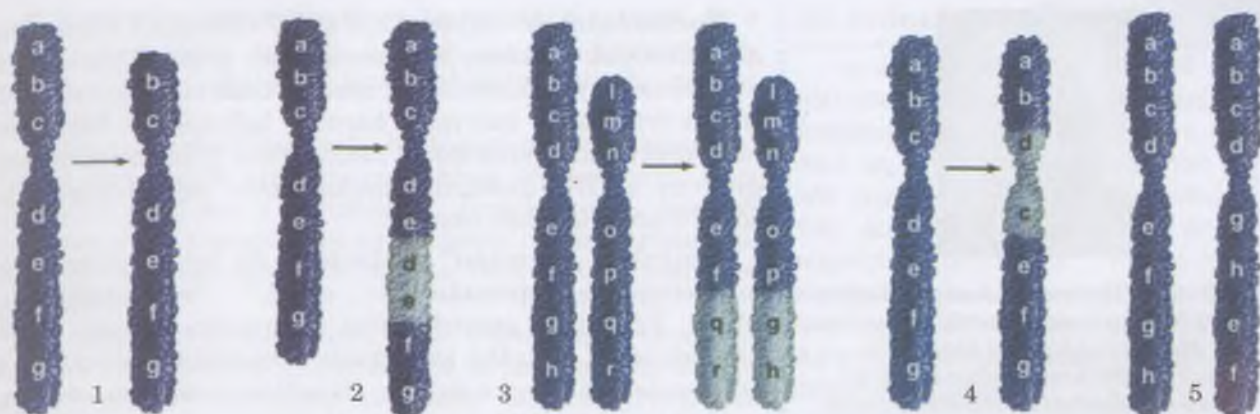
Az örökítőanyagban bekövetkezett változások jellegétől függően megkülönböztetnek a kromoszómakészlet többszörös számbeli növekedésével vagy csökkenésével; az egyes homológ kromoszómák számának változásával; az egyes kromoszómák szerkezetével kapcsolatos mutációkat. Vannak még pontszerű mutációk, amelyek a nukleinsav-molekulákban lévő nukleotid-szekvencia sérülésével állnak kapcsolatban.

A **kromoszómaszám növekedése poliploidiót** (gör.: *polyplokos* – összetett és *eidos* – alak) idéz elő. Poliploidia leggyakrabban a növényeknél figyelhető meg, az állatoknál ritkábban fordul elő (zömmel az egysejtűeknél, ritkábban a többsejtűeknél, főleg a vegetatív úton vagy a szűznemzéssel (partenogenezissel) szaporodóknál). A poliploidia különbözőképpen alakulhat ki: a kromoszómaszám megduplázásával, amit nem követ sejtosztódás; gaméták keletkezésével, nem számfelező sejtosztódás eredményeként, a meiózis folyamatának hibája folytán. Poliploidiót eredményezhet, ha a szomatikus sejtek vagy azok sejtmagjai olvadnak egybe.

A **kromoszómakészlet számcsökkenésével járó mutációk** éppen ellentétes hatásúak. A haploid változatok a diploidokhoz viszonyítva kisebb méretűek, alacsonyabb a produktivitásuk és a termékenységük.

A homológ kromoszómák számának változásai által okozott mutációk jelentős mértékben befolyásolják a mutáns egyedek fenotípusát. Például az emberi magzat 44 autoszómából – (A) + X-kromoszóma – álló kromoszómakészlete olyan női szervezetté fejlődik, amelynek jelentős mértékben károsodott a felépítése és életfunkciói (szárny alakú gyűrődés a nyakon, születési rendellenességek a csontok, az ér- és a kiválasztó szervek rendszerében, nem fejlődnek ki az ivarszervek). Azok az embriók, amelyeknek a kromoszómakészlete 44A + XXX, a normálistól alig eltérő női szervezetekké fejlődnek.

A mutáció különleges fajtája, amikor megváltozik az egyes kromoszómák száma összeolvadásuk vagy **szétválásuk** folytán. A kromoszómák összeolvadása azt jelenti, hogy két nem homológ kromoszóma egy kromoszómává egyesül. Ritkán megfigyelhető egy kromoszóma kettéhasadása.



184. ábra, 1. A kromoszóma egy szakaszának elvesztése. 2. Egy szakasz beépülése a homolog kromoszómákba. 3. Mutáció, mely során két nem homolog kromoszóma között történik szakaszcsere. 4. Az a mutációtípus, amely során a két szakadás nyomán létrejött kromoszómaszakasz 180°-kal elfordul, majd enzimek közreműködésével visszaépül a kromoszómába. 5. Egy szakasz áthelyezése a kromoszómán belül vagy más kromoszómába. **Feladat:** Figyeljétek meg a kromoszómákban végbemenő változásokat!

Ismertek a kromoszómán belüli átrendeződések különböző formái: elvész a kromoszóma egy darabja; egy másik homolog vagy nem homolog kromoszómába épül egy szakasz; egy szakasz 180°-kal elfordul stb. Az ilyen mutációkra a DNS nukleotid-szekvenciájának jelentős módosulása, egymillió vagy több nukleotidpárból álló szakasszal való bővülése jellemző.

A kromoszóma egy **darabjának elvesztése** megrövidíti a kromoszómát és megfosztja bizonyos génektől (184. ábra, 1). Ilyen mutáció eredményeként a heterozigóta szervezetek fenotípusában megnyilvánulhatnak az elveszett darabbal homolog szakaszban lévő recesszív allélok. Az embernél az 5. kromoszóma rövidebb karjának elvesztése úgynevezett „**macskasírás**” szindrómát okoz. Az ebben a betegségben szenvedő gyermekek sírása a macskák nyávogására emlékeztet, fejméretük kicsi, lassan növekednek, és szellemileg visszamaradottak. Ha az ember 21. kromoszómájából elvész egy szakasz, az súlyos fehérvérűséghez vezet.

A kromoszómába homolog vagy nem homolog kromoszómából származó **szakasz** épülhet **be** (184. ábra, 2).

A kromoszóma bizonyos szakaszának elvesztését vagy megkettződését a homolog kromoszómák konjugációjának meiózis közbeni zavara és a kromoszóma szétszakadása okozhatja.

Azok a mutációk, amelyek **két nem homolog kromoszóma szakaszainak kicserélődése** következtében jönnek létre (184. ábra, 3), szaporodásképtelenséget idézhetnek elő.

Néha a **kettős törés következtében levált kromoszómaszakasz 180°-kal elfordul, majd enzimek közreműködésével visszaépül a kromoszómába** (184. ábra, 4). A génszám eközben változatlan maradhat. Azonban a génszekvencia módosul. Az ilyen mutációk következménye a szervezetek terméketlenségével járhat.

Valamely **szakasz elmozdulása a kromoszómán belül vagy egy másik kromoszómába történő beépülése** a nukleotid-szekvencia változását idézi elő (184. ábra, 5). Például, a muslica X-kromoszómájának génje át tud menni az autoszómába.

**Jegyezzük meg!** Annak a valószínűsége nagyon alacsony, hogy a keletkező mutáció hasznos. Ezért fontos megővni az örökletes információt a mutációt kiváltani képes tényezőktől.

## Jó tudni

A férfiaknál megjelenhet egy (**XXY**, **XXX**), kettő (**XXXY**, **XXXX**, **XXYY**) vagy három (**XXXXY**, **XXXXYY**) főlösleges ivari kromoszóma. A leggyakrabban az **XXY** változat jelentkezik. Ennek a mutációnak az előfordulási gyakorisága az újszülött fiúknál 1:500–700-hoz. Az ilyen szindrómával jellemezhető férfiak magas növésűek, hosszú végtagokkal rendelkeznek, viszonylag rövid a törzsük, terméketlenek, hajlamosak az elhízásra, gyengék, gyakran szellemileg elmaradottak. A főlösleges 8. kromoszóma szintén kiválthat károsodásokat, de nem jelentőseket (szemtengelyferdülés, rövidujjúság, nagy fülek, orr, jelentéktelen beszédhibák stb.) A főlösleges 21. kromoszóma megjelenése **Down-kórt** eredményez. (Erről még beszélünk.)



185. ábra. **Hermann Joseph Muller** (1890-1967) elismert amerikai genetikus. Morgannal közösen kidolgozta az öröklődés kromoszóma elméletét. 1946-ban élettani és orvostudományi Nobel-díjat kapott

**Jegyezzük meg!** A mutációk közös következményei kapcsolatban állnak a kromoszómák felépítésének megváltozásával, amelyek sérülhetnek a meiózis, főként a homológ kromoszómák konjugációja során. Például, a homológ kromoszómák a konjugáció után nem válnak szét, és a képződött gaméták csak egy részébe kerülhetnek. Így jönnek létre a megváltozott kromoszómakészletű ivarsejtek.

**Jegyezzük meg!** Normál körülmények között az egyes allélok mutációja ritkán történik meg. Mivel azonban a szervezet génállománya jelentős, a mutációk mennyisége is nagy. Például, az ecetmuslicák gamétáinak közel 5 %-a hordoz mutációt.

**Jegyezzük meg!** A narkotikumok kémiai mutagének, amelyek veszélyes hatása nemcsak az őket fogyasztó emberekben mutatható ki. A narkotikumok által kiváltott mutációk átkerülhetnek az utódokba, és különféle örökletes betegségeket és károsodásokat válthatnak ki.

**Jegyezzük meg!** A mutagének dózisa hatásának időtartamától és intenzitásától függ.

**Pontmutációk** – egyes gének stabil változásai, amelyeket a nukleotidok szokásos szekvenciájának módosulása okoz a nukleinsavak molekuláiban. A mutációknak ez a leggyakoribb típusa érintheti a szervezet bármely bélyegét, és korlátlan ideig örökítődik nemzedékről nemzedékre. A pontmutációkat gyakran a DNS-molekula megkettőzése vagy reparációja során kialakuló hibák okozzák.

**Melyek a „spontán” mutációk?** Az élőlényekben folyton létrejönnek **spontán** (lat.: *sponte* – önmagától) mutációk. Például, a genetikai kód reparációja közbeni hibák következtében. Szintén kiválthatja a spontán mutációkat a DNS-molekulák szakaszainak átkerülése más szakaszokba, a természetes háttérsugárzás, kozmikus sugárzás, amely eléri a Föld felszínét.

## Jó tudni

Spontán mutáció gyakorisága a sejtek és a szervezet egészére a kortól függ. Például, minél magasabb az anya életkora, annál gyakoribbak a homológ kromoszómák elosztásának hibái a meiózis során. Ezért a Down-kórban szenvedő gyerekek gyakorisága is nő, a 30 éves anyukák 0,1 %-a szül ilyen gyermeket, 45 éves anyukák 2 %-a. A spontán mutáció kialakulásának átlagos valószínűsége a 42 évnél idősebb anyukák által szült gyerekeknél közel 30 %. A spontán mutáció gyakoriságára hat az édesapa életkora is. Például, a negyvenéves férfiak utódai körében tízszer annyi a törpenövésű, rövid végtaggal, nyeregszerű orral születő gyermekek aránya, mint a húszévesek esetében.

**Mik a mutagének?** A mutációk kiváltó okait hosszú ideig nem tudták kideríteni. Csak 1927-ben sikerült megállapítania **Hermann Joseph Muller** amerikai tudós, hogy mutációk mesterségesen is kiválthatóak. Röntgensugárzással különféle mutációkat idézett elő muslicákban. A mutációkat kiváltó tényezőket **mutagéneknek** (lat.: *mutatio* – változás és gör.: *genesis* – eredet) nevezzük. A mutagén tényezők által okozott mutációkat indukált (lat.: *inductio* – gerjesztés) mutációknak nevezzük.

Eredetüket tekintve megkülönböztetnek fizikai, kémiai és biológiai mutagéneket. A **fizikai mutagének** között legjelentősebbek az ionizáló sugárzások, különösen a röntgensugarak. Az élő anyagon áthaladva a röntgensugarak elektronokat szakítanak le az atomok és molekulák külső elektronhéjáról, amitől azok pozitív töltésűekké válnak. A kiszakított elektronok ugyanakkor ellenőrizetlen kémiai átalakulásokat idéznek elő az élő szervezetek különböző vegyületeiben. Fizikai mutagének az ibolyántúli (UV) sugarak, a magas hőmérséklet. Ezek mindenekelőtt génmutációkhoz, ritkábban kromoszóma-mutációkhoz vezetnek.

A **kémiai mutagéneket** a fizikai mutagéneknél később fedezték fel. Jelentősen hozzájárult a kémiai mutagének természetének feltárásához az ukrán genetikai iskola, Szerhij Mihajlovics Hersenzonnal (lásd 102. ábra) az élén. Jelenleg a tudósok évről évre újabb mutagéneket fedeznek fel. A kémiai mutagénekhez tartoznak például az akridin színezékek, salétromsav, hidrogén-peroxid, formaldehid (metanal), egyes gyógyszerek készítmények.

A biológiai mutagénekhez tartoznak a vírusok és a baktériumok által termelt toxinok. A vírusfertőzött sejtekben sokkal gyakrabban fordulnak elő mutációk, mint az egészségesekben.

**Léteznek-e antimutációs biológiai mechanizmusok?** Az élő szervezetek bizonyos mértékben képesek arra, hogy megóvják génjeiket a mutációktól. Emlékezzetek, hogy az aminosavak többségét nem egy, hanem néhány triplet kódolja; és a gének egy része sokszor ismétlődik a szervezet genomjában.

A sejtekben létezik hibajavító (*reparációs*) rendszer, amely a DNS-molekulák replikációja során és a bennük, mutagén tényezők hatására keletkező hibákat javítja ki. (Emlékezzetek, hogyan történik a DNS-molekula reparációja!) A reparáció után maradó hibák száma nem jelentős, kevesebb, mint egy nukleotidcsere történik az eukarióta sejt genomjában egy DNS megkettőződéskor.

Melyek a mutációk általános tulajdonságai? Az élő anyag univerzális tulajdonsága, hogy örökletes információját az evolúciós fejlődés során képes a változásra. A mutációk hirtelen lépnek fel és öröklődhetnek. Egy és ugyanaz a mutáció többször bekövetkezhet, egymástól függetlenül. A modifikációktól eltérően a mutációk nem irányítottak: lehetnek károsak, semlegesek vagy hasznosak.

A mutagének univerzálisak, tehát bármely fajhoz tartozó szervezetekben okozhatnak mutációt. Ugyanaz a tényező, amely ugyanolyan intenzitással hat a genetikailag hasonló szervezetekre (például egypetűjű ikrekre), különböző mutációkat idézhet elő bennük. Ezzel egyidejűleg jellegüknél fogva különböző mutagének genetikailag eltérő szervezetekben hasonló örökletes változásokat okozhatnak.

A modifikációtól eltérően, a mutációs változások fenotípusban megnyilvánulói foka nem függ a mutagén tényező hatásának intenzitásától vagy időtartamától: a rövid ideig ható gyenge mutagén néha jelentősebb változást idézhet elő a fenotípusban, mint egy erősebb. De a mutagén tényező hatásának intenzitás-növekedése csak bizonyos mértékig növeli a mutációk gyakoriságát.

A mutagén tényezők hatásának nincs alsó küszöbértéke, vagyis az intenzitás-csökkenésnek nincs olyan határa, amely alatt a mutagén tényezők már nem képesek mutáció kiváltására. A mutagéneknek ez a tulajdonsága fontos elméleti és gyakorlati jelentőséggel bír, mivel nyilvánvalóvá teszi, hogy a szervezetek genotípusát védeni kell valamennyi mutagén tényező hatásától, bármennyire alacsony is a hatás intenzitása és időtartama.

**Mi a mutációk jelentősége a természetben és az emberek életében?** A mutációk az örökletes változékonyságnak, vagyis az élővilág egyik evolúciós tényezőjének fő forrása. A mutációk eredményeként a gének új alléljai jelennek meg (ezeket *mutánsoknak* nevezzük). A mai és a kihalt élőlények teljes változatossága a mutációknak köszönhető.

A mutációs változékonyság következménye a sejt és a szervezet genetikai programjának károsodása. A mutációk zömmel károsak az élőlényekre, mert megjelennek a fenotípusban, és csökkentik a létfeltételekhez való alkalmazkodóképességüket. A semleges mutációk a létfeltételek bizo-

## Jó tudni

Az élő szervezetek különböző fajai sőt különböző egyedek különbözőképpen érzékenyek a mutagének hatására. Például az egyes ízeltlábú csoportok felnőtt egyedeinek (skorpiók, százlábúak; 186. ábra) jól bírják a magas dózisu sugárzást:  $100000 \text{ rad}^{1-19}$ . Ahhoz, hogy elpusztuljanak egyes baktériumsejtek, közel egymillió rad dózissra van szükség. Az ember számára a halálos dózis – 700 rad és ennél több.

<sup>1</sup> A radioaktív hatás fizikában az elnyelt dózistól függ. Az elnyelt dózis mértékegysége a Si rendszerben a grey (Gy). 1Gy egyenlő az ionizáló sugárzás elnyelődése 1 joule ( $1 \text{ Gy}=1 \text{ J/kg}$ ) az 1 kg tömegű anyag által. Passzív rendszeren kívüli mértékegysége az elnyelt dózissnak a rad:  $1\text{Gy}=100 \text{ rad}$ .



186. ábra. Az ionizáló sugárzásra kevésbé érzékeny állatfajok:  
1 – skorpió; 2 – vaspondró

## Röviden a lényeg

Az örökletes változékonyság, amely során az allél gének új kombinációi (rekombináció) jönnek létre, a „*kombinatív*” nevet kapta. Ennek forrása az allél gének véletlenszerű egyesülése a gaméták összeolvadásakor, a crossing over, és a homológ kromoszómák utódsejtekbe történő független elosztásakor előforduló hibák a meiózis során.

A mutációs változékonyságot a mutációk okozzák, amelyek a szervezetek örökítő anyagának tartós változásai, spontán jönnek létre és öröklődhetnek. A mutációk kiválthatják az egyes örökletes tulajdonságok változását a szervezetben.

A mutáció kapcsolatban áll a kromoszómakészlet többszörös növekedésével vagy csökkenésével; a homológ kromoszómák számának változásával; a pontmutációk által kiváltott nukleinsav molekulák génszekvenciájának sérülésével.

A mutáció lehet spontán és indukált. Spontán mutációk észrevehetetlen külső okokból jönnek létre: a genetikai kód reprodukciója során, a DNS-molekulák szakaszainak áthelyeződése következtében, a természetes háttérsugárzás, a Föld felszínét elérő, kozmikus sugárzás miatt stb. Az indukált mutációk mutagének hatására jönnek létre, amelyek lehetnek fizikaiak, kémiaiak és biológiaiak (vírusok hatása a gazdasejtekre).

A mutációs változékonyság az élő természet fejlődésének egyik feltétele, mely megváltoztatja a szervezetek genotípusát, a populációk génkészletét, az alkalmazkodóképességét, új fajokat eredményez.

## Jó tudni

A dohányfüst, az alkohol és más toxikus anyagok alkotói mutagének. Például a leendő anyukák drog-, alkohol-, bizonyos (nem megfelelő módon ellenőrzött) gyógyszerfogyasztása vagy dohányzása, hatással lehet a magzatuk fejlődésére. Ennek következtében örökletes betegségekkel vagy fejlődési rendellenességekkel születhetnek a gyerekek. A fiatal és ivarérett korban ezek a káros szenvedélyek rákos elváltozásokat okozhatnak a mutagének (mitózisra gyakorolt) negatív hatása miatt. Ezért azok az emberek, akik helytelen életmódot folytatnak, megrövidítik saját életüket. Az életet meghosszabbító tényezők közé tartozik a rendszeres testmozgás, a megfelelő táplálkozás, a húzamosabb tartózkodás friss levegőn, a stressz elkerülése, a káros szenvedélyekről való lemondás stb.

nyos változatosai esetén hasznosak lehetnek a szervezetek számára.

A mesterségesen kiváltott mutációkat széleskörűen felhasználják a növénynevelésben, hasznos baktériumtörzsek kitenyésztésében, mivel lehetővé teszik a kapott változatok számának növelését, és ezáltal a nemesítés hatékonyságának fokozását. Sok kultúrnövény poliploid az ősfajokhoz képest (búza, kerti földieper, egyes cukorrépa-fajták). Gondolkozzatok el rajta, miért nem alkalmazzák a mutagéneket az állatnevelésben.

Alkalmazzák a **mutációkat a kártevők elleni harc genetikai módszereinek kidolgozásánál**. Ennek érdekében laboratóriumban az ivarsejteket károsító mutagén tényezőkkel (például röntgensugarakkal) hatnak az emberre nézve káros rovarfaj hímjeire. A hímek így terméketlenné válnak. A kezelés után a rovarokat kiengedik a szabadba, ahol nőtényekkel párosodnak. A lerakott peték azonban életképtelenek lesznek.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

kombinatív változékonyság, mutáció, poliploidia, mutagének, spontán mutációk.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mi az oka a kombinatív változékonyságnak? 2. Milyen típusú mutációkat ismertek? 3. Mely mutációk hathatnak leginkább a szervezet fenotípusára, és váltják ki egyben a kromoszómák szerkezetének változását? 4. Mivel állnak kapcsolatban a pontmutációk? 5. Mi a mutáció oka? 6. Mik a mutagének? 7. Mi a mutáció biológiai jelentősége? 8. Mely mutációkat nevezünk spontánnak? 9. Milyen mutáció elleni védelmi mechanizmusai vannak a szervezetnek? 10. Milyen tulajdonságai vannak a mutációs változékonyságnak?

### **Gondolkozzatok el rajta!**



1. Miért van az, hogy a kromoszómakészlet csökkenésével járó mutációk negatívabb hatással vannak a szervezet életképességére, mint amelyek növelik a kromoszómakészletet? 2. Mi a közös és a különböző a mutációs és modifikációs változékonyságban?

## **37. §. AZ EMBER ÖRÖKLETES MEGBETEGEDÉSEI. GENETIKAI KONZULTÁCIÓ**

*Emlékezzetek*, mi a genom, a populáció, a homo- és heterozigóta! Mit állít a hasadás törvénye? Hogyan tudnak kölcsönhatásba lépni az allél és a nem allél gének? Milyen a gének többszörös kölcsönhatása? Mi váltja ki a citoplazmatikus öröklődést? Milyen sajátosságai vannak az emberi immunrendszer felépítésének és működésének? Milyen csoportjai vannak a mutagéneknek?

**Az ember genetikája** – a genetika részterülete, amely az ember genomjának felépítésbeli és működésbeli sajátosságait, öröklődésének és változékonyságának törvényszerűségeit vizsgálja. Mint bármelyik tudomány, az ember genetikája is rendelkezik saját specifikus vizsgálati módszerekkel. Ugyanakkor, az ember öröklődési és változékonysági törvényszerűségeit, más organizmusokkal ellentétben tilos vizsgálni olyan módszerekkel, amelyek beleavatkoznak az



örökítőanyagba. (Például, a génszövetben eltávolítanak, vagy kicserélnek bizonyos géneket). Ezért az ember genetikai vizsgálatakor genealógiai, populáció statisztikai módszereket alkalmaznak. (Emlékezzetek, mi az alapja ezeknek a módszereknek!)

**Milyen házasságkötési rendszerek jellemzik az embert?** Valamely fajhoz tartozó bármely szervezetek esetében különböző – rokon és nem rokon – keresztezési rendszerek léteznek. **Rokon keresztezés** olyan egyedek közt történik, amelyek közös ősszel rendelkeznek, legalább hat előző nemzedéken belül. **Nem rokon keresztezésnek** minősül az olyan egyedek keresztezése, amelyek esetében nincsenek közös ősök az előző hat nemzedékben.

Ennek megfelelően az embernél megkülönböztetnek rokon és nem rokon házasságot. A rokonok közötti házasság sok országban tilos. Például, a katolikusok esetében ahhoz, hogy harmadfokú unokatestvérek egymással házasságot kössenek, egyházi engedélyre van szükség.

A rokon házasság egyik következménye, a bizonyos allél szerinti homozigóták felszaporodása az utódok között. Eközben a recesszív (köztük letális és szubletális) allélok homozigóta állapotba kerülhetnek, és megjelenhetnek az utódok fenotípusában. Annak veszélye, hogy valamilyen örökletes betegségben szenvedő gyermek születik, annál nagyobb, minél közelebbi rokonságban állnak a házasságra lépő személyek. Természetesen a rokonok közötti házassággal nő a valószínűsége a jó allélok homozigóta állapotának is, de érdemes megelőzni a lehetséges anomáliák létrejöttét. Ha például mindkét szülő fenotípusosan egészséges, de a süketiséget okozó recesszív allél szerint heterozigóták, süket gyermekeik szülehetnek. (Feladat: Punnett-táblázat segítségével számoljátok ki annak a valószínűségét, hogy az ilyen családban süket gyermek születik!) Az összes albínó közel 20 %-a rokon házasságból születik. Ismeretes több letális recesszív allél, amelyek homozigóta állapotban korai halált okoznak.

Ha **nem rokonok** közötti házasságkötést azonban gyakran kíséri heterozigocitás. A nem rokon házasságból születő utódok esetében azok a recesszív allélok, amelyek homozigóta állapotban örökletes betegségeket vagy bajokat okozhatnak, gyakran heterozigóta állapotba kerülnek, ezért nem jelennek meg a fenotípusban.



187. ábra. Az ember kariotípusa (találjátok meg az ivari kromoszómákat, a kariotípus alapján határozzátok meg az ember nemét!)

6. táblázat

### Az ember domináns és recesszív bélyegváltozatai

Domináns változat	Recesszív változat
Barna szemek	Kék szemek
Zöld szemek	Kék szemek
Hosszú szempilla	Rövid szempilla
Sötét haj	Világos haj
Mongoloid szemhéj	Europid szemhéj
A harmadik szemhéj maradványainak megléte	A harmadik szemhéj maradványainak hiánya

Domináns változat	Recesszív változat
Rövidlátás	Normális látás
Szabad fülcimpa	Lenőtt fülcimpa
Vastag ajkak	Vékony ajkak
Kerek arc	Hosszúkás arc
Rh <sup>+</sup>	Rh <sup>-</sup>
Rövid ujjak	Normális ujjak
Normális pigmentáció	Albinizmus
Látóideg sorvadás	Albinizmus

**Milyen sajátosságai vannak az emberi genom szerződésének?** Az emberi kariotípus 22 nem ivari kromoszómából (autoszómából) és két ivari (XX – a nőknél, XY – a férfiaknál) kromoszómából áll (187. ábra). Az ember kariotípusára 24 kapcsolási csoport (22 autoszóma, X- és Y-kromoszóma, amelyek eltérő génkészlettel rendelkeznek) jellemző.

A genomkutatások kiderítették, hogy a különböző emberek DNS-ének nukleotid-szekvenciái 99,5 %-ban hasonlítanak egymásra. Vagyis a genomnak mindössze 0,5 %-a határozza meg a fenotípusok változatosságát. Az emberi genom változatosságát fokozzák a mutációk is.

**A bélyegek öröklődésének mely típusai ismeretesek az ember esetében?** A nem ivari kromoszómák génjeivel kapcsolatos öröklődéstípust – **autoszómás öröklődés**-nek nevezzük. Ha valamely jellegállapotot domináns allél határoz meg, akkor az ilyen öröklődéstípust **autoszómás-domináns**, a recesszív allél által meghatározottat **autoszómás-recesszív** öröklődésnek nevezzük. Figyeljétek meg a 6. táblázatot, amelyben bizonyos emberi bélyegek domináns és recesszív változatai vannak feltüntetve.

#### Az ember egyes nemhez kötött bélyegváltozatai

Bélyegváltozat	Öröklődés típus
Fülszőrösség	Y-kapcsolódású
Lábujjak közötti hártya	Y-kapcsolódású
Hemofília	X-kapcsolódású, recesszív
Daltonizmus	X-kapcsolódású, recesszív
Fejlődő izomsorvadás	X-kapcsolódású, recesszív
Angolkór (D-vitaminhiány)	X-kapcsolódású, domináns

Létezik az ivarhoz kapcsolódó öröklődés. Ha valamely gén csak az Y-kromoszómában található, akkor az öröklődés ivarhoz kapcsolódik. Ha valamely gén csak az X-kromoszómában található, akkor Y-kapcsolódású öröklődéstípussal van dolgunk. Az ilyen gén által meghatározott jelleg apai ágon öröklődik.

Ha valamely gén csak az X-kromoszómában található, akkor X-kapcsolódású öröklődéstípussal van dolgunk. Ez lehet X-kapcsolódású recesszív és X-kapcsolódású domináns öröklődés. X-kapcsolódású recesszív öröklődéstípussal a megfelelő jellegállapot túlnyomórészt a férfiakban jelenik meg. (Emlékezzetek, miért!) X-kapcsolódású recesszív öröklődéstípus esetén a jelleg megfelelő változata megjelenhet mind a férfiakban (az X-kromoszómát öröközik át a megfelelő anyai domináns alléllal), mind a nőkben. Ekkor a szülők a megfelelő allélgéneket a lányoknak adják tovább, a fiúknak –soha. Az egyes, ivarhoz kapcsolódó emberi bélyegek változatai a 7. táblázatban láthatóak.

**Az orvosi genetika** – az ember örökletes betegségeit és rendellenességeit kutató tudomány. Feladat körébe tartozik az örökletes betegségek diagnosztizálási, gyógyítási és megelőzési módszereinek kidolgozása. A modern orvosi genetika mindenekelőtt az örökletes betegségek megelőzésére koncentrál, hogy a gyermekek ne szülessenek örökletes betegségekkel vagy rendellenességekkel.

Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) adatai szerint 100 újszülött közül 5 valamilyen súlyos, örökletes betegséggel jön a világra, további 5-nek genetikai rendellenességei vannak, még további 2 örökletes rendellenességek következtében halva születik. Ezek a mutatók évről évre nőnek a környezet különböző mutagéneivel való szennyezése következtében. Már több, mint 4000 örökletes betegség és betegségre való genetikai hajlam ismeretes, míg 1958-ban ez a szám még csak 500 volt.

Az örökletes betegségek különböző formában jelentkezhetnek:

- a szervezet felépítésének rendellenessége, például a farkastorok (az orr- és szájüreget összekötő nyílás képződik a felsőajak, állcsont és szájpadlás széthasadása következtében); nyúlszáj (a felsőajak szétválása); sokujjúság (188. ábra) vagy ujjösszenövés;
- az élettani funkciók rendellenessége, például hemofília vagy daltonizmus;
- anyagcserezavarok, főként cukorbetegség, fenilketonuria stb.

Egyes örökletes betegségek, például a Down-kór a születés után, azonnal jelentkeznek. Más betegségek, például a Huntington-kór (az idegdúc sejtjeinek degeneratív betegsége, amelyet akaratlan mozgások és progresszív gyengeelméjűség kísér), csak bizonyos korban jelentkeznek.

Különböző örökletes betegségek és genetikai bajok okozói lehetnek a kromoszómák szerkezeti változásai (például a 13., 18. vagy 21. pár). Az első esetben (Patau-szindróma) a fülkürt deformálódása, a fejbőr sérülése, farkastorok, hatujjúság, a kisagy funkcióinak sérülése, szívrendellenességek, sükettség, pszichikai fejlődési zavarok figyelhetők meg. A második esetben (Edwards-szindróma) – fülkagyló deformáció, a nagylábujj megrövidülése, a kisagy funkcióinak sérülése,

## Jó tudni

A XX. sz. végének, a XXI. sz. elejének legnagyobb nemzetközi biológiai projektje az humán-genom megfejtése volt. A kutatók meghatározták benne a nukleotidszekvenciákat, és géntérképet készítettek, amelyen közel 15 ezer strukturális gént tüntettek fel. A tudósok becslése szerint az emberi genom 3,2 milliárd pár nukleotidból áll. Feltételezések szerint, a fehérjéket kódoló gének száma nem haladja meg a 21 ezret, míg a különböző RNS-molekulákra vonatkozó információkat hordozóké meghaladja a 4 ezret. Azt, hogy milyen jellegeket kódolnak, 12,5 ezer gén esetében határozták meg. A kódoló szakaszok összhossza közel 34 millió nukleotidpárt tesz ki, s ez a genomnak mindössze az 1,2 %-a.

Az emberi mitokondrium gyűrűs DNS-molekulája 16 569 nukleotidpárból áll, és mindössze 37 gént tartalmaz, amelyek közül 13 mitokondrium – fehérjéket, 2 – rRNS-t és 22 – tRNS-t kódol.

Az emberi genomra viszonylag rövid, egymástól nyújtott intronokkal (a DNS összmennyiségének közel 34 %-a) elválasztott exonok jellemzők.

**Jegyezzük meg!** Az életfeltételek csökkenthetik az egyes rendellenességek vagy betegségek megjelenésének rizikóját a fenotípusban.



188. ábra. Az örökletes emberi megbetegedésekre példa a polidaktilia (a hatodik, ritkán hetedik ujj megjelenése mindegyik vagy csak egyik végtagon)

## Jó tudni

Az onkológiai megbetegedések egy részét (5–20 %) az örökletes hajlam váltja ki. Az **onkológiai** (gör.: *ogkos* – daganat és *logos* – tan, tudomány) **megbetegedések** olyanok, amelyek során a szervezetben megváltozott tulajdonságú szomatikus sejtek jelennek meg. Jellemző rájuk az ellenőrizetlen osztódásra való hajlam, a szomszédos sejtek elpusztítása, a szervezetben való vándorlás, ami metasztázis kialakulásához vezet (más szervekben és szövetekben kolóniákat képeznek). Ukrajna ökológiai és természeti források minisztériumának adatai szerint az ország minden 50-ik lakosa (2 %-a) onkológiai megbetegedésben szenved. A csernobili atomkatasztrófa során képződött radionuklidok jelentősen megnövelték a pajzsmirigy, a nyirok- és az érrendszeri rákos megbetegedések számát.

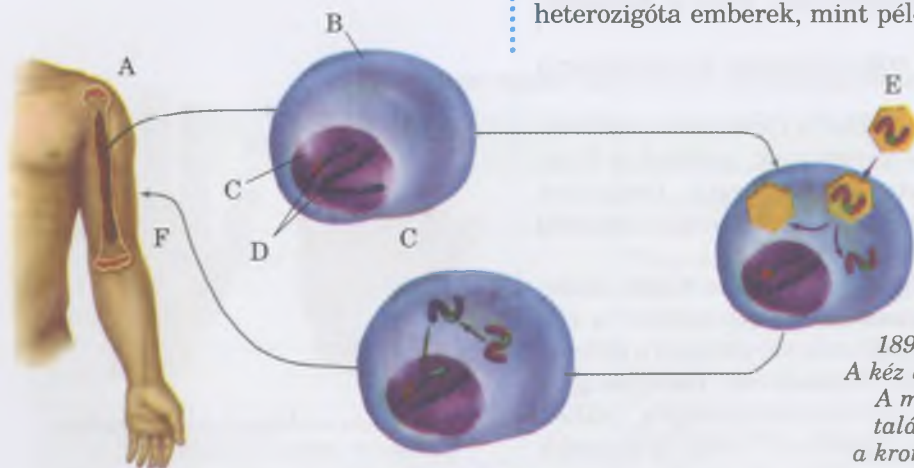
**Jegyezzük meg!** A génterápia célja – a megbetegedést okozó örökletes információ kijavítása vagy elpusztítása.

szívrendellenességek, a szellemi fejlődés erőteljes visszamaradása, gyakori megbetegedések stb.

**Mi az orvosgenetikai konzultáció?** Az örökletes betegségek megelőzésében fontos szerepe van az orvosgenetikai konzultációnak. Az **orvosgenetikai konzultációban** különböző szakterületek specialistái – genetikusok, biokémikusok, citológusok, immunológusok, orvosok – vesznek részt. A legkülönbélebb módszerek alkalmazásával kiderítik az örökletes betegségeket okozó allélok hordozóit, kiszámítják az örökletes megbetegedések utódokra való átörökítésének és megjelenésének valószínűségét. Amikor nagy a jelentős bajokkal járó örökletes megbetegedések megjelenési valószínűsége az utódoknál, akkor azt tanácsolják a jövődő szülőknek, hogy tartózkodjanak a gyerekvállalástól. Ez nem csak azt a célt szolgálja, hogy megelőzhető legyen a genetikai rendellenességekben szenvedő gyermekek megszületése, hanem a mutáns gének következő nemzedékekre való átörökítésének elkerülését is. A szakemberek különböző módszerekkel meghatározzák, milyen fokú a hozzájuk forduló egyén hajlama valamely örökletes betegség megjelenése iránt, és előre jelzik a fenotípusban való jövőbeni megjelenés valószínűségét.

A különféle tesztek lehetővé teszik az örökletes betegségeket és rendellenességeket okozó hibás gének kiszűrését, nem csak a leendő szülők esetében, hanem a magzatban is. Jelenleg az egyes országokban az ilyen jellegű tesztek elvégzése kötelező. Például, ezek alapján javasolják a sérült anyagcseréjű anyagok táplálékba való bevitelét csökkenteni vagy elhagyni. Például a galaktozémia esetén (a szervezet nem képes a tejcukor lebontásához szükséges enzim termelésére) a beteg gyermeknek olyan termékeket adnak, amelyek nem tartalmaznak galaktózt, ezáltal elkerülve a pszichés fejlődés zavarait. Más esetekben éppen ellenkezőleg, az étrendhez hozzáadnak biológiailag aktív anyagokat, amelyekből a szervezetben nincs elegendő mennyiség. Például, a cukorbetegség esetén a betegnek periodikusan inzulint adnak, amely biztosítja a vér glükózsztintjének csökkentését.

Mivel a domináns mutáns allélok vagy a kromoszóma-betegségek megjelennek a fenotípusban, a diagnosztizálásuk nem túl nehéz, eltérően a heterozigóta állapotban lévő mutáns recesszív alléloktól, amelyek rendszerint nem jelennek meg. Azonban vérvizsgálattal kiszűrhetőek a recesszív allél szerinti heterozigóta emberek, mint például a sarlósejtes vérszegénység



189. ábra. A génterápia módszere. A kéz bőréből (A) hámsejtet vesznek (B). A magjában (C) kromoszómák (D) találhatóak. A normális géneket (E) a kromoszómákba juttatják. Normális géneket tartalmazó sejtek bejuttatása az ember szervezetébe (F)

esetében. (Emlékezzetek, mi ez a betegség!) Ugyanakkor, ha valamely mutáns gén szerinti heterozigóta személyek lépnek házasságra, a recesszív allélok az utódokban homozigóta állapotba kerülhetnek, és megjelenhetnek a fenotípusban. A heterozigóta szülőknél 25 % az esélye beteg gyermek születésének.

Biztató a jövőre nézve a génterápiás módszer alkalmazása az orvosi genetikában.

A **génterápia** (gör.: *therapeia* – gondozás, gondoskodás) – orvosi eljárás, amely során a betegből bizonyos sejtípusokat (például: vér, bőr- vagy bélhám) különítenek el, egészségesekre cserélik a hibás alléljaikat, majd visszajuttatják őket a szervezetbe. Ennek köszönhetően a beteg ember szervezetében olyan fehérjék szintézise indulhat be, amelyek addig hiányoztak belőle (189. ábra). Egészséges emberek szervezetéből normális géneket vonnak ki, és génterápiás módszerrel másolatokat készítenek róluk. A génterápiás vizsgálatok 80 %-ban a rákos megbetegedések elleni küzdelemre irányulnak.

Bizonyos onkológiai és fertőző betegségek esetén, génterápiás módszerekkel elnyomható vagy fokozható (például, a vér hemoglobintartalmának növelése céljából a sarlósejtes vérszegénységben szenvedő betegben) a normális sejtekre nem jellemző génaktivitás. A génterápia további alkalmazási területe: a sejtek immunreakciót növelő génmódosítása.

Összességében a mostanáig kidolgozott génterápiás módszerek 80 %-a az emberi daganatos megbetegedésekkel kapcsolatos. Az úgynevezett „gyilkos gének”, bejuttatva a beteg szervezetébe, elpusztítják a daganatsejteket. Különleges helyet foglalnak el a génterápiás eljárások között az AIDS elleni küzdelem céljából kifejlesztett módszerek. A tudósok olyan génmódosított sejteket állítanak elő, amelyek HIV elleni antitesteket termelnek.

**Az örökletes betegségek molekuláris diagnózisa** – az örökletes betegségeket okozó vagy azokra hajlamosító (Alzheimer-kor, mellrák, diabétesz, érlemeszesedés) allélok meghatározásának módszereire alapuló génterápiás irányzat. Az idejében felállított diagnózis lehetővé teszi a megelőzést vagy gyógykezelést meg azt megelőzően, hogy megjelenjenek a betegség első tünetei.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

orvosgenetikai konzultáció, génterápia, az örökletes betegségek molekuláris diagnosztikája.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mivel jellemezhető az emberi genom? Milyen tényezőktől függ az emberi fenotípus kialakulása?
2. Mi az orvosi genetika feladata?
3. Mi váltja ki az ember örökletes megbetegedéseit és rendellenességeit?
4. Milyen formában jelenhetnek meg az ember örökletes megbetegedései és rendellenességei?
5. Milyen módszereket alkalmaznak az orvosi genetikában?
6. Mi az orvosgenetikai konzultáció, és mi a feladata?
7. Milyen házasságkötési rendszerek léteznek az embernél, és mik azok genetikai következményei?

### **Gondolkozzatok el rajta!**



Miért járhat negatív következményekkel az emberi örökítőanyagba való beavatkozás? Milyen etikai problémák vetődnek fel az orvosgenetikai konzultáció során?



### **Röviden a lényeg**

Az ember genetikája az emberi genom szerveződésének és működésének sajátosságait, az öröklődés és a változékonyság törvényszerűségeit vizsgálja. A részterülete – az orvosi genetika – az ember örökletes betegségeit és rendellenességeit vizsgálja. Az örökletes megbetegedések diagnosztikai módszereit, megelőzési lehetőségeit és gyógyítását dolgozza ki.

A modern orvosgenetika elsősorban az örökletes megbetegedések megelőzésével foglalkozik, igyekszik megelőzni, hogy örökletes megbetegedésekkel vagy rendellenességekkel szülessenek gyermekek. Fontos szerepet játszik az örökletes megbetegedések megelőzésében az orvosgenetikai konzultáció.

## TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK

*Jelöljétek meg a helyes választ!*

1. Nevezzétek meg a tudóst, aki a „genetika” megnevezés ajánlotta: a) Mendel; b) de Vries; c) Bateson; d) Morgan!
2. Mutassatok rá a sejtekre, amelyekben mutációk történhetnek: a) csak az ivarsejtekben; b) csak a szomatikus sejtekben; c) bármely sejtben!
3. Nevezzétek meg, hogyan hívjuk a bélyeg modifikációs változékonyságának határát: a) variációs sor; b) variációs görbe; c) átlag; d) reakciónorma!
4. Mutassatok rá, milyen változékonyságot sorolunk az örökletesekhez: a) modifikációs; b) korbeli; c) mutációs; d) szezonális!
5. Mutassatok rá, milyen mutációkat vált ki a poliploidia: a) a kromoszóma készlet többszörös csökkenése; b) az egyes kromoszómák szerkezeti változásai; c) az egyes gének szerkezetének változásai; d) a kromoszómakészlet többszörös növekedése!
6. Határozzák meg azt a változékonysági formát, amely az egypetűjű ikrek fenotípusának különbségét eredményezi: a) korrelatív; b) kombinatív; c) modifikációs; d) mutációs!
7. Mutassatok rá a mutációk tulajdonságaira: a) az alkalmazkodásban van minden esetben jelentőségük; b) csak a szomatikus sejtekben jöhetnek létre; c) öröklődhetnek; d) képesek eltűnni az egyed élete során!
8. Nevezzétek meg a kombinatív változékonyság forrását: a) gaméták véletlenszerű egybeolvadása a megtermékenyítés során; b) a petesejtben lévő tápanyag mennyisége; c) a mutagének hatása; d) szűznemzés!
9. Nevezzétek meg a tudóst, aki a „mutáció” kifejezést bevezette: a) Mendel; b) Morgan; c) Bateson; d) de Vries!
10. Határozzátok meg a modifikációs változékonyságot: a) a kiváltó tényezőnek nincs alsó küszöbértéke; b) ugyanazon tényező különböző változásokat idézhet elő egy faj egyedében; c) nincs adaptációs jelentősége; d) meghatározottság!
11. Nevezzétek meg a modifikációt, amely az egyed teljes élethosszáig megmarad: a) bármelyik; b) az egyedfejlődés korai szakaszaiban kialakuló; c) az egyedfejlődés késői szakaszában kialakuló; d) nem létezik ilyen modifikáció!
12. Mutassatok rá, mi határozza meg a variációs sor hosszát: a) a szabályozó gének hatása; b) a magon kívüli gének hatása; c) a külső környezet hatása; d) bizonyos allél képessége a mutációs változásra!
13. Emeljétek ki, hogyan nevezzük azt a génhalmazt, amely egy kromoszómában helyezkedik el: a) genom; b) kariotípus; c) kapcsolási csoport; d) plazmid!
14. Nevezzétek meg egyes bélyegek kapcsolt öröklődési zavarainak okát: a) a többszörös génhatás; b) crossing over; c) citoplazmatikus öröklődés; d) bélyegek hasadása!
15. Nevezzétek meg azt a keresztezéstípust, amelyben két különböző bélyeg alléljai vesznek részt: a) monohibrid; b) dihibrid; c) trihibrid; d) polihibrid!
16. Mutassatok rá az allél gének elhelyezkedésének helyére: a) homológ kromoszómák azonos szakasza; b) a homológ kromoszómák eltérő szakasza; c) a nem homológ kromoszómák azonos szakasza; d) a nem homológ kromoszómák eltérő szakasza!
17. Határozzátok meg, mivel lesz egyenlő a kapcsolási csoportok mennyisége az egy bizonyos fajhoz tartozó egyed kromoszómákészletében: a) a haploid kromoszómakészlet kromoszóma mennyiségével; b) a diploid kromoszómakészlet kromoszóma mennyiségével; c) az ivari kromoszómák mennyiségével; d) az autoszómák mennyiségével!
18. Határozzátok meg a feltételeit annak, hogy a genotípus minden változata megjelenjen a hibrid egyed fenotípusában: a) teljes dominancia; b) az öröklődés intermedier jellegű; c) többszörös génhatás; d) a nem allél gének kölcsönhatása!

### *Asszociációs teszt*

19. Határozzátok meg a genotípusok hasadását a monohibrid keresztezés során, ha a bélyegek intermedier jelleggel öröklődnek!

- |           |                              |
|-----------|------------------------------|
| 1 AA × aa | A 1 : 1                      |
| 2 Aa × aa | B 3 : 1                      |
| 3 Aa × Aa | C 1 : 2 : 1                  |
|           | D nem figyelhető meg hasadás |

20. Határozzátok meg a genotípusok hasadását a monohibrid keresztezés során, teljes dominancia esetén!

- |           |                              |
|-----------|------------------------------|
| 1 AA × aa | A 1 : 1                      |
| 2 Aa × aa | B 3 : 1                      |
| 3 Aa × Aa | C 1 : 2 : 1                  |
|           | D nem figyelhető meg hasadás |

21. Határozzátok meg a fenotípusok hasadását a monohibrid keresztezés során, ha a bélyegek intermedier jelleggel öröklődnek!

- |           |                              |
|-----------|------------------------------|
| 1 AA × aa | A 1 : 1                      |
| 2 Aa × aa | B 1 : 2 : 1                  |
| 3 Aa × Aa | C nem figyelhető meg hasadás |
|           | D 3 : 1                      |

22. Határozzátok meg a fenotípusok hasadását a monohibrid keresztezés során, teljes dominancia esetén!

- |           |                              |
|-----------|------------------------------|
| 1 AA × aa | A 1 : 1                      |
| 2 Aa × aa | B 3 : 1                      |
| 3 Aa × Aa | C 1 : 2 : 1                  |
|           | D nem figyelhető meg hasadás |

23. Válasszátok ki a különböző típusú változékonyságra jellemző tulajdonságokat!

- |                |                                                             |
|----------------|-------------------------------------------------------------|
| 1 modifikációs | A a szerzett jellegek öröklődhetnek                         |
| 2 mutációs     | B új allélkapcsolódások az utódok genotípusában             |
| 3 kombinációs  | C valamennyi alléli gén egyidejű megjelenése a fenotípusban |
|                | D a szerzett változások eltűnhetnek az élet során           |

24. Társítsátok a mutagén típusokat és a velük kapcsolatos példákat!

- |             |                                                                            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1 kémiai    | A ultraibolya sugárzás                                                     |
| 2 fizikai   | B nukleotidok kromoszómán belüli, helyváltoztatásra képes mobil csoportjai |
| 3 biológiai | C vírusok                                                                  |
|             | D mustárgáz                                                                |

Válasszatok 3 helyes feleletet a felajánlott válaszlehetőségek hármas csoportjából!

25. Nevezzétek meg a Mendel által felállított öröklődés törvényének tételét!

Uniformitás törvénye	Hasadás törvénye	A bélyegek független hasadásának törvénye
1) az allél gének azonos helyet foglalnak el a homológ kromoszómákon	1) az első nemzedék hibrid gének keresztezésekor az utódai között megfigyelhető: a második nemzedék hibridjei közül fenotípusosan 1/4 recesszív, 3/4 domináns bélyeggel rendelkezik	1) az egy kromoszómán elhelyezkedő gének kapcsolási csoportot alkotnak
2) a diploid egyedek gamétái a két allél gén közül csak egyet hordoznak	2) a crossing over következtében sérül a kapcsolt öröklődés	2) a di- vagy polihibrid kereszteléskor a bélyegek egymástól függetlenül hasadnak
3) az első hibrid nemzedék fenotípusában a két bélyegváltozat közül csak egy jelenik meg – a domináns	3) a kapcsolási csoportok mennyisége egyenlő a haploid kromoszómakészlet kromoszómaszámával	3) a gének a kromoszómában lineáris sorrendben helyezkednek el

26. Válasszátok ki a példákat, amelyek a teljes dominanciára, az intermedier öröklődésre és a kodominanciára jellemzőek!

Teljes dominancia jelensége	Az öröklődés köztes jellege	Kodominancia
1) a veteményborsó maghéj szerkezetének öröklődése	1) az oroszlánszáj pártaszínének öröklődése	1) a rókaprém platina színének öröklődése
2) a rókaprém platina színének öröklődése	2) a veteményborsó maghéj színének öröklődése	2) az emberi vércsoport öröklődése
3) az oroszlánszáj pártaszínének öröklődése	3) az emberi vércsoport öröklődése	3) az oroszlánszáj pártaszínének öröklődése

#### Nyílt végű feladatok

27. Milyen kapcsolat van a Mendel által leírt öröklődés törvényei és a meiózis folyamata között? Támasszátok alá a feleletet!

28. Mi a biológiai jelentősége annak, hogy egyes géneknek több allélja (alternatív változata) létezik?

29. Milyen feltételek mellett tud függetlenül öröklődni két gén, amelyek egy kapcsolási csoporthoz tartoznak? Támasszátok alá a feleletet!

30. Az egy fenotípus-csoportba tartozó szülők keresztezésekor létrejövő utódok milyen körülmények között rendelkezhetnek más fenotípussal? Támasszátok alá a feleletet!

31. Miért van az, hogy a letális és szubletális allélok általában recesszívek?

32. Vajon leírhatta volna Mendel az öröklődés törvényeit, ha csak kisszámú hibrid egyedet vizsgált volna?

33. Miért van az, hogy a kromoszómakészlet többszörös csökkenésével járó mutációk sokkal negatívabban hatnak a szervezet életképességére, mint a kromoszómakészlet többszörös növekedésével járók?

34. Milyen kapcsolat van a genetika és más biológiai tudományok között?

35. Jellemezzétek az öröklődés kromoszóma elméletének hatását a biológia további fejlődésére!

36. Milyen módon hat a strukturális gének aktivitásának szabályozása a szervezet fenotípusának kialakulására?



## 6. TÉMA. A SZERVES VILÁG EVOLÚCIÓJA

**Ebben a témában megismerkedhettek:**

- az evolúciós nézetek fejlődésével; az evolúció tényezőivel;
- az evolúció alapegységének számító populációval, és az evolúció közegének számító biogeocönózissal;
- a különböző tudományok szerepével az evolúcióbiológia megalapozásában; a modern evolúcióbiológiai nézetekkel;
- a fajoképződés mechanizmusával;
- az élet eredetének és fejlődésének világnézeti és tudományos szemléleteivel;
- az ember evolúciójával, és annak főbb szakaszaival.

### 38. §. AZ EVOLÚCIÓ FOLYAMATA MINT A BIOLÓGIAI RENDSZEREK EGYETEMES TULAJDONSÁGA

*Emlékezzetek, mi az adaptáció! Mi a modifikációs változékonyság és a reakciónorma? Mik az élő anyag szerveződési szintjei? Mi a homeosztázis?*

Már tudjátok, hogy a különböző szintű biológiai rendszerek egyik tulajdonsága a fejlődésre való képesség. Az egyedek egyedfejlődésének (ontogenezisének), a fajok törzsfelődésének (filogenezisének) és a rendszertani egységek fejlődésének folyamatában új bélyegek jönnek létre, amelyek egy része örökölhető. Az élő anyag fejlődésének folyamatát evolúciónak nevezzük.

**Az evolúció mint az alkalmazkodás (adaptáció) kialakulásának folyamata.** A létfeltételek periodikus és nem periodikus változásai közepette túlélni csak azok tudnak, akik alkalmazkodnak. Az alkalmazkodás (adaptáció) kialakításának képessége az élő anyag általános tulajdonságai.

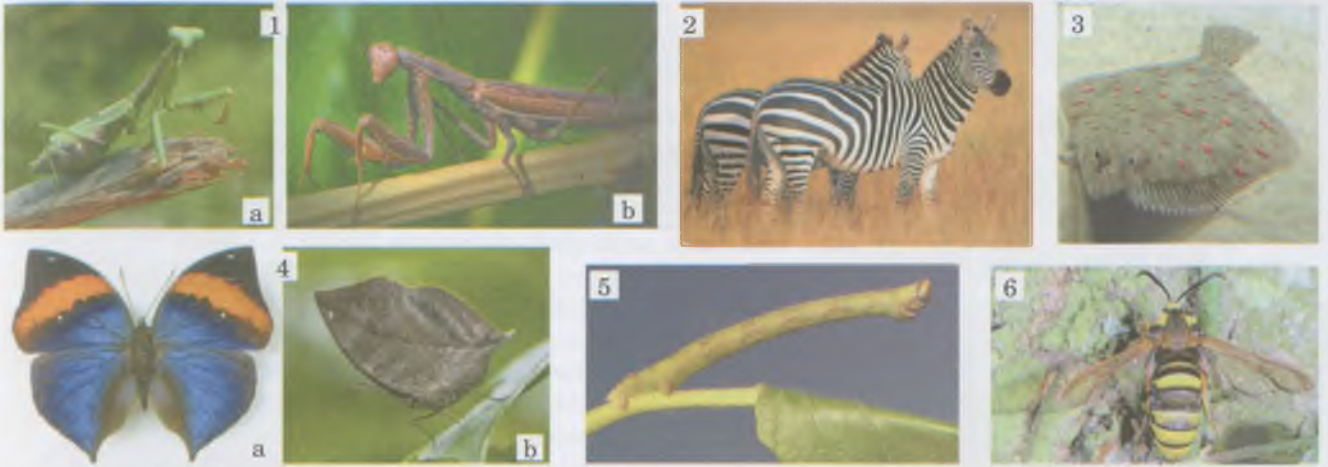
A szervezetek adaptálódhatnak felépítésükben vagy színnel, élettani vagy viselkedési változással, biokémia összetevőik megváltozásával stb. A 190. ábrán példák láthatóak a szervezetek külső környezethez való adaptációjára. Például, az imádkozó sáska zöld színe észrevétlenné teszi a rovat a növényen ragadozói és a prédái számára. A zebra csíkos színezete mintha láthatatlanná tenné az állatot a ragadozók számára a nyílt terepen. A növények között alig lehet észrevenni. Az ilyen színezetet nevezzük *rejtőszínnek*. Vannak állatfajok, amelyek képesek változtatni a testük színét a környezet feltételeinek megfelelően. (Például lepényhal, tintahal, némely garnélarák, kaméleon stb.; 190. ábra, 3)

Az ellenségtől rejtőzve az állatok felvehetik az őket körülvevő élő és élettelen objektumok formáját (190. ábra, 4, 5). Például, a trópusi kallima-lepke összezárva szárnyait, levélre hasonlít, még a levélerezet is látszik. Az araszoló lepke hernyója veszély esetén megdermed, és száraz ágra hasonlít.

**Jegyezzük meg!** Az **evolúció** (lat.: *evolutio* – fejlődés, kibontás) az élő szervezetek evolúciós fejlődése során bekövetkező megfordíthatatlan szerkezeti és működésbeli változások folyamata. Ennek következménye a szervezetek alkalmazkodása a környezeti feltételekhez.

**Jegyezzük meg!** A fajt, amely más fajt utánoz *imitátornak* nevezzük; a fajt pedig, amelyiket imitálnak modellnek.





190. ábra. Az állatok rejtőszíne és viselkedése mint példa a létfeltételekhez való alkalmazkodásra:

- 1 – az imádkozó sáska zöld színe észrevehetetlenné teszi az állatot a préda és az ellenségek számára;  
 a – zöld színű tavaszi forma; b – barna színű szív forma; 2 – a zebra rejtőszíne elrejtja az állatot a növényzetben;  
 3 – a lepényhal a környezetnek megfelelően képes változtatni színét; 4 – a trópusi kallima-lepke szétárt (a) és összezárt (b) szárnyakkal; 5 – az araszolólepke hernyója veszély esetén megdermed, és száraz ágra emlékeztet;  
 6 – a darázslepke kívülről darázsra hasonlít

Van még az úgynevezett mimikri, amikor egyes állatfajok teste és színezete más fajkéra hasonlít. Gyakran a védtelen szervezet más, veszélyes fajra emlékeztet. A 190. ábra 6. pontja egy rovarot ábrázol, amely egy darázsra hasonlít. Valójában ez a védtelen darázslepke. A lepke hasonlósága a darázzsal szintén egy védekezési mód az ellenségekkel szemben.

Az védtelen fajokkal szemben a védelemmel rendelkezők (például: méregmirigyek, erős állkapcsok) gyakran feltűnő színezettel és viselkedéssel jellemezhetőek (191. ábra). Ilyen módon jelzik, hogy jobb őket békén hagyni, mivel képesek magukat megvédeni. Ezt a jelenséget **demonstrációnak** nevezzük.

Az egyszéjtű állatok cisztaképződése (betokozódása), egyes állatfajok téli álma, a növények levélhullása és hasonló, az organizmusok adaptációja a kedvezőtlen létfeltételekhez.

Új adaptáció létrejöttét a létfeltételek változása váltja ki, és az örökítő anyag – a genotípus – sajátosságai határozzák meg. Az új adaptáció megjelenése az új mutációk vagy új mutáns allél-kombinációk létrejöttének eredménye, amelyek korábban alakultak ki (kombinatív változékonyság). Ha a mutáció semleges természetű (bizonyos feltételek között akár még hasznos is lehet), akkor az ilyen egyed képes túlélni és átadni örökítőanyagát az utódainak. Később az ilyen mutáns allélnak esélye van elterjedni a populációban, és az előfordulási gyakorisága ezáltal nőni fog. Az egyes egyedek adaptációja bizonyos idővel átalakulhat az egész populáció adaptációjává.

Az élőlények fokozatosan alkalmazkodnak minden egyes ökológiai feltételhez, illetve azok komplexumához, vagyis a létfeltételekhez, szabályozva az életfolyamataikat az adott feltételeknek megfelelően. A biológiai adaptációk nemcsak az ellenálló képességet biztosítják az ökológiai feltételekkel szemben, de az egyedek sikerét is, a más egyedekkel vagy fajokkal folytatott versengésben.



191. ábra. A demonstráció jelensége:

- 1 – a madárpók fenyegető színe;  
 2 – a madárpók fenyegető viselkedése: veszély esetén felemeli az első lábait és készül a támadásra a csáprágóival, amelyek segítségével bejuttatja a mérget az áldozata vagy ellensége testébe;  
 3 – a katicabogár vére mérgező anyagokat tartalmaz, amelyek ehetővé teszik az állatot;  
 4 – a farkas fenyegető viselkedése



192. ábra. Ökológiailag tágtűrűsű (1, 2, 3) és szűktűrűsű (4, 5) fajok:

- 1 – a vörös mókus élhet a különböző típusú erdőkben és a városi parkokban; 2 – a szürke patkány az épületekben, élelmiszer raktárakban, városokban, szeméttelpeken, erdőkben, mindenütt ahol táplálékot talál, megél;  
 3 – nagy útifű az utak mentén, szemetes helyeken, pusztákon, sztyeppéken, ligeterdőkben, homokon nő;  
 4 – a fügét (a) csak egy rovar képes megtermékenyíteni – a fügedarázs (b), ezért csak ott tud szaporodni, ahol ez a rovar él; 5 – az édesvízi tarisznyarák csak a hegyi patakokban fordul elő, tiszta és kemény víz (kalcium sókkal) kell számára

## Jó tudni

A ceteknél a vízi életmódra való átállás miatt, az evolúciós fejlődés során, elcsökevényesedett a medenceöv. Ugyanakkor ismeretesek olyan esetek (gyakoriságuk: 1:10000), amikor a csökevényes hátsó végtagok megjelennek (193. ábra, 1). Ugyanez figyelhető meg a lábatlan gyíkoknál is – néha a törékeny gyíkok is csökevényes lábakkal jönnek a világra. Az atavizmus ismert az embernél is (193. ábra, 2, 3).

Azokat a fajokat, amelyek képesek túlélni a létfeltételek széleskörű változásait **tágtűrűsű** fajoknak nevezzük (192. ábra, 1–3). Éppen ezek a fajok képesek benépesíteni az új területeket vagy azokat, amelyek erőteljesen megváltoztak (erdőtűz, fakitermelés következtében, vagy azokat, amelyek huzamosabb ideig víz alatt voltak). A tágtűrűsű fajok általában nagy területen terjedtek el – ez az **areál**. Ugyanakkor a **szűktűrűsű** fajok specializálódtak a környezet feltételeihez, és rosszul alkalmazkodnak a környezet legkisebb változásaihoz (192. ábra, 4, 5).

Az organizmusok evolúcióját a környezet új feltételeihez való adaptáció szükségessége váltja ki. Például, a szárazföld meghódításához az állatoknak szüksége volt arra, hogy képessé váljanak a légköri levegővel való légzésre: a rovarok és sok pókféle tracheái, a kétéltűek, a hüllők, a madarak és az emlősök tüdeje (lásd 85. ábra). A megporzás, ami megelőzi a megtermékenyítést, megszüntette a virágos növények (nyitvatermők és zárvatermők) függőségét a vizes közegtől, ami előfeltétele a moszatok és a magasabb rendű spórás növények megtermékenyítésének.

A rögzült vagy parazita életmódot folytató fajoknál, az adaptáció összefüggésben állhat a leegyszerűsített felépi-



193. ábra. Az atavizmus megjelenési formái:  
 1 – a ceteknél néha olyan egyedek születnek, amelyek csökevényes hátsó végtagokkal rendelkeznek;  
 2, 3 – az arcon erős szőrzettel és farokkal születés az embernél

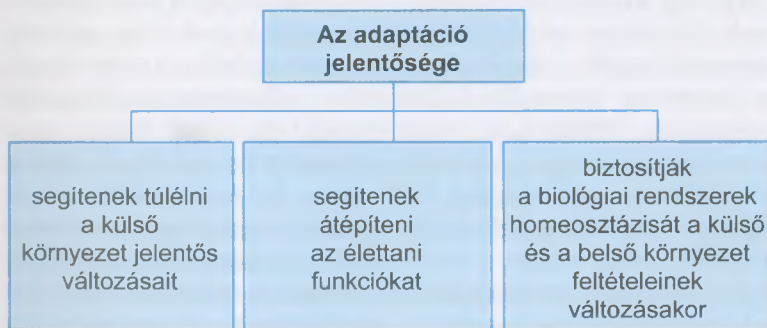
tésükkel. Például a galandférgelnél, amelyek az ember és más állatfajok bélrendszerében élősöknek, eltűnik a saját tápcsatorna, a tápanyagok a test felszínén keresztül szívódnak fel. Ugyanakkor, speciális rögzítő szervek fejlődnek ki (tapadókorongok, horgok). A parazita növények elveszíthetik klorofilljukat és a fotoszintézis képességét.

Az adaptációk nem állandóak: a jelentőségüket elvesztő adaptációk bizonyos idővel eltűnnek, helyükbe újak jönnek létre. Ez azzal áll kapcsolatban, hogy az evolúció visszafordíthatatlan: ha a környezet feltételei visszatérnek az előző állapotba, újra kialakulnak, és nem a régiek térnek vissza. A létfeltételek változása után az adaptáció elveszíti jelentőségét, idővel az adaptációt meghatározó allél (vagy allélok) előfordulási gyakorisága a populációban csökken. Az ilyen allél megmaradhat az örökletes változékonyság tartalékként, néha megjelenő egyes egyedek fenotípusában. Az evolúció során egyszer elveszített, az ősökre jellemző bélyegek megjelenését a fenotípusban **atavizmus**-nak nevezzük (193. ábra).

Nincsenek abszolút adaptációk. Például, a sarki nyúl (194. ábra), akárcsak néhány más faj esetében az év során, a hőmérséklet csökkenésével változik a prém színe szürkéből fehérre, ami észrevétlenné teszi az állatot a havon. Azonban a hőmérséklet csökkenését nem mindig kíséri hóhullás, így a fehér állat könnyen észrevehetővé válik. Az adaptáció jelentősége a biológiai rendszerek normális létezése és működése szempontjából a 195. ábrán látható.



194. ábra. A sarki nyúl prémjének nyári (1) és téli (2) színe



195. ábra. Az adaptáció jelentősége a biológiai rendszerek normális létezése és működése szempontjából

**Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

evolúció, adaptáció, tágtúrású és szűktúrású fajok, atavizmus.

**Ellenőrizték a megszerzett tudást!**

1. Mi az evolúciós folyamat? 2. Mi az adaptáció? Mi a jelentőségük az organizmusok túlélésében? 3. Milyen módon határozza meg az organizmusok örökítőanyaga az új adaptációk kialakításának képességét? 4. Mi az atavizmus? Hozzatok fel példákat!

**Gondolkodjatok el rajta!**

1. Támasszátok alá, hogy miért visszafordíthatatlan az evolúciós folyamat!? 2. Mi az atavizmus lényege az adaptációk kialakulásának szempontjából?

**Röviden a lényeg**

Az evolúció a biológiai rendszerek fejlődésének visszafordíthatatlan, felépítést és működést érintő változási folyamata. Az evolúciós változások következménye a környezet feltételeihez való alkalmazkodás.

Az organizmusok és organizmus feletti biológiai rendszerek a létfeltételekhez való alkalmazkodását **adaptációnak** nevezzük.

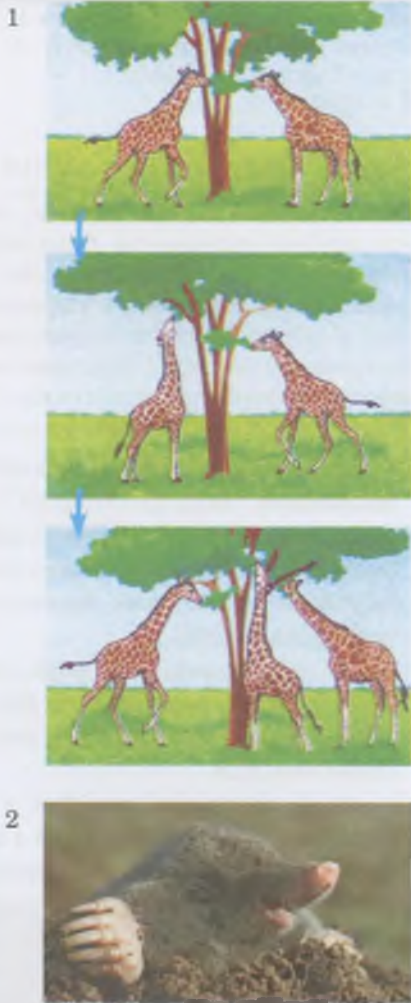
Az új adaptációk létrejöttét a létfeltételek változásai váltják ki, és a szervezet örökítő anyagának tulajdonságai határozzák meg.

Az adaptáció az élő anyag szerveződésének különböző szintjein alakulnak ki: a molekuláristól az ökoszisztéma szintig. Az adaptációk nem állandóak: amint elveszítik jelentőségüket, bizonyos időn belül eltűnnek, helyükre újak jönnek létre.



196. ábra. Ógörög filozófusok, akik elsőként fejezték ki a külvilág változékonyaságáról szóló elképzelésüket:

1. az epheszoszi Herakleitosz (Kr. e. 535–475) ógörög filozófus, úgy vélte, hogy a világ egységes, minden változik benne, és semmi nem ismétlődik.
2. Démokritosz (Kr. e. 460–370) ógörög filozófus, úgy vélte, az élet élettelen anyagból született a napsugarak hatására.



197. ábra. A szervek használatának és nem használatának lamarck-i törvényét illusztráló példák: 1 – a hosszú nyak kifejlődése a zsiráfnál; 2 – a vakond mellső lábainak kiszélesedése

## 39. §. JEAN-BAPTISTE LAMARCK EVOLÚCIÓS NÉZETEI. CHARLES DARWIN EVOLÚCIÓ-ELMÉLETE

*Emlékezzetek, hogyan hatott Lamarck a biológia fejlődésére!? Mi a populáció? Mi a szimbiózis? Milyen formái vannak? Mi az ökológiai niche?*

Az evolúcióbiológia fejlődésének története. Jean-Baptiste Lamarck evolúciós nézetei. Az evolúció problémáit vizsgálja az *evolúcióbiológia*. Ez a tudomány az evolúció tényezőivel, mechanizmusával, törvényszerűségeivel és következményeivel foglalkozik. Az élőlények fejlődésével több ógörög filozófus is foglalkozott, például Hérakleitosz, Démokritosz stb. (196. ábra).

Az első evolúciós hipotézist a kiváló francia tudós, **Jean-Baptiste Lamarck** alkotta meg (lásd: 1. ábra, 1). *Emlékezzetek*: Jean-Baptiste Lamarck Trevianus-szal egyidőben javasolta a „biológia” kifejezést. Munkáiban megalapozta a Föld „élettere” fogalmát, amit később bioszférának neveztek el. Ő dolgozta ki az állatok osztályozásának különleges rendszerét, először választotta külön a gerinctelen és gerinces állatokat.

Lamarck 1809-ben tette közzé evolúciós hipotézisét „Az állattan filozófiája” című művében. A munka alapja az a feltételezés, hogy az élőlények a külső környezet feltételeinek hatásához hasznosan alkalmazkodnak, megváltoztatva saját felépítésüket, funkciójukat, egyedfejlődésüket. Tehát, Lamarck szerint az *evolúció – hasznos bélyegek megszerzésének folyamata, mely bélyegeket az utódok öröklönek*. Az alacsonyabb rendű, idegrendszerrel nem rendelkező szervezetek a környezet tényezőinek közvetlen változásainak hatására változnak. Például, a vízinövények víz alatti levelei szalagszerűek, mivel a vízfolyás hatására megnyúlnak, míg a víz fölöttiek nyíl alakúak (177. ábra, 1). A magasabb rendű idegrendszerrel rendelkező állatok alkalmazkodása a következő sorrendben megy végbe: a szükségletek módosulása a szokások megváltozását eredményezi, a szokások változása kiváltja a tevékenység változásait, a tevékenység változásai pedig kiváltják egyes szervek fokozott igénybevételét, míg másokét nem. A fokozottan igénybe vett szervek megfelelően fejlődnek, a nem használt szervekre viszont ez nem jellemző. Idővel ezek a változások öröklődnek. Például, a zsiráf falevelekkel kezdett táplálkozni, és folyton nyújtózkodnia kellett, hogy elérje a fák koronáját. Ez a nyak és a mellső végtagok megnyúlását eredményezte (197. ábra, 1). A föld alatt élő vakondnak a szemek csak zavarnak, ezért fokozatosan visszafejlődtek (197. ábra, 2). Így hozta létre Lamarck a szervek használatának és nem használatának törvényét.

Lamarck megalkotta a szerzett tulajdonságok öröklődésének törvényét is: *az állat által élete során megszerzett tulajdonságok öröklődnek*. Például a zsiráf, öröklítette az utódainak a hosszú nyakat és lábakat, a vakond a kiszélesedett mellső végtagokat, amellyel a földben ássa az alagútjait. Ez azt jelenti, hogy bármely változás örökletes, és a külső környezet tényezői hatására alakul ki. Már tudjuk, hogy létezik örökletes és nem örökletes változékonyaság.

Van még egy evolúciós tényező: Lamarck szerint, *a szervezetek veleszületett belső törekvése a fejlődésre*. Tehát, akár hogyan is változik a külső környezet, a szervezetek szerveződési szintjének nemzedékről nemzedékre tökéletesednie kell. Ennek ellenére mi tudjuk, hogy amikor a szervezetek parazita, rögzült vagy lassan mozgó életmódra váltanak, a szervrendszerük általában leegyszerűsödik.

Lamarck úgy tekintett az evolúcióra, mint szüntelen változások folyamatára, amelyek lényege az organizmusok felépítésének bonyolultabbá válása és átalakulása az alacsonyabb szerveződési szintekről a magasabbakra. Úgy vélte, hogy ezek a folyamatok az élet fejlődése során szüntelenül végbemennek. Az alsó szinteken a baktériumok és más mikroszkopikus szervezetek, a felsőkön a melegvérű állatok, többek között az emlősök és az ember található. Azt a jelenséget, hogy az élőlények egyidejűleg különböző szerveződési szinteken vannak, Lamarck azzal magyarázta, hogy az élet folyamatosan keletkezik. E szerint minél később keletkeztek a fajok, annál alacsonyabb a szerveződési szintjük, hiszen még nem érkeztek magasabb fokra jutni.

● **Charles Darwin evolúciós nézetei.** Az evolúcióbiológia fejlődésének fontos szakasza volt Charles Darwin munkássága (198. ábra). Az evolúciós elmélet megalkotása előtt az ismert tudós hosszú ideig alaposan elemezte az általa összeszedett jelentős gyűjteményt, beavatva a munkába különböző szakembereket. Ezután a munka után kikristályosodott a legfőbb következtetés: a fajok az evolúció során változnak.

Charles Darwin evolúció-elméletének téziseit a „*A fajok eredete a természetes kiválasztás útján*” című munkájában írta le 1859-ben. Megalkotta a mesterséges szelekció elméletét is, amelynek a fő téziseit az 1868-ban megjelent „*Az állatok és a növények változásai házasításuk során*” című munkájában vetette papírra. 1871-ben kiadták még egy munkáját: „*Az ember származása és a nemi kiválasztás*” címmel. Ebben a munkában igyekszik megmagyarázni az ember emberszabású majomősöktől való eredetét.

Darwin evolúciós elméletének alapja az az elképzelés, hogy a fajok képesek változni a létfeltételekhez való alkalmazkodás következtében. Úgy vélte, hogy az adaptációk fokozatosan alakulnak ki az evolúció során. Az adaptációk hosszú távú következménye, elegendő életképes utód létrehozásának képessége.

Darwin szerint az evolúció alapja az örökletes változékonyság, amire hat a *létért folyó küzdelem*, ennek pedig következménye a *természetes szelekció*. Ezeket gondolta az *evolúció mozgatórugóinak*.

Lamarcktól eltérően Darwin feltételezte, hogy a változékonyság lehet nem örökletes és örökletes. Az előbbi (*emlékezzetek*, modifikációknak neveztük ezeket) egy faj összes egyedében azonos módon jelenik meg bizonyos feltételek hatására, és eltűnhet, ha a hatás megszűnt. Az ilyen változások nem öröklődnek. Az örökletes változékonyság (*emlékezzetek*, ez lehet mutációs és kombinatív változékonyság) olyan változásokat jelent, amelyek minden szervezetben egyedileg jelenik meg függetlenül a külső környezet hatásaitól. Az ilyen változások öröklődnek.

**Jegyezzük meg!** Lamarck evolúciós hipotézisének a jelentősége az, hogy felismerte a külső környezet feltételeinek szerepét az evolúció folyamatában; és úgy gondolta, hogy az evolúció fő irányvonala az élő szervezetek bonyolultabbá válása.



198. ábra. **Charles Robert Darwin** (1809–1882) ismert angol tudós, akinek munkái hatást gyakoroltak a biológia további fejlődésére.

## Jó tudni

Darwin tudományos karrierjére nagy hatást gyakorolt a véletlen. 1831-ben felvették tudományos munkatársnak a „Beagle” nevű katonai hajóra, amelynek feladata volt körbeutazni a földgolyót, és megfigyelni Dél-Amerika partjait, a Brit Birodalom hatalmának kiterjesztése céljából. A „Beagle” hajóval tett utazása gyökeresen megváltoztatta Darwin életét. Az összegyűjtött nagy mennyiségű anyag megalapozta az evolúciós elméletét, amit később darwinizmusnak neveztek el.



200. ábra. Versengő állatfajok – példák a fajok közötti versengésre:  
1 – a vándorpatkány és a házi patkány;  
2 – svábbogár és közönséges csótány



201. ábra. Példák a kedvezőtlen környezeti feltételekkel szembeni küzdelemre: a Namib-sivatagban egyáltalán nem esik az eső, ugyanakkor minden nap köd van; a gyászbogarak a ködben kondenzálják a nedvességet a levegőből a testükre

**Jegyezzük meg!** A természetes szelekcióra jellemző az irányultság, és a formáló jelleg. Darwin szerint a faj egyedei számára hasznos bélyegek megőrzése, felhalmozása és új adaptációk létérőtte révén fejt ki hatását.



199. ábra. Egy faj egyedei közötti kölcsönhatások különböző változatai: 1 – farkasfalka vadászata nagytestű prédára; 2 – egykorú fenyőerdő, mint a fajon belüli versengés példája

Darwin a létért folyó küzdelem három formáját különítette el: fajon belüli versengés, fajok közötti versengés és a kedvezőtlen környezeti feltételekkel szembeni küzdelem.

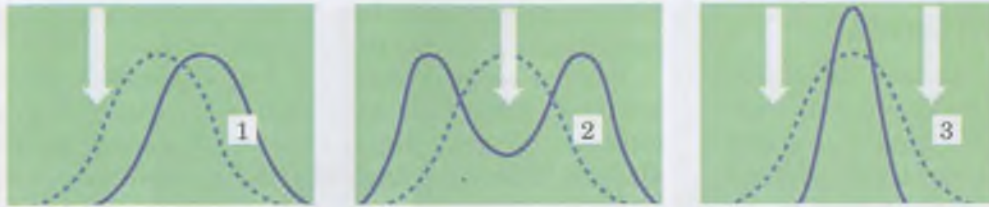
A *fajon belüli versengés* egy faj egyedei között történik, mivel hasonló létszükségletek jellemzők rájuk: azonos táplálékforrás, azonos rejtékhely stb. Darwin szerint az alkalmazkodni képes egyedek képesek tovább adni azokat a bélyegeiket, amelyek biztosítják az utódok túlélését. Ez általában a faj tökéletesedéséhez vezet az evolúció során. Természetesen, a fajon belüli versengéssel a faj egyedei közötti kapcsolatok nem merülnek ki. Például: a ragadozók vadászhatnak közösen a nagytestű prédára (199. ábra).

A *fajok közötti versengés* a különböző fajok egyedei közötti kapcsolatok különböző változatai, például a fajok közötti versengés (konkurencia). Minél hasonlóbbak két faj szükségletei, annál élesebb a versengés. Például, a vándorpatkány kiszorítja a házi patkányt, a svábbogár a közönséges csótányt (200. ábra). Darwin úgy gondolta, hogy a fajok közötti versengés erősíti a fajon belülit, ami kiváltja a fajok evolúcióját és tökéletesedését.

Érdeemes megjegyezni, hogy a fajok közötti versengéssel nem merül ki a különböző fajok egyedei közötti kapcsolatok minden formája. *Emlékezzetek* az olyan fajok közötti kapcsolatokra, mint a szimbiózis, az állatok szerepe a növények megporzásában és a magok terjesztésében stb.

A *kedvezőtlen feltételekkel szembeni küzdelem* Darwin szerint mindenütt megfigyelhető, ahol az egy fajhoz tartozó egyedek kedvezőtlen hőmérséklettel, túl kevés vagy túl sok nedvességgel, túl kevés vagy túl sok fényvel találják szembe magukat (201. ábra). A környezet kedvezőtlen feltételei közötti lét erősíti a fajon belüli versengést, ennek következménye, hogy a faj egésze jobban alkalmazkodik.

A **természetes kiválasztódás (szelekció)** az a folyamat, mely során a létfeltételekhez leginkább alkalmazkodott egyedek életben maradását és szaporodását, a létért folyó, formáló jellegű küzdelem váltja ki. Darwin szerint a természetes szelekció formáló jellegének lényege a következő. Az egy fajhoz tartozó egyedekben állandóan kialakuló jelentős mennyiségű, nem irányított változásokból, a természetes szelekció hatására csak azok maradnak fenn, amelyek leginkább megfelelnek a létfeltételeknek. Ezek a változások kiváltják a szervezetek jobb alkalmazkodását a környezet feltételeihez. A változások a nemzedékek során felerősödnek,



202. ábra. A természetes szelekció formái: 1 – irányító szelekció; 2 – szétválasztó szelekció; 3 – stabilizáló szelekció

felhalmozódnak, és ennek köszönhetően jelennek meg az új alfajok, fajok, nemzetségek (az állattanban: *nemek – a ford.*). Darwin követői később rájöttek, hogy a természetes szelekció lehet irányító, stabilizáló és szétválasztó (202. ábra).

**Az irányító szelekció** a környezet bizonyos irányú apró változásai következtében jön létre, vagy amikor a szervezeteknek alkalmazkodnia kell az areál kiterjesztése során az új feltételekhez (202. ábra, 1). Az irányító szelekció megőrzi azt az örökletes változást, ami megfelel a környezetváltozás irányának. Tehát, az irányító szelekció hatása következtében bizonyos irányba eltolódik a reakciónorma is (lásd: 137. old.). Példa az irányító szelekció hatására az angol biológus, Weldon megfigyelése, amit a tarisznyarak plymouth-i öbölben élő populációiban figyelt meg. Kiderült, hogy a hullámtörő gát<sup>1</sup> megépítése után öt évvel a rákok páncéljának szélessége megváltozott: a gát megépülése előtt az egyedek szélesebb páncéllal rendelkeztek, a megépülése után pedig keskenyebb ívelt páncéllal. A tudós ezt azzal magyarázta, hogy a keskenyebb páncéllal rendelkező egyedekben a kopolyúkhöz vezető nyílás is keskenyebbé vált. Ez jobban megvédi a kopolyúkat az iszaptól, amely a hullámtörő gát megépülése után elkezdett felhalmozódni.

**A stabilizáló szelekció** általában az állandó környezeti feltételek mellett megy végbe. Fenntartja bizonyos fenotípus állandóságát, ami leginkább megfelel a külső környezetnek, és kiválogatja az olyan változatokat, amelyek kevésbé adaptívak (202. ábra, 3). A stabilizáló szelekció hatásának következménye a bizonyos létfeltételek melletti tökéletes alkalmazkodás, vagyis a fajok specializációja. Stabilizáló szelekció hatására példa azon növények virágainak állandó felépítése, amelyeket csak bizonyos rovarfajok porozhatnak meg. (Például, a lucernát csak a poszméhek és azok a méhek porozzák meg, amelyeknek alkalmas formájú a szájszerve a virágokhoz. Lásd: 203. ábra, 2). A stabilizáló szelekció elméletét az ukrán Schmalhausen alkotta meg (203. ábra, 1).

**A szétválasztó szelekció** egyszerre két, ritkábban több irányba hat, ugyanakkor nem váltja ki az átlagos bélyegek megmaradását (202. ábra, 2). Például, a kétpöttyös katicának több színváltozata van (204. ábra). Az egyiknek a szárnyfedője vörös alapon két fekete pöttyöt tartalmaz, ez jobban alkalmazkodik a magas hőmérséklet hatásaihoz. A másik éppen ellenkezőleg, fekete alapon piros pöttyös és jobban alkalmazkodik az alacsony hőmérsékletre. A szétválasztó szelekció a fenotípusok több változatának megjelenését ered-



1



2

203. ábra. 1. **Ivan Ivanovics Schmalhausen** (1884–1963): ismert tudós, aki összehasonlító anatómiával, az állatok evolúciós morfológiájával és embriológiájával foglalkozott. Tarasz Sevcenko Kijevi Nemzeti Egyetemen dolgozott (1907–1912 és 1921–1941 között), 1930–1941 között az Ukrán Tudományos Akadémia Állattani Intézetét vezette, most az ő nevét viseli az Intézet.  
2. Példa a stabilizáló szelekció hatására: a virág formája megfelel az őt megporzó rovar szájszervének.



204. ábra. Példa a szétválasztó szelekció hatására: a kétpöttyös katica két különböző színváltozata

<sup>1</sup> Hullámtörő gát olyan hidrotechnikai eszköz, amellyel megvédi a kikötőt a hullámveréstől.



## Röviden a lényeg

Jean-Baptiste Lamarck úgy tekintett az evolúcióra, mint folytonos változások folyamatára, mely változások kapcsolatban állnak az élőlények szerveződéseinek bonyolultabbá válásával.

Charles Darwin úgy gondolta, hogy a szervezetek evolúciós változásai az örökletes változékonyságon alapulnak. Az evolúció mozgatórugójának a létért folyó küzdelmet (fajon belüli versengés, fajok közötti versengés és a kedvezőtlen feltételekkel való küzdelem) és a formáló jellegű természetes szelekciót tekintette. A természetes szelekció lehet irányító, stabilizáló és szétválasztó.

ményezi egy populációban. Vagyis, kiváltja a populáció alkalmazkodását a változó létfeltételekhez.

Darwin evolúció elméletét kiegészítették a követői munkájukkal. Előidéztek a biológia különböző részterületeinek intenzív fejlődését. Egyes tudósok igyekeztek saját munkája által alátámasztani Darwin tételeit, mások éppen ellenkezőleg.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

evolúcióbiológia, létért folyó küzdelem, természetes szelekció: irányító szelekció, stabilizáló szelekció és szétválasztó szelekció.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Jellemezzék Lamarck fő evolúciós tételeit! 2. Milyen evolúciós tényezővel foglalkozott Darwin? 3. Jellemezzék a létért folyó küzdelmet mint evolúciós tényezőt! 4. Jellemezzék a természetes szelekciót mint az evolúciós folyamat mozgatórugóját! 5. A természetes szelekció milyen formáit ismeritek?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



1. Lamarck tételei közül melyek felelnek meg a modern tudomány nézeteinek, melyek nem? 2. Mi a közös és a különböző Lamarck és Darwin evolúciós nézetei között?

## Jó tudni

A szaltacionizmus tézisei azért voltak vonzóak a tudósok számára, mert megmagyarázta, hogy miért csak ritkán találunk a kihalt fajok között átmeneti formákat, vagyis olyanokat, amelyek szerveződése az ősi és a később képződött fajok jellegeit egyesítenék. Hugo de Vries a ligetszépe bélyegeinek öröklődését vizsgálva új jelenségre lett figyelmes – korábban ismeretlen bélyegek jöttek létre mutációk következtében. Az ilyen mutánsok kereszteződhetnek az eredeti faj egyedével és gyakorlatilag új fajokat hozhattak létre.

## 40. §. A MODERN EVOLÚCIÓS ELMÉLET FŐ TÉTELEI. A POPULÁCIÓ MINT AZ EVOLÚCIÓ ALAPEGYSÉGE

*Emlékezzetek*, mi a mutáció!? Mit vizsgál a paleontológia, az összehasonlító anatómia, a morfológia és az embriológia? Mely fajokat nevezünk tágtúrúsúeknek és szüktúrúsúeknek? Mi a génkészlet?

**Az evolúciós nézetek fejlődése.** Az evolúció elmélete már Darwin halála után megtalálta követőit. Azonban voltak olyan kutatók is, akik olyan tényeket soroltak fel, amelyekre akkoriban az elmélet nem tudott megválaszolni. Például, a mutációval kapcsolatos genetikai vizsgálatok eredményeit nem lehetett megmagyarázni a darwini teória szemszögéből. Darwin úgy gondolta, hogy a szervezetek külső környezethez való alkalmazkodása fokozatosan alakult ki, ugyanakkor a mutációk, amelyek során új bélyegek jelennek meg, spontán jönnek létre.

*Emlékezzetek*, a mutációról szóló ismereteket de Vries fedezte fel! Éppen ő alkotta meg az első olyan evolúciós tételt, amelyeket **szaltacionizmus** név alatt ismerünk (lat.: *saltatio* – ugrálás). Ez az elmélet az evolúció ugrásszerű jellegén alapul. A szaltacionizmus követői szerint a fajképződés kapcsolatban áll új egyedek megjelenésével, amelyek különböznek bélyegeikben az elődfajtól.

A darwinizmus és a szaltacionizmus követőinek szembenállása hosszú évekig tartott. Később azonban világossá vált: a genetika eredményei nemcsak hogy nem mondanak ellent az evolúció elméletnek, de alá is támasztják a tételeit. Sok olyan





205. ábra. A szintetikus elmélet megalkotói: 1 – **Olexij Mikolajovics Szevercov** (1866–1936): ismert biológus, az állatok evolúciós morfológiájának megalapítója; 1902-től 1911-ig a Szent Volodimir Kijevi Egyetemen dolgozott; 2 – **Szerhij Szerhijovics Csetverikov** (1880–1959): híres genetikus, entomológus, evolucionista. Ő volt az egyik első tudós, aki megállapította a populáció egyedszám változások mint evolúciós tényezők szerepét; 3 – **Feodoszj Hrihorovics Dobrzsanszkij** (1900–1975): ismert ukrán származású amerikai tudós; a populációgenetika egyik atyja; 4 – **Julian Sorell Huxley** (1887–1975): ismert angol biológus, evolucionista; a Természetvédelmi Világalap (WWF) egyik alapítója; 5 – **George Gaylord Simpson** (1902–1984): ismert amerikai paleontológus, az „evolúció szintetikus elmélete” kifejezés megalkotója

tudós, mint Szevercov, Schmalhausen, Csetverikov, Timofejev-Reszovszkij, Huxley, Fisher, Dobrzsanszkij, Simpson, Right (205. ábra) erőfeszítése árán létrejött az **evolúció szintetikus elmélete** – az evolúciós folyamatról szóló elképzelések szintézise, amely egyesíti a klasszikus darwinizmust, a mutációról és a populációról mint az evolúció alapegységéről szóló ismereteket.

Az evolúció szintetikus elméletének fő tételei. A szintetikus elmélet szerint az **örökletes változékonyság fő forrása a mutáció** (mutációs változékonyság), a mutáns allélok különböző kombinációkban egyesülhetnek (kombinatív változékonyság).

Az **evolúció tényezője** a természetes szelekció, amely a létért folyó küzdelem különböző formáinak eredménye. Az **evolúció alapegysége** a populáció. Azok az evolúciós folyamatok, amelyek a populációban zajlanak a **mikroevolúció** nevet kapták. Ezeknek a következménye lehet a populáció örökítőanyagának, génkészletének változásai. Az ilyen folyamatok kiválthatják a **fajképződést**. Azok az evolúciós folyamatok, amelyek következtében létrejönnek a magasabb rangú rendszertani egységek – új nemzetségek, családok, rendek stb. – **makroevolúció**-nak nevezzük.

Az **élőlények populációja és azok jellemzése**. A **populáció** kifejezést – Johansen javasolta (lásd: 100. ábra). A faj populációk rendszere, amelyek általában kapcsolatban állnak egymással. Az ilyen kapcsolatok eredménye lehet a génáramlás (az egyedek vándorlása, a spórák vagy a magok terjedése a széllel, vízzel, rovarok által stb.) Tehát, a populáció a **faj strukturális és funkcionális egysége**. Az egy fajhoz tartozó, egymáshoz hasonló populációk összessége, amelyek más populációktól eltérnek egy vagy néhány bélyegváltoztatban, alkotja az **alfajt**. Az alfajok létezése tanúskodik a faj ökológiai rugalmasságáról, a környezeti feltételekhez való alkalmazkodóképességéről. Például, a tigrisnek korunkban kilenc alfaja létezik, ebből hármat az ember teljesen kipusztított; az európai mókus 40 alfajjal rendelkezik.

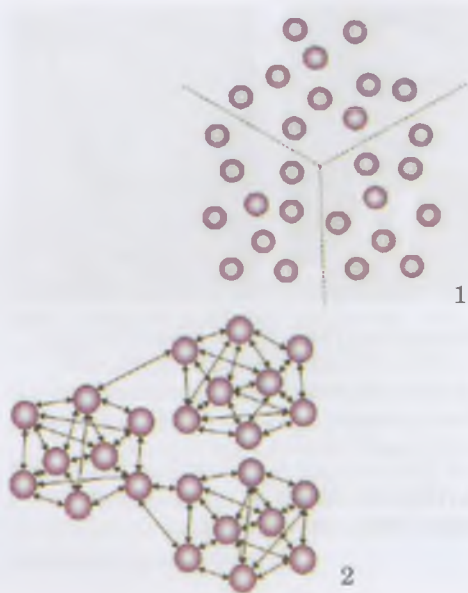
**Jegyezzük meg!** A **populáció** (lat.: *populus* – nép, népesség) – az egy fajhoz tartozó egyedek összessége, amelyek kapcsolatban állnak egymással és hosszabb vagy rövidebb ideig közös territóriumot foglalnak el, részlegesen vagy teljesen elkülönülve más hasonló csoportosulásoktól, és bizonyos genetikai információ készlettel, génkészlettel (genofonddal) rendelkeznek.

**Jegyezzük meg!** Az evolúciós folyamatnak 3 típusa létezik:

mikroevolúció (az evolúciós folyamatok a populáción belül zajlanak, és megváltoztathatják a génkészletet);

fajképződés (új fajok képződése);

makroevolúció (faj feletti, rendszertani egységek képződése).



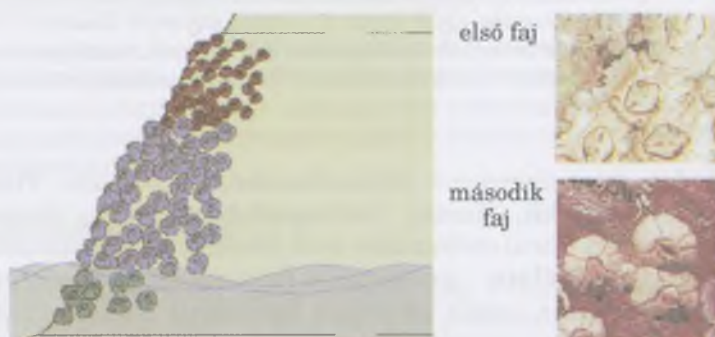
206. ábra.

A populációk elkülönítésének módjai:  
 1 – az elfoglalt territórium szerint  
 (ha a populációk térben elkülönültek);  
 2 – egy faj egyedei közötti funkcionális  
 kapcsolatok szorosságága alapján

A populációk jelenléte a természetben azzal áll kapcsolatban, hogy az optimális létfeltételek eloszlása nem egyenletes a faj territóriumán belül (206. ábra).

A faj populációinak kölcsönhatása a környezet ökológiai tényezőivel (mind az élettelen természet, mind pedig más fajok egyedei) eredményezi az ökológiai **niche** kialakulását.

Két faj huzamosabb ideig nem foglalhatja el ugyanazt az ökológiai niche-t egy bizonyos ökoszisztémában. Ha ilyen előfordul, akkor a versenyképesebb faj kiszorítja az ökoszisztémából a másikat. (Emlékezzetek: vándorpatkány vs. házi patkány; lásd 200. ábra, 1). A 207. ábrán láthatjátok, ahogy a versenyképesebb tengerimakk kiszorítja a kevésbé versenyképeset a partmenti sziklákról.



207. ábra. Két tengerimakk faj együttélése egy ökoszisztémában annak köszönhetően, hogy az ökológiai niche-ük térben el van választva

**Jegyezzük meg!** Az ökológiai **niche** – egy faj a populációinak trofikus (az elfogyasztott táplálék jellege határozza meg) és térbeli helye az ökoszisztémában, más fajok populációival és az élettelen természet tényezőivel való kölcsönhatás eredményeképpen jön létre.

Populáció nem más, mint egy egységes funkcionális rendszer az ökoszisztémán belül. Rendelkezik minden feltétellel a reprodukcióhoz, a hosszú távú fennmaradáshoz és adaptáció segítségével alkalmazkodni képes a létfeltételek változásaihoz.

**A populációk jellemzői.** Az **egyedszám** – a populációt alkotó egyedek mennyisége. Az alacsony egyedszámú populációk, például a nagytestű emlősök, csak néhány tucat egyedből állnak (például, a bengáli tigris populációja 20–30 egyed; 208. ábra, 1). Ugyanakkor bizonyos rovarfajok populációi 10–100 ezer egyedből is állhatnak (208. ábra, 2).

**Populációsűrűség** – az egy egységnyi területre (szárazföldi ökoszisztémák esetében) vagy térfogatra (víz vagy



208. ábra. Kis és nagy egyedszámú populációkban élő állatfajok: 1 – bengáli tigris; 2 – vándorsáska

talaj esetében) jutó egyedek átlagos mennyisége. Másrészt, minden populáció egy bizonyos **területet** vagy **térfogatot** foglal el. Ott, ahol a létfeltételek optimálisak, a faj sűrűsége nagyobb, míg ott, ahol nem optimálisak – alacsonyabb.

**A populáció produktivitása** – a populáció egyedei által egységnyi idő alatt termelt biomasza mennyisége (produkció).

**A populációk térbeli szerkezete** – a populáció egyedeinek eloszlása az elfoglalt territóriumon, ami lehetőséget nyújt számukra a lehető legteljesebb módon felhasználni a környezet forrásait. Az állati populációk területhasználatának jellegétől függően lehetnek helyben maradók, nomádok és vándorlók (209. ábra). A *helyben maradó (rezidens) fajok populációi* (barnamedve, vakond, földigiliszta) általában hosszabb ideig egy területen tartózkodnak. A *nomád (kóborló) fajok populációja* táplálék vagy az optimális feltételek keresése céljából képesek bizonyos mértékben, néha jelentősen nagy távolságok megtételére (seregély, sarki róka). A *vándorló (vonuló) fajok populáció* rendszeresen változtatják helyüket, miközben nagyobb távolságra migrálnak. (Például, egyes fecskéfajok.)

Egyes jelentősebb földrajzi adottságok miatt, az egy fajhoz tartozó populációk elkülönülhetnek egymástól (a különböző tavak halpopulációi). Ha az elfoglalt territórium többé vagy kevésbé egynemű, akkor a populációk közötti határok általában nehezen elkülöníthetőek. (A rágcsáló populációk, például a mormoták, amelyek a füves puszták és sivatagok lakói; 210. ábra.)

**A populáció koreloszlását** az egyedek korcsoportjai határozzák meg. Az ivaréretlen egyedek számának erőteljes csökkenése annak lehetőségére utal, hogy a populáció egyedszáma a jövőben lecsökken, amikor ezek az egyedek ivaréretté válnak, és kisszámú utódot hagynak maguk után.

**A populáció nemi összetételét** az egyedek nemének aránya határozza meg: az állatoknál a hímek és nőstények aránya. (*Emlékezzetek* a nemhez kötött öröklődés jelenségére, és próbáljátok megmagyarázni az egyik nemű egyedek nagyobb arányát a bizonyos fajú állatpopulációban!)

**A populáció etológiai szerkezete** – az egyedek közti kölcsönhatások rendszere, amely a viselkedésben jelenik meg. A hetedik osztályos biológia tananyagból tudjátok, hogy az állati viselkedés biológiai alapjait az **etológia** (gör.: *ethosz* – viselkedés, szokás és *logos* – tudomány) vizsgálja. A különböző fajok egyedei élhetnek egyedül vagy csoportosan. A magányos életmódot folytató populációk egyedei térben, többé vagy kevésbé el vannak egymástól különülve, és csak a szaporodás, a vándorlás idején verődnek csoportokba (skorpiók, fajok, tókésrécek). A csoportos életmód kapcsolatban áll állandó csapatok, kolóniák, falkák létrejöttével. Az egyedek közös létezése az állandó csoportokban lehetőséget nyújt jobban alkalmazkodni a létfeltételekhez (védelem a ragadozókkal szemben, hatékonyabb vadászat, kölykök nagyobb túlélési esélye stb.)

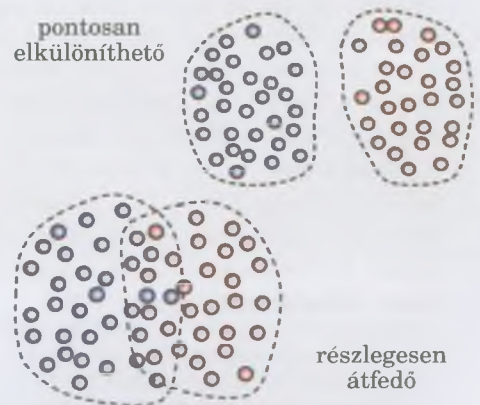
**A populáció genetikai struktúrája.** Minden populáció rendelkezik egy rá jellemző génkészlettel, ami többé kevésbé véletlenszerű párosodások eredményeképpen jött létre, illetve más populációkkal, való génáramlás által. Az egy



209. ábra. Rezidens, nomád, és vándorló állatfajok – barnamedve (1), nomád – sarki róka (2) és vándorló – molnárfecske (3)

## Jó tudni

1889-ben sáskajárás idején a sáska raj 6000 négyzetkilométeres területet foglalt el, és több milliárd egyedet számlált.



210. ábra. Egy faj populációinak elkülönülési foka

**i** **Jegyezzük meg!** Minden faj csak akkor egységes rendszer, ha a különálló populációk között állandó génáramlás folyik. A populációk közötti génáramlás lehetetlenné válása – azaz a populációk izolációja – a populációk génkészletének változását váltja ki, minek következtében egyre inkább eltérnek egymástól, ami végső soron új alfajok és fajok létrejöttéhez vezet.

## Röviden a lényeg

Az evolúció szintetikus elmélete a klasszikus darwinizmus, a mutációkról és a populációról, mint az evolúció alapegységéről, szóló ismeretek szintézise.

A populáció egyedszámának, különböző feltételek által kiváltott változásait, populációs hullámoknak nevezzük.

Minden populáció rendelkezik saját génkészlettel, amely bizonyos alléli génkészlettel és annak gyakoriságával jellemezhető. A populációk génkészlete megváltozhat a különböző evolúciós tényezők hatására: mutációs folyamat, természetes szelekció, populációs hullámok, izoláció, génsodródás. Az egy fajhoz tartozó egyes populációk génkészletének jelentős változásai megnehezíthetik, vagy ellehetetleníthetik a populációk közötti kereszteződést. Ez lehetőséget nyújt a fajképződésre – új fajok keletkezésére.

fajhoz tartozó különböző populációk különbözhetnek az allél génkészletükben, az egyes allél gének előfordulási gyakoriságában.

A génkészletre hatást gyakorolhat az egyedek vándorlási intenzitása egyik populációból a másikba és a **mutációs folyamat**, ami bizonyos gének új allélváltozatainak megjelenésével járnak. A populációk genetikai struktúrája megváltozhat véletlenszerű és nem irányított módon történő allélgyakoriság változással, **genetikai sodródással (drifttel)** is. Ez a jelenség leginkább kis egyedszámú populációban jelenik meg.

A genetikai sodródás egyik oka **populációs hullámok** előfordulása, vagyis a populáció egyedszámának periodikus vagy nem periodikus változása. Például, a populáció egyedszámának nagy csökkenésekor főként bizonyos allél gén csoportokkal rendelkező egyedek pusztulnak el. Ugyanakkor, a más allélok gyakorisága megnőhet.

A populációkban végbemenő evolúciós folyamatok következtében új alfajok jöhetnek létre, majd később új fajok.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

szaltacionizmus, az evolúció szintetikus elmélete, populáció, ökológiai niche, populációs hullámok, mikroevolúció.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**

1. Mi a szaltacionizmus lényege? 2. Mik az evolúció szintetikus elméletének fő tételei? 3. Mi a populáció? Mik a legfőbb jellemzői? 4. Milyen a populáció struktúrája? Milyen struktúrája lehet a populációnak? 5. Mi a populáció génkészlete? 6. Mi gyakorolhat hatást a populációk génkészletére? Jellemezzék azokat!

### **Gondolkodjatok el rajta!**

Miért van az, hogy a fajok populációban élése az új fajok keletkezésének elengedhetetlen előfeltétele?

## 41. §. FAJKÉPZŐDÉS. AZ EVOLÚCIÓS FOLYAMAT FŐBB IRÁNYAI

*Emlékezzetek*, mi a faj!? Mi a kariotípus, a genom és a genotípus? Mi az areál? Hogy jön létre a virágos növények termése? Mi a jelentősége a virágos növények kettős megtermékenyítésének?

**A faj és kritériumai.** *Emlékezzetek:* A **faj** az egyedek populációinak összessége, amelyek testfelépítése, életmódja, az ökoszisztémában elfoglalt helye (vagyis bizonyos ökológiai niche-t töltenek be) hasonló, a bioszféra bizonyos részét (areált) népesítik be, szabadon párosodnak egymással (ha kereszt-megtermékenyítés jellemző rájuk) és képesek szaporodóképes utódokat világra hozni.

A **faj biológiai koncepciójának** fő tételei, amelyek az evolúció szintetikus elméletének alapját képezik a következők:

- egy faj egyedei bizonyos genetikai egységet alkotnak, mivel hasonló génállománnyal (genom) rendelkeznek, ugyan-

akkor különbségek lehetnek köztük az allél géneket (genotípust) tekintve;

- a hasonló populációk összessége, amelyek különböznek ugyanazon faj más populációitól, egy vagy néhány bélyeg-változattal – alkotják az alfajt; az alfajok létezése a fajok ökológiai tűrőképességének (plaszticitásának) bizonyítéka;

- a természetben a fajok nem kereszteződnek egymással; ha meg is történik a hibridizáció, az ilyen hibridek szaporodásra képtelenek;

- a populáció az evolúció alapegysége, mivel a populációban zajlanak le a mikroevolúció folyamatai (örökletes változékonyság, populációs hullámok, genetikai sodródás, természetes szelekció és a létért folyó küzdelem). A populációkat alkotó egyes egyedeknek nincs evolúciós sorsa, mivel minden evolúciós esemény több nemzedék kereszteződése révén történő változások alkalmával megy végbe.

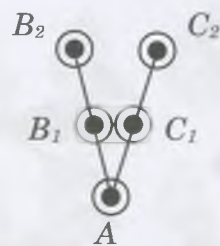
Az egyedek fajhoz való tartozását bizonyos kritériumok határozzák meg – a fajra jellemző bélyegek és tulajdonságok megléte, mint a hasonló felépítésbeli és élettani sajátosságok, környezeti szükségletek, hasonló genom stb.

**A fajképződés mechanizmusai.** Az evolúciós folyamatok egyik típusa a **fajképződés** – új fajok létrejöttének és időbeni változásának folyamata. Korábban már említettük, hogy a fajképződés előfeltétele az egyes populációk vagy populációcsoportok génkészletének változása, ami biztosítja a reprodukciós izolációt.

A tartós **fajon belüli izoláció** eredményeképpen egyes populációk a többitől függetlenül fejlődhetnek. Az egyik populációban kialakuló mutációk nem jutnak be a másikba. A genetikai sodródás oda vezet, hogy a különböző populációkban különbözőképpen változik meg a génkészlet. A természetes szelekció átépíti mindegyik izolált populáció készletét abba az irányba, amely segíti azt az adott környezethez való alkalmazkodásban. Ennek megfelelően az izolált populáció génkészlete egyre kevésbé lesz hasonló a faj más populációihoz.

A fajképződés különböző módokon történhet, leggyakrabban divergencia által, amikor az elődforból két vagy több új utódfaj keletkezik. A **divergencia** fogalmát Darwin vezette be. A divergencia alatt Darwin azt a jelenséget értette, hogy a külső környezethez való alkalmazkodás eredményeképpen az utódok bélyegei különválnak (211. ábra). A divergencia általi fajképződés az izoláció következménye. A típusának megfelelően megkülönböztetünk földrajzi és ökológiai fajképződést.

**Földrajzi fajképződést** az elődfaj-populáció térbeli izolációja eredményezi. Erre rengeteg példa létezik. Ilyen Darwin klasszikus megfigyelése, a Galápagos-szigeteken élő apró verébalkatúakhoz tartozó, pintyek példája is (212. ábra, 1). Darwin észrevette, hogy Galápagos-szigetek mindegyike rendelkezik saját pintyfajjal. Ezek a fajok nagyon hasonlóak egymáshoz és a Dél-Amerikában élő fajhoz, mely kontinens mellett a szigetek találhatóak. Darwin úgy magyarázta ezt a jelenséget, hogy a kontinensen élő faj valamikor átterjedt a szigetekre, ahol az izoláció feltételei mellett, alkalmazkodva a szigetek feltételeihez, az ősfajból az egyes szigetekre jellemző fajok jöttek létre.



211. ábra. A divergenciát illusztráló vázlat: A – ősi faj; B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> – utód fajok

**Jegyezzük meg!** A divergencia nemcsak az új fajok megjelenését magyarázza az evolúció során, de azok fokozatos mennyiségbeli növekedését is, vagyis egy ősi fajból bizonyos számú utód faj jöhet létre.



212. ábra. Példák a földrajzi fajképződésre: 1 – Galápagos-szigetek különböző pinty fajai: figyeljétek meg, hogy a különböző fajok csőrformája különbözők, mivel alkalmazkodtak a különböző táplálékforrásokhoz; 2 – az európai hód (a) és a kanadai hód (b)



213. ábra. Azok a cinegefajok, amelyek az ökológiai fülke szétválása során jöttek létre



214. ábra. Kecskebéka: az a faj, amely a kis tavibéka és a nagy tavibéka hibridizációjával jött létre.



215. ábra. A Viktória tó különböző bölcsőszájú halai, amelyek közös őstől származnak

Eurázsia és Dél-Amerika területén két közeli hódfaj él: az európai hód Eurázsiaiában él, a kanadai hód pedig Észak- és Közép-Amerikában (212. ábra, 2). A tudósok szerint a két faj megjelenése azzal áll kapcsolatban, hogy viszonylag nemrég (néhány százezer évvel ezelőtt) Ázsia és Dél-Amerika össze volt kötve szárazfölddel, és egy faj volt jellemző mindkét kontinensen. A Bering-szoros létrejötte után, a földrajzi izoláció következtében, ebből az egy fajtól két különálló faj jött létre.

Ökológiai fajképződés során különböző alakok jelennek meg ökológiai izoláció következtében, az előd faj areálján belül:

- új fajok létrejötte a kromoszóma-készlet többszörös növekedésével (poliploidizáció);
- kromoszóma-változások következtében szaporodási izoláció jön létre az egyedek között;
- hibridizáció, az azt követő kromoszómaszám-duplázó-dással;
- új fajok létrejötte az ökológiai fülkék (niche) szétválása következtében.

Néhány példa az ökológiai fajképződésre. Ismert néhány közeli cinege faj (213. ábra), amelyek hasonló vagy eltérő táplálékot fogyasztanak a fák koronájának különböző rétegeiben vagy a földön. Eközben mindegyik faj a saját ökológiai fülkéjét tölti be. A kecskebéka (214. ábra) a kis tavibéka és a tavibéka hibridizációja során jött létre közel 5000 évvel ezelőtt. Az afrikai Viktória tóban, amely 12 ezer évvel ezelőtt képződött, 500 bölcsőszájúhal-faj él, amelyek különböznek egymástól morfológiájukat, életmódjukat, viselkedésüket és sok más belyegüket tekintve. A molekuláris genetikai analízis azt mutatja, hogy ezek mindegyike egy közös őstől származik (215. ábra).

A következő fajképződés típusa a **létező fajok átalakulása**: az ősi faj transzformálódik az utódffajjá hosszú idő leforgása alatt. Az ilyen fajképződés olyankor figyelhető meg, amikor a változások az egész areált érintik. Vagyis, egyes kis areállal rendelkező fajok esetében, amelyek areálja hosszú idő alatt sem változott, ismert a földtörténeti idő folyamán egymást váltó fajok egész sora. Példaként szolgálhatnak erre egyes csigafajok, amelyek Szlovénia, Afrika és Dél-Amerika



tavaiban élnek. Ezen jelenkori csigafajok őseinek egész sora ismert (216. ábra).

**Az evolúciós folyamat irányai.** Már tudjátok, hogy az evolúció egyik fő iránya a divergencia. Az evolúciós folyamat más irányai a konvergencia és a paralelizmus.

**Konvergenciá-**val van dolgunk, amikor a nem rokon organizmusok hasonló életkörülmények közé kerülnek, s ennek következtében egymástól függetlenül, hasonló adaptációk jelennek meg náluk (217. ábra, I). Például, a fogas ceteknél (emlősök osztálya) az aktív vadászathoz alkalmazkodva, a cápákhoz (porcos halak osztálya) hasonló testforma alakult ki. Hasonló alakja volt a kihalt ragadozó hüllőknek is (Ichtyosaurus) (217. ábra, II, 1). A pozsgásszárú növényekhez tartoznak a kaktuszok, akárcsak a kutyatejfélek, pedig ezek a növények a kétszikűek osztályának különböző rendjeihez tartoznak (217. ábra, II, 2).

A konvergencia következtében a nem rokon szervezeteknek csak bizonyos szervei változnak meg, főként azok, amelyeknek közvetlen kapcsolata van a külvilággal. Például, a fókák (úszólábúak) és a cetek mellső lábaikkal úsznak, ezért uszonyokká módosultak, miközben testük többi része nem változott.

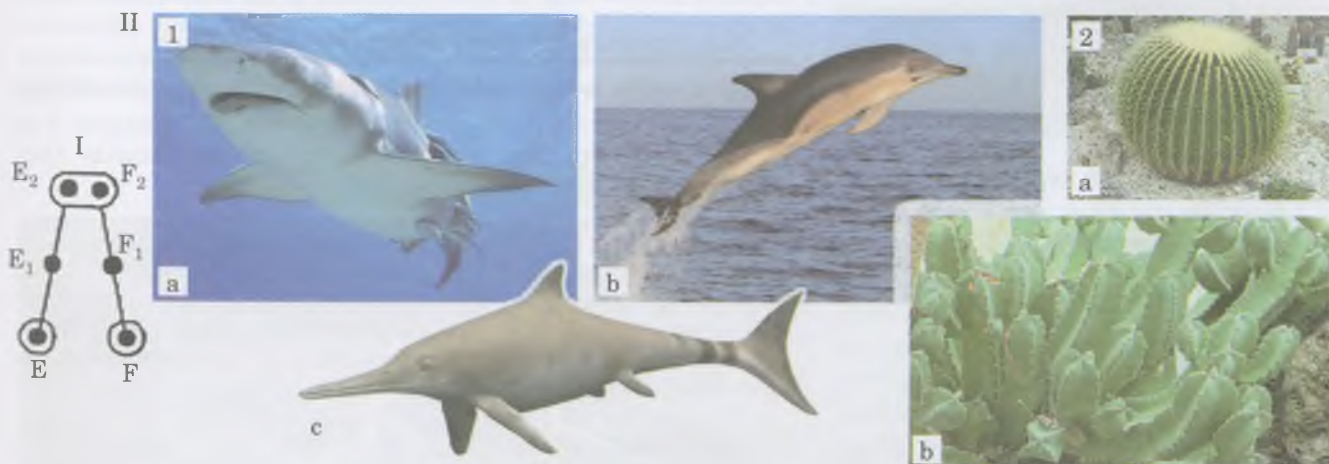
Bár a fajok többsége divergencia következtében jött létre a későbbiekben az utódfajok hasonló körülmények közé kerülhettek, és egymástól függetlenül alkalmazkodhattak azokhoz. Tehát, a külső környezethez való adaptációk egymástól függetlenül, paralel módon is végbemehetnek (218. ábra, I). Néhány példa. A macskafélék családjába tartozó kihalt kardfogú fajok (218. ábra, II, 1, 2). Ezek a ragadozók Észak Amerikában éltek, hiúz méretűek voltak, hosszú farkokkal rendelkeztek. A méretes szemfogaik segítségével ezek a ragadozók képesek voltak elejteni a nagytestű prédáikat.

Tehát, a ragadozók rendjébe tartozó két kihalt *nem* képviselői, amelyek egy őstől származnak, hasonló bélyegekre tettek szert – erőteljes szemfogakra, ami a nagytestű préda elejtésére szolgáló adaptáció.

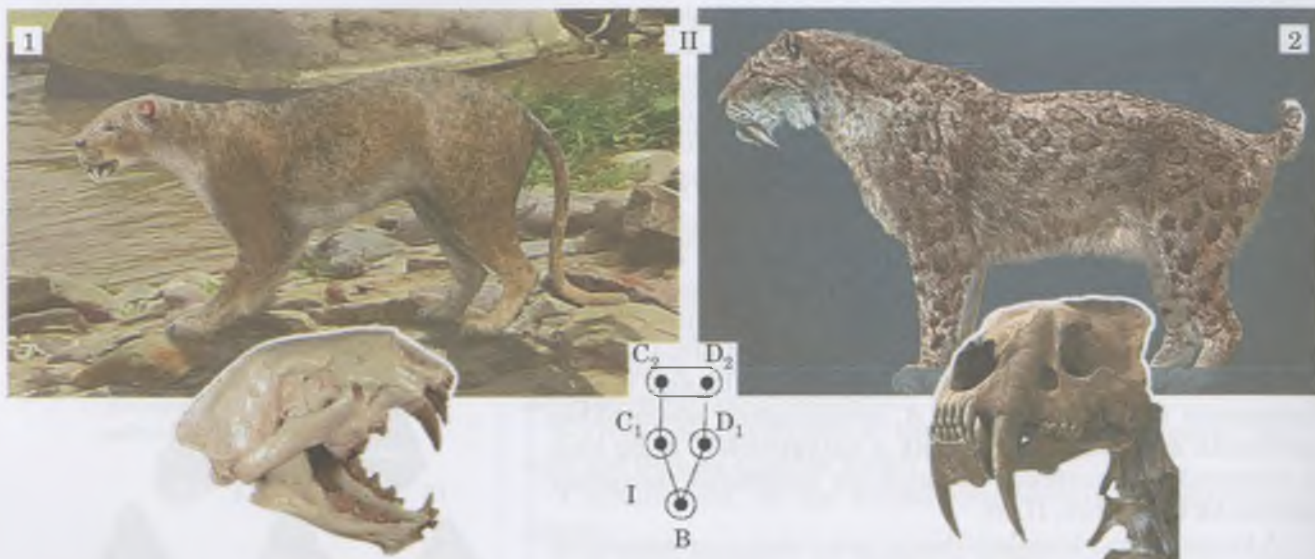


216. ábra. A jelenkori (1) fialócsiga és a rég kihalt ősi alakjának (17) átalakulási sora

**Jegyezzük meg!** A természetben valójában csak a faj létezik, a faj feletti rendszertani kategóriákat a tudósok csak azért hozták létre, hogy könnyebben tanulmányozhassák a biológiai sokféleséget, az evolúció folyamatát. A kutatók rokonsági fok alapján döntenek el, bizonyos kritériumoknak megfelelően, a fajok egyik vagy másik nemzetséghez, a nemzetségek családdhoz való tartozását stb.



217. ábra. I. A konvergencia folyamatát ábrázoló vázlat (E és F – ősi fajok; E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> és F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> – leszármazottaik). II. Példák a konvergenciára: 1 – vizekben élő aktív ragadozók: a – fehér cápa; b – palackorrú delfin; c – Ichtyosaurus; 2 – pozsgás szárúak: a – kaktusz; b – Euphorbia sp.



**i** **Jegyezzük meg!** A **paralelizmus** – hasonló bélyegek kialakulása közös genetikai alapokon.

218. ábra. I. Paralelizmust ábrázoló vázlat: a B fajból divergencia útján C1 és D1 fajok jönnek létre, amelyek hasonló létfeltételek közé kerülhetnek, és egymástól függetlenül fejlődhetnek.

II. 1. *Dinictris* – a kihalt Nimravidae család (ál-kardfogú macskák) egyik neme. 2. *Smilodon* – a kihalt kardfogú macskák (macskafélék családja) neme 2,5 millió – 10000 évvel ezelőtt éltek Észak – és Dél-Amerikában

## Röviden a lényeg

Darwin szerint az evolúciós folyamat divergencia (a bélyegek szétválása a közös őstől származó utódokban) vagy konvergencia (hasonló bélyegek kialakulása a nem rokon fajoknál, a hasonló környezeti feltételekhez való adaptáció során) révén mehet végbe.

Az evolúciós folyamatok egyik típusa a fajképződés – új fajok keletkezése és időbeni változása. A fajra úgy tekintenek, mint fő rendszertani egységekre, ami az egyetlen természetben létező kategória.

A fajképződés folyamata különböző módokon mehetnek végbe, ezek között a leggyakoribb a földrajzi és az ökológiai fajképződés, ami az izoláció különböző típusain alapul: a földrajzi (a térbeli izolációval van kapcsolatban) és az ökológiai (nincs kapcsolatban a térbeli izolációval). Más fajképződési változatok is lehetségesek, például a létező fajok átalakulása: az ősfaj hosszú idő leforgása alatt alakul át utódfajokká.

A párhuzamos (paralel) evolúció jelenségét érdemes megkülönböztetni a konvergenciától. A paralelizmus mindig divergenciával kezdődik. A párhuzamos evolúció esetén a bélyegek a többi rokon fajtól (azoktól, amelyek sok közös gécsoporttal rendelkeznek) függetlenül alakulnak. Ezért a rokon fajok génkészletében törvényszerűen történtek hasonló mutációk, amelyek alapján kialakulnak a bélyegek.

*Emlékezzetek: a makroevolúció* – fajok feletti rendszertani kategóriák (nemek, családok) kialakulását elősegítő evolúciós folyamatok összessége! Ilyenkor az örökletes változékonyság, a territoriális és a reprodukív izoláció az evolúció tényezője.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

fajképződés, a faj kritériumai, divergencia, konvergencia, paralelizmus.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!

1. Mi a faj biológiai koncepciójának lényege? 2. Mi a reprodukív izoláció jelentősége a fajképződésben? 3. Mi a különbség a földrajzi és az ökológiai fajképződés között? 4. Végbemehet-e a fajképződés divergencia nélkül? Támasszátok alá a feleletet! 5. Mi a konvergencia? Hozzatok fel példákat a konvergens evolúcióra! 6. Jellemezzétek a paralelizmust, mint az evolúció irányát!

### Gondolkodjatok el rajta!

1. A földrajzi vagy az ökológiai fajképződés esetén fognak jobban hasonlítani a közös őstől származó egymással rokon fajok? Támasszátok alá a feleletet! 2. Mi a közös és az eltérő a mikro- és a makroevolúció között?



## 42. §. A KÜLÖNBÖZŐ TUDOMÁNYOK SZEREPE AZ EVOLÚCIÓBIOLÓGIA ALÁTÁMASZTÁSÁBAN

*Emlékezzetek*, mi a divergencia, konvergencia, atavizmus. Mi a bioszféra? Milyen a felépítésbeli tulajdonsága, és mi a funkciója kloroplasztiszoknak és a mitokondriumoknak? Milyen fajokat nevezünk tágtűrősűeknek és szűktűrősűeknek? Mit vizsgál a molekuláris biológia?

Más tudományok bevonását az evolúciós folyamat létezésének bizonyításába és egyes organizmus-csoportok evolúciós kérdéseinek megoldására, először Haeckel (219. ábra) javasolta. Éppen ő az, akire az evolúció-elmélet filogenetikai irányának alapítójaként tekintenek.

A **filogenezis (törzsfjlődés)** (gör.: *phylon* – nemzetség, törzs, faj és *genesis* – eredet) – az egyes rendszertani csoportok (a fajtól az osztállyal bezárólag) és az élő anyag fejlődésének lépései. Egyes csoportok törzsfjlődésének megfejtéséhez Haeckel három tudomány adatainak felhasználását javasolta: paleontológia, összehasonlító anatómia és embriológia.

**Paleontológia** – egykori földtörténeti korokban élt szervezetekről szóló tudomány. A paleontológusok keresik meg az ilyen élőlények megkövült maradványait, a szénrétegek között fennmaradt lenyomatait, tevékenységének nyomait stb. (220. ábra) Rekonstruálják külső felépítésüket (220. ábra, 4), megállapítják mikor éltek, rendszertani helyüket, igyekeznek megállapítani biológiájuk sajátosságait (életfeltételeiket, életmódjukat, szaporodási sajátosságait stb.)

A kihalt és a jelenkori szervezeteket a tudósok egységes filogenetikai sorba rendezik, vagyis megállapítják a szervezetek változásainak sorrendjét egy bizonyos rendszertani csoporton belül. Megvizsgálva az ilyen filogenetikai sorokat, meg lehet figyelni a változásokat, amelyeken keresztül mentek, kezdve az ősi formájukkal, befejezve a jelenkoriakkal. A paleontológia elismert tudósa Kovalszkij rekonstruálta a lovak filogenetikai sorát (221. ábra). Megállapította, hogy a jelenkori egyujjú ló kisméretű, ötujjú őstől származik, amely 60–70 millió évvel ezelőtt élt. A klímaváltozás kiváltotta a ló ősenek alkalmazkodását az új feltételekhez – a nyílt térhez, ahol jelentősebb távolságokat kellett megtenniük táplálékkeresés és ragadozóktól való menekülés közben. Ezért az evolúcióját végigkísérte az ujjak számának csökkenése, ötről egyre, a végtagok megnyúlása, a testméret növekedése, a koponya formájának változása stb. (Gondolkodjatok el rajta, miért!)

**Jegyezzük meg!** A bizonyos életformákhoz tartozó szervezetek külső hasonlósága gyakran nem a rokoni kapcsolatokat mutatja, hanem a bizonyos életfeltételekhez való hasonló adaptációt.

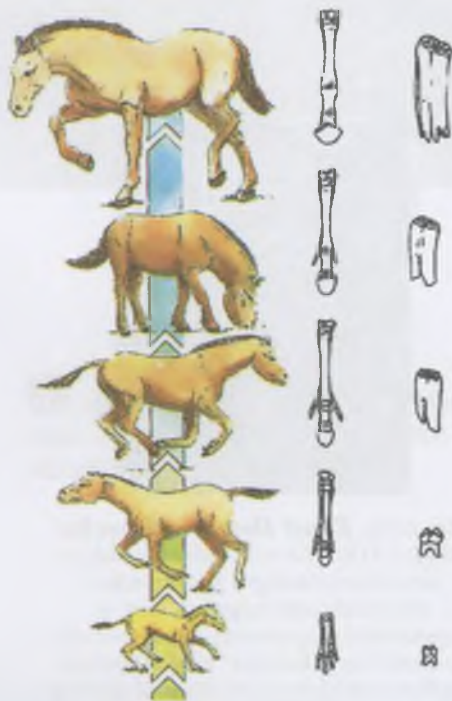


219. ábra. **Ernst Heinrich Haeckel** (1834–1919): elismert német biológus, az evolúcióbiológia filogenetikai irányzatának megalapítója, a biogenetikai alaptörvény egyik szerzője, bevezette az „ökológia” szakkifejezést; elsőként ajánlotta a különböző élőlény csoportok rokoni kapcsolatának megállapítására a különböző tudományok felhasználását.



220. ábra. Paleontológiai vizsgálatok: 1 – kihalt fajok maradványainak kiásása; 2 – megkövesedett dinoszaurusz csontváz; 3 – egykori növények lenyomatai; 4 – a ragadozó *Tyrannosaurus rex* külső felépítésének rekonstrukciója (annyit jelent – zsarnokgyík király)

**Jegyezzük meg!** Az organizmusok rendszere nem csak a jelenkori fajokat tartalmazza, de a régi földtörténeti idők fajait is.



221. ábra. A ló Kovalevszkij által felállított filogenetikai sora. **Feladat:** Ellenőrizték a változásokat, amelyek a faj evolúciója során történetek!



222. ábra. A biogenetikai alaptörvény a fejlődés egymás utáni stádiumainak összehasonlításán alapul: 1 – hal; 2 – szalamandra; 3 – teknősbéka; 4 – patkány; 5 – ember

Tehát, a filogenetikai sorok, amelyeket a fajok az evolúció során történt folyamatos változásáról készítettek, fontos bizonyítékai az evolúciós folyamatnak.

Haeckel kidolgozta egyes csoportok fejlődésének grafikai ábrázolását, az ún. **törzsfa** formájában.

Az **összehasonlító embriológia** – a különböző csoportok embrionális fejlődésével foglalkozó tudomány; megállapítja a különböző, de rokon csoportok embrionális fejlődésének hasonlóságát és különbségét. Az állatok egyedfejlődésének (ontogenezisének) sajátosságait vizsgálva Haeckel és a német tudós Friedrich Müller (1822–1897) megállapították bizonyos szervezetek törzsfejlődésének és egyedfejlődésének kapcsolatát. Később a következtetéseket **biogenetikai alaptörvényként** nevezték el. Ez a törvény kijelenti, hogy bármely szervezet egyedfejlődése (ontogenezise) az adott faj törzsfejlődésének rövid és tömör megisméltése. Például, a különböző gerincesek egyedfejlődésének vizsgálata kimutatta, hogy egy bizonyos stádiumban mindegyik rendelkezik kopolyúnyilással, gerinchúrral, kétrekeszes szívvel stb. (222. ábra). Haeckel és Müller szerint ez arról tanúskodik, hogy a szárazföldi gerincesek halszerű őstől származnak. Az ontogenezis korai szakaszaiban a korábbi ősökre jellemző bélyegek jelennek meg, a befejező stádiumban a későbbieké.

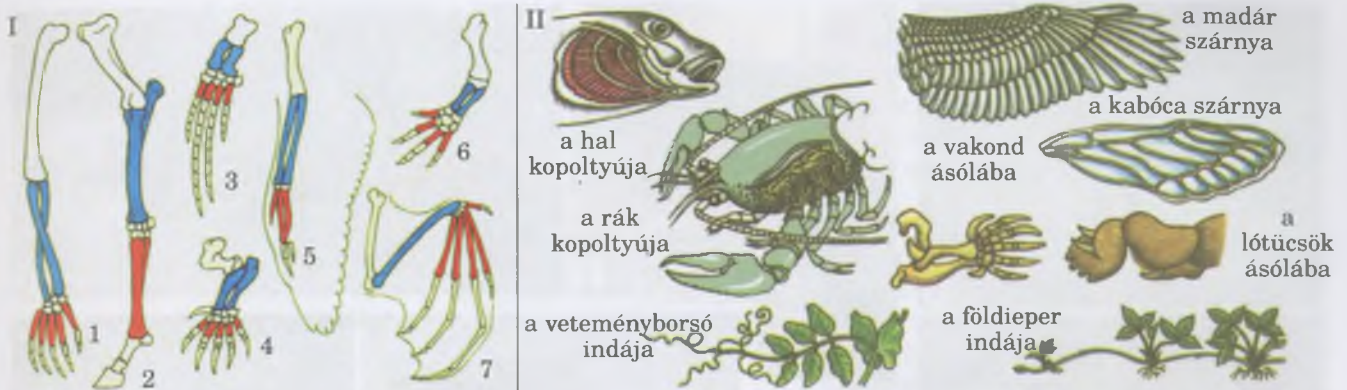
**Összehasonlító anatómia** a különböző csoportba tartozó szervezetek testének, szerveinek, szervrendszereinek felépítését vizsgálja, és meghatározza az evolúció folyamán végbement változások törvényszerűségeit. Még a XIX. századi vizsgálatok bizonyították, hogy a sokféle állat és a növény közül el lehet különíteni bizonyos csoportokat, amelyeknek mindegyik képviselője hasonló felépítésű. Az állatoknak ilyen csoportjait „típusfajnak” nevezzük.

Az összehasonlító anatómiai és biológiai vizsgálatoknak köszönhetően létrehozták az analóg és a homológ szervek fogalmát.

A **homológ** (gör.: *homologia* – egyezés) **szervek** azonos eredettel rendelkeznek, ezért hasonló felépítésűek. A homológ szervezetre példa a különböző emlősök mellső végtagja (a ló lába, a denevér szárnya, a majmok mellső végtagja, a delfinek úszói, a vakond mellső lába) vagy a virágos növények földalatti hajtásmódosulása (a tulipán hagymája, a sáfrány hagymagumója, a gyöngyvirág gyöktörzse, a burgonya gumója; 223. ábra, I).

**Analóg szervek** (gör.: *analogia* – hasonlóság, arányosság) – egyazon funkciót ellátó szervek külső felépítésének hasonlósága (223. ábra, II). Az ilyen szervek eredete eltérő és emiatt a felépítésük is. Analóg szervek például a denevérek és a rovarok szárnya, a halak és a puhatestűek kopolyúnya, növényeknél a tüskék, amelyek lehetnek a hajtás (galagonya) vagy a levelek (kaktuszok) módosulásai.

**Rudimentális vagy csökevényes szervek** (lat.: *rudimentum* – első próba, kísérlet) – fejletlen vagy leegyszerűsödött struktúrák vagy szervek, amelyek az evolúciós fejlődés során elvesztették funkciójukat (224. ábra). Bizonyos fajok minden egyedében megtalálhatóak ezek (például, a medenceöv maradványa a bálnánál, fejletlen szemek a vakondnál, csökevényes pikkelyek formájában a levél a tarackbúza gyöktörzsén, a



223. ábra. Példák a homológ szervekre (I): 1 – a majmok mellső végtagja; 2 – a ló mellső végtagja; 3 – a bálna mellső végtagja; 4 – a vakond mellső végtagja; 5 – a madarak mellső végtagja; 6 – a szalamandra mellső végtagja; 7 – a denevér mellső végtagja (Feladat: mondjátok meg ezeknek a végtagoknak a funkcióit!); és példák az analóg szervekre (II)

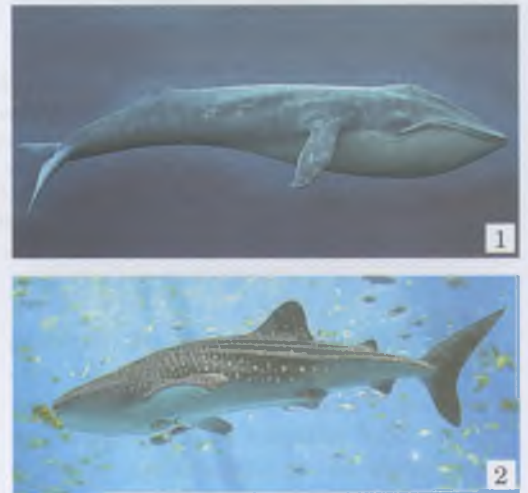
gyöngyvirágnál; 224. ábra). Csökevényes szervek vagy nem látnak el semmilyen funkciót, mint a csökevényes harmadik szemhéj az emlősöknél, vagy új funkciót kapnak. Például, a legyek billére – a második pár szárny csökevénye – elveszítette repülés funkcióját, de segítenek megőrizni repülés közben az egyensúlyt (224. ábra, 2).

Korábban már említettük, hogy egy faj egyes egyedeinél megjelenhet az atavizmus – az ősökre jellemző bélyegek (lásd 193. ábra).

**Biogeográfia** – a fajok és azok csoportosulásainak (biogeográfiai együttesének) elterjedési törvényszerűségeit vizsgáló tudomány. A biogeográfia adatait felhasználják arra, hogy bizonyos régiók flórájának és a faunájának eredetét megismerjék. Például, Eurázsia és Észak-Amerika területein hasonló ökoszisztémák léteznek, amelyeket közeli állat és növényfajok alkotnak, mint a korai és az amerikai juhar, az európai és az amerikai nyérc, a közönséges és a kanadai hód (226. ábra) stb.

**Citológia.** Különböző eukarióta organizmusok (növények, gombák, állatok) sejtfelépítésének vizsgálatai, amelyeket már a XIX. század első felében elkezdtek, bebizonyították a hasonló felépítésüket (lásd: 80. ábra).

**Emlékezzetek,** min alapszik a citogenetikai vizsgálat módszere! Már tudjátok, hogy minden fajnak saját kariotípusa van – bizonyos kromoszómakészlet, amely a sejtmagban található. Például, az olyan majomfajok, mint a csimpánzok és a gorillák azonos kromoszóma-számmal rendelkeznek – 48. Ugyanakkor kromoszómaik különböznek felépítésükben.



225. ábra. A kék bálna (1) és a cetcápa (2) kinézete. A konvergencia során létrejövő bélyegek gyakran példái az analóg szerveknek. Így a bálna farka úszója csak bőrredő.

## Jó tudni

A 225. ábrán látható a tengerek két lakója: az emlősök osztályába tartozó kék bálna, és a porcos halakhoz tartozó cetcápa, egymáshoz hasonló külső jegyeket viselnek. (Gondolkozzatok el rajta, melyek ezek!)



224. ábra. Példák csökevényes szervekre: 1 – A gyöngyvirág gyöktörzsének levélcsokevényei; 2 – billérek – a legyek második pár szárnyának csökevényei; 3 – a harmadik szemhéj csökevénye



226. ábra. Eurázsia és Észak-Amerika területén élő rokon fajok. 1. A korai juhar levele. 2. Az amerikai juhar levele. 3. Az európai nyérc – kisméretű (az orrától a farkáig 65 cm hosszú) a menyétfélék családjába tartozó állatfaj. Üregekben él, az Európa és Nyugat-Ázsia vizes területeinek partjain. Be van jegyezve Ukrajna vörös könyvébe. 4. Az amerikai nyérc életmódja hasonló az európaiéhoz, de valamivel nagyobb (testhossza 80 cm). Akklimatizálódik Európában, ahol kiszorítja az európai nyércet. 5. Közönséges hód. 6. Kanadai hód. A közönséges hódtól valamivel kisebb testméretű, és a farka szélesebb, ovális formájú. A két faj kariotípusa különböző: a közönséges hód diploid kromoszóma készlete 48, a kanadaié 40.

**Jegyezzük meg!** A homológ szervek hasonló felépítésűek, és eredetileg a közös őstől származó utódok, különböző feltételek közé kerülve adaptálódnak az új feltételekhez. Ezért a homológ szervek külső felépítése megváltozott: a bálna uszonya alkalmazkodott az úszáshoz, a denevér szárnya a repüléshez, a vakond mellső lába a földben való ásáshoz. Tehát, a homológ szervek divergencia útján jönnek létre, a szervezetek rokonságára utal.

**Jegyezzük meg!** Az analóg szervek hasonló felépítésűek, de nem azonos eredetűek. Kívülről hasonlítanak, mert a nem rokon szervezetek hasonló környezetben élnek. Ez példa a konvergenciára. Denevérek és a rovarok képesek repülni. Ugyanakkor a denevér szárnya módosult mellső végtag, míg a rovaroké a tor szegmenseinek kinövései.

Eléggé hasonló a csimpánzok és az ember kariotípusa (az ember kariotípusa 46 kromoszómából áll).

Tehát, megvizsgálva a különböző fajok kariotípusát (a kromoszómaszámát és a homológ kromoszómák felépítésének sajátosságait) levonjuk a következtetést, hogy vajon rokoni kapcsolatban állnak-e: a rokon fajok kariotípusa sokkal hasonlóbb, mint a nem rokon fajoké.

**Ökológia.** Az evolúcióbíológia fejlődésének jelenkori szakasza a saját adatainak és az ökológia adatainak szintézisével jellemezhető. Az ökológiai tényezőket egyben az evolúció tényezőinek is tartják.

**Molekuláris biológia és genetika.** Összehasonlítva a különböző fajok DNS-molekuláinak szekvenciáit, megállapíthatjuk a különböző fajok rokonsági fokát. Két közös őstől származó faj (egy nemzetségbe tartozó fajok) inkább hasonló örökítőanyaggal rendelkeznek, mint azok a fajok, amelyek két közeli, de különböző nemzetségből. Az ember genetikájában ezt a módszert használják a rokonsági kapcsolatok megállapítására.

## Jó tudni

A plasztiszok, az amerikai tudós Lynn Margulis (1938–2011) szerint, az eukarióta szervezetek és az autotróf cianobaktériumok sejtjeinek szimbiózisából jöttek létre, a mitokondriumok – aerob heterotróf baktériumsejtjeinek szimbiózisából. *Emlékezzetek:* ezek az organelumok osztódással szaporodnak a sejt osztódásától függetlenül, saját örökítőanyaggal és, riboszómával rendelkeznek.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

filogenetikai sor, genetikai alaptörvény, homológ és analóg szervek, csökevényes szervek.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mi a filogenezis és a filogenetikai sor? 2. Mit állít a biogenetikai alaptörvény? 3. Mely szerveket hívunk homológoknak és analógoknak? 4. Mik a csökevényes szervek és mi az atavizmus? 5. Mi a jelentősége az evolúcióbiológia szempontjából a molekuláris genetikai vizsgálatok adatainak?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



1. A tanár segítségével hozzatok fel példákat a homológ és analóg szervekre az állatoknál és a növényeknél! Támasszátok alá a gondolataitokat! 2. Az előző anyagból megtanulhattátok, hogy az organelumok, mint a kloroplasztiszok és a mitokondriumok, bizonyos típusú prokarióta sejtek és az eukarióta sejtek őseinek a szimbiózisából jöttek létre. Hogyan jöttek létre olyan organelumok, mint a Golgi-készülék, az endoplazmatikus hálózat, a vakuólumok, amelyek eredetét nem kötik prokarióta sejtekhez?

## **43. §. AZ ÉLET EREDETÉRŐL ÉS FEJLŐDÉSÉRŐL SZÓLÓ VILÁGNÉZETI ÉS TUDOMÁNYOS ELKÉPZELÉSEK**

*Emlékezzetek, hogyan járult hozzá Carl Linné a biológia fejlődéséhez? Milyen rendszertani kategóriákat ismertek? Mi a hipotézis (feltevés), szabály, teória (elmélet) a biológiában? Mi a divergenzia?*

Átvettük a különböző biológiai tudományok adatait, amelyek bizonyítják az evolúciós folyamat létezését, és megalapítottuk az élő anyag evolúciójának fő irányvonalait. Nincsenek kétségek afelől, hogy az evolúció fő irányvonala az élő szervezetek szerveződésének bonyolultabbá válása.

Az élő anyag fokozatos fejlődése az egyszerű formákból az összetettebbek felé, előidézte az élő anyag minden szintjének kölcsönhatását a bolygónkon. Ezt az elképzelést az ukrán tudós, Vernadszkij (227. ábra) fejtette ki. Ily módon az élő anyag a sok szerveződési szintjén megtalálhatóak a magasabb szintek elemei: molekulák alkotják a sejteket, sejtek a szöveteket és a szervezetet, szervezetek a populációkat és a fajokat, fajok az ökoszisztémákat, az egyes ökoszisztémák pedig a globális ökoszisztémát – a bioszférát.

Az evolúció alapegysége a populáció, az evolúciós változások közege az ökoszisztéma, amelyben minden populáció trofikus, térbeli és más kapcsolatban áll egymással, és ezért hatást gyakorolnak egymásra. Amikor a populációban lezajlik az evolúciós folyamatok kiválthatják a génkészlet változását, lehetőség van az új fajok képződésére. A fajképződés általában a divergenzia segítségével történik, vagyis az utódok közös őstől való származása révén. Ennek köszönhetően a tudósok megalapítják a szervezetek rendszertani csoportjait, amelyek magukba foglalják a közös őstől származó utódokat (az evolúció

**Jegyezzük meg!** A csökevényes szervek és az atavizmus vizsgálata kötelező szakasza a szervezetek különböző csoportjai közötti rokoni kapcsolatok, vagyis a közös eredet megismerésének.

**Jegyezzük meg!** A különböző szervezetek sejtfelepítésbeli hasonlósága arra utal, hogy a szerves világ egységes. A biológiai sokféleség az evolúciós folyamat eredménye.



### **Röviden a lényeg**

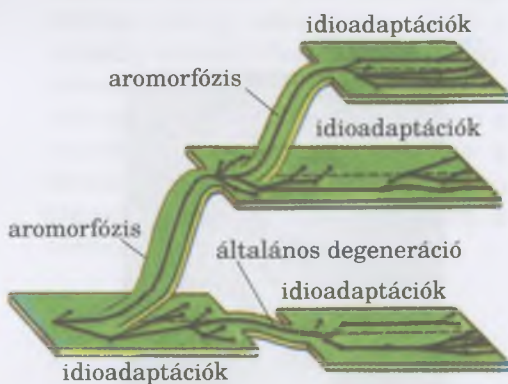
Az evolúciós folyamat létezésének bizonyítása, a különböző szervezetcsoportok közötti rokonsági fok meghatározása érdekében különböző tudományok adatait használják fel. Olyanok, mint az összehasonlító anatómia, paleontológia, összehasonlító embriológia, biogeográfia, citológia, ökológia, molekuláris biológia stb.



227. ábra. **Vernadszkij Volodimir Ivanovics** (1863–1945): ismert ukrán tudós, megalkotta a bioszféráról és a nooszférról szóló tanokat, új tudományt alapított – a biogeokémiát, amely a bolygónk rétegeit átalakító különböző organizmus-csoportok tevékenységét vizsgálja. Az Ukrán Tudományos Akadémiának (jelenleg Ukrajna Nemzeti Tudományos Akadémiája nevet viseli) egyik alapítója, ő volt első elnöke is. Alapítója Ukrajna Nemzeti Könyvtárának (amely az ő nevét viseli).



228. ábra. Ízeltlábúak törzse – példa az állatok monofiletikus csoportjára.  
**Feladat:** A tanár segítségével nevezettek meg csoportokat, amelyekhez az ábrán látható ízeltlábúak tartoznak!



229. ábra. A biológiai progressió elérésének módjai

**Jegyezzük meg!** A fajok specializációja gyakran a fajok közötti versengés eredménye: ez csökkenteni képes a közöttük lévő konkurenciát.

során kihaltakat is; 228. ábra). Ezeket *monofiletikus csoportoknak* nevezzük.

**Emlékezzetek:** minden ökológiai tényező, amely hat a szervezetekre és azok csoportjaira, egyben evolúciós tényező is. Az evolúció során általában a legjobban alkalmazkodó egyedek maradnak fenn, a rosszabbul alkalmazkodók elpusztulnak.

**Az evolúciós folyamat főbb irányvonalai.** A XX. század húszas éveiben Szevercov (lásd: 205. ábra, 1) megfogalmazta a biológiai progresszió és regresszió fogalmát. A **biológiai progressziót** a szervezetek környezeti feltételekhez való alkalmazkodásának tökéletesedése okozza. A biológiai progresszió abban nyilvánul meg, hogy a populációkban a születések száma meghaladja a halálozást. A tudós a biológiai progresszió következő mutatóit sorolja fel: az egyedszám növekedése; az areál kiterjedése; új alcsoportok létrejötte bizonyos rendszertani csoportokon belül.

Az új adaptációk létrejötte csökkenti a halálozást, ennek következtében nő a faj egyedszáma. A populáció-sűrűség növekedése erősíti a fajon belüli versengést. Ez rákényszeríti a faj egyedeit a terjeszkedésre, ezzel kiterjed az areál, minek következtében új populációk és alfajok jönnek létre. Például, ma a biológiai progresszió állapotában van a dolmányos varjú, a svábbogár, a mezei nyúl, az erdeifenyő, a tarackbúza; a magasabb taxon rangok közül a nyitvatermők, a rovarok, a csigák, a madarak, az emlősök stb.

A biológiai progresszióval ellentétes a **biológiai regresszió**, ami annak a következménye, hogy a szervezetek képtelenek alkalmazkodni a környezet változásaihoz. A regresszió a populációk egyedszámának csökkenésében, areáljuk beszűkülésében nyilvánul meg, és az adott csoport kihalásához vezethet. Például, az ormányosok hajdan virágzó rendjéből napjainkig csupán két faj, az afrikai és az indiai elefánt maradt fenn, s ezek is a kipusztulás határán állnak.

A biológiai progresszió különböző módokon érhető el: szerveződés bonyolultabbá válásával (aromorfózis), morfológiai változásokkal a szerveződés általános szintjének változása vagy csökkenése nélkül (idioadaptáció) és egyszerűsődéssel (általános degenerációval; 229. ábra).

Az **aromorfózis** az élőlények felépítésének bonyolultabbá válása, ami javítja általános szervezetségi szintjüket, és új lehetőségeket nyújt az új területek megszerzésére. Például, a négy rekeszes szív megjelenése kiváltotta a vénás és artériás vér elosztását, ezáltal kialakulhatott a melegvérűség; ennek megfelelően a madarak és az emlősök testhőmérséklete kevésbé függ a környezet hőmérsékletétől; a virág képződése a zárvatermőknél a megporzás módjainak változatossá válását eredményezte, a termés héjának kialakulása, ami megvédi a magot, kiváltotta a kettős megtermékenyítést stb.

**Idioadaptáció** – A szervezet felépítésének adaptív jellegű változása, ami nem változtatja a szerveződési szintjét. Például, a zárvatermők különböző megporzási típusokhoz (rovarok általi, szél általi) alkalmazkodott virágának felépítése; rovarok különböző táplálék elfogyasztásához alkalmazkodott szájszervének sokfélesége (230. ábra).

Az **általános degeneráció** a szervezet felépítésének egyszerűsödése az evolúció folyamán. Az elősködő vagy az alig

mozgó élőlényekre jellemző (az emésztőrendszer eltünése a galandférgeknél, a fej hiánya a kagylóknál stb.).

Az élet keletkezésének problémája a bolygónkon a mai napig a tudomány központi kérdése maradt. Manapság nem létezik egységes hipotézis, amely választ tudna adni erre a kérdésre, és megkérdőjelezhetetlen bizonyítékokkal szolgálna. Sok ilyen hipotézis van, amelyek közül mindegyik igyekszik a saját szemszögéből megmagyarázni az élő anyag megjelenését a Földön.

A **kreacionizmus** (lat.: *creatio* – teremtés, alkotás) koncepciója szerint a szervetlen világot és minden élőlényt, beleértve az embert is, Isten teremtett. A kreacionizmus nézetét támasztják alá a szent könyvekben leírt szövegek: Biblia (a keresztényeknél), a Tóra (a judaistáknál), a Korán (a muzulmánoknál). A modern kreacionizmus több irányzata ismert, amelyek egy része nem ismeri el az evolúció folyamatát; mások úgy gondolják, hogy az evolúció Isten egyik eszköze a céljai elérésére.

Az **abiogenezis hipotézise** (az élet spontán keletkezésének elmélete szervetlen anyagból) ismert már az ókorból. Ezeket a nézeteket vallották az ókori kínai, görög, egyiptomi tudósok már több ezer évvel ezelőtt. Főként az ógörög filozófus, Anaximandrosz (231. ábra, 1), aki úgy gondolta, hogy az élőlények a tengerfenék üledékéből erednek: akkor jönnek létre, amikor a víz a földdel felmelegszik. A másik a görög tudós – Arisztotelész (231. ábra, 2) szerint az élőlények folyamatosan keletkeznek iszapból, amelyek tartalmaznak olyan „aktív csírákat”, ami megfelelő körülmények között élő szervezeteket hoz létre.

Az élet önteremtő képességéről szóló nézetek hosszú ideig léteztek. Például, a holland tudós Jan van Helmont (1577–1644) leírja az egér kialakulását („önkéntelen keletkezését”) az átizzadt ingből egy marék búzával a sötét szekrényben.

Sok kutató kísérleti úton próbálta bizonyítani a ősnemzés képtelenségét, de a kísérleteik nem voltak meggyőzőek. Csak 1860–1862 között tudta kísérletileg bebizonyítani a kiváló francia biológus, Louis Pasteur (232. ábra). Létrehozott egy különleges szerkezetet, amely lombik formájú volt, a szájához S-alakú csövet erősített. A lombikba felforralt húslevest öntött. A más formájú edényekkel ellentétben, amelyekben a tápoldat felszínén megfigyelhető volt „az ősnemzés” (baktériumokból képződött hártya) a Pasteur-féle lombikban a húsleves hosszú ideig steril maradt. Ez azzal magyarázható, hogy bár a levegő szabadon mozoghatott a lombikban a tápoldat felszínéig, a spórák és a baktériumok cisztái leülepedett az S-alakú csőben, és ott maradtak. De érdemes volt megöblíteni a tápoldattal a csövet, hogy a felszínén megtapadhasanak a baktériumok. Tehát, Pasteur végérvényesen bebizonyította: az ősnemzés képtelenség a bolygónkon, amiért 1862-ben a Francia Tudományos Akadémia díját kapta.

Az élet eredetének abiogén hipotézisei közül a legismertebb a **biokémiai hipotézis**, amelyet a XX. század húszas éveiben Oparin és Haldane (233. ábra, 1) vetett papírra. Úgy gondolták, hogy a biológiai evolúciót a szerves anyagok kémiai evolúciója előzte meg, amely néhány százmillió évig tartott, egészen az első élőlények megjelenéséig. A földtani adatok arról tanús-



230. ábra. Példák az idioadaptációra:  
I – a rovar megporzású (1) és a szélmegporzású virág felépítése;  
II – rovarok szájszervei: a rágó szájszerv (1) a szilárd táplálék fogyasztásához alkalmazkodott; a nyáló szájszerv (2) a folyékony táplálék fogyasztásához alkalmazkodott; a szívó szájszerv (3) a nektárral való táplálkozáshoz alkalmazkodott; a szűrő-szívó szájszerv (4) növények borszövetét, állatok és az ember bőrét képes átszűrni a növények nedvét, az állatok és az ember véréit szívják vele.



231. ábra. Ógörög tudósok, az élet keletkezésének első hipotéziseit írták le:  
1 – **Anaximandrosz** (i.e. 610–546 körül): az elsők között mondta ki a világ keletkezéséről szóló hipotézisét, ő vezette be a „törvény” szakkifejezést;  
2 – **Arisztotelész** (i.e. 384–322): ismert görög tudós, akit a biológia atyjának tekintenek. Ő írta meg az első biológiai munkákat, például „Historia Animalium – Az állatok tanulmányozása”, amelyben leírja az általa ismert állatfajokat (megközelítőleg 540-et), és igyekezett őket osztályozni. Az általa javasolt állatosztályozás hosszú időig fennmaradt, majdnem Linné koráig.



232. ábra. **Louis Pasteur** (1822–1895) – elismert francia mikrobiológus. Kiderítette az erjedés és sok emberi betegség mikrobiológiai lényegét, az egyik alapítója az olyan tudományoknak, mint a mikrobiológia és az immunológia. Elkészítette a lépfene elleni vakcinát, és kidolgozta a veszettség elleni oltás módszertanát. A neve széles körben ismert a pasztörizálási eljárás létrehozása miatt is, amelyet az ő tiszteletére neveztek el így. Párizsban 1888-ban ő lett az első igazgatója a Mikrobiológiai Intézetnek (később az ő tiszteletére, Pasteur Intézetnek nevezték át). Pasteur halála után 1905-ben az ukrán Mecsnyikov lett az Intézet igazgatója.

## Jó tudni

Az élet ősnemzés-elméletének egyik támogatója volt Lamarck is (lásd: 1. ábra). Emlékezzetek: ő úgy gondolta, hogy egyes fajok az evolúció során más, magasabb szerveződési szintű fajokká alakultak át. Ismert volt számára az egyes fajok kihalásának jelensége, amelynek következményeképpen a bolygónk fajgazdagságának csökkennie kellett volna. Mivel Lamarck nem ismerte, a Darwin által leírt, divergencia folyamatát, ezért a sokféleség fennmaradását úgy magyarázta, hogy az új fajok állandóan keletkeznek.

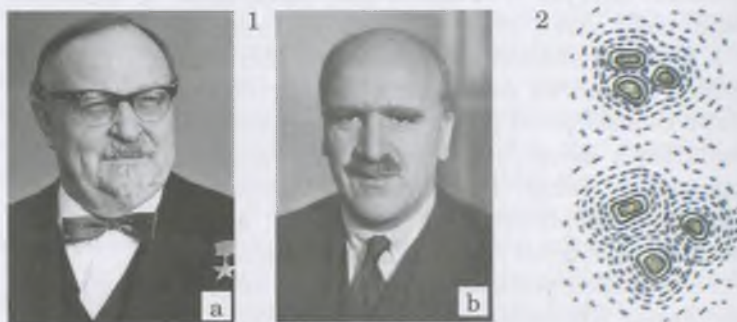
kodnak, hogy a Föld elsődleges atmoszférája szén-dioxidból, metánból, ammóniából, a kén oxidjaiból, kénhidrogénből és vízgőzből állt. A szabad légköri oxigén és az ózonréteg nem létezett, ezért a szárazföld és a világoceán felszínére eljutottak az aktív kozmikus sugarak és a napsugárzás. Az erős vulkanikus tevékenység következtében az óceánba és az atmoszférába a föld belsejéből különböző kémiai vegyületek jutottak. A Föld atmoszférájában viharok voltak, elektromos kisülések (villámlások), amelyek elérték az óceán felszínét. Mindezek megteremtették a feltételeket azoknak a kémiai reakciónak a lefolyására, amelyek a különböző szerves vegyületek között zajlottak le, és szerves anyagok keletkezésével jártak.

Az ósíceánban keletkező szerves vegyületek összegyűltek, elkülönülve a vízrétegtől – ún. *koacervátumokat* hoztak létre (233. ábra, 2). A szerves anyagok koncentrált oldatában, a koacervátumok belsejében, végbe mehettek biokémiai folyamatok, amelyek elméletileg önreprodukcióna képes molekulák megjelenését válthatta ki (olyanokét, mint a nukleinsavak). Oparin-Haldane hipotézise kijelenti, hogy a koacervátumok átalakultak hipotetikus „sejtszerű” biológiai rendszerekké, amelyek képesek voltak az önszerveződésre – ezek a *protobionták*. Az ilyen rendezett szerves vegyülethalmazból, a biopolimereket is ide értve, ősi sejtek jöhettek létre – *protosejtek*.

Kísérletileg még soha nem sikerült ilyen primitív sejteket létrehozni laboratóriumi körülmények között, szerves vegyületek halmazából. Vagyis az élet abiogén szintézisének módja a mai napig vitatott, mert kísérletileg nincs alátámasztva.

## Jó tudni

Az élet keletkezéséről és evolúciójáról szóló elképzelések új korszaka kapcsolatban áll az ún. **RNS-molekula világának** elképzelésével. Először az amerikai mikrobiológus **Carl Richard Woese** (1928–2012), később a brit kémikus Leslie Eleazer Orgel (1927–2007) és az amerikai fizikus **Walter Gilbert** (1932) írnak az elképzelésükről. Az elképzelésük alapja, hogy az RNS-molekulák nem az örökletes információt tárolhatják, de enzimatis funkciókat is ellátnak. A bolygónk fejlődésének bizonyos szakaszában keletkezett



233. ábra. Az élet keletkezésének biokémiai hipotézise a Földön: 1 – a hipotézis szerzői: **Olexandr Ivanovics Oparin** (1894–1983) (a) és **John Burdon Sanderson Haldane** (1892–1964) (b); 2 – a koacervátumok képződésének vázlatja



RNS-molekulák halmazából létrejöhetett az RNS-, a DNS- és a fehérje-molekulák asszociációja. Az ilyen asszociációk biológiai membránokkal elkülönülhettek a külvilágtól. A Föld keletkezésének korai szakaszaiban az RNS-molekulák léteztek autonóm módon, mivel képesek voltak a megkettőződésre, és katalitikus tulajdonságokkal bírtak. Az új mutációk létrejötte kiválthatta olyan RNS-molekulák megjelenését, amelyek katalizálhatták bizonyos fehérje-molekulák bioszintézisét. A DNS-molekulák megjelenése lehetővé tette az örökletes információ speciális tárolását. Ugyanakkor az RNS-molekulák számára megmaradt a közvetítő szerepe a DNS- és a fehérje-molekulák szintézisében. Érdekes, hogy egyes RNS-tartalmú vírusok, például a HIV, esetében az RNS-molekulák a DNS szintézisének mátrixai ez nem figyelhető meg sem az eukarióták, sem a prokarióták esetében).

**A biogenezis hipotézisei** olyan nézetek, amelyek szerint az élő anyag csak élő anyagból származhat. Ezeknek a hipotéziseknek a támogatói úgy tekintenek az életre, mint az anyag létezésének különleges formájára, amely annyi ideje létezik, akárcsak a világegyetem, ezért nevezik ezeket még az öröklét hipotéziseinek is. Ezek a hipotézisek nem törekszenek megmagyarázni, hogyan jött létre az élet, de állítják a Földön kívüli eredetét.

A modern biogén nézeteket **pánspermia hipotéziseknek** nevezzük (gör.: *pan* – minden és *sperma* – mag, csíra). Az élet Földön kívüli eredetéről először az ógörög filozófus, Anaxagorasz ír i.e. V. században. A pánspermia hipotézist a svéd kémikus, Arrhenius (235. ábra) alkotta meg a XX. század elején, de azután Vernadskij továbbfejlesztette. A hipotézis híveinek számítottak: Berg zoológus, Schmidt geográfus, Sklovskij asztronómus, a DNS-molekula molekuláris szerkezetét megfejtő tudósok közül a biokémikus Crick és sokan mások.

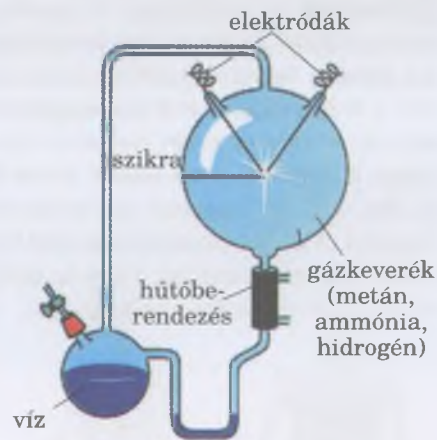
A pánspermia hipotézis feltételezi, hogy a prokarióták spórái kibírják az abszolút nulla hőmérsékletet ( $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), megőrzik életképességüket vákuum közegben, elviselik az erős radioaktív és ultrabolya sugárzást, vagyis az űrben uralkodó feltételeket. Továbbá, hogy a prokarióták könnyen eljuthatnak az atmoszféránk külső rétegeibe és a kis tömegük következtében az űrbe.

Tehát, a világűrben jelen vannak a prokarióták spórái, amelyek az esővel szüntelenül eljuthattak azon a bolygók felszínére, amelyeknek nincs sűrű atmoszférája. Kedvező feltételek mellett, ezekből különböző fajú prokarióták aktív formái fejlődhetnek ki, amelyek létrehozták az ősi ökoszisztémákat. A továbbiakban az ilyen „ősi” fajok evolúciója különböző irányokban haladt az egyes égitesteket uralkodó feltételeknek megfelelően.

235. ábra. Az élet keletkezésének biogén hipotéziseit támogató tudósok: 1 – **Anaxagorasz** (i.e. 500–428 körül), ógörög filozófus, matematikus és csillagász; 2 – **Arrhenius Svante August** (1859–1927), ismert svéd fizikus, kémikus és csillagász, 1903-ban kémiai Nobel-díjat kapott.

## Jó tudni

Az egyszerű szerves vegyületek szintézisének lehetősége a szerves vegyületekből kísérleti úton bizonyítva van, már a XX. század 30-as éveitől. 1952–1953 között két amerikai tudós – Stanley Miller és Harold Urey – létrehozta egy eszközt, amely segítségével modellezték a bolygónkon uralkodó egykori feltételeket (234. ábra). A cél az volt, hogy bebizonyítsák Oparin-Haldane hipotézisét. Az eszköz egy hermetikusan zárható összeolvasztott lombikból és csövekből álló rendszer. Gázokat engedtek bele: metánt, ammóniát, hidrogént, egyik lombikba vizet, a másikba egy pár elektródát vezettek. Az elektródák között periodikusan elektromos szikrákat keltettek, ami a villám szerepét töltötte be. A vízzel teli lombikot felhevítették, hogy pára keletkezzen. Majd az eszközt lehűtötték, a víz kondenzálódott. Ebben az eszközben sikerült előállítani 4 aminosavat.



234. ábra. Miller és Urey által készített eszköz, amely segítségével bebizonyították, hogy lehetséges a kis molekulatömegű szerves vegyületek szintézise szerves anyagokból



## Jó tudni

Arrhenius kiszámolta, hogy a fény nyomása észrevehető mechanikai hatást fejt ki a közel 0,015 mm átmérőjű testekre, képes elmozdítani azokat. Éppen ilyen átmérője van a legtöbb baktérium spórájának. A napfény nyomása hatására szétszóródott spórák 20 nap alatt képesek megtenni a Föld és a Mars közötti távolságot, 80 nap alatt elérhetik a Jupitert. Nem olyan régen, a meteoritokban spóraszerű képződményeket találtak.

## Röviden a lényeg

A szervezetek alkalmazkodásának következménye lehet a biológiai progresszió vagy a biológiai regresszió. A biológiai progresszió az aromorfózis, az idioadaptáció és az általános degeneráció révén érhető el.

Léteznek különböző hipotézisek, amelyek igyekeznek megmagyarázni az élet keletkezését a bolygónkon. A kreacionizmus szerint az életet Isten teremtette. Az abiogén hipotézisek állítják, hogy az élet a bolygónkon a szerves vegyületek abiogén szintézise révén alakult ki szerves anyagokból, majd később kialakult az ősi sejt, és megindult az evolúciós folyamat. A biogén hipotézisek az élet létrejöttét úgy magyarázzák, hogy az űrből került a Földre (pánspermia hipotézis).

## Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

biológiai progresszió, biológiai regresszió, aromorfózis, idioadaptáció, általános degeneráció, kreacionizmus, abiogén és biogén hipotézisek.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mi a biológiai progresszió és regresszió? 2. Milyen módon történhet meg a biológiai progresszió? 3. Mivel jellemezhető az aromorfózis? 4. Nevezzék meg az idioadaptáció jellemzőit! 5. Mivel jellemezhető az általános degeneráció? 6. Mi a kreacionizmus? 7. Mi a lényege az élet keletkezését magyarázó abiogén hipotéziseknek? 8. Melyek a pánspermia hipotézisének fő tételei?

### Gondolkodjatok el rajta!



Egyes organizmus-csoportok példáján határozzák meg az aromorfózist, az idioadaptációt vagy az általános degenerációt a szerveződésükben! Támasszátok alá a következtetéseiteket!

## 44. §. AZ EMBER EVOLÚCIÓJÁNAK SZAKASZAI

*Emlékezzetek*, az értelmes ember, mint faj helyére a szerves világ rendszerében! Mi a divergenciája? Milyen rendszertani egységeket használnak az állattanban? Mi a magasabb rendű idegi működés, az absztrakt gondolkodás, a második jelzőrendszer? Mi a biológiai progresszió?

**Az ember eredete.** A tudósokat és az embereket érdeklő egyik legrejtélyesebb probléma, az értelmes ember (*Homo sapiens*) eredete. A különböző vallási nézetek szerint az embert Isten teremtette, és változatlanul fennmaradt a teremtés óta. Ahogy már tudjátok, ezek a nézetek a szent iratokban vannak megírva olyanokban, mint a Biblia (a keresztényeknél), a Tóra (a judaistáknál), a Korán (a muzulmánoknál).

Ugyanakkor már az ókori tudósok észrevették, hogy hasonlóság van az ember és az emberszabású majmok között. Linné megalkotva az állatvilág rendszerét a hasonlóságok miatt a főemlősök rendjébe sorolta a modern embert. Mivel ő úgy gondolta, hogy az embert éppúgy, mint más fajokat is, Isten teremtette, ezért megjegyezte: „Emlékezz a Teremtődre!”

Lamarck (lásd 1. ábra) másképp gondolta, az embert az evolúció legfelső lépcsőfokára tette, és úgy gondolta, hogy majomszerű lények leszármazottja. Ugyanakkor Darwin (lásd 198. ábra) „Az ember eredete és a nemi kiválasztás” (1871) című könyvében azt fejtette ki, hogy az ember és az emberszabású majmok közös őstől származnak, amely egykori földtörténeti időben élt. A kutatók az Értelmes ember rendszertani helyét a következő módon határozzák meg:

**Faj:** Értelmes ember (*Homo sapiens*).

**Nem:** Ember (*Homo*): a jelenkori Értelmes emberen kívül ide tartoznak a már rég kihalt fajok is.

**Család:** Emberfélék (*Hominidae*), az ember *nemen* kívül ide tartozik több jelenkori nagytestű, emberszabású majom *nem* is (csimpánzok,

gorillák, orángután és néhány kihalt faj is (például az Ausztralopithecus fajok).

**Rend:** Főemlősök (Primates) magában foglalja az emlősök fejlettebb képviselőit; az emberfélék családján kívül más majmokat is (makák, páviánok, gibbonok), illetve a lemúrokat, a koboldmaki-alkatúakat stb.

**Osztály:** Emlősök (Mammalia).

**Törzs:** Gerinchúrosok (Chordata).

### Aktiváljátok tudásotokat!



**Emlékezzetek**, hogy mit tanultatok a 7–8 osztályban a bélyegekről, amelyek alapján az Értelmes embert a **Gerinchúrosok törzsébe** sorolják: az embrionális fejlődés során van gerinchúrja (később felváltja a gerincoszlop), kopolyúnyilásai (bizonyos idő elteltével bezáródnak), a test hátsó részén idegcsőve. A 4 rekeszes szív, a melegvérűség, az agy jól fejlett kéregállománya, a tejmirigyek kifejlődése, differenciált fogak megléte, amelyek a felnőtt egyedben gyökerekkel rendelkeznek. Mindez arról tanúskodik, hogy az **Emlősök osztályába** tartozik. Ahogy más **főemlősöknél**, az embernél is az ötujjú felső végtagokon a nagyujj szemben áll a többivel, ami lehetőséget nyújt különféle mozdulatokra, különösen a kapaszkodásra.

Az ember állati eredetére utalnak egyes csökevényes szervek (atavizmusok) is. Például, az evolúció során elcsökevényesedtek a fülkagylót mozgató izmok, amelyek a jobb hallást segítették. Egyes embereknél ez az izomzat többé vagy kevésbé jól fejlett. Akadnak olyan emberek is, akiknél a farokcsigolyák jól fejlettek (van „farkuk”) vagy túlságosan fejlett a szőrzetük az arcukon (lásd 193. ábra).

Az ember és az emberszabású majmok közös eredetére utalnak a molekuláris genetikai vizsgálatok eredményei is: emlékezzetek az ember genomja 46 kromozómából áll, a csimpánzé 48.

Az ember eredetének és evolúciójának folyamatát **antropogenezisnek** nevezzük (gör.: *anthrōpos* – ember és *genesis* – eredet). Más főemlős fajok evolúciójától eltérően, az Értelmes ember evolúciója sajátos: kapcsolatban áll a két lábon való járással, a munkatevékenység képességével, a beszéddel és az absztrakt gondolkodással.

**A két lábon járás képessége hatást gyakorol az ember testi felépítésére** (236. ábra). Például, megnőtt az agytekervények térfogata, ami kapcsolatban áll az agy progresszívebb fejlődésével. Az öreglyuk az embernél közelebb került az agyalap közepéhez, ami lehetőséget nyújtott jobban megtartani az egyensúlyt függőleges helyzetben.

A két lábon járás miatt a hátsó végtagok, a medenceöv megerősödtek, mivel az alsó végtagokra helyeződik át a testtömeg jelentős része. Az ember lábfeje boltívvé vált, ami csökkenti a fáradékonyságot hosszú gyaloglás és futás közben. (Emlékezhettek, hogy a gyors futásra képes állatoknál a végtagok támasztó felülete csökken: a lovaknál, a szarvasoknál, a farkasoknál stb.)

Az ember gerincoszlopa a majmokéhoz képest S-alakú, ami megkönnyíti a test megtartását függőleges helyzetben, és csökkenti a rezgéseket, és az agy rázkódását ugrás vagy esés közben. A mellkas csontakúp alakú. Ez egyrészt növeli a térfogatát, másrészt elősegíti az egyensúly megtartását a két lábon való járás közben.

## Jó tudni

Az emberszabásúak agyának tömege átlagosan: a csimpánzoké 500 g, a gorillaké 600 g. A felnőtt emberi agy tömege közel 1300–1400 g. Ugyanakkor az egyes emberek agytömege széles határok között változhat. Például, a híres francia író Anatole France agytömege 1017 g volt, az angol költő George Byroné 2238 g.

## Jó tudni

A tudósok megállapították, hogy a csimpánzok és az ember közös őse közel hatmillió évvel ezelőtt élt. Eközben a génszekvenciák 99 %-a a két fajnál nem változott. Ugyanakkor az ember genomjának vizsgálati eredményei arról tanúskodnak, hogy nagyfokú hasonlóság van a különböző egyedek DNS-szekvenciái között: minden ember 99,5 %-ban egyezik, vagyis az ember különböző fenotípusainak megjelenését mindösszesen a genom 0,5 %-a idézi elő.



236. ábra. Az értelmes ember(I) és a gorilla (II) csontvázának összehasonlító jellemzése. **Feladat.** Figyelmesen tanulmányozva az ábrát és felhasználva a tankönyv szövegét, találgatók meg az ember és a gorilla csontvázában látható különbségeket! Magyarazzuk meg, mi ezeknek a jelentősége!

**Jegyezzük meg!** A beszéd az emberek közötti kommunikáció legfontosabb eszköze. A nyelvnek rendkívül nagy jelentősége volt az ember evolúciójában, amely fajnak a magasabbrendű idegi működése, más élőlényekkel ellentétben, a két jelzőrendszer szoros kapcsolatán alapszik.

**Jegyezzük meg!** Az ember evolúciója először ugyanazonokon a biológiai törvényszerűségeken alapult, amelyeken a bolygónk más lakóinak evolúciója is. A két lábon járás képessége felszabadította a felső végtagokat, amelyek képessé váltak eszközök készítésére és használatára a különböző összetett munkatevékenységek során. A közös tevékenységek előidéztek az emberi közösségek tagjainak szorosabb kapcsolatát, a beszéd és a második jelzőrendszer megjelenését. Ezek együttesen biztosították a tudat fejlődését. A beszéd és a tudat lehetővé tették az előző nemzedékek tapasztalatainak felhalmozását és átadását az utódoknak. Az ember evolúciója (antropogenezis) során a biológiai tényezők jelentősége fokozatosan csökkent, helyettük észrevehetően nőtt a szociális tényezők szerepe, amelyek végső soron – az értelmes ember mint **bioszociális lény** kialakulását eredményezték.

## Jó tudni

Hogyan tértek át a modern ember ősei a két lábon járásra? Egyes hipotézisek szerint ez kapcsolatban áll a kapaszkodással, táplálék gyűjtéssel, a gyermekek hordozásával, a terület megfigyelésével a magas fűben, annak érdekében, hogy észrevegyék a veszélyhelyzeteket. Más hipotézisek szerint a két lábon járás a sekély vízhez (amiben táplálékot gyűjtöttek) való alkalmazkodásként jelent meg az emberek őseinél.

Az ember felső végtagjai rövidebbé váltak a majomszabásúakéhoz képest, mivel felszabadultak a járás funkciója alól. A felső végtagok felszabadulása növeli funkcionális lehetőségeket, és megteremtette a munkavégzés előfeltételeit.

Az antropogenezis mozgatórugói nemcsak biológiai tényezők, de szociálisak is. A modern ember ősei társas életmódot folytattak. Csoportokban éltek, közösen vadásztak, közösen védekeztek az ellenségekkel szemben, és közösen nevelték az utódaikat. A munkatevékenység erősítette az ősi szocium tagjainak összetartozását (vagyis létrejött a társadalom, mint egységes szociális egység). Munkaeszközök készítése közben a közösség tagjai többet kommunikáltak egymással, míg az idősebb tagok átadták tudásukat a fiatalabbaknak: tanították őket a hatékony vadászatra, elkerülni a ragadozókat, eszközöket készíteni, tüzet gyújtani és táplálni azt stb.

A kommunikáció szükségessége előidézte az emberi beszéd megjelenését. Az ember evolúciójának bizonyos szakaszaiban az első jelzőrendszeren kívül megjelent a második is

## Aktíváljátok tudásotokat!



A **jelzőrendszer** reflexfolyamatok összessége, melyek biztosítják az információ érzékelését és elemzését, illetve a szervezet bizonyos ingerekre adott, megfelelő válaszreakcióinak kialakulását. Az **első jelzőrendszer** jelen van az emberben, akárcsak az állatokban. A megfelelő szenzorrendszerek segítségével érzékelik a környezet ingereit (szignálokat: látás, hallás, ízlelés stb.) Azonban a **második jelzőrendszer** csak az embernél van meg. Ez a beszédben vagy az írott nyelvben nyilvánul meg. A nyelv a társas életmód, a közös tevékenység eredménye. Az ember által használt, hallott vagy olvasott szavak feltételes ingerek, amelyeket az agykéreg érzékel és megkülönböztet.

A beszéd képessége hatással volt az ember agyának és az absztrakt gondolkodás képességének további progresszív fejlődésére.

**Az ember evolúciójának főbb szakaszai.** Még manapság is tartanak a viták az értelmes ember közvetlen őseről, idáig nem találtak átmeneti formákat a *Homo nem* kihalt fajai és az értelmes ember között. Ennek megfelelően, a modern ember evolúciójának csak főbb szakaszait vehetjük át.

A Homo nemhez legközelebb állónak a tudósok az **Australopithecus**<sup>1</sup> (lat.: *australis* – déli és gör.: *pithékos* – majom) fajokat tartják (237. ábra). Ezeknek első maradványait 1924-ben Afrikában (a Kalahári sivatagban) találták meg. Közel 4,4–1,8 millió évvel ezelőtt éltek. A koponyájuk felépítésében találunk jegyeket, amelyek a modern emberre jellemzőek: gyengén fejlett alsó állkapocs, az erőteljes szemfogak hiánya, a közel 530 cm<sup>3</sup>-es agytérfogat. Ezekre a lényekre jellemző volt a két lábon járás. A magasságuk 120–140 cm volt. A

<sup>1</sup> A modern nézetek szerint az Australopithecus nemhez 6 faj tartozik. Az „Australopithecus” név alatt a nemén kívül még öt közeli kihalt főemlős nemet értenek.

késői Australopithecus fajok képesek voltak önállóan primitív eszközöket készíteni: pattintott köveket, botokat stb.

Annak kérdése, hogy az Australopithecus fajok a Homo nem közvetlen ősei-e, még mindig vitatott. Sok tudós az Australopithecus fajokra evolúciós zsákutcaként tekint, ugyanakkor sokan közeli fajként tekintenek rájuk.

A Homo nem legrégebbi fajának az ügyes embert (*Homo habilis*) tekintik. Ez a faj 2,3 millió évvel ezelőtt jelent meg, és megközelítőleg 1,4 millió évvel ezelőtt tűnt el. Az első maradványait Tanzánia területén (Kelet-Afrika) találták meg, később Kelet- és Dél-Afrika más régióiban is. Ezek a lények alacsony növésűek voltak (100–150 cm), testtömegük közel 30–50 kg lehetett (238. ábra). Agyuk térfogata átlagosan 650 cm<sup>3</sup>.

Az ügyes ember eltért az Australopithecus fajoktól a medenceöv, a lábak és a kezek progresszívabb felépítésében, a nagylábujjak párhuzamos elhelyezkedésében. A kézfej progresszív felépítése javította a kéz funkcionalitását, lehetővé tette az eszközkészítést és a vadászatot. A munka tevékenységre való képesség hatást gyakorolt az értelmi képességek fejlődésére, átalakította az ügyes embert aktív gondolkodóvá.

További érdekes képviselője volt a Homo nemnek a munkás ember (*Homo ergaster*) és a felegyenesedett ember (*Homo erectus*). Ez a két faj majdnem egy időben jött létre, és hasonló felépítésűek voltak.

A **munkás ember** körül-belül 1,8–1,3 millió évvel ezelőtt élt Afrikában. Magasságuk közel 170 cm (néha 190 cm), testtömegük legfeljebb 65 kg volt (239. ábra). Az agy térfogata átlagosan 900 cm<sup>3</sup> (700–1250 cm<sup>3</sup> között változott). A *munkás ember* tökéletesebb eszközöket készített elődeinél, például kétélű kőbaltát, a nevét is emiatt kapta ez a faj. Úgy gondolják, hogy ez a faj képes volt a tűz használatára.

A **felegyenesedett ember** megközelítőleg 1,9 millió évvel ezelőtt jelent meg Kelet-Afrikában. Agytérfogata 800–1200 cm<sup>3</sup> között mozgott (240. ábra). A koponyája felépítésében megfigyelhetőek olyan primitív bélyegek, mint az agytok vastag fala, az alacsony homlok és erőteljes szemöldök. A felegyenesedett ember viszonylag összetett kőeszközöket, hegyezett botokat készített. Barlangokban éltek, állatok bőréből készítették ruháikat, lehetséges, hogy tüzet is képesek voltak gyújtani táplálék készítéséhez. Ez a faj kb. 1,8 millió évvel ezelőtt a közel-keleten keresztül Euráziába jutott, létrehozva több alfajt: Pithecanthropust (Indonézia területein), Sinanthropust (Kína), grúz embert (a mai Grúzia területén).

*Homo nem* érdekes képviselője a **neandervölgyi ember** (241. ábra). A faj elnevezését a németországi Neandervölgyről kapta, ahol 1856-ban először találták meg ezeknek az embereknek a maradványait (koponyák és csontvázak maradványait). A neandervölgyi viszonylag nagy areállal rendelkezett: Európa, Közép-Ázsia, közel- és közép-kelet stb. Átlagos magassága 150–170 cm, testtömege 65–80 kg volt. Ezek az emberek nagyon erőteljes termettel rendelkeztek: izomtömegük 30–40 %-kal nagyon volt, mint a modern emberé. Nagy és masszív koponyával rendelkeztek, erőteljes



237. ábra. Australopithecus



238. ábra. Ügyes ember



239. ábra. Munkás ember



240. ábra. Felegyenesedett ember

## Jó tudni

A jelenkori kutatások eredményei arról tanúskodnak, hogy a felegyenesedett ember utolsó képviselői a jelenlegi Afganisztán területén tűntek el 27 ezer évvel ezelőtt, vagyis bizonyos ideig együtt éltek a modern emberrel. Az X-kromoszómák 2008-ban végezett vizsgálata során bebizonyították, hogy a felegyenesedett ember ázsiai vérvonala kereszteződhetett az értelmes emberrel.



241. ábra. Neandervölgyi ember



242. ábra. Értelmes ember (cro-magnoni)



243. ábra. Emberi rasszok: europid (1), mongoloid (2), negroid (3)

alsó állkapoccsal és kis állcsúccsal, hátracsapott homlokkal, masszív szemöldökívekkel. Agyuk térfogata átlagosan 1600 cm<sup>3</sup> volt. A neandervölgyi keze és lába erős volt. A tudósok feltételezik, hogy összetett nyelvük volt már. Ezek az emberek viszonylag tökéletes eszközöket és fegyvereket készítettek, széleskörűen felhasználták a tüzet.

Annak ellenére, hogy a neandervölgyi genomja nem teljesen van feltérképezve, a vizsgálatok bebizonyították, hogy 99,5 %-ban megegyezik az értelmes ember genomjával. Ismertek egyes egyedek maradványai, amelyek a neandervölgyi és az értelmes ember kereszteződéséből jöttek létre, ugyanakkor ez nem volt túl gyakori. A két faj bizonyos ideig együtt élt, ellenségei voltak egymásnak.

Az **értelmes ember** az egyetlen élő faja a Homo nemnek. A neandervölgyi embertől ennek a fajnak a képviselői eltérnek a következő bélyegeikben: magas homlok, csökevényes szemöldökív, a tarkó kinövésének hiánya, az állcsúcs megléte, ami arra utal, hogy képes a beszédre, lapos mellkas és hosszabb végtagok (242. ábra).

Az értelmes ember első képviselői közel 200 ezer évvel ezelőtt jelentek meg, ezek egy külön kihalt alfaj képviselői – a *Homo sapiens idaltu* populációi voltak. A tudósok úgy gondolják, hogy közel 74 ezer évvel ezelőtt, valószínűleg egy vulkánkitörés miatt, elvándoroltak Indonézia területeiről az afrikai kontinensre, ahol a modern ember őseivé váltak. A jelenleg élő alfaj a *Homo sapiens sapiens*<sup>1</sup> különbözik a kihalt alfajtól, koponyájának progresszív bélyegeiben, és kevésbé masszív csontvázában. Megközelítőleg 60–40 ezer évvel ezelőtt ezek az emberek átkerültek Ázsiába, ahonnan szétterjedtek más kontinensekre: Európába (közel 40 ezer évvel ezelőtt), Amerikába és Ausztráliába (35–15 ezer évvel ezelőtt).

A *Homo sapiens sapiens* alfajra jellemző az idegrendszer progresszív fejlődése, tökéletes magasabb rendű idegi működés, az absztrakt gondolkodás képessége, nagyfokú intellektuális képességek. Az értelmes ember az evolúciója során a növények szedegetéséről és a vadászatról áttért a mezőgazdaságra: a kultúrnövények termesztésére és a házi állatok tenyésztésére. Úgy gondolják, hogy a modern ember számára ez a fontos fejlődési szakasz közel 10 ezer évvel ezelőtt kezdődött. A letelepedett életmód kiváltotta a nagyobb helységek, a kereskedelem, később az ipar ugrásszerű fejlődésének (ipari forradalom) létrejöttét.

Mára az értelmes ember benépesítette az összes létező kontinenst, még az Antarktiszon is jelen van. Ez a faj a biológiai progresszió állapotában van, mivel a népessége rohamosan nő: amíg 1800-ban 1 milliárd ember élt a Földön, addig 2011-ben több mint 7 milliárd. Úgy gondolták, hogy 2016-ra a Föld népessége eléri a 7,3 milliárd embert.

<sup>1</sup> Ezt az alfajt nevezik még „cro-magnoni”-nak is, mivel első maradványait Franciaországban, egy cro-magnon-i barlangban találták meg.

Az értelmes ember evolúciós fejlődése során az életfeltételekhez alkalmazkodva több etnikai csoportja – rassza – jött létre, amelyek közül a legfőbbek az europid, a mongoloid és a negroid (243. ábra). Bizonyos külső, felépítésbeli különbségek ellenére, mindegyik rassz egy fajhoz tartozik – az értelmes emberhez.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

antropogenezis, Australopithecus, neandervölgyi, cro-magnoni, értelmes ember.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**

1. Mi az antropogenezis? 2. Nevezzétek meg az antropogenezis mozgatórugóit! 3. Miért van az, hogy az antropogenezis bizonyos szakaszában túlnyomórészt a biológiai tényezők kezdtek el hatni? 4. Nevezzétek meg a Homo nemre jellemző bélyegeket! 5. Mivel jellemezhető az értelmes ember, mint faj? 6. Milyen sajátosságai vannak az értelmes ember evolúciójának?

### **Gondolkodjatok el rajta!**

Mi hasonló és mi különböző az értelmes ember és az emberszabású majmok evolúciójában?

**Kreatív feladat.** Javasoljatok az evolúciós folyamatok modellezésére szolgáló saját módszereket!

## Röviden a lényeg

Az értelmes ember hosszú evolúción ment keresztül, amelyet antropogenezisnek nevezünk. Ez főként azt jelenti, hogy képessé váltunk a két lábon járásra, a munkavégzésre, a beszédre és az absztrakt gondolkodásra.

A Homo nemhez legközelebbiek az Australopithecus fajok, amelyek szerveződése olyan meghatározott jellegeket mutat, mint a modern emberé (a két lábon járás képessége, a gyengén fejlett alsó állkapocs, az alsó végtag és a medence felépítése stb.)

Az értelmes ember a Homo nem nem egyetlen faja. Ehhez a nemhez tartozik több kihalt faj is (az ügyes ember, a munkás ember, a felegyenesedett ember, a neandervölgyi stb.) Bizonyos életfeltételek hatása alatt, amelyek bolygónk egészére jellemzőek, különböző rasszok jöttek létre: europid, mongoloid és negroid

## TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK

*Jelöljétek meg a helyes választ!*

1. Mutassatok rá az élő természet változatlanóságáról szóló nézetekre: a) evolúciobiológia; b) pánspermia hipotézis; c) kreacionizmus; d) abiogén hipotézis!
2. Mutassatok rá a fajok eredetéről szóló hipotézise, amely azon alapszik, hogy az élő anyag az élettelenből jött létre: a) biogén; b) abiogén; c) pánspermia; d) kreacionizmus!
3. Nevezzétek meg a tudósokat, akik az élet eredetének abiogén (biokémiai) hipotézisét leírták: a) Arrhenius és Vernadskij; b) Oparin és Haldane; c) Pasteur és Virchow; d) Haeckel és Timirjazev!
4. Mutassatok rá arra az időszakra, amikor az értelmes ember megjelent: a) közel 10 millió évvel ezelőtt; b) közel 5 millió évvel ezelőtt; c) közel 600 ezer évvel ezelőtt; d) közel 200 ezer évvel ezelőtt!
5. Nevezzétek meg azt az evolúciós átalakulást, amelyik kapcsolatban áll a szervezetek szerveződési szintjeinek növekedésével: a) aromorfózis; b) idioadaptáció; c) általános degeneráció; d) biológiai progresszió!
6. Határozzátok meg azt az elvet, amely alapján a szervezeteket osztályozzuk: a) monofília; b) polifília; c) pánspermia; d) konvergencia!
7. Mutassatok rá az evolúció alapegységére: a) állatfajta; b) növényfajta; c) populáció; d) faj!
8. Mutassatok rá az evolúciós folyamatok közegére: a) ökoszisztéma; b) nemzetség; c) populáció; d) faj!
9. Mutassatok rá az izoláció formájára, amely megfigyelhető a populációk szétválásakor bizonyos térbeli képződmények által: a) ökológiai; b) földrajzi; c) szezonális; d) genetikai!
10. Határozzátok meg, hogyan nevezik azt a képességet, amikor az egyik faj utánozza a másik, magát megvédeni képes fajt: a) divergencia; b) konvergencia; c) atavizmus; d) mimikri!

11. Mutassatok rá az idioadaptáció példájára: a) a virágok kialakulása; b) az uszonyok kialakulása az úszólábúaknál; c) a galandférgek tápcsatornájának eltűnése; d) az alsó állkapocs megjelenése a gerinceseknél!

12. Mi a neve annak a folyamatnak, amely során a szervezetekben hasonló bélyegek fejlődnek ki a nem rokon szervezetekben: a) divergencia; b) adaptív szétterjedése; c) filogenezis; d) konvergencia?

13. Válasszátok ki a makroevolúció folyamatának jellemzőit: a) hosszú idő alatt zajlik le, nem lehet közvetlenül megfigyelni; b) a populációban zajlik le; c) új fajok létrejöttét eredményezi; d) a változékonyság forrása a modifikáció!

14. Válasszátok ki a biogenetikai alaptörvény tételét: a) az új fajok úgy jönnek létre, hogy az utódokban az ősök bélyegei szétválnak az alkalmazkodás következtében; b) csak a legjobban alkalmazkodó egyedek maradnak életben és hagynak utódokat; c) az evolúció során fokozatosan felhalmozódnak az apró hasznos változások, amelyek felerősödnek és kombinálódnak; d) az ontogenezis (egyedfejlődés) során röviden megismétlődik a filogenezis (a törzspejlődés)!

15. Válasszátok ki a rendszertani egységet, amely kialakulásáért a mikroevolúció felel: a) család; b) alfaj; c) faj; d) nemzetség!

16. Nevezzétek meg a természetes szelekció azon formáját, amely kiváltja a szervezetek reakciónormájának változását bizonyos irányba: a) irányító; b) szétválasztó; c) stabilizáló; d) mesterséges!

17. Mutassatok rá az analóg szervekre: a) sóska- és kaktusz tövisek és a kaktusz tövisek; b) a földieper indája és a szőlőkacs; c) a denevér és a madár szárnya; d) a dália gümői és az articsóka gumói!

18. Válasszátok ki a homológ szerveket: a) a denevér és a rovar szárnya; b) a denevér szárnya és a cetek uszonya; c) a folyami rák és a sügér kopoltyúja; d) a burgonya járulékos gyökerei és az óriás szőrmoha rizoidái!

#### Asszociációs teszt

19. Találjátok meg az evolúciós folyamatok meghatározását!

- |                 |                                                                                            |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 mikroevolúció | A olyan evolúciós folyamat, amely során új fajok keletkeznek                               |
| 2 fajképződés   | B olyan evolúciós folyamat, amely során faj feletti                                        |
| 3 makroevolúció | C olyan evolúciós folyamat, amely során a nem rokon fajokban hasonló bélyegek jönnek létre |
| 4 konvergencia  | D olyan evolúciós folyamat, amely során új populációk és alfajok jönnek létre              |

20. Határozzátok meg a szervezetek bélyegeit, amelyek az aromorfózis, az idioadaptáció, az általános degeneráció, az atavizmus és a szervek csökevényesedése révén jönnek létre!

- |                         |                                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 aromorfózis           | A a legyek billére                                  |
| 2 idioadaptáció         | B a madarak 4 rekeszes szíve                        |
| 3 általános degeneráció | C ragadozó madarak csőre                            |
| 4 csökevényes szervek   | D fejletlen végtagok megjelenése a lábatlan gyíknál |
|                         | E a galandférgek tápcsatornájának hiánya            |

21. Találjátok meg az evolúciós folyamatok lényegét!

- |                |                                                                                              |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 filogenezis  | A az egyedek egyedfejlődése                                                                  |
| 2 ontogenezis  | B hasonló bélyegek kialakulása a hasonló körülmények között élő nem rokon fajokban           |
| 3 divergencia  | C A faj vagy más rendszertani egység evolúciós fejlődése                                     |
| 4 konvergencia | D a közös őstől származó utódok bélyegek szétválása a környezethez való alkalmazkodás közben |

22. Határozzátok meg a növények és az állatok mely struktúrái és szervei homológok vagy analógok!

- |                                            |                                            |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 a növények homológ struktúrái és szervei | A a kaktusz és a galagonya tövise          |
| 2 a növények analóg struktúrái és szervei  | B a rákok és a halak kopoltyúi             |
| 3 az állatok homológ struktúrái és szervei | C a kaktusz és a sóska- és kaktusz tövisei |
| 4 az állatok analóg struktúrái és szervei  | D a madarak és a denevérek szárnyai        |
|                                            | E a madarak és a rovarok szárnyai          |

23. Határozzátok meg a bélyegeket, amelyek az evolúció különböző módjaira jellemzőek!

- |                         |                                                                                                                                         |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 aromorfózis           | A az ősökre jellemző bélyegek megjelenése                                                                                               |
| 2 idioadaptáció         | B a szervezetek szerveződésének jelentősen bonyolultabbá válása                                                                         |
| 3 általános degeneráció | C a felépítés változása, amely nincs kapcsolatban az általános szerveződés változásával                                                 |
|                         | D a felépítés leegyszerűsödése; azoknál a szervezeteknél találkozhatunk vele, amelyek parazita vagy helyhez kötött életmódot folytatnak |



Jelöljete meg 3 helyes választ a felajánlott válaszlehetőségek hármass csoportjából!

24. Határozzátok meg az evolúció fő módjainak jellemzőit!

Aromorfózis	Idioadaptáció	Általános degeneráció
1) a szervezet szerveződési szintjeinek növekedése, mely új területek meghódítására nyújt lehetőséget.	1) a helyhez kötött, lassan mozgó vagy parazita életmódot folytató szervezet szerveződési szintjének egyszerűsödése.	1) a szervezet változása, amely nem változtatja meg szerveződését, és a konkrét feltételekhez való alkalmazkodást szolgálja.
2) a szervezet változása, amely nem változtatja meg szerveződését, és a konkrét feltételekhez való alkalmazkodást szolgálja.	2) a szervezet szerveződési szintjeinek növekedése, mely új területek meghódítására nyújt lehetőséget.	2) a helyhez kötött, lassan mozgó vagy parazita életmódot folytató szervezet szerveződési szintjének egyszerűsödése.
3) a helyhez kötött, lassan mozgó vagy parazita életmódot folytató szervezet szerveződési szintjének egyszerűsödése.	3) a szervezet változása, amely nem változtatja meg szerveződését, és a konkrét feltételekhez való alkalmazkodást szolgálja.	3) a szervezet szerveződési szintjeinek növekedése, mely új területek meghódítására nyújt lehetőséget.

25. Nevezetek meg a természetes szelekció különböző formáinak jellemzőit!

Irányító	Stabilizáló	Diszruptív (szétválasztó)
1) néhány különböző fenotípusú, egy fajhoz tartozó egyed létrejöttét váltja ki.	1) megőrzi az átlagos reakciónormát.	1) a külső környezet változásának megfelelően a fenotípus egy bizonyos irányban megváltozik.
2) megőrzi az átlagos reakciónormát.	2) a külső környezet változásának megfelelően a fenotípus egy bizonyos irányban megváltozik.	2) néhány különböző fenotípusú, egy fajhoz tartozó egyed létrejöttét váltja ki.
3) a külső környezet változásának megfelelően a fenotípus egy bizonyos irányban megváltozik.	3) néhány különböző fenotípusú, egy fajhoz tartozó egyed létrejöttét váltja ki.	3) megőrzi az átlagos reakciónormát.

26. Mutassatok rá a Hominidae család képviselőire jellemző vonásokra!

Csimpánzok	Australopithecus	Értelmes ember
1) az agy tömege átlagosan 420 g	1) az agytérfogata átlagosan 530 cm <sup>3</sup>	1) az agy térfogata több mint 1000 cm <sup>3</sup>
2) összetett eszközök készítésének képessége	2) összetett eszközök készítésének képessége	2) összetett eszközök készítésének képessége
3) a nagylábujj párhuzamosan helyezkedik el a többi lábujjal	3) a nagylábujj párhuzamosan helyezkedik el a többi lábujjal	3) a nagylábujj párhuzamosan helyezkedik el a többi lábujjal

#### Nyílt végű feladatok

27. Hogyan lehet megmagyarázni a zsiráf hosszú nyakát Darwin és Lamarck nézetei szerint?

28. Mi közös és mi különböző a modern evolúciós nézetek és Darwin elmélete között?

29. Miért van az, hogy az ökológiai tényezők egyben az evolúció tényezői is?

30. Az modern evolúció-elmélet szempontjából mivel magyarázható a fajok kihalása az evolúció során, az ember megjelenéséig?

31. Miért van az, hogy a biológiai tényezők fokozatosan elvesztették vezető szerepüket az antropogenezis során?

32. Miért eredményezi az evolúció tényezőinek hatása vagy az alkalmazkodást (adaptációt) a környezet feltételeihez, vagy a kihalást?

33. Vajon egyidejűleg kialakulhatnak-e az élő anyag különböző szerveződési szintjei?

34. Mi a jelentősége a különböző organizmus-csoportok evolúciójának szempontjából a horizontális vagy laterális géntranszfernek?



## 7. TÉMA. BIOLÓGIAI SOKFÉLESÉG

**Ebben a témában megismerkedhettek:**

- az evolúciós törzsfajlás (filogenezis) és a rendszertan alapjaival;
- a szerves világ sokféleségének: sejten kívüli formáival (vírusokkal), a prokarióták (archeák és baktériumok) és az eukarióták (növények, gombák és állatok) főbb csoportjaival.

**Jegyezzük meg!** A rendszertanban sok fajt leírnak, amelyek a jelenleg élnek vagy a múltban éltek bolygónkon, megnevezik és osztályozzák azokat, vagyis elosztják őket a különböző taxon rangok között.



244. ábra. A vadmacska (*Felis silvestris*) (1) és a hiúz (*Felis lynx*) (2) a *Felis* nemhez tartozik



245. ábra. Orvosi citromfű (*Melissa officinalis*)

### 45. §. AZ EVOLÚCIÓS TÖRZSFA ÉS A RENDSZERTAN ALAPJAI

*Emlékezzetek*, milyen rendszertani egységeket alkalmaznak a növények, a gombák és az állatok rendszertanában!? Mi a filogenezis? A faj milyen kritériumait alkalmazzák a modern biológiában? Mi a mikroevolúció, a fajképződés és a makroevolúció? A fajképződésnek milyen változatai léteznek? Mely fajokat nevezzük ikerfajoknak?

A rendszertan a szervezetek sokféleségével foglalkozik. A rendszertan fő feladata meghatározni a szervezetek osztályozásának fő alapelveit. A szervezetek különböző csoportjainak rendszerét létrehozva, a rendszertan szakértői igyekeznek az egész szerves világot átölelő rendszert alkotni.

A rendszertan mint tudomány a svéd tudós, Carl Linné munkásságával kezdődött. Akárcsak a mai tudósok, ő is úgy gondolta, hogy a faj egyedek összessége, amelyek hasonló felépítésűek, és képesek szaporodóképes utódokat létrehozni. Ugyanakkor, a faj fogalma a biológiában sokkal tágabb. Figyelembe veszi például a fajok változékonyságát és az ikerfajok létezését. A 6-ik és 7-ik osztályban tanult biológiából már tudjátok, hogy Linné vezette be a tudományban a **kettős nevezéktant**. Tehát, a fajok latin megnevezése két szóból áll: *Felis silvestris*<sup>1</sup> – vadmacska, *Felis lynx* – hiúz (244. ábra). Ezekben a megnevezésekben az első szó (*Felis*) a nemre (növénytanban 'nemzetség'-re – a ford.) utal, amelyhez a faj tartozik, a második a faj neve. Az ilyen nevezéktan tudományos, vagyis egységes minden ország tudósai számára.

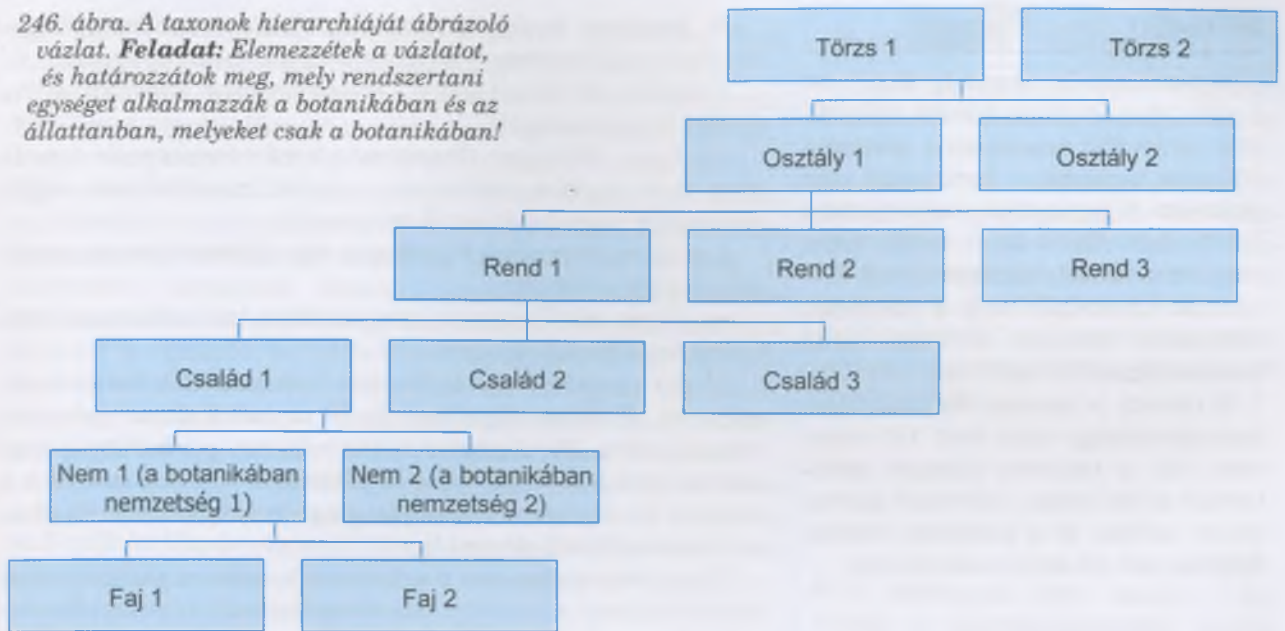
Hogy megértsük mi a lényege a tudományos (latin nyelven adják meg) és a népi (egy-egy nemzetek nyelvén adják meg) megnevezésnek, emlékezzünk vissza az Ukrajnában elterjedt növényre – az orvosi citromfű (245. ábra). A népnyelv több néven is illeti: citromszagú melissza, méhfű, mézfű, igaz nádrafű, macskaméz, mézelke. Ugyanakkor tudományos neve csak egy van – *Melissa officinalis*.

Linné másik fontos hozzájárulása a taxonok egymás alá rendeltségének (hierarchiájának) rendszere a rendszertanban (246. ábra).

A növények és a gombák, rendszertanában a rokon fajokat **nemzetségekbe**, az állatokéban pedig **nemekbe** sorolják. Például, a vadmacska és a hiúz fajok a *Felis* nembe

<sup>1</sup> a szervezetek latin neveit nem feltétlenül kell megjegyezni.

246. ábra. A taxonok hierarchiáját ábrázoló vázlat. **Feladat:** Elemezzétek a vázlatot, és határozzátok meg, mely rendszertani egységet alkalmazzák a botanikában és az állattanban, melyeket csak a botanikában!



tartoznak. A rokon nemzetségeket vagy nemeket **családokba** sorolják. Például, a Felis és a Panthera neme (ide tartozik az oroszlán, a tigris, a leopárd és a jaguár) a macskafélék családjába tartozik. A közeli családokat **rendekbe** sorolják. Például, a macskafélék és a kutyafélék családját a Ragadozók rendjébe. A közeli rendeket **osztályokban** sorolják. Például, a ragadozók és a rágcsálók rendjét az emlősök osztályába. Az osztályokat **törzsekbe** sorolják. Például, a madarak és az emlősök osztályát a gerinchúrosok törzsébe. A legmagasabb rendszertani kategória az **ország**. Az állatok összes törzse alkotja az állatok országát. A több országot magába foglaló taxon rangot a modern biológiai osztályozásban **doménnek (birodalomnak)** nevezzük. Vagyis az állatok országa az eukarióták (vagy sejtmagvasok) doménjébe tartozik.

Linné és kortársai létrehozva a különböző szervezetcsoportok rendszerét csak egyes, gyakran szabadon választott, bélyegek alapján határozták meg azok hasonlóságát. Jelenleg az ilyen rendszert „mesterségesnek” nevezzük, elég gyakran nem felelnek meg a szervezetek közötti rokoni kapcsolatnak.

## Jó tudni

Linné nemcsak a gyíkokat helyezte a Lacerta nembe (ide tartozik például a fűrgegyík), de a szalamandrákat és a krokodilokat is (248. ábra). Ugyanakkor, ezek az állatok különböző osztályokba tartoznak: a szalamandra – a kétélűek osztályába, a gyíkok és a krokodilok – hüllők osztályába.



248. ábra. Példák a szervezetek mesterséges rendszerére: Linné megfigyelve külső felépítésbeli hasonlóságukat, egy nembe sorolta a gyíkokat (1), a szalamandrákat (2) és a krokodilokat (3).

## Jó tudni

Jelentősen hozzájárult a modern rendszertan fejlődéséhez az amerikai **Ernst Walter Mayr** biológus (247. ábra). Részt vett a faj biológiai koncepciójának kidolgozásában és az evolúció szintetikus elméletének fejlesztésében, tanulmányozta a fajképződés mechanizmusait.

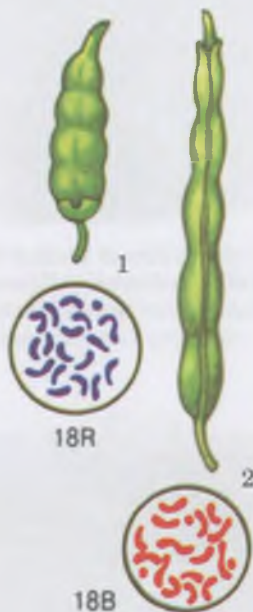


247. ábra. **Ernst Walter Mayr** (1904–2005), a Harvard Egyetem (USA) professzora: ismert evolúció – biológus és ornitológus

## Jó tudni

A bioszférában manapság több, mint 2 millió fajt számlálnak, közülük 1,5 millió állat-, közel 600 ezer növény-, több mint 100 ezer gombafaj, a fennmaradó rész prokarióta. Úgy gondolják, hogy az élet a Földön 3,8 milliárd évvel ezelőtt jelent meg. Mára néhány százezer faj halt ki. A tudósok feltételezik, hogy a különböző földtörténeti korokban élő fajok közül fosszilis állapotban nem több, mint 0,1–1 % maradt. A jelenkori és kihalt fajok össz mennyisége több mint 100 millió lehet. Ezt a hatalmas biológiai sokféleséget az élő anyag különböző szerveződési szintjei, és a különböző létfeltételekhez való alkalmazkodás okozza.

**Jegyezzük meg!** Minél több közös géncsoportja van bizonyos szervezet-csoportoknak, annál szorosabb rokoni kapcsolat van köztük. Emlékezzetek: a Hominidae családba tartozó értelmes ember (*Homo* nem) és a csimpánz (*Pan* nem) genomja 98,7 %-ban azonos. Ugyanakkor, a különböző emberi rasszok DNS-szekvenciái 0,5 %-os különbséget mutat.



249. ábra. A káposzta (1) és a reték (2) kariotípusa.

**Feladat:** Találjátok meg a különbséget!

**A modern rendszertan alapelvei.** A modern **filogenetikus rendszertan** a következő alapelveken nyugszik:

- minden faj kihalt formák leszármazottja, ezzel biztosítva az élet folytonosságát;
- a fajok többnyire divergencia eredményeképpen jönnek létre, ezért minden rendszertani csoport monofiletikus, vagyis mindegyik tagja közös őstől származik;
- minden törzsnek a rá jellemző külső felépítése van, amely másra nem jellemző;
- a fajok sokfélesége a környezethez való alkalmazkodás (adaptáció) következménye.

Modern rendszertan különböző tudományok adatait használja fel. Különös figyelmet fordít a molekuláris genetikai vizsgálatokra. Mivel a szervezetek rokon csoportjai közös őstől származnak, sok közös gént örökölnek. A tudósok nemcsak a magban lévő géneket vizsgálják meg, de a mitokondriumok és a kloroplasztiszok génjeit is.

Nagy jelentősége van a szervezetek modern rendszerének kialakításában a kariotípusok vizsgálatának: a rokon szervezetek kromoszómakészlete hasonlóbb, mint a nem rokonoké. Még akkor is, ha két faj kromoszómaszáma egyezik (például, a káposzta és a reték 18 kromoszómával rendelkezik; 249. ábra), különböznek egymástól az egyes kromoszómapárok felépítésében.

A modern rendszertan a **faj biológiai koncepciójában** a következő téziseket állítja:

- a fajok populációkból állnak; az egy fajhoz tartozó populációk csoportjai egy vagy több bélyegben különbözhetnek egymástól, egy alfajt alkotva;
- az alfajok jelenléte egy fajon belül arról tanúskodik, hogy a faj tágtűrésű, illetve a fajon belül intenzív mikroevolúciós folyamatok zajlanak (*Emlékezzetek*, mik ezek!);
- egy faj populációi azonos génkészlettel rendelkeznek, ezért a különböző populációkból származó egyedek kereszteződhetnek egymással;
- a faj az egyetlen rendszertani egység, amely ténylegesen létezik a természetben;
- a faj ökológiai egység, amelyben a populáció egyedei egységes egészként kölcsönhatásban állnak egymással és más populációkkal egy bizonyos ökoszisztémán belül;
- a különböző fajú egyedek egymással nem kereszteződnek (ez a reprodukció izoláció jelensége); ha mégis megtörténik ilyen keresztezés, akkor a hibridek általában képtelenek szaporodni (sterilek).

Rendszertan fő területei az osztályozás és a nevezéktan. Az **osztályozás** bizonyos rendszertani csoportok rangját és jellemzését határozza meg. Az osztályozás folyamata a taxonok megnevezésével kezdődik, vagyis a taxon megnevezése a rangjától függ. A tudósok először osztályoznak, vagyis meghatározzák a taxon rangját, és csak ezután adnak nevet neki. Például, a rendszertan szakértői kimutatnak egy tudomány számára korábban ismeretlen szervezetet, és leírják mint új fajt. Ugyanakkor az ilyen szervezetek egyúttal lehetnek a tudomány számára új nem vagy nemzetség is.

Gyakran a faj pontos meghatározásától függ a vizsgálat eredménye is. Például, a maláriaszűnyög, amelyet korábban

egy fajnak tekintettek, valójában 6 ikerfaj együttese. Ezek közül egyesek képesek terjesztetni a maláriát, mások nem.

**A szerves világ modern rendszere – az evolúciós folyamat ábrázolása.** A modern rendszertan azon alapszik, hogy rokon taxonok közös őstől származnak. *Emlékezzetek:* a XX. század második felében a német tudós Haeckel javasolta a különböző organizmuscsoportok közötti rokoni kapcsolatok ábrázolását, törzsfá formájában. Jelenleg a tudósok a különböző csoportok közötti kapcsolatok ábrázolására különleges számítógépes programokat alkalmaznak, amelyek elemzik a hasonló és különböző bélyegeket, és ez alapján *kladogramokat* hoznak létre. Eközben az egyes taxonokat összekötő ágak hossza a rokoni kapcsolatok szorosságát jelzi: minél rövidebb a vonal, annál szorosabb a rokoni kapcsolat.

A tudósok évente több tízezer fajt írnak le, ezért a szakértők előrejelzése szerint a ma létező fajok száma elérheti az 5 milliót. Minden egyes új fajnak meg kell találni a helyét a szerves világ rendszerében. A fajok számának növekedésével nő a faj feletti új taxonok száma is.

Tehát, az organizmusok különböző csoportjainak rendszerezésében elért sikerek rávezették a tudósokat arra, hogy egyes csoportok (taxonok) hasonlósága a közös őstől való származásra utal. Mivel a különböző taxonok az evolúció során nem egyszerre jöttek létre, a kladogramok elemzése során le lehet vonni a következtetéseket arról, hogy a taxon korábban vagy később keletkezett.

**Prokarióták és eukarióták.** Az élőlények osztályozása a szervezetek sejtfelépítésén alapszik. Például, a prokarióták birodalmába tartozó szervezetek sejtjei egyszerű felépítésű. Nincs magjuk, és az organellumok legtöbbje is hiányzik sejtjeikből, legyen az két- (mitokondriumok és plasztiszok) vagy egymembránú (endoplazmatikus hálózat, Golgi-készülék, lizoszóma). A prokariótákhoz tartozik két csoport (ország): archeák és baktériumok.

A eukarióták birodalmába tartozó szervezetek sejtjei fejlődésük legalább egy szakaszában rendelkeznek maggal (akárcsak az emlősök többségének vörösvérsejtjei vannak, a növényeknek edényei). Különböző organellumok jellemzőek rájuk. Az eukariótákat hagyományosan csoportokra (országokra) osztják: növények, gombák, állatok. Jelenleg a tudósok a molekuláris genetikai vizsgálatok adataira alapozva más rendszert javasolnak.

A sejtes felépítésű szervezeteken kívül léteznek sejten kívüli formák is: prionok, viroidok (már korábban megismerkedhettek velük), illetve a vírusok.

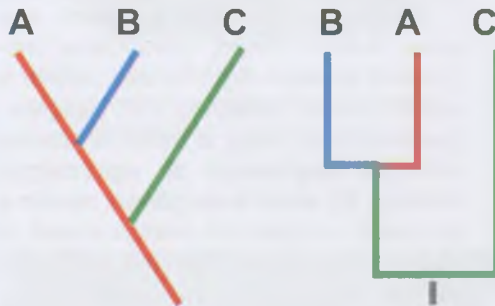
## Jó tudni

Az élőlények tudományos megnevezésekor a tudósok a **biológiai nevezéktan kódexeinek** előírásait alkalmazzák. Ezek szabálygyűjtemények, amelyek megmagyarázzák az élőlények tudományos megnevezését. Létezik a „Zoológiai nevezéktan nemzetközi kódexe”, a „Botanikai nevezéktan nemzetközi kódexe”, a „Baktériumok nevezéktanának nemzetközi kódexe”, a „Virologiai kódex”.

🌿 A **kladogram** (gör.: *klados* – ág, hajtás) a szervezetcsoportok közötti rokoni kapcsolatot mutató grafikai ábrázolásmód.

## Jó tudni

A 250. ábrán két kladogram látható, amelyek ugyanazt az információt hordozzák. Elemezve ezeket, le lehet vonni a következtetést, hogy az **A** és **B** taxonok egymás közelebbi rokonai-e, mint a **C** és az első két taxon. Ha az **A**, **B**, **C** taxonok fajok, akkor feltételezhetjük, hogy az **A** és a **B** egy nemhez tartozik, míg a **C** másikhoz. A kladogram alapját képező vonal azt mutatja, hogy mindkét nem egy közös őstől származik.



250. ábra. Kladogramok két változata, amelyek 3 taxon – A, B, C – rokoni kapcsolatát ábrázolja. **Feladat:** Gondolkozzatok el rajta, a taxonok közül melyek jöttek korábban létre!

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

a kettős nevezéktan elve, mesterséges és természetes (filogenetikai) rendszertan, domén (birodalom), monofiletikus csoport, kladogram.

## Röviden a lényeg

Rendszertan fő feladata a ma élő és a kihalt szervezetek osztályozási elveinek kidolgozása. A különböző tudományok vizsgálati eredményeire támaszkodva, a rendszertan szakértői filogenetikus rendszertant hoztak létre. A benne helyet foglaló csoportok monofiletikusak kell legyenek, vagyis a közös ős összes utódját magukban kell foglalják.

Az élővilág modern rendszere az evolúciót ábrázolja, amelyben az egyes csoportok elváltak a közös őstől. A sejtek felépítésétől függően a szervezeteket prokariótákra és eukariótákra osztjuk.



251. ábra. **Dmitrij Joszifovics Ivanovszkij** (1864–1920) – a vírusokról szóló tudomány megalapítója

## Jó tudni

A vírusok létezését elsőként egy orosz tudós, Dmitrij Joszifovics Ivanovszkij fedezte fel (251. ábra), amikor a dohánymozaik betegség okát vizsgálta. Bebizonyította, hogy a fertőzött növény kivonata megbetegíti az egészséges növényt. Ez akkor is megtörtént miután a kivonatot a legapróbb baktériumokat is visszatartani képes, kis lyukátmérőjű kerámiaszűrőn engedte keresztül. Ugyanakkor ezek nem voltak képesek létezni bármilyen tápoldaton. Ezt az eseményt az egész világ a virológia születésének tekinti.

## Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mit tanulmányoz a rendszertan? 2. A szervezetek mely rendszerét nevezzük mesterségesnek, és melyiket filogenetikusnak? 3. A szervezetek mely csoportjait nevezzük monofiletikusnak? 4. Mi az osztályozás? 5. Mi a lényege a kettős nevezéktannak? Hozzatok fel példákat! 6. Mivel jellemezhetők a prokarióták és az eukarióták?

## Gondolkodjatok el rajta!



Miért gondolják azt, hogy a filogenetikus rendszertan az evolúciós folyamatot ábrázolja?

## 46. §. SEJTNÉLKÜLI ÉLETFORMÁK – VÍRUSOK. PROKARIÓTÁK

*Emlékezzetek az élet jellemzőire! Mi a genom? Milyen sajátosságai vannak a prokarióták sejtfelépítésének? Mik a plazmidok? Mi a domén?*

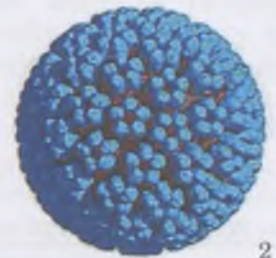
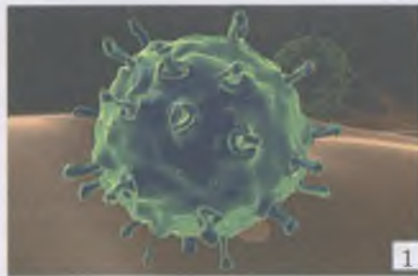
A vírusok szerkezetét és funkcióit, tulajdonságait, terjedésük módját, a vírusos megbetegedések kezelésének és megelőzésének módszereit a **virológia** tudománya vizsgálja.

A **vírusok sejtnélküli életformák**. Kizárólag sejten belüli parazitái különböző szervezeteknek lehetnek: az embernek, az állatoknak, a növényeknek, a gombáknak és a baktériumoknak. A saját szaporodásuk érdekében felhasználják a gazdasejt építőanyagait és energiáját. A vírussal való érintkezés következtében gyakran vírusos megbetegedések alakulnak ki.

Sokéves vizsgálatok alapján a vírusok következő tulajdonságait állapították meg:

- nagyon kis méretűek: a vírus részecskék – virionok – többségét csak elektronmikroszkóppal lehet vizsgálni;
- csak egy típusú nukleinsav található bennük – vagy DNS, vagy RNS; nincsenek saját rendszereik, amelyekkel fehérjéket szintetizálnának;
- a sejten belüli paraziták csak a gazdasejtben képesek szaporodni;
- az életműködés megnyilvánulásai hiányzik a gazdasejten kívül.

Jelenleg nem létezik egységes elmélet a vírusok származását illetően. Jelenleg a tudósok többsége hajlik elfogadni azt a hipotézist, amely szerint a vírusok az ősi időkben jöttek létre függetlenül a sejtektől, felhasználva a sejtek képességeit az energiaforgalomra és a fehérjeszintézisre.



252. ábra. 1 – összetett influenza vírus; 2 – egyszerű papilloma vírus

Szerkezetüktől függően a vírusokat egyszerűekre és összetettekre osztják (252. ábra). Az **egyszerű vírusok** csak fehérjéből és nukleinsavakból (DNS vagy RNS) állnak. Az összetett **vírusok** burkában lipidek és szénhidrátok is vannak.

A vírusoknak van a prokarióta és az eukarióta sejtektől eltérő, fontos egyedi utódlétrehozási sajátossága. Míg minden sejtés életforma a sejtek szaporodásának különböző formáit használja (*emlékezhettek rájuk*), addig a vírusoknál ez a folyamat kapcsolatban áll a sejtek megfertőzésével, ami után rögtön nagy mennyiségű (akár több száz példány) virion keletkezik az ún. önszerveződéssel (253. ábra). A folyamat önmagában nagyon hasonlít az autógyártáshoz. A vírusrészecskék összeszerveződnek a sejtek által nagy mennyiségben termelt vírusfehérjékkel (e fehérjék felépítését a vírus nukleinsavában lévő gének határozzák meg). A folyamat utolsó szakaszában a vírus nukleinsavai a fehérje burkába kerül. Ezután a vírus kikerülhet a sejtől, és képessé válhat új sejtek megfertőzésére.

Az egyszerű vírusok általában a saját enzimjeik által feloldják a sejtek membránjait vagy elpusztítják a sejtet, ezáltal kijutva abból. Az összetett vírusok esetében a virion rögzül a sejtmembrán egy részéhez, és felhasználja azt mint saját burkot. Ezt a folyamatot a vírus *bimbózásának* (*sarjadzásnak*) nevezzük (254. ábra).

A vírusok osztályozása a vírusrészecskék felépítése és a nukleinsav típusa határozza meg. Ez az osztályozás manapság kidolgozás alatt van, de az alapelv hasonló a prokarióták és az eukarióták osztályozásához. Például, az akut vírusos légúti megbetegedést okozó pneumovírusok esetében:

Ország *Vira*  
Rend *Mononegavirales*  
Család *Paramyxoviridae*  
Alcsalád *Pneumovirinae*  
Nem *Pneumovirus*

**Növényi vírusok.** A növényi sejteket, a plazmamembránon kívül szilárd és vastag sejtfa is borítja. A vírusok a növényi sejtbe csak a sejtfa sérült részein át juthatnak be (a levéllemez vagy a gyökérszörök horzsolásain át hatol be).

Amíg a vírus a sejtben van, vírusfehérjék szintetizálódnak. Egyesek enzimeként működnek, amelyek biztosítják a vírus RNS-molekuláinak reprodukcióját, mások strukturális fehérjék, amelyekből az új vírusrészecskék burka lesz. Minden folyamatot a sejt organellumai biztosítanak a saját aminosavaiából és nukleotidjaiból, a saját energiája felhasználásával. Az újonnan képződött vírusok újra bekerülhetnek a hordozóállatokba.

**A baktériumok vírusai, avagy a bakteriofágok.** Akárcsak a növényi sejtek a bakteriális sejtek is megbízható védelmet biztosító sejtfallal rendelkeznek. Ezért a bakteriofágok bejutási „stratégiával” rendelkeznek ahhoz, hogy bejuthassanak a gazdasejt citoplazmájába. Tekintsük át a T4 bakteriofág bejutásának folyamatát (255. ábra). A fark véglemezéhez hosszú fehérje fonalak kapcsolódnak, amelyek speciális struktúrával végződnek, és receptorfunkcióval rendelkeznek. A baktériumsejt felszínén (a T4 bakteriofágok az *Escherichia coli* baktériumokat fertőzik) glikoproteidek

## Jó tudni

Egészen a XX. század végéig tartott a vita arról, hogy a vírusok vajon az élő természethez tartoznak-e. Éppen az a tény, hogy jellemző rájuk az örökletesség és a változékonyság a bizonyíték arra, hogy bár sejtnélküli életformák, igenis az élő természet részei.

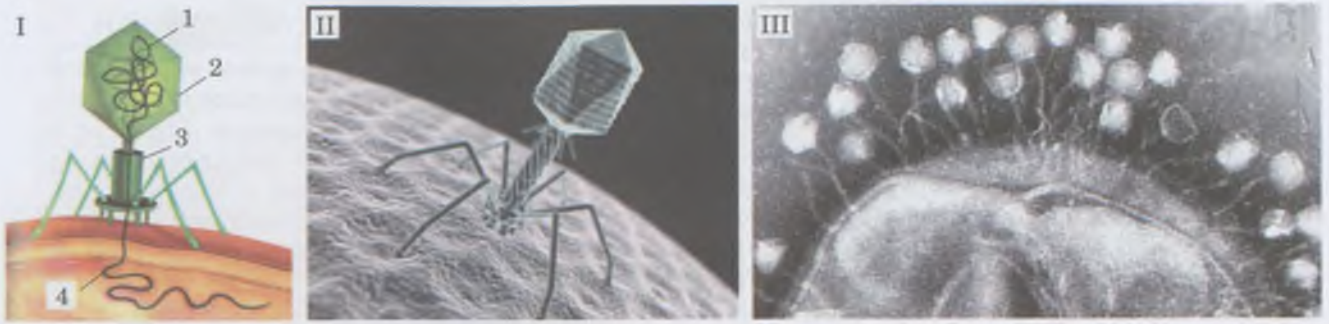
**Jegyezzük meg!** A vírusokra úgy tekintenek, mint a szerves világ különálló csoportjára (országára), de nem mint szervezetekre, hanem mint sejt nélküli életformákra.



253. ábra. A dohánymozaik-betegség vírusának önszerveződése. **Feladat:** Jellemezzétek ezt a folyamatot!



254. ábra. Összetett vírus kijutása a sejtől



255. ábra. I. A T4 bakteriofág vázlatos felépítése: 1 – kettős DNS-láncú genom, 2 – a bakteriofág feje, 3 – véglemez (talp), 4 – DNS, amit a bakteriofág befecskendez a baktériumsejtbe. II. A bakteriofág elektronmikroszkóppal készített fényképe. III. A T4 bakteriofág (elektronmikroszkópos képek), amikor befecskendezi a DNS-ét a citoplazmába

## Jó tudni

A növényi sejtekben a transláció során az örökletes információ átíródik a DNS-molekuláról a mRNS-molekulára. A növényi vírusok RNS-molekulája, burkából kiszabadulva, azonnal a riboszóma felé halad, az örökletes információját új vírusfehérjék képződése által realizálódik.

## Jó tudni

Az örökletes információ RNS általi tárolása növeli a spontán mutációk mennyiségét. Ennek köszönhetően az RNS-tartalmú vírusok örökletes információját nagyon gyorsan változik. Így jönnek létre a vírusok nem egynemű populációi.



256. ábra. Az ember immunhiány-előidéző vírusának (HIV) fényképe

vannak (t. i. így nevezik a fehérjék és szénhidrátok vegyületeit), ezekhez kapcsolódnak a vírus receptorai. Amint a receptorok kapcsolódtak a megfelelő fehérjékhez, a bakteriofág véglemezével (talpával) szorosan hozzátapad a sejt falhoz, és befecskendezi a saját DNS -ét a citoplazmába (255. ábra).

**Emberi és állati vírusok.** Az emberi **immunhiány-előidéző vírusnak (HIV)** példáján megvizsgáljuk a vírusok szaporodásának sajátosságait. Ez egy összetett vírus (256. ábra), az örökítő anyaga két RNS-molekula, amelyeket fehérjeburok vesz körül. E körül van még egy burok, ami az előző gazdasejt hátyájából van. Ezt behálózzák a vírusfehérjék. A HIV-vírus ezeket használja az érzékeny sejtek (általában a T-limfociták) felismerésére, és ezek segítségével tapad hozzájuk. Az ilyen kölcsönhatás következtében a vírus burka összeolvad a plazmamembránnal, és a vírus RNS-e bejut a citoplazmába. Ott a vírus enzimeit, az RNS alapján szintetizálni kezdik a kettős DNS-molekulákat.

A HIV-vírus újonnan szintetizált kettős DNS-spirálja a magba kerül, ahol kölcsönhatásba lép az egyik kromoszómával. Képes hosszú ideig együtt élni a kromoszómával, nem realizálva a saját örökítő információit. A megfertőzött embert ebben a stádiumban **hordozónak** nevezzük.

Bizonyos tényezők hatására, a vírus DNS-e aktivizálódhat, megkezdődik a transzkripció és a vírus fehérjéinek szintézise. Ezeknek a folyamatoknak az eredménye, hogy felhalmozódnak a vírus strukturális fehérjéi. A fertőzés utolsó stádiuma a vírusrészecskék kijutása a sarjadzás révén. Mivel a HIV-vírus a T-limfocitákat támadja meg, ezeknek a sejteknek a pusztulása immunhiányt idéz elő. Innen származik az elnevezése – emberi immunhiány-előidéző vírus (human immunodeficiency virus). Emlékeztetünk benneteket arra, hogy ez a vírus halálos betegséget okoz – **szerzett immunhiányos tünetegyüttes**-t (acquired immune deficiency syndrome<sup>1</sup> – AIDS).

**A prokarióták.** A prokarióták sejttag nélküli szervezeteik, amelyekhez két ország tartozik: archeák (rég neve: archebaktériumok) és baktériumok (korábban: eubaktériumok vagy valódi baktériumok). A baktériumokhoz tartoznak a

<sup>1</sup> Szindróma (gör.: *syndromé* – felgyülemelés) – valamely megbetegedés tünetegyüttese.



valódi baktériumok, a cianobaktériumok (a növénytanban hívják őket kékmoszatoknak is) és egyes más prokarióták (sugárgombák és mycoplasmák). Ma közel háromezer faj ismert közülük (ebből majdnem 2000 cianobaktérium-faj), de a természetben ezeknek a valódi mennyisége lényegesen nagyobb. Baktériumokat vizsgáló tudomány a bakteriológia. A baktériumok voltak a Föld első élőlényei. *Emlékezzetek*: a prokarióták nem rendelkeznek az eukariótákra jellemző tipikus kromoszómákkal: DNS-molekuláik nincsenek kapcsolatban magfehérjékkel. A prokarióták DNS-e a magzónában (nukleoidban) összpontosul, ezenkívül a citoplazmájukban plazmidok vannak (kromoszómán kívüli öröklési faktorok).

Archeák felépítésükben és életműködésükben különböznek a baktériumoktól. Sejtjeik mikroszkopikus méretűek, átlagosan közel 1  $\mu\text{m}$  (a legkisebb 0,4  $\mu\text{m}$ ), sejtfaluk nem tartalmaz mureint. A sejtek formája változatos, léteznek gömb alakúak, pálcika alakúak, spirálisak, háromszögűek és négyszögletűek (257. ábra). Sok fajuk rendelkezik ostorokkal. Az örökítőanyaguk gyűrűs DNS.

A spóráikat gyakran mutatták ki extrém körülmények között, olyan helyeken, ahol semmilyen más élőlény nem élhet meg. Vannak köztünk olyan fajok, amelyek képesek létezni a meleg forrásokban (+ 45...+ 113  $^{\circ}\text{C}$ ; az ilyen fajok olyan fehérjéket tartalmaznak, amelyek ellenállóak a magas hőhatással szemben). Olyan képviselői is vannak, amelyek kibírják a 700 atmoszférai nyomást, a hosszú száraz időszakot stb. Különböző közegekben élhetnek: talajban, mocsarakban, óceánokban, beköltözhetnek más szervezetekbe. Például, egyes fajai az ember és a kérődző állatok tápcsatornájában élnek, segítik az emésztés folyamatát. Az archeák között alig van parazita faj, de vannak fajok, amelyeket fel lehet használni a szerves maradványok lebontására.

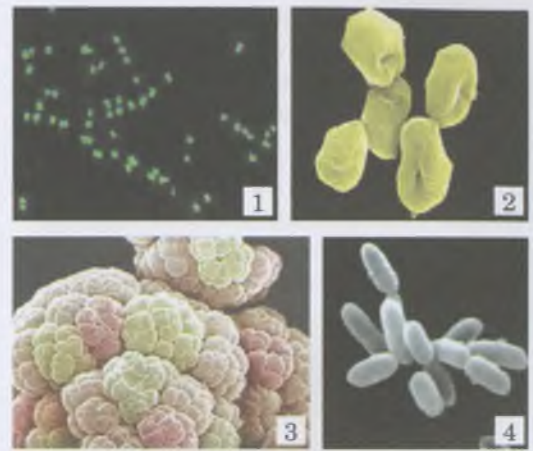
Az archeák között vannak aerob és anaerob, heterotróf és autotróf fajok (utóbbiak kemotrófok és fototrófok, melyeknek fotoszintetizáló pigmentje a bakteriorodopszin). Egyes archeák képesek megkötni a légköri nitrogént. Osztdással, bimbózással és fragmentációval szaporodnak. A baktériumokkal ellentétben az archeák nem képeznek spórákat.

## Jó tudni

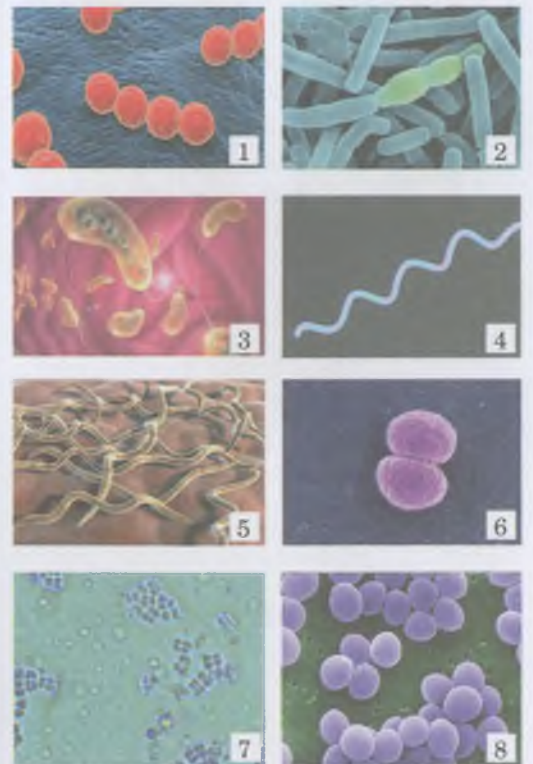
Egy nagy-britanniai herbáriumban a kiszáritott növény gyökeréhez tapadt talajban életképes spórákat találtak, amelyek életkora meghaladta a 300 évet. A tudósok feltételezik, hogy a baktériumok spórái egyes esetekben megőrzik életképességüket ezer évig. Az Anaerobacter nemzetség baktériumai képesek létrehozni 7 endospórárt, amit az ivartalan szaporodás különleges módjának tekinthetünk.

A baktériumokhoz tartoznak a különböző különleges sejtfelépítésű és életműködésű fajok. A baktériumsejtek formája változatos (258. ábra): gömb alakú (coccusok), pálcika alakú (bacillusok), elhajló (vibriók), spirál és a feltekert pálcika (spirillumok), hosszú és vékony spirálisan feltekert sejtek (spirochaeták) stb.

A párosan elhelyezkedő coccus-okat *Diplococcus*-oknak nevezzük, négyesével *Tetracoccus*-oknak, csoportosan *Sta-*

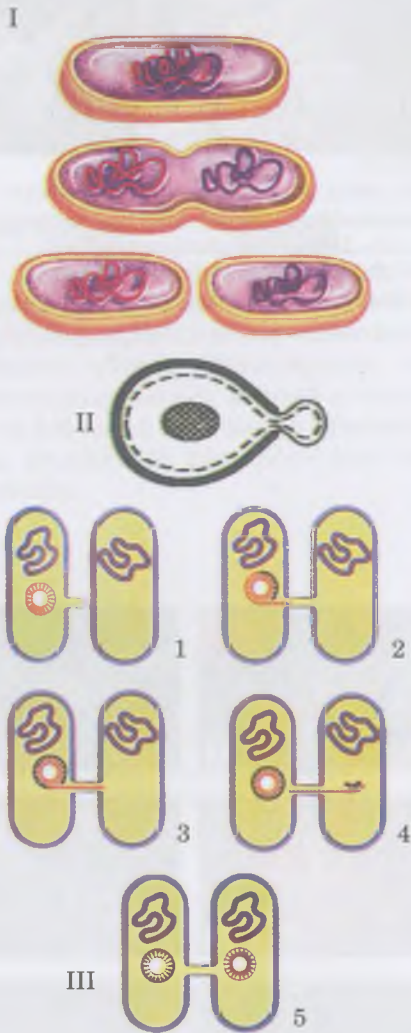


257. ábra. Archeák: 1 – *Halobacterium* nemzetség; 2 – *Sulpholobus* nemzetség; 3 – *Haloquadratum* nemzetség; 4 – *Methanosarcina* nemzetség (nem feltétlenül kell megegyezni)



258. ábra. A baktériumsejtek formája: 1 – Coccus-ok; 2 – Bacillus-ok; 3 – Vibriók; 4 – Spirillum-ok; 5 – Spirochaeták; 6 – Diplococcus-ok; 7 – Tetracoccus-ok; 8 – Staphylococcus-ok

⚡ Az **erjedés** anaerob folyamat, amely során a szerves vegyületek molekulái bizonyos enzimek hatására lebomlanak és ATP-molekulák szintetizálódnak.



259. ábra. A baktériumok szaporodási formája és ivaros folyamata:

I – kettéosztódás; II – a sarjadzás folyamatának vázlata;

III – a konjugáció során történő örökletes információ cseréjének folyamatábrája

*phylococcus*-oknak, fonalasan *Streptococcus*-oknak stb. Vanak többsejtű fajok is (cianobaktériumok, sugárgombák). Egyes baktériumok mozgásképtelenek, mások képesek a helyváltoztatásra ostorok vagy nyálka kiválasztása révén.

Egyes prokariótáknál (zöld kénbaktériumok, bíbor baktériumok és cianobaktériumok) rendelkeznek saját különleges fotoszintetikus készülékkel. A cianobaktériumoknál a plazmamembrán betüremkedése révén lapos zsebecskék jönnek létre, amelyben a klorofill van (lásd: 84. ábra).

**A baktériumok életműködésének sajátosságai.** A prokarióták között vannak autotrófok és heterotrófok (szaporfiták, paraziták). Az autotrófok között vannak fototrófok (zöld és bíbor baktériumok, cianobaktériumok) és kemotrófok (nitrifikáló, vas- és kénbaktériumok).

A baktériumok 3 fő energianyerési módja ismert: erjedés, aerob légzés, kemo- és fotoszintézis. Mindezen folyamatok alatt ATP-molekula képződik.

**Feladat:** A tanár segítségével jellemezték az erjedés típusait (alko-holos, tejsavas, ecetsavas, vajsavas)! Készítetek beszámolót arról, hogyan használja fel az ember ezeket a folyamatokat a saját háztartásában).

**Emlékezzetek:** A baktériumoknál a fotoszintézis végbe mehet oxigén felszabadulása nélkül, és oxigén felszabadulásával. Az első változat során a baktériumsejtben klorofill helyett más fotoszintetizáló színanyag (pigment), a **bakterio-klorofill** van (a zöld és bíbor baktériumoknál). Náluk a fotoszintézis folyamatában csak egy fotokémiai rendszer vesz részt, az elektrondonor szerepét a  $H_2S$ ,  $S_2$  (bíbor baktériumok),  $H_2$  és más vegyületek töltik be. A második változat a cianobaktériumokra jellemző, amelyekben **klorofill** található, és mindkét fotokémiai rendszer működik bennük.

A prokarióták sejtjei általában ivartalan módon szaporodnak: kettéosztódással (259. ábra, I), ritkábban sarjadzással (ilyenkor az elődsejtről bimbózással leválik az apróbb utódsejt; lásd: 259. ábra, II). Osztódás előtt a sejt mérete megnő, az örökítő anyaga (a DNS-molekula) megkettőződik. Mindegyik utódsejt az elődsejt örökítő anyagának egy részét kapja.

A prokariótáknál az ivaros folyamat **konjugáció** formájában történhet meg (259. ábra, III). Két szomszédos sejt között ideiglenes kapcsolat jön létre, minek köszönhetően megtörténik a DNS-molekulák cseréje.

Kedvezőtlen körülmények között egyes prokarióták spórákat vagy cisztákat képeznek (260. ábra, 1). A spóráképződés során az elődsejt citoplazmájának egy részét többnyire körbeveszi egyfajta sokrétegű burok, ezáltal jön létre a spóra. Az ilyen spórák az alacsony víztartalmuk miatt nagyon ellenállóak a magas hőmérséklettel szemben, kibírják a jelentősebb ionizáló sugárzást, különböző kémiai vegyületek hatásait stb.

Cisztaképződés során (betokozódás; 260. ábra, 2) tömör burok veszi körül az egész sejtet. A prokarióták cisztái ellenállóak a sugárzással, a szárazsággal szemben, de a spórákkal ellentétben nem bírják a magas hőmérsékletet.



260. ábra. A spóráképződés (1) és a cisztaképződés (2) folyamatának vázlata: a – burok; b – citoplazma

A cianobaktériumok, a nitrogénmegkötő baktériumokhoz hasonlóan, képesek megkötni a légköri nitrogént. Mivel a molekuláris oxigén inaktívvá teszi azokat az enzimeket, amelyek biztosítják a légköri nitrogén megkötését, a fonalas cianobaktériumoknál különleges sejtek jönnek létre – a heterociszták. A heterociszták belső tartalma meg van védve az oxigén bejutásától megvastagodott kettős sejtfallal. Ezek a sejtek össze vannak kötve a szomszédos sejtekkel mikroszkopikus méretű csövecskéken keresztül.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

egyszerű és összetett vírusok, emberi immunhiány-előidéző vírus (HIV), szerzett immunhiány tünetegyüttes (AIDS), prokarióták, archeák.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Milyen tudomány vizsgálja a vírusokat? 2. Hogyan fedezték fel a vírusokat? 3. Mely vírusokat nevezünk egyszerűeknek és melyeket összetetteknek? 4. Mivel jellemezhetőek a bakteriofágok? 5. Jellemezték az ember immunhiány-előidéző vírusának felépítését és életciklusát! 6. Miben különböznek a prokarióták sejtjei az eukarióta sejtjeitől? 7. Hogyan szaporodnak a prokarióták? 8. Mi a biológiai jelentősége a spóráképződésnek és a prokarióták betokosodásának (cisztaképződésének)? 9. Miben különbözik az archeák sejtje a baktériumsejtjétől?

### **Gondolkozzatok el rajta!**



1. A vírusrészecskék felépítése lényegesen egyszerűbb, mint az eukarióták vagy prokarióták sejtjeinek felépítése. Vajon kialakulhattak-e a vírusok a sejt felépítésű szervezeteknél korábban? 2. A tudósok úgy gondolják, hogy a Spirochaete baktériumok lehetnek az „ősei” az eukarióta sejtek bizonyos organellumainak (ahhoz hasonlóan, ahogy az aerob baktériumok a mitokondriumok ősei és a cianobaktériumok a kloroplasztiszoké). Szerintetek melyek ezek az organellumok?

## **47. §. EUKARIÓTÁK: GOMBÁK, NÖVÉNYEK, ÁLLATOK**

*Emlékezzetek* az eukarióták sejtjeinek felépítésére és működésére! Melyek a növények és a gombák reproduktív szervei?

Az eukariótákhoz egysejtű és többsejtű szervezetek tartoznak, amelyek sejtjei a fejlődésük legalább egyik szakaszában rendelkeznek kettős membránnal körülvett sejttaggal, illetve különböző organellumokkal. (*Emlékezzetek vissza rájuk!*) A sejttagon kívül az eukarióták DNS-molekulái megtalálhatóak a mitokondriumokban és a plasztiszokban. Az eukarióta sejt osztódása általában a mitózis vagy a meiózis, melyek lefolyása közben magorsó jön létre.

Hagyományosan az eukariótákat három csoportra (országokra) osztják: gombák, növények és állatok.

A **gombák** a heterotróf szervezetek változatos csoportjai, amelyek szerves vegyületek anyagaival táplálkoznak. A gombákat a **mikológia** vizsgálja.

A gombák mérete különböző: lehetnek mikroszkopikusak (például az élesztőgomba) vagy óriásiak, amelyek termőteste



### **Röviden a lényeg**

A vírusok sejtnélküli életformák. Ezek kizárólagosan a baktériumok, a gombák, a növények, az állatok és az ember sejtjein belüli parazitái. A gazdaszejtjein kívül a vírusrészecskék nem mutatnak élettevékenységet. Szaporodásuk csak azon a sejtjein belül lehetséges, amelyben élősködnék.

A vírusburok kémiai összetétele alapján lehetnek egyszerűek és összetettek. Az egyszerű vírusoknál a burok csak fehérjéből áll, az összetetteknek lipideket és szénhidrátokat is tartalmaz.

Mivel a vírusok nem sejt felépítésűek, őket a sejtnélküli életformákhoz soroljuk. A vírusok osztályozása a vírusrészecskék felépítéséről függ. Minden vírus a Vira országba tartozik.

A prokarióták sejtmag nélküli szervezetek, amelyeket két országba sorolnak: Archeák és Baktériumok.

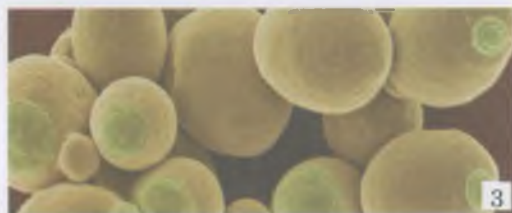
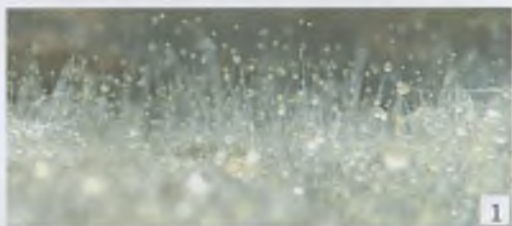
Az archeák felépítésükben és életműködésükben különböznek a baktériumoktól. A sejtfaik nem tartalmaz mureint, ami a baktériumokra jellemző. Sok fajuk rendelkezik ostorral. Az archeák örökítőanyaga a gyűrűs DNS-molekula. Az archeák nem képesek enzimeket szintetizálni, amelyek biztosítanák az összetett szerves vegyületek lebontását, ezért csak az egyszerű szerves vegyületekkel táplálkoznak.

A baktériumokhoz sokféle sejt felépítésű és életműködésű faj tartozik.



261. ábra. A ragadozó gomba (a) a hifái segítségével elkapja a fonálférget (b). A gombák ilyen ragadozó fajait fel lehet használni a fonálférgek elleni biológiai védekezésben

**Jegyezzük meg!** A gombák többségénél (például a kalaposgombáknál) a micéliumok soksejtűek, másoknál egysejtűek (fejespenész; vö. 262. ábra, 1).



262. ábra. 1. Az egysejtű fejespenész.  
2. A kalaposgombák felépítése.  
3. Az élesztőgomba sejtjei

263. ábra. Nem valódi gombák:  
1 – az élénksárga cservirág nyálkgomba vegetatív teste  
2 – *Trichia* nyálkgomba

elérheti az 50 cm-nél nagyobb méretet is. Ennek az országnak sok képviselője **reducens**, vagyis képesek lebontani a szerves anyagokat egyszerű szervetlenekké. Gombák között vannak egysejtű, telepes és többsejtű fajok. **Emlékezzetek:** sok gombafaj teste fonalakból, **hifákból** áll. Ezeknek az összessége a **micélium**.

A gombákat táplálkozásmódjuktól függően szaprofiták, szimbiotrófok (más élőlényekkel szimbiózisban élnek), paraziták és még ragadozók is (apró gerinctelen állatokkal táplálkoznak; 261. ábra).

A micéliumok egy része abban a szubsztrátumban helyezkedik el, amelyiken a gomba nő, a másik része a felszínen (262. ábra, 2). Ez utóbbiakból nőnek ki a gombák reproduktív szervei, amelyek biztosítják az ivartalan és az ivaros szaporodást. A gombák ilyen felépítése növeli a felszínüket, és biztosítja a szubsztrátummal való szoros kapcsolatukat.

Vannak gombák, amelyek nem rendelkeznek micéliumokkal, például az élesztőgomba (262. ábra, 3). Az ilyen gombák intenzív sejtosztódása révén sejtláncokat hoznak létre.

Egyes gombáknak, például a nyálkgombáknak (a **gombaszerű élőlényekhez** sorolják őket) a sejtjei nem rendelkeznek rugalmas sejtfallal, ennek köszönhetően változtathatják formájukat (263. ábra). Ezek az organizmusok fagocitózis segítségével képesek bekebelezni a táplálékot, és emésztő vakuólumokat létrehozni.

Vannak gombák, amelyek képesek **plazmódiumokat** képezni, azaz sokmagvú (néhánytól néhány tízezerig) képződmények, amelyeknek nincs tömör sejtfa. Méreteik elképesztőek lehetnek – akár 50 cm is (például az élénksárga cservirág nyálkgomba; 263. ábra, 1). A plazmódiumok lehetnek mozgásképtelenek vagy képesek lehetnek a helyváltoztatásra állabak segítségével.

A **valódi gombák** sejtjei, akárcsak a növényi sejtek, tömör sejtfallal rendelkeznek. A sejtfa többnyire nitrogéntartalmú kitinből és más poliszacharidokból áll. A kitin növeli a sejtfa szilárdságát és ellenálló képességét a különböző kémiai anyagokkal szemben. A gombák sejtfa gyakran bizonyos színanyagok (például melanin) következtében színesek.

A gombák többségének citoplazmájában, az állati sejtekhez hasonlóan, glikogén (poliszacharid) formájában tartalék tápanyag halmozódik fel, a vakuólumokban pedig fehérjeszemcsék. A gombák között vannak aerobok és anaerobok (például az élesztőgomba, amely alkoholos erjedést idéz elő). Az anyagcseréjük végterméke az urea (karbamid).

A gombák különböző módon szaporodnak. Az ivartalan szaporodás általában spórákkal történik. Az élesztőgomba, ahogy már tudjátok a 6. osztályos tananyagból, bimbózással



szaporodik, ritkábban osztódással. A vegetatív osztódás leggyakrabban a micélium részeinek elküldése által történik (fragmentáció).

Több mint 100 ezer valódi gombafaj és gombaszerű szervezet él a talajban, a különböző vizekben, a szerves maradványokban, az élelmiszerekben, illetve a szervezetek felszínén vagy belsejében, különböző betegségeket kiváltva.

Jelenleg a gombák rendszertanát illetően különböző nézetek vannak. Már tudjátok, hogy feltételesen gombaszerű orgazmusokra és valódi gombákra osztják őket. Mindkét csoporton belül külön törzseket különítenek el. Például, a gombaszerű élőlények között olyan törzsek vannak, mint a sejtes nyálkagombák (Acrasiomycota) és a valódi nyálkagombák (Myxomycota). A rajzospórás gombák (Chytridiomycota), a járomspórás gombák (Zygomycota), a tömlősgombák (Ascomycota) és a bazídiumos gombák (Basidiomycota) törzse. Ezek együttesen alkotják a valódi gombák csoportját (nem szükséges megjegyezni).

A valódi gombák különleges csoportja a **zuzmók**, amelyek szimbiózisban élnek zöldmoszatokkal és cianobaktériumokkal (264. ábra).

Közel 20 ezer zuzmó faj ismert, amelyek mindenütt elterjedtek a tundrától az Antarktiszig. Belepik a különböző, gyakran szerves vegyületekben szegény, szubsztrátumokat: köveket, homokot, fák törzsét stb. Hosszú ideig élnek, akár több száz és több ezer évig (a tudósok megállapították a Grönlandon talált egyik zuzmó életkorát, kb. 4500 éves volt).

**Növények.** A növények között vannak egysejtűek (kovamoszatok, egyes zöldmoszatok, vörösmoszatok) és többsejtűek (sok barna- és vörösmoszat faj, zöldmoszatok, magasabb rendű spórás és virágos növények; 265, 266. ábra). A többsejtű növények többségének (mohák, zsurlók, páfrányok, korpafüvek, nyitvatermők, zárvatermők) vannak szövetei és szervei, a szerveik lehetnek vegetatívák (gyökér és hajtás) és generatívák (spóratokok, virágok stb.) A növényi szövetek felépítésének sajátossága, hogy hiányzik belőlük vagy gyengén fejlett a sejtközi állomány, ugyanakkor lehetnek bennük sejtközi terek.

A növények országának jellegzetes vonása a sejtek felépítésében rejlik. Van sejtfaluk, amely poliszacharidokból, főként cellulózból és pektinből áll. A szomszédos sejtek a sejtfalban lévő mikroszkopikus csövecskékkel kapcsolódnak egymáshoz. A citoplazma gyakran tartalmaz sejtnedvvel teli vakuólumokat, illetve különböző plasztiszokat. A klorofillnak köszönhetően a növények többsége képes fotoszintetizálni, vagyis autotrófok. A fotoszintézis következtében a növényi sejtekben poliszacharidok (a zöldmoszatokban és a növényekben keményítő, a barnamoszatokban laminarin, a vörösmoszatokban floridea-keményítő) halmozódik fel. Egyes növényfajok, főként a paraziták, nem rendelkeznek klorofillal, ennek megfelelően heterotrófok (például az aranka, amely más növényeken élőszkodik). A növények többnyire helyhez kötött életmódot folytatnak; csak egyes moszatfajok képesek az aktív helyváltoztatásra, ezek sejtjei ostorokkal rendelkeznek (chlamydomonas, volvox).

A növények sokféleségét, felépítését, életműködését, kapcsolatait más élőlényekkel és az életfeltételekkel, a szétter-

## Jó tudni

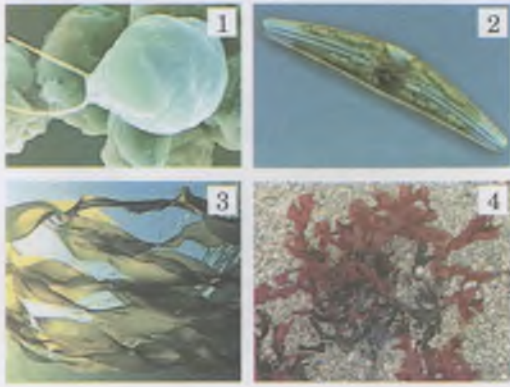
A hifák képesek gyorsan nőni. Vannak olyan gombák, amelyek képesek egy nap alatt több mint egy kilométernyi micéliumot képezni.

## Jó tudni

A gombák nagy mennyiségű spórákat képesek létrehozni (például az óriás pöfeggomba  $7 \times 10^{12}$  spórárt termel), amelyek a széllel, a vízzel vagy az állatok által terjednek szét.



264. ábra. A zuzmók külső felépítése:  
1 – kéregtelepű, 2 – leveles (lombos),  
3 – bokros



265. ábra. A moszatok különböző képviselői: 1 – zöldmoszat (*Chlamydomonas*); 2 – kovamoszat; 3 – barnamoszat (*Laminaria*); 4 – vörösmoszat (*Phyllophora*)

## Jó tudni

Korábban a növényeket magasabb rendűekre és alsóbbrendűekre osztották, jelenleg az ilyen felosztást elavultnak tekintik. Valamikor az alsóbbrendű növényekhez sorolták a moszatokon kívül a baktériumokat és a gombákat is.

jedésük törvényszerűségeit a **botanika** tanulmányozza. A tudósok több mint 320 ezer növényfajt ismernek.

A **moszatok** törzsek csoportja, amelyekhez egysejtű, telepes és többsejtű fajok tartoznak (lásd: 265. ábra). A többsejtű fajoknak nincsenek edényeik és differenciált többsejtű szerveik. A moszatok autotróf organizmusok, különböző vizekben, nedves talajokban, szárazföldön élnek, szimbiózisba léphetnek gombákkal és növényekkel.

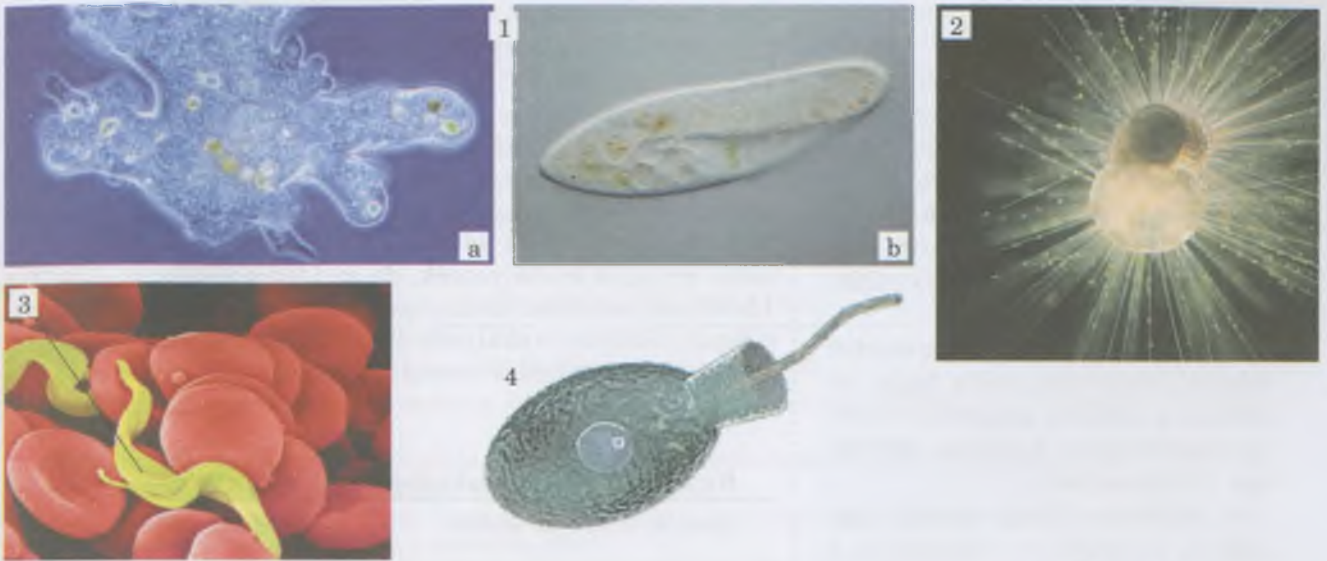
A **magasabbrendű spórás növények** a többsejtű növények törzseinek csoportja, mely növények, a moszatoktól eltérően valódi szövetekkel és szervekkel rendelkeznek (kivéve néhány mohát). Nevüket arról kapták, hogy ivartalan szaporodásuk spórákkal történik, amelyeket a sporangiumokban képződnek (az ivartalan nemzedék generatív szervei). A magasabb rendű spórás növényekhez tartoznak a mohák, páfrányok, zsurlók és a korpafüvek (lásd: 266. ábra, I). Az utolsó hármat az edényes növényhez soroljuk, mivel vannak edényeik. Ugyanakkor a mohák nem rendelkeznek ilyen szövetekkel.

A **virágos vagy magvas növények** két magasabb rendű növénytörzset foglal magában (nyitvatermők és zárvatermők), amelyek képviselői képesek magvak (olyan struktúrák, amelyek a szaporodást és a szétterjedést szolgálják) formálására (lásd 266. ábra. II). *Emlékezzetek:* A magot maghéj borítja, belsejében hordozza a csírárt és az endospermiumot (tápanyagot tartalmazó embrionális szövet).

Az **állatok** többnyire heterotróf egysejtű, telepes vagy többsejtű organizmusok. Az állatok többsége, a növényektől és a gombáktól eltérően, képesek az aktív helyzetváltoztatásra. Az állati sejtek plazmamembránja felett egy vékony rugalmas



266. ábra. A magasabbrendű növények sokfélesége: I – magasabbrendű spórás növények: 1 – mohák; 2 – páfrányok; 3 – zsurlók; 4 – korpafüvek; II – virágos növények: 1 – nyitvatermők; 2 – zárvatermők



267. ábra. Az egysejtű állatok különböző képviselői:

- 1 – az édesvizek lakói: a – óriás amóba; b – papucsállatka;  
 2 – a tengerek lakói – likacsoshéjúak; 3 – az ember és az emlősök  
 vérében élősködő – Trypanosoma; 4 – egy galléros ostoros faj  
 (őket gondolják a többsejtű növények őseinek)

réteg, glikokalix van. Maguk a sejtek glikogént tárolnak. Néhány egysejtű kivételével (zöld eugléna) az állatok nem rendelkeznek kloroplasztisszal, ezért képtelenek a fotoszintézisre.

Az állatok megtalálhatóak az édes és sós vizekben, a felszíntől a legnagyobb mélységekig; a szárazföldön a trópusoktól a pólusokig. Sok állatfaj más fajokban él. A gazda szervezetekkel különböző kapcsolatuk lehet: mutualizmus, kommenzalizmus és parazitizmus. Szaporodnak ivartalan vagy ivaros módon. Felépítésüket, életműködésüket, sokféleségüket és az elterjedésüket, illetve a jelentőségüket a természetben és az ember életében a **zoológia** vizsgálja.

Korábban az állatokat két alországba osztották – egysejtűekre és többsejtűekre. Ugyanakkor az ilyen rendszert elavultnak vélik, manapság az állatvilág rendszerét aktívan átdolgozzák: azok a fajok, amelyeket korábban az egysejtűekhez soroltak, az eukarióták különböző országaiba kerültek át.

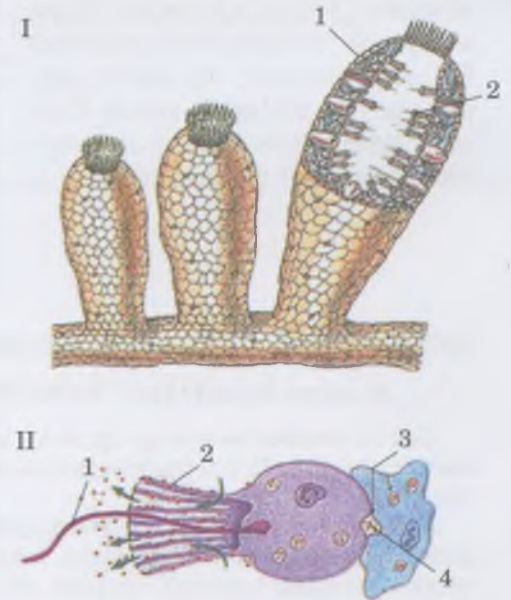
A **többsejtű állatok** teste sok részből áll, amelyek különböző funkciókat látnak el és eltérő a felépítésük (a **sejt differenciáció jelensége**). A többsejtű állatokat álszövetesekre és valódi szövetesekre osztják.

Az **álszövetesek** nem képeznek valódi szöveteket, nem rendelkeznek idegrendszerrel. Ezért az olyan életfunkciók, mint a táplálkozás, a légzés, az ingerfelfogás (érzékelés) bizonyos típusú sejtek funkciója, nem pedig az egész szervezeté. Az álszövetes állatok tipikus képviselője a szivacsok törzse (268. ábra).

Figyeljétek meg a szivacsok galléros ostoros sejtjeit (lásd: 268. ábra, II) és az egysejtű galléros ostorosok sejtjeit (lásd: 267. ábra, 4). Nemcsak felépítésükben hasonlóak, de örökletes információkészletük is hasonló. Ezért a galléros ostorosokat tekintik a többsejtű állatok őseinek.

## Jó tudni

Jelenleg a tudósok nem három országot különböztetnek meg az eukariótákon belül, hanem ötöt vagy hatot.



268. ábra. I. A szivacs felépítésének vázlatja: 1 – külső sejtek, 2 – belső sejtréteg, amelyben megtalálhatjuk a galléros ostoros sejtet; II. A galléros ostoros sejt felépítése, amelyek ostorai a vizet hajtják: 1 – ostor; 2 – a citoplazma kinövései alkotta gallérok, amelyeken keresztül megszűrődnek a táplálék szemcsék; 3 – amöboid sejt; 4 – táplálék szemcsék, amelyek a galléros ostoros sejtectől az amöboid sejtekhez kerülnek



## Röviden a lényeg

Az eukariótákhoz olyan szervezetek tartoznak, amelyek sejtjei a fejlődésük legalább bizonyos szakaszában rendelkeznek sejtmaggal, illetve különböző egy- és kétmembrános szervecskékkel. Az eukariótákat három csoportra (országra) osztják: Gombák, Növények és Állatok.

A gombák a heterotróf szervezetek sokszínű csoportja, amely tagjai általában a szerves vegyületek oldatával táplálkoznak. A gombák lehetnek egy- és többsejtűek.

A növények között vannak egysejtűek, telepések és többsejtűek. A többsejtű növények többségének vannak szövevei és szervei (vegetatív és generatív).

Az állatok általában egy- vagy többsejtű heterotróf szervezetek. Az állati sejtek plazmamembránja felett glikokalix található és gyakran képek a fagocitózisra, glikogén raktározásra. A többsejtű állatokat álszövetesekre (például a Szivacsok törzse, amelyknél nem jönnek létre szövetek és valódi szervek) és valódi szövetesekre (a többsejtű állatok többsége, amelyekben kialakulnak a szövetek és a valódi szervek) osztják.

A valódi szövetes állatoknál a hasonló felépítésű és funkciójú sejtek szöveteket alkotnak. Ezekből állnak a szervek és a szervrendszerek. Az egy bizonyos funkcióra specializálódott többsejtű állatok sejtjei elveszítik önállóságukat. A külső sejtréteg kültakarót hoz létre, ami elkülöníti a belső szöveteket és szerveket a külső környezettől. Így jön létre a szervezet belső közege. Az ilyen állatok rendelkeznek idegrendszerrel, ezért az életfunkcióikat nemcsak biológiailag aktív anyagok szabályozzák, de az idegrendszer is. A kettős szabályozó rendszer biztosítja a többsejtű állatok életfunkcióinak tökéletes szabályozását, illetve bizonyos képviselőknél az összetett viselkedési mintázatokat is.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

gombák, növények állatok.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mely szervezetek tartoznak az eukariótákhoz? 2. Mivel jellemezhető a gombák országa? 3. Mely többsejtű eukariótáknál nincsenek valódi szövetek? 4. Milyen csoportjai vannak a magasabbrendű növényeknek? 5. Miben különböznek a primitív többsejtű állatok a valódi többsejtű állatoktól?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Miért van az, hogy az egysejtű eukarióták sejtjei általában összetettebb felépítésűek, mint a bizonyos szöveteket alkotó többsejtűek sejtjei?

### **Kreatív feladat**



Az előző években tanultakat felhasználva emlékezzetek vissza az embernél leginkább elterjedt fertőzésekre (a fertőző ágens lehet vírus, baktérium, gomba) és invazív megbetegedésekre (a fertőző ágens egysejtű vagy többsejtű állat)! A tanár segítségével javasoljatok hatékony megelőzési és a fertőző ágenssel szembeni módokat!

## **\*GYAKORLATI MUNKA 4 (A TANÁR DÖNTÉSE ALAPJÁN)**

### **A sejtes és sejtnélküli életformák felépítésének és szaporodásának összehasonlítása**

**Cél:** az elméleti tananyag rögzítése. Vázlatok és mikropreparátumok segítségével megtanítani a sejtnélküli életformák (vírusok), a prokarióta és eukarióta sejtek sajátosságainak meghatározását, a szaporodási folyamataik összehasonlítását!

**Eszközök és anyagok:** mikroszkópok, a T4 bakteriofág, az E. coli és az emberi epidermisz sejtek felépítésének vázlata és mikrofelvételei, a bakteriofág bejutását és szaporodását illusztráló vázlatok, a bakteriális sejtek osztódását bemutató vázlatok, az epiteliális sejtek felépítését bemutató vázlatok és mikrofelvételek, a mitózis különböző fázisait bemutató vázlatok és mikropreparátumok.

#### **A munka menete**

1. Tanulmányozzátok részletesen a T4 bakteriofágot bemutató vázlatokat és mikrofelvételeket! Jellemezzétek a vírus felépítését!
2. Részletesen tanulmányozzátok a vázlatot, amely a T4 bakteriofág gazdasejtbe jutásának és szaporodásának folyamatát ábrázolja! Jellemezzétek a vírusszemcsék formálódásának főbb szakaszait a gazdasejtben!
3. Részletesen tanulmányozzátok az E. coli sejtjeiről készült vázlatot és mikrofelvételeket! Találjátok meg a sejtalkotókat (sejtfal, citoplazma, nukleoid, riboszómák, ostorok)! Jellemezzétek a prokarióta sejtek felépítésének sajátosságait!
4. Részletesen tanulmányozzátok a vázlatot, amely bemutatja az E. coli baktérium osztódását! Jellemezzétek a folyamatot!



5. A mikropreparátumok, a vázlatok és a mikrofelvelelek segítségével ismerkedjete meg az epidermisz sejtek felépítésének sajátosságaival! Találjátok meg a sejtalkotókat: sejtfalet, a sejtmagot, a főbb organelumokat! Jellemezzétek az eukariota sejtek felépítésének sajátosságait! Találjátok meg a prokarióta és az eukarióta sejtek közötti hasonlóságokat és különbségeket!

6. A mikropreparátumok, a vázlatok és a mikrofelvelelek segítségével ismerkedjete meg az eukarióta sejtek mitózisának folyamatával! Jellemezzétek a mitózis különböző fázisait! Találjátok meg a prokarióta és az eukarióta sejtek osztódása közötti hasonlóságokat és különbségeket!

7. Vonjátok le a következtetéseket és írjátok be azokat a füzetbe!

## TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK

### *Jelöljétek meg a helyes választ!*

1. Nevezétek meg a sejt szerveződési szintjén lévő biológiai rendszert: a) prionok; b) archeák; c) viroidok; d) vírusok!
2. Határozzátok meg mind a prokarióta, mind pedig az eukarióta sejtekre jellemző organelumokat: a) sejtmag; b) endoplazmatikus retikulum; c) mitokondriumok; d) riboszómák!
3. Nevezétek meg a szervezeteket, amelyekben fotoszintézis során nem szabadult fel oxigén: a) bíbor baktériumok; b) zöldmoszatok; c) vörösmoszatok; d) kovamoszatok!
4. Határozzátok meg, miben különböznek a primitív többsejtű állatok a valódi többsejtű állatoktól: a) vannak differenciált sejtjei; b) van idegrendszerük; c) van sejtmagjuk; d) nincs izomszövetük!
5. Határozzátok meg, miben különböznek a gombaszerű élőlények a valódi gombáktól: a) képesek a fagocitózisra; b) a sejtfaletben kitin található; c) vannak valódi szöveitek; d) sejtjeik maggal rendelkeznek!
6. Határozzátok meg, miben különböznek a cianobaktériumok más baktériumoktól: a) van sejtmagjuk; b) képesek a fotoszintézisre; c) van klorofilljuk; d) rendelkeznek mitokondriumokkal!
7. Határozzátok meg a struktúrát, amelyik kapcsolatban áll a cianobaktériumok légköri nitrogén megkötő képességével: a) vastagfalú heterociszták vannak; b) gáztartalmú vakuólumokkal rendelkeznek; c) a plazmamembrán betüremkedéseikben klorofill található; d) sejtnedv tartalmú vakuólumai vannak!.

### *Asszociációs teszt*

8. Társítsátok a különböző csoportba tartozó eukarióták sejtjeit a rájuk jellemző mozgásszervecskével!

- |                 |                                                    |
|-----------------|----------------------------------------------------|
| 1 valódi gombák | <b>A</b> egy mikrosövecskéből álló ostorok         |
| 2 növények      | <b>B</b> mikrosövecskék csoportjaiból álló ostorok |
| 3 állatok       | <b>C</b> ostorok, csillók és állábak               |
| 4 baktériumok   | <b>D</b> nem rendelkeznek mozgásszervecskével      |

9. Társítsátok a tudományterületeket az általuk vizsgált szervezetcsoporttal!

- |                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| 1 bakteriológia | <b>A</b> vírusok          |
| 2 botanika      | <b>B</b> egysejtű állatok |
| 3 zoológia      | <b>C</b> moszatok         |
| 4 mikológia     | <b>D</b> cianobaktériumok |
|                 | <b>E</b> élesztőgomba     |

10. Hasonlítsátok össze a bélyegeket, amelyek a szervezetek különböző országaiban jellemzők!

- |               |                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------|
| 1 baktériumok | <b>A</b> van glikokalixuk                       |
| 2 gombák      | <b>B</b> csak egy típusú nukleinsavuk van       |
| 3 növények    | <b>C</b> a sejtfaletben kitin található         |
| 4 állatok     | <b>D</b> a sejtfaletben murein található        |
|               | <b>E</b> a citoplazmában keményítő raktározódik |

### *Nyílt végű feladatok*

11. Milyen szervek és szervezetek vesznek részt az állatok életfunkcióinak szabályozásában?
12. Milyen egysejtű állatokat tartalmaz a többsejtűek őseinek? Miért?
13. Miért nem tartják a sejtés felépítésű szervezetek őseinek a vírusokat?
14. Úgy gondolják, hogy az eukarióták olyan organelumai, mint a kloroplasztiszok és a mitokondriumok bizonyos típusú prokarióta sejtektől erednek. Melyekről? Támasszátok alá a feleletet!
15. Miért van az, hogy a vírusok csak a gazdasejtekben képesek szaporodni?
16. Mi a közös és a különböző az archeák és a baktériumok között?
17. Mi a közös és a különböző a valódi gombák és a gombaszerű szervezetek között?
18. Miért tartoznak a zuzmók a valódi gombákhoz, és nem a moszatokhoz vagy a cianobaktériumokhoz?
19. Mi a hasonlóság és a különbség a primitív többsejtű és a valódi többsejtű állatok között?



## 8. TÉMA. SZERVEZETFELETTI BIOLÓGIAI RENDSZEREK

**Ebben a témában megismerkedhettek:**

- az ökológiai tényezők szervezetekre és csoportosulásaikra gyakorolt hatásának fő törvényszerűségeivel;
- az ökoszisztémák struktúrájával és működésének törvényszerűségeivel, sokféleségével;
- a trofikus kapcsolatokkal, az energiaáramlással és az anyagkörforgással;
- az ökoszisztémák stabilitásával és a stabilitás megbomlásának okaival;
- az egyetlen globális ökoszisztémával – a bioszférával; a bioszféra működésének törvényszerűségeivel;
- az ember bioszférára gyakorolt hatásával; a szervezetek faji sokféleségének védelmét szolgáló főbb módszerekkel és a környezet állapotával.

**Jegyezzük meg!** Az ökológia – az élőlények és társulásaik egymással, valamint a környezettel való kölcsönhatásait, az egyed feletti szerveződési szintű rendszerek (populációk, ökoszisztémák, bioszféra) szerkezetét és működését tanulmányozó tudomány.

### 48. §. ÖKOLÓGIA. AZ ÖKOSZISZTÉMA ÉS JELLEMZÉSE

*Emlékezzetek, mi a monitoring és a biológiai modellezés! Mi a populáció, a faj, az ökoszisztéma?*

**Az ökológia mint önálló biológiai tudomány** már több, mint 150 éve létezik. Az „ökológia” kifejezést először a kiváló német biológus, Ernst Haeckel (lásd 219. ábra) javasolta 1866-ban.

Az ökológia fő feladatai:

- a szervezetek és társulásaik egymás közötti, valamint a környezeti feltételekhez fűződő kapcsolataik törvényszerűségeinek feltárása;
- a csoportosulások szerkezetének és működésének vizsgálata;
- az egyes ökoszisztémákban és a bioszféra egészében végbemenő változások megfigyelése, a változások következményeinek előrejelzése;
- adatbázis létrehozása és ajánlások kidolgozása a gazdasági tevékenység ökológiailag biztonságos tervezése céljából;
- az ökológiai ismeretek alkalmazása a környezetvédelemben és a természeti erőforrások ésszerű felhasználásában.

Az ökológia feladata a szervezetek, a társulások és a környezeti feltételek közötti kapcsolatok sokféleségének és szerkezetének vizsgálata; a csoportosulások összetételének és működésbeli törvényszerűségeinek vizsgálata.

Az ökológusok különböző eljárásokat és kutatási módszereket alkalmaznak. Az ökológiai jelzés (indikáció) módszerei lehetővé teszik az ökoszisztémák állapotának és tulajdonságainak meghatározását célirányosan kiválasztott élőlénycsoportok (indikátorok) fajösszetétele és számbeli viszonyai alapján (269. ábra). Ezek olyan fajok, amelyek pontosan reagálnak a környezet változásaira. Az ökológiai megfigyelési (monitoring) módszert a vizsgálati objektumok állapotának állandó figyelemmel kísérésére alkalmazzák. A korszerű ökológiai kutatásokban széleskörűen használják a



269. ábra. 1. Mezei zsurló – a talaj savanyúságának indikátora;  
2. Tavirózsa – a víz tisztaságának indikátora

modellezést és a kapott eredmények statisztikai feldolgozását. Különböző ökológiai intézmények komoly erőfeszítéseket tesznek a lakosság ökológiai ismereteinek a fejlesztésére.

**A populáció, mint a faj és az ökoszisztéma strukturális egysége.** Korábban már megismerkedtünk az élő anyag populációs faji szintjével.

Már tudjátok, hogy minden populáció a faj strukturális funkcionális egysége. Ez azzal van kapcsolatban, hogy minden faj egymással kölcsönhatásban lévő populációk rendszere. Csak ritkán (egyes ritka és veszélyeztetett fajoknál) képviseli a fajt egyetlen populáció. Már azt is tudjátok, hogy a populáció az evolúció alapegysége, mivel benne zajlanak le a mikroevolúció folyamatai (örökletes változékonyság, populációs hullámok, izoláció), amelyek új faj képződését okozhatják.

Az is ismert számotokra, hogy a különböző fajok populációi nincsenek elkülönítve egymástól a természetben, hanem kölcsönviszonyban állnak egymással.

## Jó tudni

A különböző fajok egymással kölcsönös kapcsolatban álló populációi által alkotott csoportosulásokat, amelyek egy homogén feltételekkel rendelkező területet népesítenek be **biocönózisnak** nevezzük (gör.: *bios* – élet és *koinos* – közös). Ezt a kifejezést Karl August Möbius javasolta (270. ábra).

**Az ökoszisztéma.** A fajok populációi, amelyek bizonyos társulás részei, szoros kapcsolatban állnak nem pusztán egymással, de a fizikai környezet feltételeivel is (vagyis az élettelen természettel). A külső környezetből jutnak hozzá az anyagokhoz, amelyek szükségesek az életműködésük biztosítására, majd ide juttatják vissza az anyagcseréjük termékeit. Ilyen módon, a társulások és a fizikai környezet egységes funkcionális rendszert alkotnak – az **ökoszisztémát**.

## Jó tudni

Az ökoszisztéma fogalmát 1935-ben az angol ökológus Arthur Tansley (271. ábra) javasolta. Úgy tekintett az ökoszisztémára, mint a természet funkcionális egységeire, amelyek képesek magukba foglalni a bioszféra bármelyik részét.

1942-ben az ismert ökológus Volodimir Mikolajovics Szukacsov (272. ábra) a **biogeocönózis** (gör.: *bios* – élet, *geó* – Föld és *koinos* – közös) fogalmát javasolta. Ez többé-kevésbé homogén létfeltételeket nyújtó meghatározott terület, melyet az élőhely viszonyai, az anyagok körforgása és az energiaáramlás által egymással kölcsönös kapcsolatban lévő, különböző fajok populációi népesítenek be. Valamennyi biogeocönózis alapját az autotróf szervezetek képezik.

Az ökoszisztémában elkülönítenek biotikus (populációk összessége – biocönózis) és abiotikus részeket (a fizikai környezet feltételei; v.ö. 273. ábra).

Minden ökoszisztéma bizonyos fajgazdagsággal, biomasszával, produktivitással, a fajok populációinak sűrűségével, az általa elfoglalt területtel vagy térfogattal jellemezhető.

Az ökoszisztéma **faji sokféleségét** a populációk alkotta fajok száma határozza meg. Vannak jelentéktelen (sivatag,



270. ábra. **Karl August Möbius** (1825–1908) az ökológia egyik megalapítója; a tengeri szervezetek társulásait vizsgálta, különösen az osztrigákét.



271. ábra. **Arthur Tansley** (1871–1955) brit botanikus, az ökológia egyik alapítója

**Jegyezzük meg!** Az **ökoszisztéma** (gör.: *oikos* – ház, tartózkodási hely és *systema* – részek együttese, összesség) – a különböző fajok populációinak összessége, amelyek egymással és az élettelen természettel a rendszeren belüli energiaforgalmat és az anyagkörforgást biztosító kölcsönös kapcsolatban vannak.



272. ábra. **Volodimir Mikolajovics Szukacsov** (1880–1967) ismert tudós, a növénytársulásokat kutatta. A biogeocönológia (az szervezetek több fajból álló társulásait vizsgáló tudomány) egyik megalapítója



273. ábra. Az ökoszisztéma struktúrája: 1 – abiotikus rész; 2 – biotikus rész; 3 – a biotikus és abiotikus részeket magába foglaló ökoszisztéma



274. ábra. Kis fajgazdaságú (1 – tundra) és nagy fajgazdaságú (2 – korallzátony) ökoszisztémák.

**Feladat:** Határozzátok meg, hogy ezekben az ökoszisztémákban mely fajok dominálnak!

### Röviden a lényeg

Az ökológia összetett biológiai tudomány, amely az élő szervezetek és társulásaik egymással és a külső környezettel való kapcsolataival, a szervezet feletti rendszerek (populációk, ökoszisztémák, bioszféra) struktúrájával és működésével foglalkozik.

A különböző fajok populációi nem elkülönülve léteznek a természetben, hanem valamiféle kapcsolatban állhatnak egymással. Ennek köszönhetően a különböző fajok egyedei társulásokat alkotnak. A különböző fajok populációi kölcsönhatásba lépnek az élettelen természettel, aminek következtében létrehozzák az ökoszisztémákat.

tundra) és nagy (trópusi erdő, korallzátony) fajgazdagságú ökoszisztémák (274. ábra). A faji sokféleség az ökoszisztéma létezésének idejétől függ: kialakulásának és fejlődésének folyamán a fajgazdagság általában nő. A nagy egyedszámú populációkkal rendelkező fajok határozzák meg az ökoszisztéma jellegét (például, az árvalányhaj az árvalányhaj mezőn, a tölgy és a gyertyán a tölgyes gyertyános erdőben).

Minden ökoszisztéma rendelkezik bizonyos struktúrával: faji, térbeli, ökológiai. A **faji struktúra** a faji sokféleségtől, az egyes fajokhoz tartozó populációk egyedszámának és sűrűségének arányaitól függ. A legnagyobb egyedszámú fajokat **domináns (uralkodó)** fajoknak nevezzük.

A **térbeli szerkezetet** elsősorban a különböző növényfajok egymáshoz viszonyított térbeli elhelyezkedése – lépcsőzetessége – jelenti. Az ilyen elhelyezkedés csökkenti a növények versengését a fényért, az állatoknál a versengést a táplálékért.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

ökoszisztéma, biocönózis, biogeocönózis.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mit tanulmányoz az ökológia? 2. Mi az ökológia fő feladata? 3. Milyen vizsgálati módszereket alkalmaznak az ökológusok? 4. Mi az ökoszisztéma? Milyen a struktúrája?

### Gondolkodjatok el rajta!



1. Milyen kapcsolat van az ökológia és a természetvédelem között? 2. Abban az időben, amikor Szukacsov a biogeocönózis kifejezést javasolta már létezett az ökoszisztéma fogalma. Mit gondoltok, miért volt fontos bevezetni a biogeocönózis fogalmát?

## 49. §. TROFIKUS KAPCSOLATOK. ENERGIAÁRAMLÁS AZ ÖKOSZISZTÉMÁBAN. AZ ÖKOSZISZTÉMA PRODUKTIVITÁSA

*Emlékezzetek, milyen szervezetek tartoznak az autotrófokhoz és a heterotrófokhoz! Mi a parazitizmus?*

Az **organizmusok kölcsönhatásai az ökoszisztémán belül**. Minden populáció, amely az ökoszisztémákat alkotja, egymással többé-kevésbé szoros, közvetlen vagy közvetett kapcsolatban áll. A **közvetlen kapcsolatok** két faj közvetlen kapcsolatát jelentik (például, a ragadozó és a préda populációi, a növények és a növényevő állatok populáció). A **közvetett**



275. ábra. Ragadozók, amelyek versenghetnek a prédaért – a barnamedve és a farkas

kapcsolatokban az egy fajhoz tartozó populáció a másik fajhoz tartozó populációra, egy harmadik populáció közvetítésével hat. Például, ragadozók szabályozva a prédáik egyedszámát, egyidejűleg hatást gyakorolnak a préda táplálékául szolgáló fajok populációira is. A különböző fajok populációi közötti kapcsolat lehet antagonista, semleges és mutualizmus.

Az *antagonista kapcsolatok* (például a versengés, a parazitizmus, a ragadozás) minden kölcsönhatásba lépő különböző fajú populációra negatív hatással vannak.

A legkiezettebb versengés a fajon belül vagy a hasonló környezeti igényekkel rendelkező különböző fajok között figyelhető meg (lásd: 207. ábra). A fajon belüli konkurencia jó példája a fiatal fenyőerdő (lásd: 199. ábra, 2).

A *semleges kapcsolatok* során a területen élő egyetlen faj sem érzékeli a másik faj negatív vagy pozitív hatását. Például, a különböző fajú prédát fogyasztó ragadozó-populációk nem versengenek egymással. Ugyanakkor a populációik állapota közvetve függ a növényevő préda által fogyasztott növénypopulációk sűrűségétől.

A *mutualista (kölcsönösen előnyös) kapcsolatokban* minden egymással kölcsönhatásban lévő faj bizonyos előnyhöz jut (emlékezzetek a hüvelyesek és a nitrifikáló baktériumok kölcsönhatására, a rovarokra, amelyek tápcsatornájában egysejtű ostoros állatok élnek). A 276. ábrán példákat láthattok a mutualizmusra. *Feladat:* mutassátok be, milyen előnnyel jár az ilyen kapcsolat a szervezetek számára!

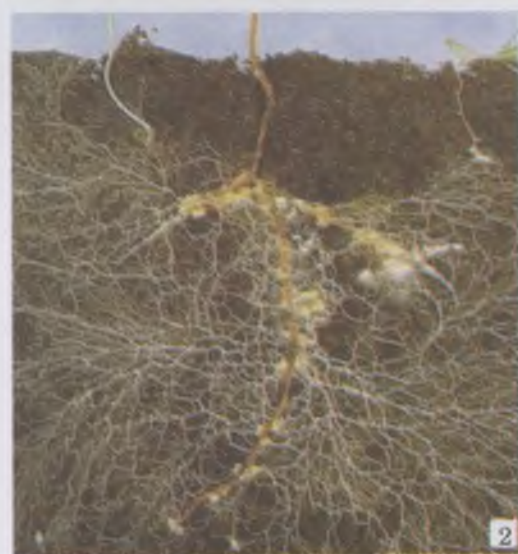
Az ökoszisztéma biotikus részét a szervezetek különböző csoportjai alkotják, amelyek egymással térbeli és trofikus kapcsolatban állnak (277. ábra):

*producensek* (lat.: *producens* – termelő) vagy termelők – autotróf szervezetek populációi, amelyek képesek szerves anyagokat előállítani szervesetlen anyagokból (autotróf és kemotróf szervezetek);

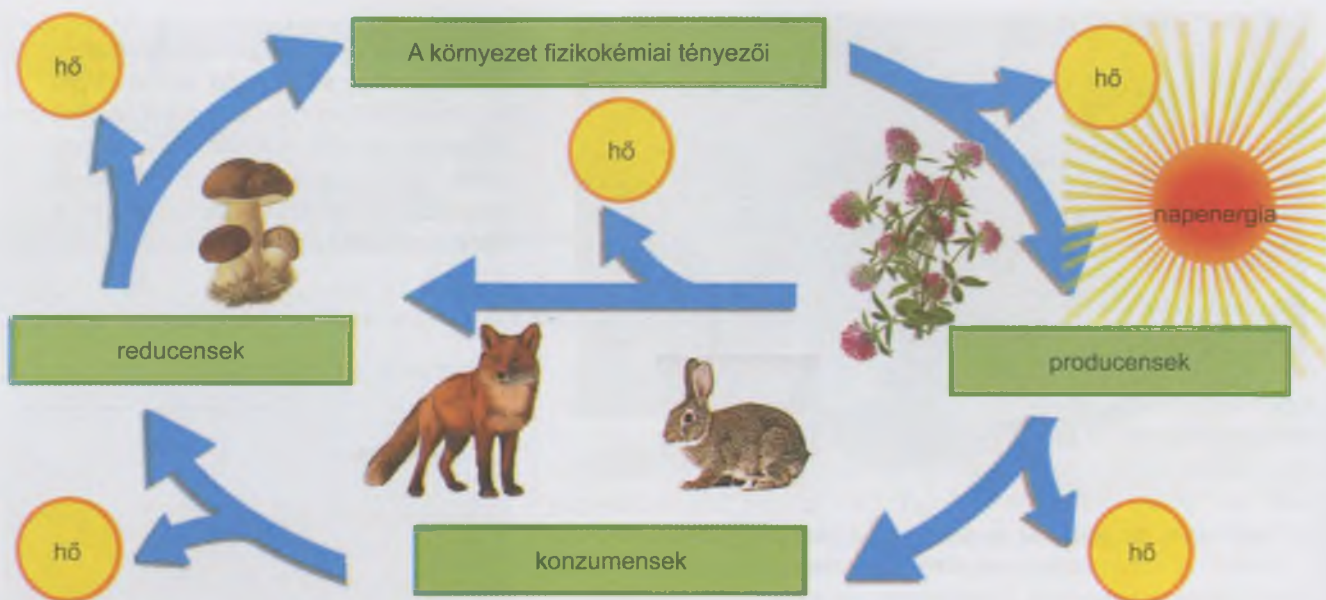
*konzumensek* (lat.: *consumens* – fogyasztó) vagy fogyasztók – heterotróf szervezetek populációi, amelyek más élőlényekkel vagy elhalt szervezetekkel táplálkoznak (fitofágok, ragadozók, paraziták, szaprofiták);

*reducensek* vagy *lebontók* – élőlények elhalt maradványainak szerves anyagaival táplálkozó szervezetek popu-

**Jegyezzük meg!** A konkurencia (latin szó) vagy **versengés** egy faj (fajon belüli) vagy különböző fajok (fajok közötti) populációi közötti kölcsönhatás, amely során az egyik populáció csökkenti bizonyos erőforrások elérhetőségét a másik számára (275. ábra).



276. ábra. Példák a mutualizmusra: 1 – a remeterák és a tengeri rózsza kapcsolata; 2 – mikorrhiza (a gombák és a fák gyökereinek kapcsolata)



277. ábra. Az ökoszisztémákat alkotó szervezetek különböző trofikus csoportjai

**Jegyezzük meg!** A különböző fajok populációi és az élettelen természet kölcsönhatása következtében az ökoszisztémában anyagkörforgás és energiaáramlás megy végbe, amely minden összetevőjét egy egységes rendszerbe foglalja (lásd: 277. ábra).

**Jegyezzük meg!** Az ökoszisztémát alkotó különböző fajok populációi között összetett és sokféle kölcsönhatás jön létre. Ezek biztosítják az ökoszisztéma működését és önszabályozását. Minél változatosabbak és hálózatosabbak a kölcsönhatások, annál stabilabb az ökoszisztéma.

lációi, amelyek szerves anyagokra bontják a szerves anyagokat (különböző baktériumok, gombák).

**Emlékezzetek:** az **anyagkörforgás** – az ökoszisztéma abiotikus (élettelen) és biotikus (élő) részei közötti anyagcsere.

**Energiaforgalom a biogeocónózisokban.** Az biogeocónózisok működése energiaforgalommal és anyagkörforgalommal, azaz a biológiai rendszerek működését biztosító kémiai és fizikai folyamatokkal jár. A biogeocónózis alapvető energiaforrása a napfény. A napfény energiáját a fotoszintetizáló szervezetek kémiai energia formájában beépítik az általuk szintetizált szerves anyagokba. Az így felhalmozott energia egy részét a növények felhasználják a saját életműködésük biztosítására, másik része átkerül azokba a szervezetekbe, amelyek elfogyasztják a növényeket vagy maradványaikat.

A heterotróf szervezetek energiaszükségletüket a szerves vegyületek enzimatis lebonthatásával nyerik. Saját testük anyagainak szintéziséhez csak a táplálék kémiai kötésében tárolt energia egy részét (10–20 %) raktározzák, másik részét hő formájában kisugározzák, vagy életfolyamataik energiaszükségletének fedezésére használják. Hasonló jelenség figyelhető meg a növényevő állatokkal táplálkozó ragadozók esetében. Tehát, minden szakaszában annak, hogy az egyik szervezet a másikkal energiát ad át, az energia nagyobbik része hő formájában szétszóródik, és csak jelentéktelen hányada tárolódik a szervezet által szintetizált szerves vegyületek kémiai kötésében (lásd 277. ábra).

Az élőlényeknek azt a sorát, amelyben az egyik élőlény, annak maradványai vagy élettevékenységének melléktermékei, más szervezetek számára szolgál táplálékul, **táplálékláncnak** nevezzük. Mindegyik tápláléklánc a szervezet meghatározott számú szakaszából – láncszemből – áll (278. ábra). Mivel az egyik szakasztól a másikig történő átmenet során az energia egy része elvész, a szakaszok száma korlátozott, és rendszerint nem haladja meg az ötöt.

Minden faj populációja meghatározott helyzetet – trofikus szintet – foglal el a táplálékláncban. A táplálékláncok első

szakaszát a biogeocönózisokban, rendszerint a producensek képezik. A következő trofikus szinteken a konzumensek találhatóak, a számukat az határozza meg, hány láncszemen keresztül kapják az energiát a producensektől.

A producensek utáni trofikus szintet a növényevő állatok foglalják el, ezeket **elsődleges fogyasztóknak** vagy **primer konzumenseknek** nevezzük. A következő szintet a növényevő állatokkal táplálkozó ragadozók foglalják el (**másodlagos fogyasztók** vagy **szekunder konzumensek**) stb.

Ha a fogyasztók táplálékforrása széleskörű, akkor a különböző táplálékláncokban különböző trofikus szinteket foglalnak el. Például, a dolmányos varjú táplálkozhat magvakkal (elsődleges fogyasztó) vagy magevő madarak fiókáival (másodlagos fogyasztó), vagy rovarrevők fiókáival (harmadlagos fogyasztó). Az elhalt producensek nagy része, például lehullott falevelek, a szervezetek maradványai vagy végtermékeik, a konzumensek és reducensek táplálékául szolgál, amelyek szakaszosan lebontják a szerves anyagokat szervetlenekre.

Tehát az energia a biogeocönózisban, a szerves vegyületek kémiai kötéseinek energiájában tárolódik. A szerves vegyületeket a producensek szintetizálják szervetlen anyagokból. A továbbiakban ezek végighaladnak a konzumensek és reducensek szervezetein, azonban mindegyik trofikus szinten az energia egy része hő formájában szétszóródik. A tápláléklánc végén a halott, szerves anyagokban tárolt energia jelentős mértékben a reducensek általi lebontáskor szóródik szét.

Mivel az energia nagy része az egyik trofikus szintről magasabb szintre való továbbításakor hő alakjában szétszóródik, körkörös energiaforgalom, az anyagkörforgástól eltérően, nem lehetséges. Az ökoszisztéma normális működéséhez folyamatosan külső energia bevitelére van szükség. Ezért mindegyik ökoszisztéma alapját, a napfény energiáját megkötni képes, zöld növények képezik.

Bármely ökoszisztémában a táplálékláncok nagymértékben átfedik egymást, mivel egyazon faj képviselői különböző táplálékláncok különböző szintjein lehetnek. Egymást átfedve a táplálékláncok **táplálkozási(trofikus) hálózatot** alkotnak (279. ábra). Ennek létezése biztosítja az ökoszisztéma stabilitását, mivel populációs hullámok, és bizonyos fajok kiesése esetén mások átvehetik a helyüket, ezáltal az ökoszisztéma össztermelése gyakorlatilag nem változik. Tehát, minél szerteágazóbb a táplálkozási hálózat, annál stabilabb a biogeocönózis.

**Az ökoszisztéma produktivitása.** Minden ökoszisztéma meghatározott produktivitással jellemezhető. Ezt tömeg- vagy energiaegységekben fejezzük ki. Megkülönböztetünk heterotróf és autotróf szervezetek által létrehozott elsődleges és másodlagos produktivitást. Minden ökoszisztémára jellemző a trofikus szintek közötti energia- és biomassza-átadás. Ezt ábrázolja az **ökológiai piramis szabálya** – mindegyik előző trofikus szint, egy időegység alatt, sokkal több biomasszát és energiát tárol, mint a következő. Grafikusan ez a szabály külön blokkokból álló piramisként ábrázolható. Mindegyik blokk a tápláléklánc megfelelő trofikus szintjén levő szervezetek produktivitásának felel meg. A **biomassza-piramis** (280. ábra) a szerves anyagtömeg egyik trofikus szinttől a másiknak történő, táplálékláncban belüli átadásának



278. ábra. Táplálékláncok:  
I – szárazföldi ökoszisztéma;  
II – vízi ökoszisztéma.

**Feladat:** Jellemezzétek a felsorolt táplálékláncokban lévő szervezetek táplálkozásának jellegét, és határozzátok meg azok trofikus szintjét!



279. ábra. Táplálkozási hálózatok.  
**Feladat:** Figyeljétek meg az ábrán lévő táplálékláncokat; határozzátok meg az átfedéseket!



280. ábra. Ökológia  
biomassza-piramis.

**Feladat:** Határozzátok meg a trofikus szinteket, amelyeken a táplálékláncot alkotó szervezetek helyezkednek el!

## Röviden a lényeg

Egy ökoszisztémát alkotó minden populáció kapcsolatban áll egymással, többé-kevésbé szoros közvetlen és közvetett kölcsönhatások révén.

Az ökoszisztéma biotikus részét a szervezetek különböző csoportjai alkotják, amelyek között térbeli és trofikus kapcsolatok vannak (producensek, konzumensek és reducensek).

Minden faj populációja egy bizonyos helyet foglal el a táplálékláncban, egy meghatározott trofikus szinten.

Az ökológiai piramisszabály szerint, minden megelőző trofikus szinten, a szervezetek által egységnyi idő alatt tartalékolt biomassza- és energiamennyisége lényegesen nagyobb, mint a következő szinten.

törvényszerűségeit ábrázolja (a szervezetek produktivitását a száraz anyag tömegegységeiben fejezik ki).

Ilyenformán, a biomassza-piramis tükrözi azt a törvényszerűséget, hogy az elsődleges konzumensek 5–10-szer kevesebb biomasszát tárolnak, mint amennyi az általuk elfogyasztott producensek biomasszája. Vagyis a táplálékláncban belül, minden következő szakaszban, a magasabb trofikus szinten lévő szervezetek által tárolt biomassza mennyisége, 5–10-szeresen csökken ahhoz képest, mint amennyit elfogyasztanak.

Hasonló törvényszerűségeket mutat a táplálékláncban belüli, egyik szakasztól a másiknak történő energiaátadást demonstráló **energiapiramis**. Mindegyik blokkja annak az energiamennyiségnek felel meg, amelyet a megfelelő trofikus szintek tárolnak. Az energiapiramis jelzi, hogy az alacsonyabb trofikus szinttől a magasabb szintnek történő átadás során az energia nagyobb része hő alakjában szétszóródik, s a megelőző szint mennyiségének mindössze 10–20%-a tárolódik.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

producensek, konzumensek, reducensek, trofikus szint, ökológiai piramis-szabály.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Milyen szerepe van a producenseknek, a konzumenseknek, a reducenseknek az ökoszisztémákban?
2. Mi a produktivitás?
3. Táplálkozásuk szerint milyen ökológiai csoportokra osztják a szervezeteket?
4. Milyen típusú kölcsönhatások jönnek létre az ökoszisztémát alkotó szervezetek populációi között?
5. Hogyan történik az energia átalakulás az ökoszisztémákban?
6. Mi a tápláléklánc és a trofikus szint? Mi az ökológiai biomassza-piramis?

### Gondolkodjatok el rajta!



Hozzatok fel példákat az ökoszisztéma elsődleges és másodlagos produkciójára!

## 50. §. BIOTIKUS, ABIOTIKUS ÉS ANTROPOGÉN ÖKOLÓGIAI TÉNYEZŐK

*Emlékezzetek, milyen ökológiai tényezőket ismertek!? Mi a parazitizmus, a mutualizmus, a szimbiózis?*

**Az ökológiai tényezők és osztályozásuk.** A környezet minden tényezőjét, amely hat a szervezetek és társulásaik

### Ökológiai tényezők



281. ábra. Az ökológiai tényezők osztályozása





282. ábra. 1. Az 1986-os csernobili atomkatasztrófa. 2. Az új szarkofág építése 2016-ban a sérült 4-es blokk felett

állapotára és tulajdonságaira **ökológiai tényezőknek** nevezzük. Természetüktől és hatásmechanizmusuk sajátosságaitól függően lehetnek abiotikus biotikus és antropogén tényezők (281. ábra).

**Abiotikus tényezők** – az élettelen természet összetevői és sajátosságai, amelyek közvetlenül vagy közvetve hatnak mind az élőlényekre, mint társulásaikra (hőmérséklet, megvilágítottság, nedvesség, a légkör összetétele, a víz sótartalma, talajtípus).

**Biotikus tényezők** – az egyedek egymás közötti és a populációk közötti kölcsönhatásainak különböző formái az élőlények társulásaiban. Mindegyik élőlény állandó kölcsönös kapcsolatban van fajtársaival (fajon belüli kapcsolatok), vagy más fajok egyedeivel (fajok közötti kapcsolatok). Mindegyik szervezet életfolyamatai következtében változtatja mind más élőlények, mind a saját életterét: egyes erőforrások eközben elhasználódnak, mások ugyanakkor megújulnak az adott közegben.

Az ökológiai tényezők külön csoportját képezik az ember gazdasági tevékenységének különböző formái, az **antropogén tényezők**, amelyek megváltoztatják a szervezetek élőhelyeit, többek között az emberi környezetet is. Létezésének – történelmi léptékkal mérve – viszonylag rövid időszaka alatt az ember gyökeresen megváltoztatta bolygónk arculatát, s ez a hatása a természetre állandóan növekszik. Néha katasztrófális mértékben hatnak a természeti környezetre az antropogén tényezők, mint például a Csernobili Atomerőműben 1986-ban bekövetkezett robbanás (282. ábra).

**Az ökológiai tényezők hatásának intenzitása** mennyiségi mutatókkal jellemezhető (hőmérsékleti, nedvességi, fényerősségi mutatók). Egyes ökológiai tényezők hatáserőssége viszonylag állandó lehet a bioszféra fejlődése során (például a napsugárzás, tömegvonzás, a légkör összetétele, a tengervíz sótartalma). Többségük azonban változó erősségű (hőmérséklet, nedvesség). A tényezők változékonyságának foka függ a szervezet élőhelyének sajátosságaitól. Például, a hőmérséklet a talaj felszínén az évszaktól, napszaktól, időjárástól függően, jelentős mértékben változhat, 3 méternél mélyebben viszont gyakorlatilag nincs hőmérséklet-változás.

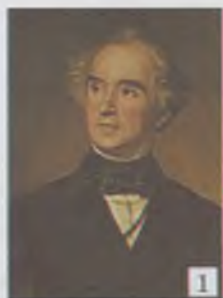
Az ökológiai tényezők változásai lehetnek: *periodikusak*, napszaktól, évszaktól függően; *nem periodikusak*, például vulkánkitörések, földrengések, szélviharok, cunamik (283. ábra); irányítottak jelentős történelmi időszakok folyamán, például a Föld éghajlatváltozása során.



283. ábra. 1. Működő Szopután vulkán Indonéziában (2016. január 5.).  
2. Földrengés következtében Új Zélandon öt méter magas „fal” keletkezett. 3. 2004 decemberében az Indiai óceán tektonikus lemezeinek csúsítása földalatti rengést váltott ki, aminek következtében cunami keletkezett. 4. Tájfun a Fülöp-szigeteken



284. ábra. 1. A vakond és a földikutya (1) talajlakó állatok; a vakond a földben széles mellső lábfejjel vájja magának a járatokat, míg a földikutya – metszőfogával.



285. ábra. 1. **Justus von Liebig** (1803–1873) kiváló német tudós az egyik első ökológiai törvény – a minimum törvény megalkotója, ami kimondja, hogy a növény növekedése attól a kémiai elemtől függ, amely minimális mennyiségben van jelen a környezetben. 2. **Victor Ernest Shelford** (1877–1968) ismert amerikai zoológus és ökológus, a tolerancia törvényének megalkotója, ami kimondja, hogy a faj létezésének lehetőségét, bizonyos feltételek mellett, meghatározhatja bármely ökológiai tényező többlete vagy hiánya, melynek hatásintenzitása a minimum és a maximum (a tolerancia felső és alsó határai) kritikus pontokhoz tartoznak.

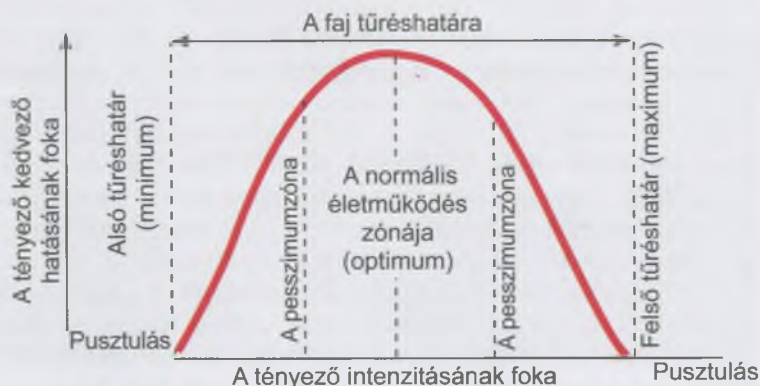
Az ökológia egyik alapelve **a szervezetek és a környezetük egységének elve**, aminek a lényege az, hogy az élő szervezetek folyamatosan alkalmazkodnak (adaptálódnak) az ökológiai tényezők összességéhez, vagyis az élőhelyhez, szabályozva életműködési folyamataikat, azok változásainak megfelelően.

**Emlékezzetek:** az adaptációk által lehetővé válik az élőlények létezése a legkülönbélebb környezeti viszonyok közepette. A faj élete során az ökológiai tényezők hatáserősségének változásaitól függően egyes adaptációk megjelennek, mások eltűnnek.

Az ökológiai tényezők élő szervezetre való hatásának törvényszerűségei. A környezeti tényezők ugyan eléggé eltérőek, a biológiai rendszerekre kifejtett hatásuk természetét és jellegét illetően, mégis léteznek törvényszerűségek arra vonatkozóan, hogy milyen hatást fejtenek ki az élőlényekre, és ezek milyen válaszreakciókat adnak. Az ökológiai individualitás szabályának megfelelően az élőlények különböző fajai egyedi módon alkalmazkodnak a környezeti feltételekhez, azaz nincs két hasonló adaptációjú, közeli faj (284. ábra). Egy szervezet sikeres alkalmazkodása valamilyen ökológiai tényezőhöz, nem jelenti más hatásokhoz való hasonló alkalmazkodását. Például a zuzmók képesek átvészelni a hőmérséklet jelentős ingadozását és a szárazságot, de rendkívül érzékenyek a levegő szennyezettségére.

Ismeretes az **optimum törvénye**, amelynek értelmében mindegyik ökológiai tényező csak bizonyos határértékek között hat kedvezően az élőlényekre. Az ökológiai tényező élőlényre gyakorolt legkedvezőbb hatásintenzitás-értékeit az **optimum zónájának** nevezzük. Minél jobban eltér az optimumtól az ökológiai tényező hatáserőssége egyik vagy másik irányba, annál jobban érvényesül visszاسzorító (elnyomó) hatása az élőlényre (**pesszimumzónája**). A tényező hatásintenzitásának értékeit, amelyek túl a szervezet nem képes életben maradni, a **tűrőhatár felső és alsó értékeinek** (**maximumnak és minimumnak**) nevezzük (286. ábra). A maximum és minimum közötti távolság az ökológiai tényező hatáserősségének azok az értékei, amelyek között az adott faj képes élni (286. ábra).

Az egyes tényezők nem elszigetelten hatnak a szervezetekre, hanem együttesen: ennek következtében valamelyikük hatása gyengülhet, vagy fordítva, erősödhet. Például száraz, szélcsendes időben könnyebb elviselni a hideget. Az optimum zóna és az élőlény tűrőhatárai egy meghatározott tényező



286. ábra. Az ökológiai tényező hatásintenzitása

viszonylatában attól függ, milyen intenzitással és milyen kapcsolódásban hatnak más tényezők. Ezt a törvényszerűséget az **ökológiai tényezők kölcsönhatásának** nevezzük.

A **kölcsönös kompenzáció törvénye** szerint egyes ökológiai tényezők hiányát vagy gyenge hatását részben más hasonló tényezők kompenzálhatják. Például, a fény hiányát a növények részben kompenzálhatják a szén-dioxid fölös mennyiségével. Azonban az ökológiai tényezők kölcsönös kompenzációjának is megvannak a határai, egyetlen élettanilag fontos tényező sem helyettesíthető teljesen egy másikkal. Ha csak egy ökológiai tényező hatásintenzitása is túllép a tűréshatáron, a faj élete lehetetlenné válik, függetlenül más tényezők intenzitásának optimális értékeitől. Például, a stronciumban gazdag élőhelyeken a puhatestűek mészhéjába csak részben épülhet be a stroncium a kalcium helyett. A vízhiány fékezi a fotoszintézis folyamatát, még a fényviszonyok és a légkör szén-dioxid tartalmának optimális értékei mellett is.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

ökológia, ökológiai tényezők, optimum törvény.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Hogyan értelmezik az ökológiai tényezők kölcsönadásának jelenlétét? 2. Miért korlátozott az ökológiai tényezők kölcsönös kompenzációja?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Hozzatok fel példákat az ökoszisztéma elsődleges és másodlagos produkciójára!

### **Tanulmányi projekt**

Az antropogén hatás szintjének kimutatása a helyi településen.

## **51. §. AZ ÖKOSZISZTÉMÁK STABILITÁSA ÉS SÉRÜLÉSEINEK OKAI**

*Emlékezzetek, mi a bioritmus és a homeosztázis!*

**Az ökoszisztémák stabilitása.** Egy ökoszisztéma kialakulása összetett és hosszú folyamat, melynek során a különböző szervezetek populációi alkalmazkodnak az együttéléshez és az élőhely környezeti tényezőihez. Fejlődése során egyre bonyolultabbá válik a szerkezete, olyan sajátosságai alakulnak ki, mint a teljesség, a stabilitás, önmegújítás, önszabályozás.

Az **ökoszisztéma teljességét** a szervezetek populációinak egymással és a környezettel fenntartott szoros kölcsönhatása biztosítja, ami létrehozza az energiaáramlást és az anyag-körforgást (287. ábra). Az **ökoszisztémák önmegújító képességét** populációinak egyedszám- és létfeltétel-megújító képessége jelenti. Az **ökoszisztémák stabilitása** a kedvezőtlen külső hatásokkal szembeni, a saját struktúrák sérülése nélküli ellenállásában mutatkozik meg.

Az **ökoszisztémák önszabályozása** bioproduktivitásuk mennyiségi és minőségi mutatóinak, fajpopulációik sűrűségének, anyagkörforgásuk és energiaforgalmuk intenzi-

## **Röviden a lényeg**

Az ökológiai tényezőket természetüktől és hatásuk sajátosságaitól függően abiotikusra, biotikusra és antropogénre osztják.

Az abiotikus tényezők az élettelen természet komponensei és tulajdonságai. A biotikus tényezők a populáció egyedei közötti és a társult populációk közötti kölcsönhatások különböző formái.

Az ökológiai tényezők külön csoportja az ember gazdasági tevékenységének különböző formái. Amelyek megváltoztatják minden faj környezetének állapotát, beleértve az emberét is (antropogén tényezők).

Minden tényező csak bizonyos szintig hathat pozitívan a szervezetekre (optimum törvény).



287. ábra. Az ökoszisztéma teljességét ábrázoló vázlat. **Feladat:** Figyelmesen nézzétek meg az ábrát! Jellemezzétek az ökoszisztéma mindegyik komponensének szerepét! Milyen kapcsolatok biztosítják az ökoszisztéma teljességét?



288. ábra. Példák a szukcesszióra:

I – elsődleges szukcesszió:

- 1 – zuzmók megtelepedése a sziklákon;
  - 2 – a mohák megtelepednek az elsődleges talajon; 3 – fűtakaró létrejött;
  - 4 – fénykedvelő fás szárú és lágyszárú növények társulásának létrejött;
  - 5 – erdei ökoszisztéma létrejött;
- II – másodlagos szukcesszió:
- kultúrnövények helyett (1)
  - gyomnövények jelennek meg (2);
  - 3 – füves – cserjés növényzet megjelenése;
  - 4 – fiatal fenyőerdő megjelenése

tásának egy meghatározott optimális érték körüli ingadozásaiban nyilvánul meg. Szabályozó tényezőkként az egyes fajok számbeli ingadozásait kiegyenlítő, fajon belüli és fajok közötti kapcsolatok lépnek fel. Amint egy populáció egyedsűrűsége meghalad egy bizonyos (optimális) átlagértéket, a biogeocönózisban hatni kezdenek a szabályozó mechanizmusok (például: a ragadozók populációjának hatása zsákmányállataikra, az élősködők populációi a gazdaszervezet populációira, a növényevők hatása a növények populációira). A szervezetek kölcsönhatása az ökoszisztémákban az ember hatására sérül, ami egyes fajok egyedszámának csökkenéséhez, mások növekedéséhez vezet. (Például, ha az erdei és mezőgazdasági kártevők elszaporodnak. Hozzatok fel további példákat!)

**Hogyan hatnak az ökológiai tényezők az ökoszisztémák változásaira?** Bármely ökoszisztéma csak többé-kevésbé stabil, az anyagok körforgását biztosító környezeti viszonyok mellett működhet szabályosan. Az ökoszisztémák képesek bizonyos mértékben megőrizni stabilitásukat (homeosztázis). Azonban az ökoszisztémákban történhetnek ciklikus és progresszív változások.

A **ciklikus változások** az ökoszisztémák periodikus (napi, évszakos) környezeti változásaihoz való alkalmazkodás következményei. A jelenség alapja az egyes fajok populációinak alkalmazkodó képessége, ami megnyilvánulhat a populáció egyedsűrűségének periodikus változásaiban, életkori szerkezetében, valamint a populáció egyedeinek aktivitásában.

**Progresszív változások**-ról a sérült biogeocönózisok helyreállása (erdők, sztyeppék tűz utáni megújulása) vagy bizonyos éghajlati viszonyok (nedvesség, átlaghőmérséklet) visszafordíthatatlan változásai esetén beszélünk. Ennek eredményeként az egyik típusú biogeocönózis egy másik típusúval cserélődhet fel.

A szervezetek társulásainak azon egymás után következő változásait, amelyek a biogeocönózis átalakulását idézik elő, **szukcesszió**nak nevezzük. A szukcesszió kezdeti stádiumában lévő társulásokat fajszegénység, gyenge trofikus hálózat, erős egyedszám-ingadozás, egyes populációk egyedszám-sűrűségének jelentős változásai, valamint a homeosztázis fenntartásának gyenge képessége jellemzi. Ezért ezeket gyorsan versenyképesebb társulások váltják fel. Ennek következtében javul az ökoszisztéma önszabályozó képessége. Ez a folyamat fajgazdag, az adott feltételek melletti legmagasabb fokú stabilitással jellemezhető biogeocönózis kialakulásáig ismétlődik. A szukcesszió folyamata addig tart, amíg az ökoszisztéma el nem éri a jelentős fajgazdagságát, az anyagkörforgás és energia-átalakulás stabilizálódását.

A szukcessziók lehetnek elsődlegesek és másodlagosak. **Elsődleges szukcessziók** – növényi társulások megjelenése, és fejlődése olyan helyeken, ahol korábban nem volt növényzet (például, zuzmók megtelepedése kopár sziklákon, magasabbrendű növények megtelepedése a homokos partokon; 288. ábra, I). Például, az erdőfenyő meghonosodása a homokdűnéken jelentősen megváltoztatja a létfeltételeket: árnyékolva a talajfelszínt, kiváltva a szerves anyagok bejutását a talajba, megköti a talajvizet, megteremti a feltételeket más növények számára. A növénytársulás típusa meghatározza az állatok faji összetételét.

**Másodlagos szukcesszió** – az elpusztult természetes növénytakaró megújulása, például az erdők regenerálódása erdőtűzek után. A másodlagos szukcesszió jelenségével találkozhatunk az elhagyott mezőkön is (288. ábra, II). A kultúrnövények kiszorítják a vad lágyszárú növények, majd megjelennek a bokrok és fák.

Az önszabályozásra képtelen mesterséges ökoszisztémára példa az **agrocönózis**, ami növények, állatok, gombák és mikroorganizmusok fajszegény társulásai, amelyeket az ember hoz létre, mezőgazdasági termékek előállítására céljából. Az agrocönózisok a természetes társulásoktól (biocönózisoktól) gyökeresen különböznek mind tulajdonságaikban, mind működésükben. A fajszegénység és a trofikus hálózat gyenge szerteágazódása miatt, az agrocönózisoknak kicsi a stabilitása. Ugyanakkor egyes fajok magas produktivitása jellemző rájuk. Annak ellenére, hogy az agrocönózisokban élhetnek a vad fauna és flóra képviselői is, az agrocönózisoknak gyakorlatilag nincs önszabályozása, ezért folyamatos emberi beavatkozás nélkül sérülnek, esetleg eltűnnek.

Ha ugyanazt a kultúrnövényt sok éven át nagy területen termesztik, akkor a meghatározott gyomnövények, kártevők és paraziták (rovarok, rágcsálók, parazita gombák) elszaporodásához vezet az agrocönózisokban. Az agrocönózisok normális működése érdekében az embernek meg kell akadályoznia a szukcessziót, mivel a kultúrnövények versenyképessége a gyomokénál jóval kisebb, ezért az utóbbiak könnyen kiszorítják őket.

Az agrocönózisok kialakításánál figyelembe kell venni azokat a kölcsönös kapcsolatokat, amelyek a szervezetek közötti természetes biocönózisokban fennállnak, illetve azokat, amelyek a kultúrnövények és a vadon élő növények között az együttélés során jöhetnek létre.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

szukcesszió, agrocönózis.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**

1. Melyek az ökoszisztémák fontosabb tulajdonságai? 2. Milyen tulajdonságai vannak még az ökoszisztémáknak? 3. Mi az ökoszisztémák önszabályozásának lényege? 4. Mi a szukcesszió? 5. Milyen szukcessziót nevezünk elsődlegesnek, és melyet másodlagosnak?

### **Gondolkozzatok el rajta!**

Melyek a biogeocönózis és az agrocönózis közötti főbb különbségek?

## **52. §. A BIOSZFÉRA MINT EGYSÉGES RENDSZER**

*Emlékezzetek, mi az ökoszisztémákban zajló anyagkörforgás és az energia átalakulás!?*

**A bioszféra általános jellemzése.** A Föld burkokkal van körülveve (289. ábra): szilárd földkéreggel (litoszférával), vízburokkal (hidroszférával) és gázburokkal (atmoszférával).

**Jegyezzük meg!** A szukcesszió folyamata érett, stabil ökoszisztéma létrejöttével ér véget, ami jelentős fajgazdagsággal, a homeosztázis fenntartása érdekében pedig, fejlett önszabályozó és önmegújító képességgel jellemezhető. Az ilyen érett ökoszisztéma a fizikai környezettel egyensúlyi állapotban van.

**Feladat:** Elemezzétek a természetes és mesterséges ökoszisztémák (agrocönózisok) közötti hasonlóságokat és eltéréseket!

1. Magyarozzátok meg, miért nem tudnak huzamosabb ideig létezni agrocönózisok emberi beavatkozás nélkül! A tanár segítségével tegyetek javaslatokat az agrocönózisok stabilitásának és produktivitásának növelésére! Magyarozzátok meg, miért szükségesek a tudományos vizsgálatok az ilyen feladatok megoldására!? 2. Hozzatok fel érveket az ökológiai tudatosság szükségessége mellett, az iparban és mezőgazdaságban tevékenykedő üzleti szereplők meggyőzésére! Magyarozzátok meg, miért kötelező üzleti tevékenység előtt ökológiai vizsgálatokat tartani!

### **Röviden a lényeg**

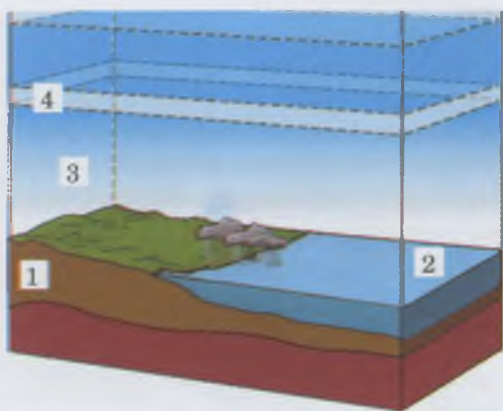
Az ökoszisztémák teljességét biztosítják a szervezetek populációinak kölcsönhatása a társuláson belül és a fizikai környezettel. Ezek a kölcsönhatások váltják ki az ökoszisztémában az energiaáramlást és az anyagok körforgását.

Az ökoszisztémák önmegújító képességét a szervezetek egyedszámot és saját létfeltételeinek megújító képessége váltja ki.

Az ökoszisztémák stabilitása a külső környezet hatásaival szembeni, saját struktúrák sérülése nélküli, ellenálló-képességében mutatkozik meg.

Az ökoszisztémák önszabályozásának lényege, hogy a bioproduktivitás, az anyagkörforgás és az energiaáramlás sebességének mennyiségi és minőségi mutatói bizonyos optimális értékek között ingadoznak.

A szervezetek társulásainak irányított, egymás utáni változásait, amelyek idővel az ökoszisztéma átalakulásához vezetnek, szukcesszióknak nevezzük.



289. ábra. A bioszféra határai:  
1 – litoszféra; 2 – hidroszféra;  
3 – atmoszféra; 4 – ózonréteg



290. ábra. Eduard Susse (1831–1914)

## Jó tudni

A bioszféra fogalmát Susse (290. ábra) javasolta 1975-ben. A bioszféráról, mint a Föld élőlényekkel benépesített geológiai burkainak részéről, szóló tudományt az ukrán tudós Vernadskij hozta létre.

A **litoszféra** – a Föld szilárd külső burka. Felszíni üledékes kőzetrétegből (kréta, mészkő, kovaföld), gránitból (középső burok) és bazaltból (alsó burok) áll.

A vizek (óceánok, tengerek, folyók, tavak) összessége a **vízburkot**, a **hidroszférát** alkotja, amely a bolygónk felszínének majdnem 71 %-át borítja, és egyes részeken a vízréteg vastagsága elérheti a 11 kilométert.

A **atmoszféra** – a litoszféra és hidroszféra fölött elhelyezkedő gázburok.

A **bioszféra** nem képez egységes burkot a Földön, hanem magában foglalja a litoszféra felső részét, az egész hidroszférát és az atmoszféra alsó részét. A bioszféra a Föld valamennyi ökoszisztémáinak összessége, a globális ökoszisztéma.

A **litoszférában** az élet leginkább a talajban koncentrálódik. Egyes fajok képesek megélni az alapkőzet üregeiben, a legváltozatosabb a barlangok élővilága. A 2–4 km-es mélységben, főleg a kőolaj hordozórétegekben élnek egyes baktériumfajok. Az élő szervezetek litoszférába való lehatolásának határt szab a kőzetek és az 1,5–15 km mélyen lévő vizek magas hőmérséklete (+100 °C felett). A **hidroszférában** az élet bármilyen mélységben előfordul. Az **atmoszférában** az élő szervezetek (elsősorban a mikroorganizmusok spórái és cisztái) terjedésének korlátja az ózonpajzs, mivel fölötté minden élő elpusztul a kozmikus sugárzás hatására. A legnagyobb magasság, amelyben baktérium- és gombaspórákat mutattak ki, közel 22 km. A biomassza legnagyobb koncentrációja a legváltozatosabb feltételekkel rendelkező helyeken, azaz a litoszféra és atmoszféra, atmoszféra és hidroszféra, hidroszféra és litoszféra határán található.

A **bioszféra élő anyaga és tulajdonságai**. Bolygónk élőlényeinek összességét V. I. Vernadskij **élő anyagnak** nevezte. Alapvető jellemzői az összesített biomassza, a kémiai összetétel és az energia. Az élő anyag energiája elsősorban a szervezetek szaporodó-képességében és terjedésében nyilvánul meg. Az élet jellemzője bolygónkon nagyfokú ellenállóképessége a környezeti tényezők intenzitásának változásaival szemben. Gyakorlatilag élő szervezetek csak az örök jégben és a működő vulkánok krátereiben nincsenek.

Az élő anyag egyik tulajdonsága a környezettel való folyamatos anyagcseréje. Az élőlények normális életműködésük biztosításához meghatározott anyagokat és energiát igényelnek, amelyeket környezetükből vesznek fel, jelentősen átalakítva azokat. A környezettel való folyamatos anyagcsere eredményeként, a szervezetekbe jutó kémiai elemek felhalmozódhatnak bennük, és csak bizonyos idő múlva vagy a szervezet pusztulása után kerülnek vissza a környezetbe.

Az élő anyag (a producensek) képes a napfény energiáját befogadni, és beépíteni a szintetizált szerves anyagok kémiai kötéseibe. Az autotróf szervezetek összesített produkciója határozza meg a bioszféra egészének biomasszáját. A fotoszintézis eredményeként, a termelő szervezetek évente (száraz anyagra átszámítva) 160 milliárd tonna szerves anyagot termelnek, melynek 1/3-át a világóceán ökoszisztémái termelik, 2/3-át a szárazföldiek.

**Miben nyilvánul meg az élő anyag biokémiai funkciója?** A bioszféra élő anyaga különböző funkciókat tölt

be, melyek biztosítják a bioszféra mint egységes rendszer működését.

**Gázcsere funkció.** A szervezetek élettevékenységükkel hatnak a légkör, a világoceán és a talaj gázösszetételére. Az aerob szervezetek légzéskor oxigént vesznek fel a környezetből, és szén-dioxidot juttatnak vissza. A zöld növények, egyes egysejtűek és cianobaktériumok, a fotoszintézis során széndioxidot nyelnek el, és oxigént választanak ki. Egyes prokarióta szervezetek élettevékenységükkel hatnak más gázok koncentrációjára a környezetben (metán, kén-hidrogén, nitrogén).

**Oxidáló-redukáló funkció.** Az élőlények közreműködésével a légkörben, vízben és a talajban egyes kémiai vegyületek oxidálódnak vagy redukálódnak. Például, a vasbaktériumok képesek oxidálni a vasvegyületeket, a kénbaktériumok a kénvegyületeket, a denitrifikáló baktériumok a nitrátokat és nitriteket molekuláris nitrogénné vagy nitrogén-oxidokká redukálják.

**Koncentráció funkció.** Az élőlények meghatározott kémiai elemeket vehetnek fel környezetükből, és azokat felhalmozzák szervezetükben. Így a puhatestűek, likacsoshéjúak, tízlábú rákok, gerinces állatok szervezetükben kalciumvegyületeket halmoznak fel, főként a vázukban, páncéljukban; a sugárállatkák stroncium és szilícium-vegyületeket, míg a barnamoszatok – jódot.

**Biogeokémiai ciklusok.** Bolygónkon az élő anyag működése az atomok migrációjával kapcsolatos. A bioszférában folyamatos a víz és a szervezeteket felépítő minden kémiai elem körforgása.

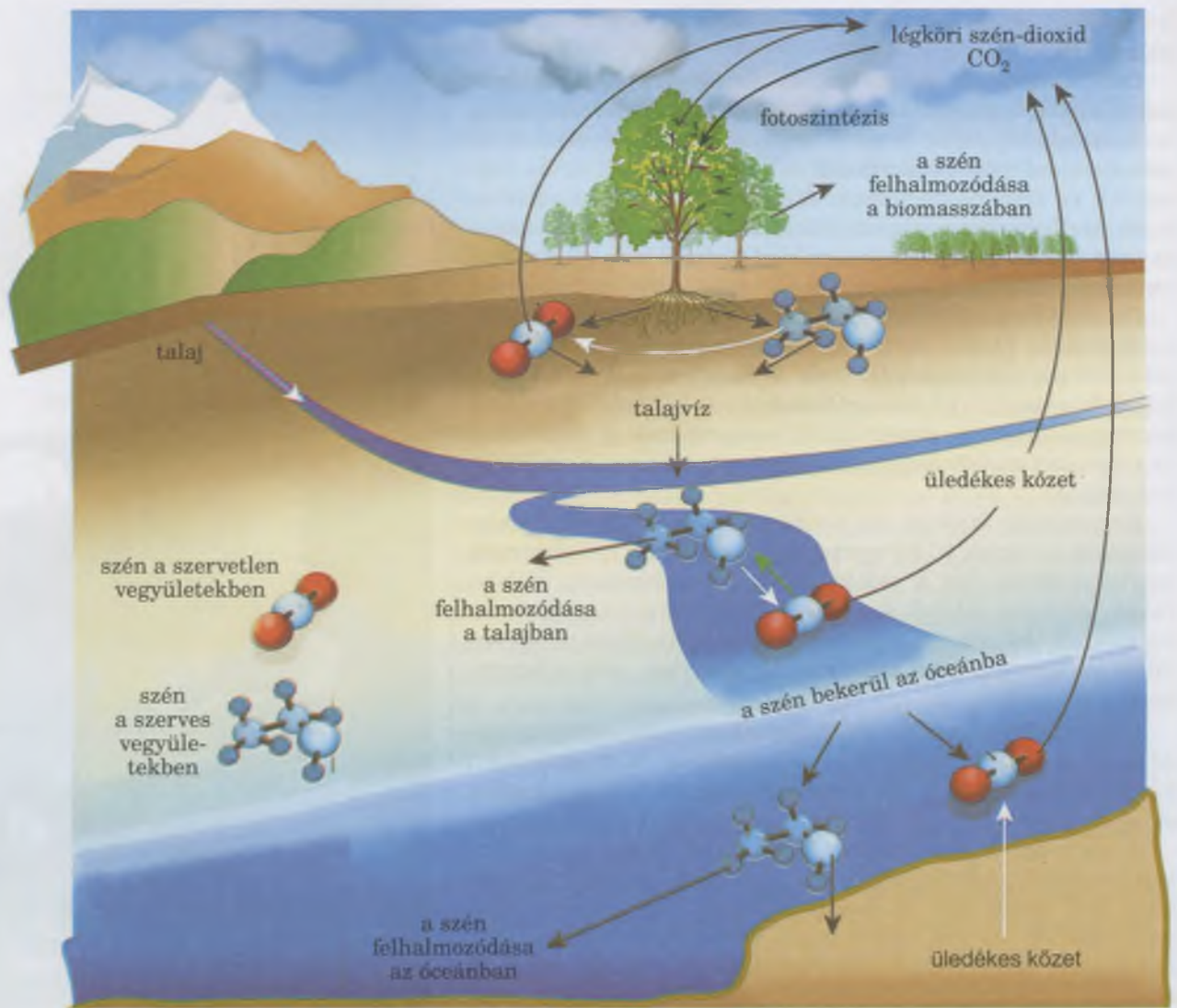
**A víz biogeokémiai ciklusa (291. ábra).** A víz a bioszféra legelterjedtebb kémiai vegyülete. A Föld vízkészlete 1,5 milliárd  $\text{km}^3$  körül van. A levegő páratartalma a vízfelületek párolgásából, az élő szervezetek párologtatásából és más forrásokból származik. A légkörből a víz eső és hó formájában csapódik ki. A tengerek és óceánok vízkészlete a beléjük ömlő folyókból és a csapadékból pótlódik. A tengeráramlatok meleg vagy hideg víztömegeket jelentős távolságra szállíthatnak, ezzel hatnak a szárazföld egyes területeinek éghajlatára. A víz tevékenyen részt vesz olyan geológiai folyamatokban, mint az anyagok kimosódása, szállítása, hordalékképzés. Az élő szervezetek által felvett víz részt vesz az anyagcserében. Az élő szervezetek vizet választanak ki a környezetbe, az abban oldott anyagcseretermékekkel együtt, valamint légzéskor, párologtatással.

**Az oxigén biogeokémiai ciklusa.** Az élőlények légzésük folyamán oxigént ( $\text{O}_2$ ) vesznek fel energiaszférájuk működéséhez. A légköri és a vízben oldott oxigén képes szerves maradványokat és szerves vegyületeket oxidálni a Föld burkaiban. A molekuláris oxigén egy része a napsugárzás ibolyántúli tartományának kitéve, és elektromos kisülések hatására ózonná ( $\text{O}_3$ ) alakul. Az atmoszféra alsó rétegeiben az oxigéntartalom 21 % körül van, mely csökken a magasság növekedésével.

**A szén biogeokémiai ciklusa (292. ábra).** A szén jelen van valamennyi szerves anyag összetételében. Ezek a vegyületek az élőlények alkotói és részt vesz a biokémia folyamatokban. Az autotróf szervezetek képesek a szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) megkötésére és különféle szerves vegyületek szintetizálására. Ehhez



291. ábra. A víz körforgása a természetben: 1 – légköri víz; 2 – gleccservíz; 3 – óceáni víz; 4 – földalatti vizek; 5 – folyók vizei



292. ábra. A szén körforgása a természetben. **Feladat:** A tankönyv szövegét felhasználva jellemezzétek ezeket a folyamatokat!

fényenergiát (fototrófok) vagy kémiai (kemotrófok) reakciók energiáját használják. Ezek az anyagok a későbbiekben a táplálék-láncokon keresztül a heterotróf szervezetekbe kerülnek. A szén az élő szervezetekben az általuk előállított szerves anyagokban és karbonátok formájában (elsősorban a vázrendszerekben és a mészhéjakban) halmozódik fel. Az élő szervezeteken kívül szén van a talaj szerves anyagaiban, a szén-dioxidban és különféle üledékes kőzetekben (márvány, mészkő, kréta, stb.) Ezeknek az anyagoknak széntartalma egy időre kikerül a biokémiai ciklusokból, majd később, a szervezetek élettevékenysége folytán és az üledékek kémiai átalakulásával (oldódás, mállás) a szén ismét bekapcsolódik a biogeokémiai folyamatokba.

A **nitrogén biogeokémiai ciklusa**. A légkör szabad gáznemű nitrogéntartalma ( $\text{N}_2$ ) 79 % körül van. A nitrogén a légkörből a talajba és a vízbe nitrogén-dioxidok ( $\text{NO}_2$ ) és más vegyületek, például ammónia ( $\text{NH}_3$ ) formájában kerül. A nitrogénvegyületek zöme a talajba és a vízbe a légköri nitrogént megkötő prokarióta szervezetek (nitrogénkötő baktériumok, egyes cianobaktériumok) közreműködésével kerül. A kémiai vegyületek összetételében levő, a növények által felhasználható nitrogént kötött **nitrogénnek** nevezzük. A kötött nitrogént a talajból a növények vagy közvetlenül,



vagy a nitrogénkötő gümöbaktériumokkal szimbiózisban veszik fel. A nitrogénvegyületekből a növények aminosavakat szintetizálnak, melyekből a fehérjemolekulák, nukleinsavak épülnek fel. A nitrogéntartalmú szerves vegyületek a táplálékláncon keresztül adódnak tovább. A disszimiláció folyamatában a bonyolult nitrogénvegyületek egyszerű vegyületekre bomlanak (ammónia, karbamid, húgysav, guanin és egyébek), és kiválasztódnak a környezetbe légzéskor, verejtéssel, vizelettel, ürülékkel. A fehérjék és más nitrogéntartalmú szerves vegyületek a szervezetek maradványaival kikerülnek a külső környezetbe, ahol a reducensek lebontják azokat.

**Milyen szerepet játszanak az élő szervezetek a Föld burkainak átalakításában?** Az élő szervezetek részt vesznek az üledékes kőzetek képződésében, a talajképzési folyamatokban, a légkör összetételének alakításában, megváltoztatva a Föld különböző burkait.

Az üledékes kőzetek a különböző típusú vizek alján keletkeznek az oldhatatlan anyagok rétegződésével, melyek jelentős részben biogén eredetűek. Az üledékes kőzetek (mész, kréta, kovaföld, radiolarit, diatomit) keletkezésében olyan élő szervezetek vesznek részt, amelyek életük folyamán vázrendszerükben, mészhéjukban, páncéljukban a karbonátok, foszfátok, szilícium-dioxid halmoznak fel. A kovaföld ( $\text{SiO}_2$ ) nevű üledékes kőzet kialakulásában a sugárállatkák és a kovamoszatok vettek részt. A radiolaritok (elsősorban sugárállatkák belső sejtvázaiból keletkezett üledékes kőzetek) szilikátos agyagásványok formájában találhatóak, melyek féldrágakövek (jáspis, kalcedon) lelőhelyei. A foszforit és apatit lerakódások (a foszforsavak sói, melyeket műtrágyaként valamint vegyipari nyersanyagként használnak) olyan kihalt tengeri állatok maradványaiból keletkeztek, melyeknek kagylói vagy csigaházai kalcium-foszfát összetételű.

A kőszén (a magasabbrendű spórás növények fosszilis maradványa) és a barnaszén (kihalt nyitvatermők fosszilis maradványa) keletkezése elhalt növényi maradványok különleges körülmények közötti átalakulásával kapcsolatos. A vasérctelepek kialakulása a bioszféra egész fennállása folyamán történt, a kemotróf vasbaktériumok életműködése eredményeként. Hipotézisek vannak a kőolaj, a földgáz és más ásványok biogén eredetéről.

Az élő szervezetek közreműködnek a kőzetek mállásában is. Például, a sziklákön megtelepedő zuzmók, az általuk kiválasztott szerves savakkal elősegítik a kőzetek mállását. Ugyanezt a folyamatot váltják ki a gombák hifái is, amik behatolnak a sziklarepedésekbe.

A szervezetek részt vesznek a talaj kialakulásában: lebontják a szerves vegyületeket szervetlenekre, elősegítik a humuszképződést. Ennek a köszönhetően a litoszféra komponensei bekapcsolódnak az anyagkörforgásba.

A szervezetek élettevékenysége biztosítja az *atmoszféra gázösszetételét*. A légkör oxigéntartalma a fotoszintézis eredményeként jött létre. A Föld növényzete évente mintegy  $1,7 \times 10^8$  tonna szén-dioxidot nyel el, és majdnem  $1,2 \times 10^8$  tonna oxigént választ ki, amelyet az aerob szervezetek légzésre használnak fel.



## Röviden a lényeg

A Földet burkok veszik körül – szilárd földkéreggel (litoszférával), vízburokkal (hidroszférával) és gázburokkal (atmoszférával). Bolygónk burkainak élőlények által benépesített geológiai részét bioszférának nevezzük. A bioszféráról szóló tanokat Vernadskij hozta létre.

A szervezetek összességét a Földön Vernadskij élő anyagnak nevezte. Az egyik jellemzője az összbiomassza, a kémiai összetétel és az energia. Az élő anyag különböző funkciókat láthat el, amelyek biztosítják a bioszféra mint egységes rendszer létezését. Ezek a funkciók a következők: gázcsere, oxidáló-redukáló, koncentráció. Az élő anyag funkcióinak megvalósítása kapcsolatban áll az atomok és az anyag körkörös forgalmának folyamataiban résztvevő molekulák vándorlásával, vagyis a biogeokémiai ciklusokkal.

A szervezetek aktívan részt vesznek a bolygónk burkainak átépítésében: üledékes kőzeteket, talajt képeznek, alakítják az atmoszférát.



293. ábra. Megapolisz (Kijev)



294. ábra. Talajerózió: gyakran a vízmosás következtében szakadékok jönnek létre és nőnek meg, ami alkalmatlanná teszi a talajt a mezőgazdasági művelésre.



295. ábra. Az erdőirtás a Kárpátokban ökológiai katasztrófát idézhet elő.

### Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:

bioszféra, a bioszféra élő anyaga.

### Ellenőrizték a megszerzett tudást!



1. Mi a bioszféra és hol vannak a határai? 2. Mi jellemzi a Föld élő anyagát? 3. Mik az élő anyag biogeokémiai funkciói? Mik a biogeokémiai ciklusok? 4. Milyen szerepet játszanak az élőlények a földburkok átalakításában?

### Gondolkodjatok el rajta!



Magyarázzátok meg, hogy a bioszféra miért nem képez külön burkot a Földön!

## 53. §. A BIOSZFÉRA VÉDELME ÉS MEGŐRZÉSE, A KÖRNYEZET VÉDELME ÉS FŐ ESZKÖZEI

*Emlékezzetek az ember gazdasági tevékenységének fő formáira!*

**Mi a lényege korunk ökológiai válságának?** Fejlődéstörténete során az ember, a civilizációs fejlődés egy szakaszán, aktívan kezdte el átalakítani a természetet, és hatása a természeti környezetre évszázadról évszázadra nőtt mindaddig, amíg vezető ökológiai (antropogén) tényezővé nem vált. Az ember tevékenységével kiváltott ökológiai problémák – népességnövekedés, élelmiszerhiány, energiaválság, ivóvízhiány, környezet-szennyezés – sora hosszú. Ezek a problémák az emberiséget a globális ökológiai válság határára sodorták.

**A népességnövekedés.** A tudósok számításai szerint az i. e. VII. évezredben bolygónk lakossága nem haladta meg a 10 milliót, míg időszámításunk kezdetén 300, a XVII. sz. közepén majdnem 700 millió ember élt bolygónkon, amelynek népessége a XX. sz. folyamán megnégyszereződött, 2016-ra 7,4 lett, 2030-ra elérheti a 9 milliárd főt. Csak a legutóbbi 50 évben a Föld lakossága megkétszereződött, azaz demográfiai robbanásról beszélhetünk, amelynek következményei beláthatatlanok.

A Föld népességének növekedése és az ipar rohamos fejlődése együtt jár a városok intenzív fejlődésével (urbanizáció), egyebek között gigantikus városok, megapoliszok megjelenésével (293. ábra). Jelenleg a Föld lakosságának 40 %-a városokban él, ugyanakkor a városok a bolygó felszínének csupán 0,5 %-át foglalják el. A városok és környékük az antropogén módon átalakított természetes környezet példái: a természetes ökoszisztémák majdnem teljes elpusztítása, nagyfokú szennyezése ipari és háztartási hulladékokkal, a közlekedés intenzív fejlődése stb. A lakosság rendkívüli koncentrációja következtében a városokban nagy a kockázata az olyan járványok kitörésének, mint az influenza, AIDS, kolera, hastífusz, szalmonellózis, tuberkulózis, fennáll a férggekkel, kullancsokkal, rovarokkal való fertőzésnek veszélye.

**A Föld népességének élelmiszerekkel való ellátása** a szántóföldek területének évről-évre való növelését követeli meg. Ugyanakkor a természetes ökoszisztémákkal borított területek termelésbe vonása, a Föld alatti vizeket optimális szinten tartó, a talajt a szél káros hatásaitól védő erdők kiirtása és más antropogén tényezők a talaj eróziójához

vezetnek. A talajerózió – a felső termőréteg vékonyodása a víz és a szél felszínalakító munkája folytán (294. ábra). Az erózió és más folyamatok (szikesedés) eredményeként bolygónk termőtalajainak humusztartalma évente 24 millió tonnával csökken, a sivatagok területe az utóbbi 20 évben 100 millió hektárral nőtt.

**Az erdőirtás.** Az utóbbi 10 ezer évben az erdők területe bolygónkon az emberi tevékenység folytán nem kevesebb, mint egyharmaddal csökkent (295. ábra). Napjainkban az erdők területe évenként 17 millió hektárral csökken, elsősorban a trópusi erdőket irtják, amelyek vezető szerepet játszanak az ökológiai egyensúly fenntartásában bolygónkon. Az erdők területének csökkenése az egyik oka annak, hogy nő az atmoszféra szén-dioxidtartalma.

**Az energiaellátás problémája.** Ezek a problémák szoros összefüggésben állnak bolygónk ökológiai állapotával, mivel az energiataralékok ésszerű felhasználása nemcsak a termelés önköltségét befolyásolja, hanem a hasznos ásványok kitermelését is, ami jelentős mértékben csökkenti környezetünk szennyezettségét. Az elektromos energia felhasználásának növekedése új elektromos erőművek építését igényli, köztük az atomerőműveket is. Az atomerőművek működtetése, melyek a világ több mint 30 országában vannak, kapcsolatban áll az atomerőművek balesetmentes működésével, a környezetünk radioaktív részecskékké váló szennyezésének, a kiégett radioaktív fűtőelemek tárolásának megoldhatóságával.

Nem lehet kizárni atomerőmű-balesetek bekövetkeztét, amelyek nagy területeket tehetnek lakhatatlanná és alkalmatlanná mezőgazdasági tevékenység folytatására. Ilyen atomerőmű-baleset volt az USA-ban a Three Mile Island-i nukleáris erőműben és egy uráni nukleáris üzemben, Jekatyerinburg közelében. Nukleáris katasztrófa történt a Csernobili atomerőműben 1986 áprilisában, a Fukushima-1 atomerőműben Japánban, 2011-ben (296. ábra).

**Éghajlatváltozások.** A Föld éghajlatváltozásainak egyik oka az ember gazdasági tevékenysége. Az ipar és az energiatermelés gyors fejlődése megnövelte a szén-dioxid koncentrációját a légkörben, ami az ún. üvegházhatást váltja ki (297. ábra). Az utóbbi 200 évben a légkör CO<sub>2</sub> koncentrációja 25 %-kal nőtt, míg az évi középhőmérséklet a földfelszín közelében 0,5 °C-kal emelkedett.

**Az emberi tevékenység hatása a légkör állapotára.** A légkört az emberi és állati egészségre ártalmas ipari szennyeződések és a gépkocsik kipufogógázai (H<sub>2</sub>S és SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> és NO<sub>2</sub>, CO, nehézfémek) szennyezik. Az építőipari és a bányászati üzemek (cement és gipszüzemek, nyíltszíni szénbányák) a levegő porszennyezésének állandó forrásai. Különösen nagy veszélyt jelentenek a környezetre a savas esők, melyeket a légkörbe kerülő H<sub>2</sub>S és NO<sub>2</sub> okoznak. A vízmolekulákkal egyesülve erős szervesetlen savakat – kénsavat H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, salétromsavat HNO<sub>3</sub> – képeznek. A savas esőknek súlyos következményei vannak: pusztulnak az erdők és édesvizek ökoszisztémái (298. ábra).

A másik nagy veszély az ember egészségére nézve az ózonpajzs elvékonyodása. Ennek oka a halogénezett szénvegyületek (freongázok) légkörbe jutása, melyeket a hűtőberendezésekben, légkondicionálókban, aeroszolos szóróflakonokban használnak lakkok, festékek, illatszerek porlasztására.



296. ábra. Tűz a Fukushima-1 atomerőműben



297. ábra. Üvegházhatás vázlatja:  
1 – a Naptól érkező hőenergia visszaverődik a földfelszínen;  
2 – az ipar és a közlekedés megnöveli a légkör CO<sub>2</sub>-koncentrációját, ami akadályozza a hő távozását a légkör felső rétegeibe (3), aminek következtében nő a földfelszín közelében



298. ábra. A savas eső következményei



299. ábra. A víz olajszennyeződése

**i** **Jegyezzük meg!** A nooszféra a bioszféra szerveződésének minőségileg új formája, amely a bioszféra és az emberi társadalom kölcsönhatásából jön létre, amikor elérjük a természet és az emberiség harmonikus együttélését.



1



2



3

300. ábra. Alternatív energiaforrások:  
1 – korszerű személygépkocsi töltése;  
2 – napelemek;  
3 – szélenergia

**Az emberi tevékenység hatása a hidroszférára.** Negatív hatással van az ember tevékenysége a vizes ökoszisztémákra is. Főként az ipari és kommunális szennyvizekkel, a szántóföldekről bemosódott rovarirtó szerekkel és műtrágyákkal, a hidrotechnikai létesítmények építésével, lecsapolással, kórolajtermékek szivárgásával szennyeződnek (299. ábra). A vizek egészségügyi állapotának romlása, és a vízkészletek ésszerűtlen felhasználása (ez elsősorban az édesvízkészletekre és a Föld alatti vizekre vonatkozik) világszerte kiélezi az ivóvízproblémát. Még a legkorszerűbb módszerekkel tisztított szennyvizeket is csak korlátozottan lehet ipari, energetikai és öntözési célokra felhasználni.

**A fajok kipusztulása.** Az ember intenzív beavatkozása a természetes biogeocönózisok életébe direkt pusztítás, az élőhelyek megsemmisítése, a környezet szennyezése által, sok állat- és növényfaj kihalásához vezetett. Számítások szerint, az utóbbi ezer évben 130 emlősfaj és alfaj, 260 madárfaj és alfaj tűnt el véglegesen bolygónkról. A kipusztult gerinctelen- és gombafajok számát lehetetlen megállapítani.

**Ukrajna természeti erőforrásainak állapota napjainkban.** Az intenzív gazdasági tevékenység következtében, különösen a XIX. sz. második felétől, Ukrajna természeti tájai jelentős mértékben megváltoztak. A változások kedvezőtlenül érintették a vadon élő állatok és növények élőhelyeit. Jelenleg Ukrajna területének összesen 29 %-át foglalják el természeti társulások. Az erdőkkel borított területek, az 1850-es állapotokhoz képest 28 %-ról 14,3 %-ra, míg az első és a második évezred fordulójához viszonyítva 45%-kal csökkentek. Gyakorlatilag teljesen megsemmisültek a szűz sztyeppék, hatalmas területeknek változott meg a vízrendszere gátak, víztározók építése, a polisszjai mocsarak lecsapolása, és a sztyepei övezetben levő területek öntözése következtében. A Dnyeperen kiépített mesterséges vízlépcsők miatt a folyóból gyakorlatilag kipusztultak a tokfélék (tokhal, viza) a Fekete-tengerre való szabad kijárási megszüntetése következtében. A túlzott antropogén szennyezés – vegyszerekkel és radioaktív anyagokkal – nagy kiterjedésű területeken károsította a természetes ökoszisztémákat, és komolyan veszélyezteti Ukrajna gazdag és változatos állat- és növényvilágának génkészletét.

Ukrajnában csökken a vadállomány, egyre kevesebb a vadászható szarvas, őz stb. A vizekben megfogyatkozott a halászható halak állománya.

**Hogyan kerülhető el az ökológiai válság?** A történettudományok fejlődése nyomán kiderült, hogy az embernek is alá kell vetnie magát a természet törvényeinek, hiszen annak részét képezi, és nem kell minden áron a megváltoztatására törekednie. V. I. Vernadskij még a XX. század első felében megjósolta, hogy a bioszféra nooszférává fog fejlődni a tudományos gondolkodás és az ember tevékenysége által.

Bármely probléma megoldásának az **ökológiai gondolkodásmód** a megoldása, vagyis a mindennapi tevékenységek alárendelése a természeti törvényeknek és a természetvédelem követelményeinek.

**Alternatív energiaforrások** – olyan megújuló energiaforrások, mint a napenergia, szél, tengerek, folyók, biomassza, a Föld hője, és az állandóan meglévő vagy periodikusan megjelenő másodlagos energiaforrások (300. ábra).

Fontos az olyan új energiaforrások felhasználása, mint a bioüzemanyagok. A **bioüzemanyagok** olyan növényi és állati eredetű nyersanyagok, amelyek az élőlények tevékenységéből vagy az ipar szerves hulladéktékaiból származnak. A természetes energiahordozóktól (kőolajtól, kőszéntől, nukleáris üzemanyagtól) eltérően a bioüzemanyagok megújuló energiaforrások, teljesen elbontják őket a mikroorganizmusok, ezért nem jelentenek veszélyt a természeti környezetre.

**Természetvédelem** – olyan gyakorlati tudomány, amely a bioszféra állapotának megőrzését célozza, az elméleti alapját az ökológia képezi. Az ökológia fejlődésével az emberiség fokozatosan kezdte megérteni, hogy az élőlények és környezetük kapcsolatait fontos tanulmányoznia. Azoknak a törvényszerűségeknek a megismerése, amelyek a bioszféra működését irányítják létfontosságú. A természet életében még a jelentéktelen beavatkozások is láncreakciókat válthatnak ki, melyeknek globális méretekben beláthatatlan következményei lehetnek. Ezért az általános ökológiai krízis elkerülése érdekében, a világ valamennyi országának össze kell fognia a természet védelméért.

**Melyek a fajgazdagság megőrzésének fő irányjai?** A bioszféra állapotának megőrzése és javítása nem lehetséges az azt benépesítő élőlények fajgazdagságának megőrzése nélkül. Az élővilág fajgazdagságának megőrzése céljából a különböző országok (köztük Ukrajna) kormányai csatlakoztak az IUCN által kidolgozott *Természetvédelmi Világstratégiához*.

Az IUCN mellett 1948-ban létrehozták a ritka és eltűnőben lévő növény- és állatfajok védelmének nemzetközi bizottságát. A testület feladatkörébe a ritka és eltűnőben lévő fajok védelmére irányuló intézkedések kidolgozása, és ezen intézkedések jogi alapjainak a megteremtése tartozott. A bizottság munkájának eredménye a *Nemzetközi Vörös Könyv* létrehozása, amelynek egyes kiadásai 1966 óta rendszeresen megjelennek. Egyidejűleg folyik a munka a bolygónkról 1600 óta eltűnt fajok úgynevezett *Feketelistájának* összeállításán. Valamely faj akkor kerülhet fel a Feketelistára, ha hitelesen bizonyítható, hogy az utóbbi 50 év folyamán nem volt fellelhető. Fajlistákat készítenek azokról a fajokról, amelyek védelmet igényelnek egyes országokon belül, illetve készülnek nemzeti vörös könyvek is.

**Ukrajna Vörös Könyve** egy állami okmány, amely a veszélyeztetett állat- és növényfajok jelen állapotát tükrözi, és tartalmazza a megőrzésükre és tudományos alapokon történő regenerálásukra irányuló intézkedéseket. Az Ukrajna Vörös Könyvében olyan állat- és növényfajok szerepelnek, amelyek állandó vagy ideiglenes jelleggel (például, a költöző madarak) az ország területén élnek. A benne szereplő minden egyes fajnak fel vannak tüntetve az adatai, beleértve az elterjedést, az alkat és életműködés sajátosságait, az egyedszámot, a védelem értelmében elfogadott vagy tervezett intézkedéseket. Jelenleg Ukrajna területén 826 növény- és gombafaj, valamint 542 állatfaj szorul védelemre (301., 302. ábra).

A világon elsőként Ukrajnában állítottak össze **Zöld Könyvet**. Ebbe a könyvbe a ritka és egy adott területre jellemző növénytársulások vannak bejegyezve, amelyek hasznosítása különös figyelmet és elővigyázatosságot igényel.

A Vörös Könyvbe bejegyzett fajokat védik, és egyedszámukat növelik többek között a természetvédelmi területeken. Ezek-



301. ábra. A Vörös könyv állatfajai:  
1 – oleanderszender; 2 – rézszikló;  
3 – keleti pézsmacickány; 4 – hiúz;  
5 – közönséges delfin; 6 – fekete gólya;  
7 – nagy őrgébics; 8 – foltos szalamandra; 9 – borzas gödény



302. ábra. A vörös könyv növényei: 1 – agárkosbor; 2 – hóvirág; 3 – őszi kikerics; 4 – boldogasszony papucs; 5 – kétvirágú tulipán; 6 – tavaszi hérics; 7 – turbánliliom; 8 – berki szellőrózsa; 9 – tátogó kőkörcsin; 10 – széleslevelű ujjaskosbor

## Jó tudni

Ukrajnában a következő nemzeti parkokat hozták létre: Azovo-Szivaszkij, Biloberezsja Szvjatoszlav, Biloozerszkij, Buzkij gard, Velikij lug, Verhovinszkij, Vizsnickij, Galickij, Hetymanszkij, Holoszijivszkij, Homilsanszki erdők, Huculscsina, Dvoricsanszkij, Dermanszko-Osztrozskij, Gyesznanszko-Sztarogunszkij, Dzsarilgackij, Zaliszja, Icsnyanszkij, Kapmeljukove podillja, Kárpáti, Kremenecki hegyek, Mezinszkij, Nyizsnyoszulszkij, Pirjatinszkij, Pivnyicsne podillja, Podilszki tovtri, Pripjaty sztohid, Priazovszkij, Szent hegyek, Szinevéri és Szinyagorai, Sziverszko-Donyeckij, Szkolivszki Beszkidi, Szlobozsankij, Tuzlivszki limani, Uzsanszkij, Hotinszkij, Csarivna havany, Cseremoszkij, Sackij, Javorivszkij.

nek a területeknek a felhasználása „Ukrajna természetvédelmi alajáról” szóló törvényének (1992) megfelelően történik.

Ukrajna természetvédelmi területei között különleges helyet foglalnak el a bioszféra rezervátum (Askania-Nova, Kárpátok, Fekete-tenger, Duna). Ezek nemzetközi jelentőségűek, a bioszféra legjellemzőbb természeti együtteseinek természetes környezetben való megőrzése, és ökológiai monitoringozás céljából hozták őket létre. A bioszféra természetvédelmi területeken nemzetközi tudományos és természetvédelmi programokat valósítanak meg.

*A természetvédelmi területek* – országos jelentőségű természetvédelmi tudományos kutatói létesítmények, amelyeket a helyi tipikus természeti állapot és egyedi természeti komplexumok megóvása, a természetben történő folyamatok és jelenségek tanulmányozása, a tudományos természetvédelmi eljárások kidolgozása céljából hoznak létre. Ukrajna területén minden zónában találhatóak rezervátumok. Például, a vegyes erdők zónájában található a Drevljanszkij, a Poliszskij, a Rivnenszkij, a Cseremoszkij; a sztyepp zónában a Luhanszkij, az Ukrán sztyepp, a Dnyiprovszko-Orilszkij, a Jelaneckij sztyepp, az Opukszkij; a Krímen a Kazantinszkij, a Karadazskij, a Krimszkij, a Jaltai hegyierdő, a Martyan-Fok; a Kárpátokban a Gorgánok.

*A nemzeti parkok* – természetvédelmi, tudományos kutatói és ismeretterjesztő létesítmények, amelyeket az értékes természeti, illetve a történelmi kulturális komplexumok és objektumok megőrzésére hoztak létre. A területeken természetvédelmi előírások betartása mellett engedélyezettek a szervezet turizmus és a pihenés bizonyos formái.

*Regionális tájvédelmi körzetek* – helyi vagy regionális jelentőségű természetvédelmi intézmények, amelyek a nemzeti parkokhoz hasonló feladatokat látnak el.

*Rezervátum* – bizonyos természeti komplexumok vagy egyes fajok megőrzése és helyreállítása céljából kialakított természetes területek, amelyeken tudományos munka és a környezetvédelmi előírások betartása mellett tudományos ismeretterjesztő és (különleges enge-déllyel) korlátozott gazdasági tevékenység folyik.

*Természeti emlékek* – egyedülállóan különleges, természetvédelmi, tudományos, esztétikai jelentőségű természeti képződmények.

Különleges helyet foglalnak el a természetvédelmi célok megvalósításában a *botanikus kertek (füvészkertek)* és az *állatkertek*. Ezeket a helyi vagy a világ különböző tájairól származó ritka és jellegzetes növény- és állatfajok vizsgálata, megőrzése, akklimatizálása és hatékony gazdasági hasznosítása céljából hozzák létre. Fő feladatuk azonban az ismeretterjesztő-nevelő munka, a természetbarát magatartás beoltása az emberekbe.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

talajerozió, savas esők, nooszféra, környezetbarát (ökológiai) gondolkodásmód, Vörös Könyv, Zöld Könyv.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mik az okai az ökológiai krízisnek?
2. Miért veszélyes a Föld lakosságának ugrásszerű növekedése?
3. Milyen következményei vannak a bioszféra és az ember egészségére nézve az urbanizációnak?
4. Mi az oka a talaj eróziójának és szikesedésének?
5. Milyen ökológiai veszélyt rejt az atomerőmű?
6. Mit értenek a tudósok a nooszféra és a környezetbarát gondolkodás alatt?
7. Mi a természet ésszerű használatának alapelve?
8. Milyen alternatív energiaforrásokat ismertek?
9. Mik a természetvédelem irányvonalai?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



1. Hogyan értékelnétek Ukrajna ökológiai helyzetét?
2. Milyen különbségek vannak az olyan természetvédelmi kategóriák státusában, mint a bioszféra-rezervátum, a nemzeti parkok, regionális tájvédelmi körzetek, rezervátumok, természetvédelmi emlékek?



## **Röviden a lényeg**

Az ugrásszerű népességnövekedés és az ember gazdasági tevékenysége globális ökológiai krízist idézhet elő. Az emberi tevékenység által kiváltott ökológiai problémák listája viszonylag nagy – népességnövekedés, élelmiszer, energia, ivóvíz hiány, környezetszennyezés stb.

Ezek megoldása a környezetbarát szemléletmód alkalmazásával lehetséges, vagyis az emberi tevékenységet a természeti törvényeknek és a környezetvédelem követelményeinek kell alávetni.

## **TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK**

*Jelöljétek meg a helyes választ!*

1. A szervezetek kölcsönhatásainak összessége: a) parazitizmus; b) mutualizmus; c) kommenzalizmus; d) szimbiózis.
2. A biocönózis határait meghatározza: a) valamely állattársulás elterjedtsége; b) valamely növénytársulás elterjedtségének határai; c) szabadon meghatározható; d) nincsenek éles határok.
3. A szimbiózis kölcsönösen előnyös típusa: a) parazitizmus; b) kommenzalizmus; c) mutualizmus; d) konkurencia.
4. Egy faj populációjának térbeli és táplálkozási helyzete a biogeocönózisban: a) élőhely; b) trofikus szint; c) szimbiózis; d) ökológiai fülke.
5. A nooszféra: a) a Föld értelmes lények által lakott burka; b) a Föld burkainak élő szervezetekkel benépesült része; c) a bioszférának a tudatos emberi tevékenységgel kialakított új állapota; d) a természetvédelmi területek összessége.
6. Az Ukrajnában működő természetvédelmi területek típusai: a) csak természetvédelmi területek; b) csak időleges természetvédelmi területek; c) csak nemzeti természetvédelmi parkok; d) természetvédelmi területek, nemzeti parkok és rezervátumok.
7. Az élettelen természet tényezői: a) abiotikusak; b) biotikusak; c) antropogének; d) antropikusak.
8. Az ember által mezőgazdasági termelés fenntartására mesterségesen kialakított szervezetek társulását nevezzük így: a) ökoszisztéma; b) füvészkert; c) populáció; d) agrocönózis.
9. A talajerozió lényege: a) a sók lerakódása a felszíni talajokban; b) a felső termőréteg vastagságának csökkenése; c) a talajban élő hasznos szervezetek elpusztulása; d) erdőirtás.
10. A zöld könyvet azért hozták létre, hogy: a) megvédjék a ritka fajokat; b) megvédjék a veszélyeztetett fajokat; c) megvédjék a ritka és tipikus növénytársulásokat.

### Asszociációs teszt

11. Társítsátok a környezeti tényezőket az őket illusztráló példákkal!

- |                     |                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------|
| <b>A</b> abiotikus  | <b>1</b> ragadozó-préda viszonya                     |
| <b>B</b> biotikus   | <b>2</b> a talaj megnövekedett sugárzóanyag-tartalma |
| <b>C</b> antropogén | <b>3</b> gázok tartalma a talajban                   |

12. Társítsátok a szimbiózisok típusait az őket illusztráló példákkal!

- |                         |                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b> mutualizmus    | <b>1</b> az usszuri tigris és a vadmacska együttélése                                |
| <b>B</b> kommenzalizmus | <b>2</b> az orsóféreg az ember tápcsatornájában                                      |
| <b>C</b> parazitizmus   | <b>3</b> a tengeri makk megtelepedése a bálnák testén                                |
| <b>D</b> neutralizmus   | <b>4</b> a többbostoros egysejtű állatok létezése a csótányok és termeszek gyomrában |

13. Társítsátok a fajpárokat és a közöttük létrejövő viszonyokat!

- |                                                 |                                      |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>A</b> vörös érdesnyelű tinóru – rezgő nyárfa | <b>1</b> kommenzalista állat – gazda |
| <b>B</b> orchideák – trópusi fák                | <b>2</b> parazita – gazda            |
| <b>C</b> maláriaszúnyog – ember                 | <b>3</b> vérszívó – gazda            |
| <b>D</b> malária-plazmódium – ember             | <b>4</b> ragadozó – zsákmány         |
|                                                 | <b>5</b> mutualista viszony          |

14. Társítsátok az emberi tevékenységformát a következményeivel!

- |                                                           |                              |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>A</b> A halogénezett szénhidrogének légkörbe juttatása | <b>1</b> ózonlyuk alakul ki  |
| <b>B</b> ésszerűtlen locsolás                             | <b>2</b> üvegházhatás        |
| <b>C</b> intenzív ipari tevékenység és közlekedés         | <b>3</b> talajerózió         |
| <b>D</b> erdőirtás                                        | <b>4</b> a talaj szikesedése |

*Válasszatok 3 helyes választ a felajánlott válaszlehetőségek hármass csoportjából!*

15. Határozzátok meg a szervezetek mely ökológiai csoportokba tartoznak!

Producensek	Konzumensek	Reducensek
1) cianobaktériumok	1) chlorella	1) szaprotróf baktériumok
2) E. coli	2) mezei zsurló	2) bíbor baktériumok
3) a pestis kórokozója	3) vándorsáska	3) zöld eugléna

### Nyílt végű feladatok

16. Az élő anyag milyen szerveződési szintjeit tanulmányozza az ökológia? Az ökológia milyen fejezetei tárgyalják az élő anyag különböző szerveződési szintjeit?

17. Miért függ a fajgazdagságtól a biogeocönózis stabilitása? Feleleteteket indokoljátok meg!

18. Sok virágos növény és rovar evolúciója közösen történt. Milyen általános alkalmazkodó készségek fejlődtek ki náluk? Miben nyilvánul meg a kölcsönös függőségük?

19. Miért nem csak az egyes ritka vagy eltűnőben lévő fajokat kell védeni, hanem azt az ökoszisztémát, melynek az említett fajok a részei? Feleleteteket indokoljátok meg!

20. Miért csak a különböző országok kormányainak és társadalmainak összefogásával hárítható el a globális ökológiai katasztrófa? Feleleteteket indokoljátok meg!

21. Miért külön ökológiai tényezők az emberi tevékenységek?

22. Min alapul a szervezetek és környezetük egységességének alapelve?

23. Miért van az, hogy a rendszertanilag közelebbi fajok között a versengés kiélezettebb, mint a távolabbiak között? Feleleteteket indokoljátok meg!

24. A szervezetek faji összetételének változási tempója az elhagyott búzamezőn idővel erőteljesen lelassul. Mivel magyarázható ez?

25. Szervezetek faji összetételének változása folyamán az ökoszisztéma produktivitása nő. Mivel magyarázható ez?

26. Miért nem lehet a bioszférát a Földünk külön burkaként elképzelni? Feleleteteket indokoljátok meg!

27. Miért van az, hogy két azonos ökológiai igényű faj nem létezhet egy ökoszisztémán belül? Feleleteteket indokoljátok meg!

28. Mit kell változtasson az ember a saját természethez való hozzáállásán ahhoz, hogy elkerülje a globális ökológiai krízist?

29. Hogyan hat az ember a bioszféra anyagkörforgására?

30. Miért nem létezhetnek az ökoszisztémák producensek nélkül? Feleleteteket indokoljátok meg!

31. Milyen kapcsolat van az ember gazdasági tevékenysége és a Föld klímaváltozása között?





## 9. TÉMA. A BIOLÓGIA, MINT A BIOTECHNOLÓGIA ÉS AZ ORVOSTUDOMÁNY ALAPJA

### Ebben a témában megismeritek:

- a modern nemesítés feladatait;
- a növények, állatok és mikroorganizmusok nemesítésének fő irányvonalait;
- a modern biotechnológia feladatait és fő irányvonalait;
- a génebesztet funkcióit a modern biotechnológiában és orvostudományban;
- genetikailag módosított organizmusokat és a velük kapcsolatos problémákat.

### 54. §. A MODERN NEMESÍTÉS FELADATAI

*Emlékezzetek*, Darwin hozzájárulására a biológia fejlődéséhez! Melyek a tiszta vonalak, mi a génkészlet és a hibridizáció? Mi az tesztelő keresztezés? Mire alkalmazzák? Mik a letális és szubletális gének?

A **nemesítés** olyan tudományterület, amely a modern mezőgazdaság és az ipar feltételeinek megfelelő növény és állatfajták, illetve baktériumtörzsek létrehozásának és feljavításának elméleti alapjaival és módszereivel foglalkozik. A nemesítés elméleti alapjai genetikai vizsgálatok és a mesterséges szelekció. A hatékony eredmények elérése érdekében a nemesítő biztos ismeretekkel kell, hogy rendelkezzen a faj szaporodásával, egyedfejlődésével és életműködésével kapcsolatban.

*Emlékezzetek: állat- és növényfajtanak* nevezzük az ember által létrehozott, egy fajhoz tartozó egyedek összességét, amelyek meghatározott örökletes bélyegekkal rendelkeznek (felépítésükben, életműködésükben, produktivitásukban; 303. ábra). A **baktériumtörzs** a mikroorganizmusok tiszta kultúrája (egy sejt utódjai; 304. ábra). Egy elődejtől baktérium-válogatás segítségével különböző törzseket lehet előállítani, amelyek produktivitásukban, az antibiotikumok iránti érzékenységükben különbözhetnek.

Az állatok és növények fajtái és a mikroorganizmusok törzsei sajátos, mesterséges populációk. Az emberi beavatkozás nélkül degenerálódhatnak, elveszíthetik rájuk jellemző tulajdonságokat.

A nemesítés fontos szerepet játszik a mezőgazdaság fő feladatainak megoldásában – az élelmiszer termelés maximalizálásának biztosítása, minimális befektetéssel, és az energiahordozók gazdaságos felhasználásával. Országunkban a nemesítés tudományos kutatóintézetekben, családi gazdaságokban, fajtaminősítő állomásokon összpontosul.

**Feladat:** A tanár segítségével nevezetek meg vezető ukrainai tudományos nemesítő létesítményeket és jellemezzétek kutatásaik fő irányvonalait.



303. ábra. Kutyafajták: találjátok meg az ábrán a kiinduló formát, azaz a farkast, illetve a szolgálati, vadász és dekoratív fajták képviselőit!



304. ábra. A mikroorganizmusok törzseit táptalajokon tenyésztik, például agar-agaron, amit vörösmozzatokból állítanak elő; a táptalaj összetételétől gyakran függ a törzs produktivitása.

**Jegyezzük meg!** A körzetesítés olyan összetett eljárások, amelyekkel a fajták tulajdonságait ellenőrzik bizonyos éghajlati övek feltételei mellett. Ez elengedhetetlen követelménye a fajták ésszerű felhasználásának bármelyik országban.

## Jó tudni

A fajták kialakulása akkor kezdődött, amikor az ember elkezdett állatokat szelídíteni és növényeket termesztetni. Azonban jelentős számú állat- és növényfajta viszonylag kevés, egy vagy néhány vad őstől származik. Például az összes – közel 500 – kutyafajta őséne a farkast tekintik (303. ábra), míg a több mint 750 galambfajta őse a szirti galamb (feltételezik, hogy az egyes fajták létrejöttében a kék galamb is részt vehetett, vagyis fajták létrehozásának több vad faj alanya lehet) (305. ábra).



305. ábra. Házigalamb fajták:  
1 – göndör galamb; 2 – mikolajivi fajta;  
3 – king fajta; 4 – német szerzetesgalamb

A nemesítő munka sikere érdekében fontos a kiinduló anyag genetikai sokfélesége. Ezért a tudósok folyamatosan keresik a vadfajokban az őket érdeklő bélyegeket. Az alapanyag sokféleségének növekedését a különböző földrajzi eredetű tápanyagok keresztezésével, különböző tényezők, főleg mutagének hatásával (növény- és mikroorganizmus-nemesítés) érik el.

A nagy produktivitással rendelkező állatok és növények fajtái egyes földrajzi zónákban, nem mindig alkalmasak rá, hogy más zónákban használhatóak legyenek. Ezért a tudósok minden oldalról megvizsgálják az új fajták tulajdonságait, és ellenőrzik az alkalmazhatóságukat bizonyos klímaöveken, vagyis körzetesítik a fajtákat.

**A nemesítés módszerei.** A nemesítés klasszikus módszerei: a mesterséges kiválogatás és a hibridizáció.

## Jó tudni

A kultúrfajták létrehozásának kezdeti szakaszaiban a *nem tudatos szelekció* volt érvényben: bizonyos egyedeket kiválogatva az ember nem tudatosan hozott létre új fajtákat, és nem alkalmazott különböző keresztezési rendszereket, illetve mesterséges szelekciót. Majd a XVIII. század második felétől a nem tudatos mesterséges kiválogatást felváltotta a tervezett (módszeres). Az alapja ennek a szülői pár kiválasztása, a különböző típusú keresztezés módok használata, valamint a kapott utódok tervezett kiválogatása bizonyos bélyegek alapján, amelyek lehetőséget nyújtottak új fajták létrehozására a megtervezett tulajdonságok alapján.

**A mesterséges kiválogatás** – a gazdasági szempontból legértékesebb állatok, növények, mikroorganizmusok kiválogatása, a kívánt tulajdonságokkal rendelkező utódok előállítására céljából. Ez a legfontosabb eleme minden nemesítő munkának, ami szükséges az elérendő célok megtartására és további javítására.

A mesterséges kiválogatás néhány egymást követő szakaszból áll. Egy adott állat- vagy növényfaj sok egyede közül az ember szaporítás céljából kiválaszt olyan egyedeket, amelyek a nemesítőt érdeklő jellegekben különböznek a többiektől. A kívánt bélyegek folyamatosan erősödnek nemzedékről nemzedékre, mivel további szaporításra azokat az egyedeket válogatják ki, amelyekben az a legkifejezettebb. Ezzel egyidejűleg az ember a hibridizáció segítségével egyesítheti az utódokban a szülő egyedek különböző hasznos bélyegeit. A mesterséges kiválogatás általában más bélyegek változását is előidézi, de idővel észrevehetővé válik magának a szervezetnek az átépülése, vagyis új fajta jön létre (lásd: 303. ábra).

Az ember által kiválasztott bélyegek nem mindig hasznosak a szervezetek számára: a létrehozott fajták gyakran nem képesek önállóan létezni, és az ember folyamatos gondozására szorulnak. Például, nehéz elképzelni, hogyan tudnak elmenekülni a ragadozóktól bizonyos hosszúfarkú kakasok a természetben (306. ábra) vagy a szarvasmarha húshasznú fajtái, amelyeknek vaskos teste és rövid lába van.

A mesterséges kiválogatás lehet tömeges vagy egyedi. Tömegszelekció esetén a tenyészanyagból kiválasztják a nemesítés szempontjából értékes fenotípusú egyedeket. A tömeg-

szelekció egyszerű módszer, sőt az eredményei sem rosszak, de azért vannak hiányosságai. A fenotípus szerint hasonló egyedek genotípusukban eltérőek lehetnek (például, a domináns allélt tekintve vagy homozigóták vagy heterozigóták), ami törvényszerűen kihat a kiválogatás hatékonyságára. A heterozigóta szervezeteket egymás között keresztezve, az első hibridnemzedékben a jellegek változása a nemesítők által óhajtott irányba mozdul el, a továbbiakban azonban a homozigóta egyedek számának növekedésével a kiválogatás hatékonysága csökken.

Az *egyedszelekció*, amikor továbbszaporításra olyan egyedeket hagynak meg, amelyeket fenotípusuk és genotípusuk vizsgálata alapján választanak ki. Ezeknek a szervezeteknek a genotípusáról törzskönyveikből, elemző keresztezés és egyéb módszerek alkalmazásával szerezhető információk.

A nemesítés hatékonysága nem csupán a mesterséges kiválogatás formájától függ, hanem attól is, hogy megfelelő-e a szülőpárok kiválasztása, a szervezetek keresztezése, a **hibridizáció** módszer alkalmazása. A hibridizáció ivaros szaporítással vagy nemi ivarsejtek egyesítésével történik. A hibridsejtek magvai egybeolvadhatnak, vagy egymástól elkülönülve maradhatnak (307. ábra). Hibridizációval az utódok fenotípusában egyesülnek a gyakorlati felhasználás szempontjából fontos szülői bélyegek változatai, és így megelőzhető a rokonkeresztesítés negatív következményeinek megjelenése.

Hibridizáció lehetséges egy fajon belül (fajon belüli hibridizáció) vagy különböző fajok, esetleg *nem*-ek között (fajok közötti vagy távoli hibridizáció). A fajon belüli hibridizáció lehet rokonkeresztesítés vagy nem rokon keresztezés. A rokonkeresztesítés közvetlen közös elődökkel rendelkező szervezetek hibridizációja, **beltenyésztése (inbreeding)**. A kereszt-megtermékenyülő szervezetek esetében a rokonkeresztesítés legközelebbi formája a testvérek egymással vagy szülők saját utódokkal való keresztezése. A rokonkeresztesítés következtében a hibridek homozigóta jellege minden következő nemzedékben növekszik.

A rokonkeresztesítés biológiai következménye – az utódok gyengülése, elkorcsosodása vagy akár pusztulása, a letális vagy szubletális recesszív allélok homozigóta állapotba való átmenetének következtében. A nemesítésben a rokonkeresztesítést *tiszta vonalak* előállítására használják: a beltenyésztés lehetőséget nyújt az értékes bélyegek homozigóta állapotát létrehozni, és megerősíteni azokat az utódokban. Egyfelől, a kedvező tulajdonságokkal rendelkező élőlények tiszta vonalai lehetnek a szelekciós munka végeredményei. Másfelől, a tiszta vonalakat felhasználhatják további hibridizációhoz és kiválogatáshoz. (Emlékezzetek Mendel kísérleteire!)

A **nem rokon keresztezés (outbreeding)** egymással közvetlen rokon kapcsolatban nem lévő szervezetek hibridizációja, azaz egy faj különböző vonalainak vagy fajtáinak keresztezése. *Emlékezzetek*: nem rokonnak tartják azokat az egyedeket, amelyeknek nem volt közös őse legalább az elmúlt hat nemzedékben. A nem rokon keresztezést azért alkalmazzák, hogy egyesítse az utódokban a különböző vonalakra, fajtákra jellemző értékes tulajdonságokat. A gene-



306. ábra. A fönix fajtájú kakas hosszú farokkal rendelkezik, amely egy év alatt 90 cm-t is nőhet



307. ábra. Szomatikus sejtek hibridizációja: 1 – szülői sejtek; 2 – a citoplazma-összeolvadás kezdeti szakaszai; 3 – kétmagvú sejt képződése; 4 – hibrid sejt magvainak összeolvadása



308. ábra. Vörös tollú brojler: a tyúkok tömege eléri 4 kg-ot, a kakasoké a 7 kg -ot; 4 hónapos kortól tojnak, egy év alatt 300 tojást.

**Jegyezzük meg!** A heterózis olyan jelenség, amikor a nem rokon keresztezésből származó hibridek első nemzedéke, a szülőkhöz képest magasabb életképességgel és produktivitással rendelkeznek.

tikai következményeit tekintve az outbreeding ellentétes a beltenyésztéssel: a nem rokon keresztezés során minden egymás után követő generációban az utódok egyre markánsabban heterozigóták lesznek. A nem rokon keresztezésből származó utódoknál gyakran figyelhető meg a hibriderő vagy a heterózis jelensége.

A heterózisos egyedekben a recesszív letális és szubletális allélok heterozigóta állapotba mennek át, így kedvezőtlen hatásuk nem nyilvánul meg a fenotípusban. Ezenkívül, a hibrid egyedek genotípusában egyesülhetnek mindkét szülő hasznos domináns alléljai! (Emlékezzetek: ahhoz, hogy valamely bélyeg megjelenjen a fenotípusban, néha szükséges két vagy több nem allél gén kölcsönhatása!)

Heterózis jelenségére példa a **brojler** csirke – gyors növekedésű háziállat hibridek (házityúk, kacska, nyúl), különböző fajtájú egyedek egymás közötti keresztezésével hozták létre (308. ábra).

A heterózis legkifejezettebben az első hibridnemzedék egyedeiben nyilvánul meg. A következő nemzedékekben a bélyegek hasadása, és a gének egy részének homozigóta állapotba való átmenete eredményeként a heterózishatás gyengül, és a nyolcadik nemzedékben teljesen eltűnik. A nővényeknél a heterózishatás vegetatív szaporítással, a kromoszómaszám megkettőzésével vagy partenogenetikus szaporítással rögzíthető.

A heterózis jelenségét kiterjedten alkalmazzák a mezőgazdaságban, mivel jelentősen növeli a hozamot (például a kukoricánál 20–25 %-kal). A heterózishatás jól megfigyelhető a zöldségféléknél (vöröshagymánál, paradicsomnál, uborkánál, padlizsánál, cukorrépánál). Az állattenyésztésben a különböző fajták keresztezése gyorsítja a növekedést és az ivaréretet, javítja a hús és a tej minőségét. A különböző, tojástermelő tyúkfajták egymással (például leghorn és australorp) való keresztezése 20–25-tel növeli a hibridek évi tojáshozamát.

A **távoli hibridizáció** a különböző fajú egyedek keresztezése abból a célból, hogy a hibridek genotípusában egyesítsék a különböző fajok értékes öröklődő bélyegeit. Távoli hibridizációs módszerrel hozták létre a búza és a tarackbúza (309. ábra, 1), a búza és a rozs nagy hozamú és a ledőléssel szemben ellenálló hibridjeit, a kínai cukornád vadfajtákkal való keresztezéséből származó hibridek cukortartama megnőtt. Ismertek a gyümölcsök fajok közötti hibridjei is (málna és szeder, szilva és kökény, berkenye és galagonya). Az állatoknál is vannak fajok közötti hibridek. A ló és a szamár



309. ábra. Állatok és növények fajok közötti hibridjei: 1 – a búza és a tarackbúza hibridje; 2 – öszvér, a ló kancájának és a szamár öszvérenek hibridje; 3 – vicsege, a viza és a kecsge hibridje, 170 cm hosszúra megnő, testsúlya eléri a 30 kg-ot. Ez a fajok közötti hibrid szaporodóképes: a nőtények 300 ezer ikrát raknak.

ismert hibridje az öszvér (309. ábra, 2) vagy az egypúpú és kétpúpú tevék hibridje, amelyek erejükkel, kitartásukkal, hosszú életükkel ütnek el a szülői fajoktól. A viza és a kecsge hibridje (vicsege) gyorsan nő, és ízletes húsu (309. ábra, 3). A nemesítők gyakran találják szembe magukat a terméketlenség (meddség) problémájával a fajközi hibrideknél; a jak (Tibetből származó kérődző állat) és a szarvasmarha hibridjénél a hímek meddők, a nőtények termékenyek.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

fajta, törzs, nemesítés, mesterséges kiválogatás, hibridizáció, heterózis.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mi a nemesítés? Mi a modern nemesítés feladata? 2. Mi a körzetesítés? Mire alkalmazzák? 3. Mi a mesterséges szelekció? Ki a mesterséges szelekció elméletének szerzője? 4. Mitől függ a mesterséges szelekció hatékonysága? 5. Mi a hibridizáció? 6. Milyen a rokon és a nem rokon keresztezés és mi a következményük? 7. Mi a távoli migráció? Mire alkalmazzák? 8. Miért terméketlenek a fajok közötti hibridek?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



1. Mi a közös és a különböző a mesterséges és a természetes szelekció hatásmechanizmusában? 2. Miért fordul Darwin a saját természetes szelekciós koncepciója alátámasztása érdekében a mezőgazdasági gyakorlathoz?

## **55. §. AZ ÁLLATOK, NÖVÉNYEK ÉS MIKROORGANIZMUSOK NEMESÍTÉSÉNEK SAJÁTÓSÁGAI**

*Emlékezzetek, mi a poliploidia!? Hogyan hat az organizmusok fenotípusára? Mi a növények oltása?*

Az archeológiai és paleontológiai vizsgálatokból kiderült, hogy először 20–30 ezer évvel ezelőtt próbálkozott az ember növénytermesztéssel és állattenyésztéssel. Úgy gondolják, hogy mezőgazdaságnak 5 fő kiindulási központja van: Ázsia délnyugati része (Közel Kelet, a Tigris és az Eufrátesz folyók völgye, a legrégebbi régiója az élelmiszer előállításnak, ahol a legtöbb növényt és állatot hasznosították); Kína (a Jangce és a Huang-ho folyók völgye); Közép-Amerika (a jelenlegi Mexikó és hozzá tartozó területek); Dél-Amerika (Andok); Észak-Amerika keleti része. Ezeknek a régióknak a többsége olyan vad növény- és állatfajok sokféleségével tűnt ki, amelyek alkalmasak voltak mezőgazdasági használatra.

A növénynemesítés sajátosságai. A **kultúrnövények eredetének és sokféleségének központjait** Vavilov (310. ábra) tanulmányozta. A XX. század húszas harmincas éveiben számtalan expedíciót szerveztek vezetése alatt, a bolygó különböző térségeiben. Megállapították, hogy minden kultúrnövényfaj sokféleségének vannak központjai, ahol a legtöbb fajtája és formája található. A tudós levonta a következtetést, hogy a kultúrnövények sokféleségének központjai egyben azok eredetének központjai is (8. táblázat).

## **Röviden a lényeg**

A nemesítés olyan tudományterület, amely az új a modern mezőgazdaság és az ipar feltételeinek megfelelő növény és állat fajták, illetve baktériumtörzsek létrehozásának és feljavításának elméleti alapjaival és módszereivel foglalkozik. A nemesítés elméleti alapjai a genetikai vizsgálatok és a mesterséges szelekció.

A mesterséges kiválogatás – a gazdasági szempontból legértékesebb állatok, növények, mikroorganizmusok kiválogatása, a kívánt tulajdonságokkal rendelkező utódok előállítására céljából. A mesterséges kiválogatás lehet tömeges vagy egyedi.

A nemesítésben a hibridizáció különböző formáit alkalmazzák: fajon belüli (ez lehet rokon- és nem rokon keresztezés) és fajok közötti (ezt távoli hibridizációnak nevezzük). A nem rokon vagy távoli hibridizáció következménye a hibridizáció és a heterózis.



310. ábra. **Mikola Ivanovics Vavilov** (1887–1943) – világszerte ismert genetikus és nemesítő

## Jó tudni

Vavilov expedíciójának köszönhetően közel 1600 növényfajból álló egyedülálló gyűjtemény állt össze, amit felhasználtak a nemesítés során. A kultúrnövények és a vad fajok rokoni kapcsolatait a kario-típus és más bélyegek, főként a molekuláris biológiai, biokémiai és élettani tulajdonságok elemzése alapján határozzák meg.



311. ábra. *Tulipa schrenkii* az egyik legszebb tulipán. Ukrajna délkeleti régióiban fordul elő, legtöbb van belőlük a Krímen. Ukrajna Vörös Könyvébe sorolták.

A kultúrnövényekhez több mint 25 ezer faj tartozik. A tudósok első természetett kultúrnövényekként a kukoricát, a dinnyét, a kókuszpalmát, a hagymát, a veteményborsót, az árpát, a búzát, a rizst tartják számon. A kutatások kimutatták, hogy egyes kultúrnövények a természetben nem fordulnak elő (például a vöröshagyma), míg mások manapság is elterjedtek a természetes ökoszisztémákban (például a vad káposzta, sárgarépa). Egyes kultúrnövényeket az ember távoli hibridizációval állított elő (például az olajrepcét, a káposzta és a repce hibridjét).

Jóllehet a földművelés a mai Ukrajna területén több, mint 5 évezredes múltra tekint vissza, szinte valamennyi jelenleg természetett növény más vidékekről származik. Ellenben ezeknek a növényeknek sok fajtáját országunkban állították elő. Az egy kultúrnövényfaj, amelyet a krími tatárok nemesítettek ki, a mai Ukrajna területén, a Krími Kánság idején, a sztyepei övezetben honos tulipán (*Tulipa Schrenkii*) (311. ábra). Ez Törökországon át jutott el Európába, és a XVI. sz. végétől kezdve fokozatosan Hollandia vált a tulipán mint dísznövényfaj nemesítési központjává.

Ukrajnában több növénynemesítő állomás van. A legismertebb közülük a Mironivszka búzával foglalkozó intézet (Kijev megye), amelyet hosszú ideig a kiváló ukrán nemesítő Remeszlo akadémikus (312. ábra) vezetett. Jelenleg az intézet az ő nevét viseli.

A növénynemesítés során különböző mesterséges szelekciós módszereket alkalmaznak (mint a tömeg-, mind az egyedszelekciós módszereket). A kapott fajták sokféleségének növelése érdekében a növénynemesítésben a hibridizáció különböző formáit alkalmazzák együtt a mutagének alkalmazá-

8. táblázat

### A kultúrnövények sokféleségének és származásának központjai N. I. Vavilov szerint (nem feltétlenül kell megjegyezni)

A központ neve	Elhelyezkedése	Onnan származó fajok
Dél-ázsiai trópusi	India trópusi vidékei, Indokína, Dél-Kína, Délkelet-Ázsia szigetvilága	rizs, cukornád, uborka, citrusfélék, banán
Kelet-ázsiai	Közép- és Kelet-Kína, Japán, Korea, Tajvan	szója, pohánka, alma, körte, szilva, eper, néhány kölesfajta
Délnyugat-ázsiai	Kis-Ázsia, Közép-Ázsia, Irán, Afganisztán, Északnyugat-India	borsó, lencse, egysoros búza vagy alakor, rozs, árpa, zab és más szemes termények, hüvelyesek, sárgarépa, vöröshagyma, gyapot, len, szőlő, kajszibarack, mandula, dió
Földközi-tengeri	Földközi-tenger melléki országok	cukorrépa, káposzta, olajbogyó, lóhere, csillagfűrt
Abesszíniai	Abesszín-magasföld, részben az Arab-félsziget	kemény búza, cirok, egy banánfaj
Közép-amerikai	Dél-Mexikó, Karib-tengeri szigetek	kukorica, paprika, dinnye, dohány, kakaó, hosszú szálú vagy felföldi gyapot, napraforgó
Dél-amerikai (andesi)	Andok-hegység egy része Dél-Amerika partvidéke mentén	burgonya, paradicsom, földimogyoró, ananász, kínafa

sával. A növényfajok közötti hibridek gyakran terméketlenek, ugyanakkor vegetatív szaporítással vagy a kromoszómák számának megkettőzésével, leküzdhető a terméketlenség. Létrehozták a kultúrnövények különböző nagy hozamú poliploid fajtáit: burgonya, földieper, cukorrépa, hajdinakása, len, sütőtök, búza, rozs, kukorica stb.

Vavilov által szervezett expedícióknak köszönhetően egyedülálló 1600 fajt számláló magkollekció jött létre, amelyet felhasználtak a növénynemesítésben. A kultúrnövények és a vadfajok rokoni kapcsolatát a kariotípus és a bélyegek sajátosságai alapján állapítják meg, elsősorban molekuláris genetikai, biokémiai és fiziológiai vizsgálatokkal.

Növénynemesítésben széles körben használják az **oltást** (313. ábra) – különböző növények egyedeinek különleges, mesterséges egyesítése. Az egyik növényre, amit *alany*nak nevezünk, ráoltják a másik növényt, az *oltóágot* (*nemest*).

Az oltás abban különbözik a valódi hibridizációtól, hogy az oltvány fenotípusa nem örökletes módon változik meg. Azért oltanak, hogy erősítsék a kívánt tematikus változást, egyesítve az alany és a nemes tulajdonságait. Például, beoltva a télálló alanyba a déli, nagy terméshozamú gyümölcsfajtát biztosítani lehet a magas ízminőséget és a télállóságot.

Az állatnemesítés sajátosságai. A **háziállat és a háziállatfajta származási körzete** kapcsolódik a földművelés ősi centrumaihoz (9. táblázat), viszont a háziállatok származási centrumainak meghatározása jóval nehezebb feladat, mint a kultúrnövényeké. Ez azzal magyarázható, hogy a háziállatok vad őseinek jelentős volt az elvándorlása az ősi élőhelyek határain kívülre, ezért jelenleg nehéz a származási helyek meghatározása. A háziállatok során az állatok testfelépítésében, életműködésében és viselkedésében jelentős változások történtek. Ezért a háziállatok többsége nem képes fennmaradni az ember segítsége nélkül.

9. táblázat

### Egyes háziállataink ősei

Háziállatok	Háziállatok
Házi kutya	Farkas
Házi macska	Sztyeppe vagy líbiai macska
Birka	Muflon és argali juh
Ló	Tarpán
Szarvasmarha	Óstulok
Házi sertés	Vaddisznó
Házi tyúk	Vad bankiva tyúk
Házi kacsa	Vadkacsa – tőkés réce
Házi liba	Szürke lúd
Házi pulyka	Vad amerikai pulyka
Ponty	Tőponty



312. ábra. **Vaszil Ivanovics Remezlo** (1907–1983). Vezetése alatt 20 búzafajtát nemesítettek, amelyeket sok országban termesztenek. A legismertebb fajta a „Mironivszka 808”, amit a növénynemesítés remekművének tartanak.



313. ábra. Oltás típusok:  
1 – közlítőoltás; 2 – párosítás;  
3 – oldalékező oltás; 4 – ékoltás;  
5 – szemzés (6 – héj alá oltás).

**Jegyezzük meg!** A kultúrnövények sokféleségének centrumai rávilágítottak, hol érdemes keresni a növénynemesítés céljára genetikailag sokféle alapanyagot.

**Jegyezzük meg!** Az oltással előállított hibridek maguktól nem maradnak fent, periodikusan újra kell oltani azokat, mert különben elveszítik jó tulajdonságaikat.

## Jó tudni

A Przsevalszkij-vadló (314. ábra), amely kizárólag természetvédelmi területeken maradt fenn, nem közvetlen elődje a lónak: más a kromoszómakészlete (a sorrendek megfelelően 66 és 64). A tarpánra és a Przsevalszkij-lóra a kutatók úgy tekintenek, mint a vadló különböző alfajaira. 1998-ban Przsevalszkijlovakat vittek be a csernobili atomerőmű lezárt zónájába, egyedszámok 100 körül van. Ez a Przsevalszkij-ló legnagyobb populációja a világon.



314. ábra. Przsevalszkij-ló – az egyetlen ma is élő vadló faj

A legkorábban, mintegy 10-15 ezer éve házasított állat a kutya, amelyet kezdetben őrzésre és vadászatra használt az ember. Feltételezések szerint a kutya házasítása Eurázsia több körzetében folyt. Mintegy 6 ezer éve az ókori Egyiptomban megszelídítették a macskát, hogy megvédjék a termést a rágcsálóktól.

Az állattenyésztés körülbelül 10 ezer éve kezdődött juhok és kecskék tartásával. A juhtartás a Közel-Kelet hegyi régióiban, Görögországban, a Kaukázusban, Kis- és Közép-Ázsiában alakult ki. Az állattenyésztés legrégebbi formájához sorolják a sertéstartást (a vaddisznót közel 10 ezer éve házasították) és a szarvasmarhatartást (8 ezer évvel ezelőtt). A szarvasmarha őse az őstulok volt, amely Eurázsia és Észak-Afrika (az utolsó példánya 1627-ben, Lengyelországban pusztult el) erdősztyepp és sztyepp zónáiban élt. Úgy gondolják, hogy ezt a fajt Délkelet-Ázsiában és Észak-Afrikában házasították.

A legfontosabb háziállatok közé tartozik a ló. Ennek őse a vadló, a tarpán, amelyet körül – belül 6 ezer éve házasították a jelenlegi Ukrajna sztyeppi vidékén. A ló, amit először a bőréért, a húsert és a tejért házasítottak, később közlekedési eszközként szolgált.

A házi nyulat, amelyek ma már az egész világon a húsert és a prémjéért tartanak, közel 2 ezer éve házasították Európa déli régióiban. Az őse a vadnyúl, Ukrajna déli megyéiben manapság is él (a XIX. században telepítették be). Az ember házasított az olyan prémes állatokat is, mint a nyérc, a coboly, a sarki róka, a vörös róka, a nutria, a pézsmapatkány.

Ukrajnában az állattenyésztésben fontos helye van a sertéstartásnak. A házi sertés őse a vaddisznó, amely manapság is elterjedt a természetben (315. ábra, 1). Úgy gondolják, hogy a vaddisznó házasítása közel 13 ezer évvel ezelőtt kezdődött meg a Közel Keleten, ahonnan eljutott Európába. A házi sertés egyedszáma bolygónkon közel egymilliárd példányt tesz ki, és több, mint 100 fajta van belőle. Ukrajnában olyan fajták terjedtek el, mint a velika bila, az ukrajinszka sztepova bila, a mirhorodszka, az ukrajinszka sztepova rjaba (315. ábra, 2–4).

Az ember sok madarat is házasított. Például, a házityúk a vad bankiva tyúktól származik, 5–6000 évvel ezelőtt házasították Dél- és Délkelet-Ázsiában. Közép-Amerika indián törzsei közel 5 ezer évvel ezelőtt házasították a pulykát (az őse a vadpulyka), akárcsak a házityúk esetében, a húsert, a tojásért és a tollaikért tenyésztnek. A házi kacsza a tőkésrécétől származik, amely az északi féltekén elterjedt. A házi kacsza különböző fajtáit (ukrajinszka, moszkovszka) a húsert és a tojásukért tenyésztik. A kacsával egy időben (közel 4 ezer évvel ezelőtt) hasonló célból házasították a szürke ludat. A házigalambot a húsert, egyes fajtáit pedig üzenetküldésre (postagalamb) tenyésztik. A postagalambok könnyen visszatalálnak, ezért az emberek magukkal vitték utazáskor, ha szükséges volt, akkor a galamb lábához üzenetet rögzítettek és elengedték őket. A házigalambnak számos fajtája van (dekoratív, posta és húsfajták), melyek az Eurázsia és Észak-Afrika hegyvidékein élő szirti galambtól származnak. Más madárfajokat is tenyésztnek – fürjek, fogoly, fácán stb.

Sok dekoratív aranyhal fajtát hoztak létre a Kínából származó ezüstkárászból közel 5000 évvel ezelőtt. A ponty-





315. ábra. A vaddisznó (1) és különböző sertésfajták: 2 – Jersey; 3 – Berkshire; 4 – ukrajinszka sztepeva bila.

fajták (tükörponty, ukrán ponty, ropsinszkij) őse a tőponty, amely a mai napig Dél-Eurázsia vizeiben.

Kínában több mint 5000 évvel ezelőtt egy új ipar vette kezdetét – a selyem gyártás, míg Eurázsia trópusi és szubtrópusi régióiban a méhészet (316. ábra). A selyemhernyó és a házi méh vad formája manapság már nem ismeretes, ugyanakkor a méhek gyakran elvadulnak. A vad növényfajok kultúrába fogása, és az állatok háziasítása ma is tart.

Az állatnemesítés sajátossága, hogy az állatok kizárólag ivaros úton szaporodnak, a fajok közötti természetlen hibridek nem szaporíthatók vegetatív úton. Az állatok nemesítésében nem alkalmaznak tömeges kiválasztást, mivel kevés utódot hoznak világra, itt minden egyed jelentős értéket képvisel.

Az állatnemesítésben rokonkeresztezést (egy-egy gének homoizógóta formába való átvitele céljából) és nem rokon, távoli keresztezést (új fajták előállítására), illetve távoli hibridizációt (új fajták előállítása érdekében) alkalmaznak. Széleskörűen alkalmazzák az állatnemesítésben a heterózis jelenségét. Például egyes sertésfajták keresztezésével előállított utódok nem egészen egy év alatt elérik a 300 kg testtömeget (lásd: 315. ábra, 2, 3).

Az ember számára fontos örökletes jellegek valamelyik ivar egyedeinél, nem okvetlenül nyilvánulnak meg a fenotípusban. Például a szarvasmarha hím egyedeinek nincsenek olyan jegyei, amelyekből nagy tejhozamra, vagy a tej magas zsírtartalmára lehetne következtetni, vagy a kakasoknál nincsenek a tojáshozam mértékére utaló bélyegek. Ezért a tulajdonságok jellegének ismerete céljából alkalmazzák **a tenyészállatok minőség-meghatározásának módszerét utódaik minősége alapján**. Az eljárás lényege az, hogy a meghatározott nemű tenyészállat ellentétes nemű utódainak produktivitását összehasonlítják a fajta átlagos hozamával (például az egy bikától származó utódokat). A múlt század végétől az állatnemesítésben gyakran alkalmaznak klónozást (ezt a módszertant részletesebben az 58. §-ban tárgyaljuk).

**Mikroorganizmusok nemesítése.** A mikroorganizmusokat (prokariótákat és egyes mikroszkopikus eukariótákat, például élesztőgombákat) napjainkban széleskörűen alkalmazzák a gazdaság különböző ágazataiban. A mikroorganizmusoknak sok olyan tulajdonságuk van, melyeket figyelembe kell venni a nemesítés során. Először is, a mikroorganizmusok zömére nem jellemző az ivaros folyamat, így a hibridizáció ezeknél a szervezeteknél nem alkalmazható. A tenyészanyag változatosságának növelése céljából mutagén tényezők hatását alkalmazzák, majd kiválogatják a legnagyobb hozamú törzseket további nemesítés céljából, de alkalmazzák a gén-



316. ábra. A selyemhernyó (1) kokonjai és a házi méh (2) – háziasított gerinctelen állatok; az ember sok fajtáját hozta létre ezeknek a fajoknak.

## Jó tudni

Az egyik ismert állatnemesítő, akinek a munkája Ukrajnával volt kapcsolatos, Mihajlo Fedorovics Ivanov (1871–1935) volt. Az ő kezdeményezésére 1925-ben lett megállapítva az Aszkanii-Novij Állomás (Herszon megye), jelenleg M. F. Ivanov Sztjeppvidéki Állattenyésztési Intézet – Nemzeti Tudományos Juhtenyésztési Nemesítő Genetikai Központ. Ivanov olyan ismert fajtákat hozott létre, mint az aszkanivszka finom gyapjas juh és az ukrajinszka sztepeva bila sertés.



## Röviden a lényeg

A különböző élőlények (állatok, növények, mikroorganizmusok) nemesítésében vannak biológiai sajátosságaikkal kapcsolatos eltérések.

Vavilov megállapította a kultúrnövények eredetének és sokféleségének centrumait, amelyek egyidejűleg a származási körzetük is. A háziállatok háziasításának és származásának körzetei kapcsolatban állnak az egykori földművelési centrumokkal.

manipuláció és sejttechnológia módszereit is. Sok baktérium haploid kromoszómakészletű vagy gyűrűs a DNS-molekulája, ezért a mutációk már az utódok első nemzedékében megjelennek. A mikroorganizmusok gyors szaporodásának következtében, rövid idő alatt jelentős mennyiségű mutáns nyerhető. Egyes esetekben mesterséges úton keresztezik a különböző baktériumtörzseket bakteriofág vírusok segítségével, amelyek képesek átvinni az örökletes információt egyik baktériumból a másikba, s mesterségesen egyesítik különböző törzsekhez vagy fajokhoz tartozó sejtek örökletes anyagát (a génsébszet módszertanát részletesebben az 58. §-ban tárgyaljuk).

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

a növények oltása, a tenyészállatok minőség-meghatározásának módszere utódaik minősége alapján.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Milyen módszereket alkalmaznak a növénynevelésben? Mik a tulajdonságai?
2. Miért oltják a kultúrnövényeket?
3. Hogyan lehet növelni az alapanyag változatosságát a növények nemesítésében?
4. Milyen sajátosságai vannak az állatnevelésnek a növényneveléssel összehasonlítva?
5. Mi a lényege a tenyészállatok minőség-meghatározását utódaik minősége alapján végző módszerének?
6. Miért nemesítik a mikroorganizmusokat és mi ennek a folyamatnak a sajátossága?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Mivel lehet megmagyarázni, hogy az állatok háziasításának körzetei általában egybeesnek a kultúrnövények származásának központjaival?

## Jó tudni

A „biotechnológia” kifejezést a magyar mérnök, Erek Károly alkalmazta 1917-ben a sertések ipari méretű tenyésztésére. Erek javasolta a cukorrépa használatát (**nyersanyagot**) a sertések táplálására (**biotranszformáció**), hogy olcsó húst (**termék**) állítsanak elő.

## 56. §. A HAGYOMÁNYOS BIOTECHNOLÓGIA ÁTTEKINTÉSE

*Emlékezzetek*, mik az enzimek, az interferonok, a vitaminok, az antibiotikumok! Mi a szerepe a földigilisztának a talajképződésben? Mi a kártevők elleni biológiai módszerek lényege?

A **biotechnológia** (gör.: *bios* – élet, *techné* – mesterség és *logos* – tudomány) – ipari eljárások összessége, amelyekben élő szervezeteket vagy biológiai folyamatokat alkalmaznak. A biotechnológia a biológia, a kémia és egyes technikai jellegű tudományok kölcsönhatásából jött létre. Ennek a tudománynak a célja – megoldani a jelenkori emberiség aktuális problémáit: ellátása élelmiszerekkel, energiaforrásokkal, gyógyszerekkel; továbbá a természet állapotának megőrzése és javítása.

Az ember biokémiai folyamatokat már régen alkalmazott különböző anyagok és élelmiszerek (sajtok, termékek, tészták, sör) előállítására ugyanakkor a „biotechnológia” kifejezés csak a XX. század 70-es éveiben jelent meg.

Manapság mikroorganizmusokat használnak fel a biotechnológiai folyamatok során (317. ábra).

Nehéz túlbecsülni a biotechnológia szerepét az ember egészségének megőrzésében. A biotechnológia segítségével hoztak létre sok új hatékony gyógyszert (antibiotikumokat, vitaminokat, aminosavakat, hormonokat) és biológiailag aktív anyagokat, a betegségek diagnosztikájában alkalmazott preparátumokat.

Nagy produktivitású mikroorganizmus törzseket alkalmaznak, amelyek lehetőséget nyújtanak növelni a jó minőségű élelmiszerek (tejtermékek, sajtok, sör) termelését, illetve az állati takarmányok (szilázs, takarmányélesztők). A nemesítők olyan gomba törzseket hoztak létre, amelyek képesek szintetizálni takarmányfehérjéket a növénytermesztés, a kócolaj kitermelés hulladékaiból, és olyan baktériumtörzseket, amelyek képesek kivonni az ipari hulladékokból és az ércekből a ritka elemeket és a nemesfémeket. Ezek a baktériumok elnyelik ezeket az anyagokat a környezetből, és felhalmozzák a sejtjeikben. A mikroorganizmusok termelik az étkezési citromsav jelentős részét.

Az utóbbi években, a biotechnológiában egyre szélesebb körben alkalmazzák a bioüzemanyagokat. A **bioüzemanyagok** olyan szerves anyagok, amelyeket az ember felhasznál energiaforrásként (fa, mezőgazdasági termékek, alkoholok).

A bioüzemanyagok előnye a hagyományos energiaforrásokkal szemben (kócolaj, földgáz, kőszén) az, hogy megújuló energiaforrások. A bioüzemanyagokat teljesen lebontják a mikro-organizmusok, ezért nem szennyezik a környezetet. Az utóbbi időben a bioüzemanyagok nyersanyagaként mezőgazdasági növényeket, például kukoricát és szóját (USA-ban), lent és repcét (az európai országokban), cukornádat (Dél-Amerikában), palmaolajat (Délkelet-Ázsiában) használnak fel. Mikroorganizmusok segítségével a háztartási és ipari hulladékokat át lehet alakítani biogázzá.

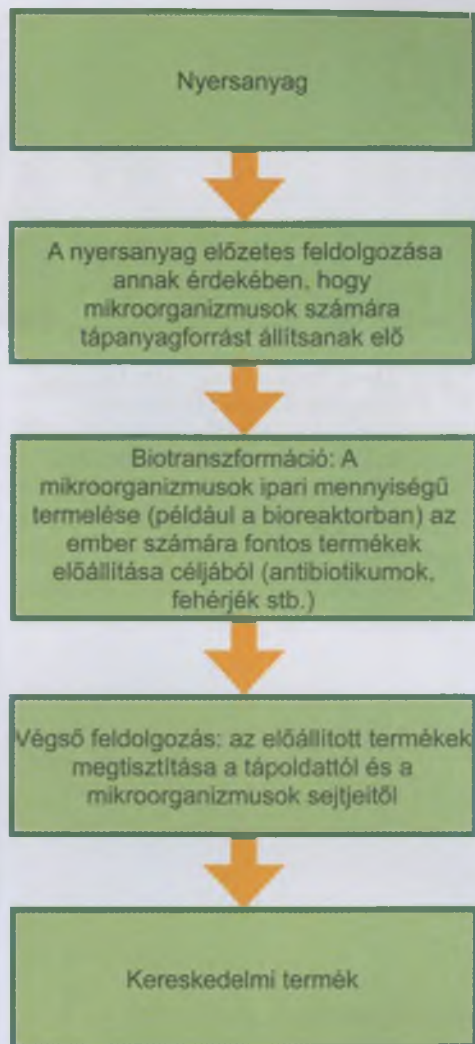
A biotechnológia módszereket felhasználják a környezet megtisztítására, különösen a szennyvizek és a talaj háztartási és ipari hulladéktól való tisztítására. A módszer alapja a heterotróf baktériumok és gombák szervesvegyület-lebontó képessége. A mesterségesen létrehozott törzsek lebontják a természetes mikroorganizmusok hatásával szemben ellenálló vegyületeket.

A szennyvizek és a természetes vizek tisztítására használják fel egyes baktérium, alga, egysejtű állatfajok képességét arra, hogy felhalmozzák az egyes vegyületeket a sejtjeikben.

Egyes mikroorganizmus-csoportok segítségével meg lehet tisztítani a talajt, a vizeket a különböző szennyező anyagoktól, például a peszticidektől. *Emlékezzetek:* a **peszticidek** olyan kémiai vegyületek, amelyekkel a káros organizmusfajokat irtjuk (parazitákat, gyomokat, az olyan fajokat, amelyek kárt tesznek az elraktározott élelmiszerekben, az építőanyagokban, a különböző termékekben, az ember, a háziállatok és kultúr-növények betegségeit hordozó fajokat).

Az élelmiszeripar hulladékaiban és az élelmiszer maradványokban még sok, az ember számára hasznos vegyület található. Ezek kivonására szintén biotechnológiai módszereket alkalmaznak.

A mikroorganizmus törzseket, illetve a bizonyos fajokhoz tartozó parazita fonálférgeket, atkák és rovarok mesterséges populációit felhasználják a mezőgazdaság, az erdőgazdaság,



317. ábra. A biotechnológiai folyamat fő szakaszai: a nyersanyag előzetes feldolgozásától a kereskedelmi termék előállításáig

## Jó tudni

Bioüzemanyagnak számítanak minden olyan üzemanyagot, amelynek legalább 80 %-a élőlényektől származik.



318. ábra. Széleskörűen alkalmazzák komposztálásra (1) (növényi maradványok és állati ürülék keveréke) a kaliforniai trágyagilisztát (2). Élettevékenysége során ez a földigilisztá hatékony trágyát, biohumuszt (3) termel.

a háziállatok és az ember parazitáival és vérszívóival szembeni **biológiai védekezési módszerekben**. Az organizmusok felhasználása a biológiai védekezési módszerekben csak úgy lehetséges, ha azok más szervezetekre nem jelentenek veszélyt. Ezeknek a módszereknek az alkalmazása csökkenti a környezet ember és háziállatok számára veszélyes vegyületekkel történő szennyezését.

A nagy állattenyésztő és baromfitelepeken sok légyfaj lárváit biotechnológiai beavatkozással, az ürülék gyors lebontására használják. Ezeket a feldolgozott termékeket felhasználják trágyaként; a fehérjékben gazdag lárvákat pedig forró vízgőzzel elpusztítják és friss vagy szárított és őrölt formában tápokba keverik azokat; ez jelentősen növeli a háziállatok biomasszáját. A szerves hulladékok feldolgozására ugyanilyen módon alkalmaznak egyes földigilisztafajokat, például a **kaliforniai trágyagilisztát** (a tudományos neve **Eisenia fetida**). A trágyagilisztá élettevékenysége során élettevékenysége során hatékony trágyát, biohumuszt termel. Nemesítéssel a giliszták nagy termelékenységű poliploid változatait állították elő (318. ábra).

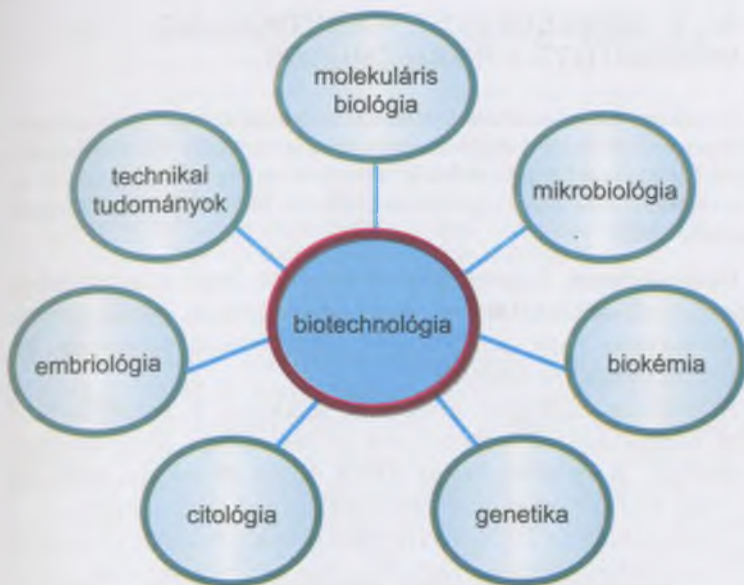
A biotechnológiai módszereket használó mezőgazdasági ágazatok a 10. táblázatban vannak feltüntetve.

Tehát, a biotechnológia különböző tudományokkal van kapcsolatban (319. ábra).

10. táblázat

### A biotechnológia alkalmazása a gazdaságban

Technológia	Gazdasági ágazat				
	Egészségvédelem	Élelmiszer-ipar	Mezőgazdaság	Energia-szektor	Vegyipar
Erjedés	Enzimek, vitaminok, aminosavak, diagnosztikai készítmények	Citromsav, enzimek, biopolimerek, borászat, sörfőzés	Kártevők elleni biológiai készítmények	Energia-hordozók (etanol, biogáz)	Etilén, aceton, butanol
Génebézészet	Interferonok, hormonok, vakcinák		Kártevők elleni biológiai készítmények		
Sejttechnológia (sejt- és szövet-tenyésztetek)	Interferonok, vakcinák, antitestek	Takarmány-fehérjék	Háziállatok klónozása		



319. ábra. Biotechnológusok felhasználják a különböző tudományágak vizsgálatainak eredményeit

Munkájuk során a biotechnológusok különböző típusú biológiai rendszereket alkalmaznak: vírusokat, mikroorganizmusokat, többsejtű szervezeteket, azok sejtjeinek vonalait stb. Az ilyen biológiai rendszerek elég gyakran genetikai módosításon mennek keresztül: az örökítő anyagokat megváltoztatják (erről bővebben az 58. §-ban lesz szó). A biotechnológia klasszikus tárgya az *Escherichia coli* baktérium. Ez a baktérium megtalálható az ember normál mikroflórájában, ugyanakkor a környezetben is megtalálhatóak a talajokban és a vizekben.

A biotechnológiában gyakran alkalmaznak **sejttenyésztet**eket, azaz genetikailag homogén sejt csoportokat, amelyeket táptalajokon tartanak. Sejtkultúrák segítségével az ember értékes biológiailag aktív anyagokat képes előállítani: mint a hormonok, antibiotikumok, interferonok, vitaminok.

A modern biotechnológiai vizsgálatoknak a következő fő irányzatai vannak: új biotechnológiai eljárások létrehozása a molekuláris biológia, a genetika és a sejttechnológia módszereinek segítségével; a mikroorganizmusok biomasszájának és a mikrobiológiai szintézis termékeinek előállítása és alkalmazása.

#### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

biotechnológia, sejttenyésztés, peszticidek, biológiai védekezési módszerek, bioüzemanyag.

#### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**

1. Mi a biotechnológia? 2. Milyen feladatai vannak a biotechnológiának?
3. Milyen biológiai tudományokkal áll kapcsolatban a biotechnológia?
4. Milyen fő szakaszokból áll a biotechnológiai folyamat? 5. Milyen kapcsolatban áll a biotechnológia a környezet megóvásával és állapotának javításával?

#### **Gondolkodjatok el rajta!**

Milyen perspektívái vannak a biotechnológia alkalmazásának a jövőben?

## Jó tudni

Az *E. coli* száma egy bizonyos térfogategységnyi vízben a víz tisztaságának mutatója: Minél magasabb ez a szám, annál nagyobb a víz szerves anyag tartalma és annál szennyezettebb.

**Jegyezzük meg!** A biotechnológia különböző tudományok és technikai eszközök komplex együttese, amely során különböző biológiai rendszereket (vírusokat, baktériumokat, egycsejtű és többsejtű eukariótákat) használnak fel termékek előállítására, amelyek lehetnek maguk az organizmusok, illetve azok életműködésének termékei (enzimek, interferonok, antibiotikumok, vitaminok).

## Röviden a lényeg

A biotechnológia – ipari módszerek összessége, amelyek során élő szervezeteket vagy biológiai folyamatokat alkalmaznak. Különböző tudományok, mint a biológia, kémia és a technikai tudományok, kölcsönhatásából jött létre. A biotechnológia feladata az emberiség aktuális problémáinak megoldása: élelmiszer-ellátás, energiaellátás, az egészség megőrzése, a környezet védelme és állapotának javítása.

Munkájuk során a biotechnológusok különböző biológiai rendszereket alkalmaznak: vírusokat, mikroorganizmusokat, többsejtű organizmusokat, azok sejtjeinek tiszta vonalait stb. A biotechnológiai folyamatban gyakran alkalmaznak sejttenyészteteket – genetikailag homogén sejtcsoportokat, amelyeket mesterségesen létrehozott táptalajokon, bizonyos feltételek mellett tartanak.

**Jegyezzük meg!** A rekombináns DNS módszertana kapcsolatban áll az örökítőanyag (nukleinsav molekulák) átültetésével egyik szervezetből a másikba.

## 57. §. GÉNSEBÉSZET. GENETIKAILAG MÓDOSÍTOTT ORGANIZMUSOK

*Emlékezzetek a szervezetek örökítőanyagába való beavatkozás módszereire! Milyen a baktériumok örökítőanyaga? Mi a rekombináció? Mi a rekombináció forrása? Mi a genom, a plazmid, a kodon és az antikodon? Mi a génterápia és az örökletes betegségek molekuláris diagnosztikája?*

**Génsebészet.** A *génsebészet* feladata, hogy a szervezetek genomjának átalakítására vagy egyes gének, géncsoportok eltávolítására vagy átültetésére módszereket dolgozzon ki, illetve tökéletesítse azokat.

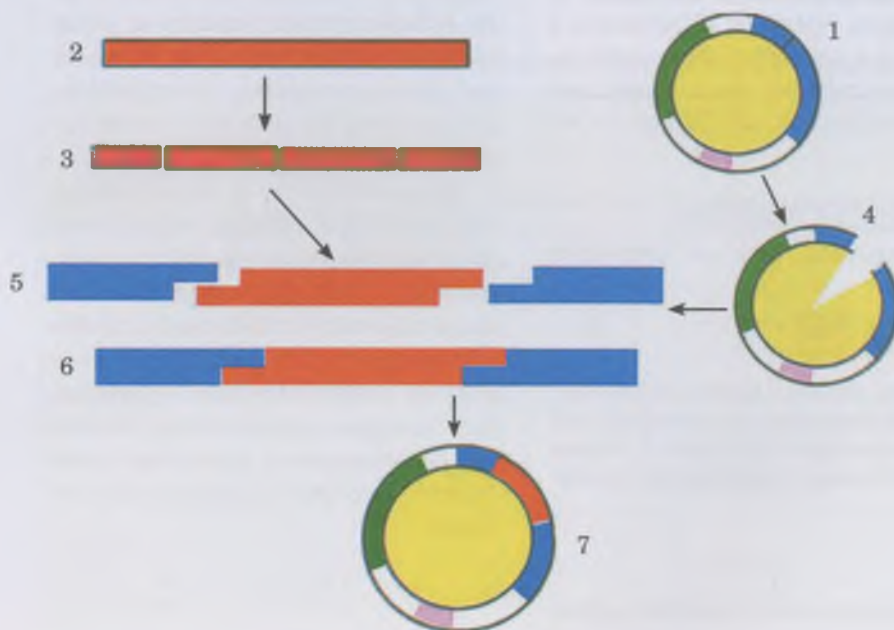
A modern biológiai eljárások gyakran a rekombináns DNS előállításával kapcsolatos génsebészeti módszereken alapulnak. A *rekombináns DNS* olyan molekula, amelyet két vagy több fragmensből illeszkedik össze (320. ábra).

A rekombináns DNS átvivőjeként (vektoraként) vírusokat és plazmidokat (gyűrűs vagy egyenes DNS-molekulák, amelyek a baktériumsejt magzónáján kívül a citoplazmában vannak) alkalmaznak. Valamely gént tartalmazó genomból elkülönítik a mRNS-molekulát, amelyen a komplementer DNS-láncot szintetizálják. Így létrejön a DNS-RNS-komplexum, amelyből eltávolítják a mRNS-molekulát, míg a fennmaradó DNS-láncon, a komplementaritás elve alapján szintetizálódik a másik lánc, ezt beültetik a vektorként szolgáló plazmidok DNS-molekuláiba.

Más módszer az átvinni kívánt DNS-molekula fragmentációja. A DNS-molekula fragmentumait egyesítik a vektor DNS-molekulájával, amelyet előzőleg lineárisra alakítanak. Később az ilyen fragmentumok amint bejutottak a sejtbe leválnak a vektorról, és beépülnek a gazdasejt DNS-ébe. Az eukariótáknál a metafázis állapotában lévő kromoszómák egyik sejtől a másikba kerülése során általában fragmentumokra esnek szét, egyes darabjaik elvesznek, míg mások beépülnek a gazdasejt kromoszómájába.

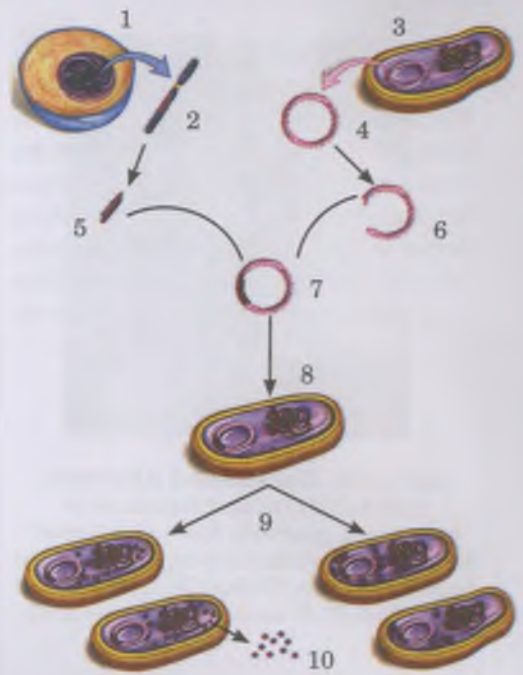
### Jó tudni

Az eukarióta sejtekben, például a növényeknél, a DNS-molekulákat vektorok nélkül is be lehet vinni üvegtű (DNS-mikroinjekció) segítségével. DNS-molekulákat és egész kromoszómákat **liposzómákkal** visznek be. Ezek kettős lipidburokkal körülvett, 100 nm átmérőjű golyócskák. A DNS-molekulákat bejutatják a liposzómák belsejébe, majd ezekben beviszik a sejtbe. A lipidréteg megóvjaa a DNS-t attól, hogy lebontsák a sejt enzimjei.



320. ábra. Rekombináns DNS-molekulák előállításának technológiája:  
 1 – a baktériumsejtekből eltávolított plazmid;  
 2 – a tudósokat érdeklő DNS-molekula fragmense;  
 3 – a Kutatók enzimek segítségével fragmensekre darabolják a DNS-molekulát; 4 – megfelelő enzim segítségével „szétnyitják” a plazmidot; 5 – enzimek segítségével a DNS-molekulákból elkülönítik a fragmentumot; 6 – a DNS-molekula fragmensét beépítik a plazmidba (Figyeljétek meg, hogy a DNS fragmensének beépítésekor ennek a molekulának és a plazmidnak a komplementer szakaszait alkalmazzák! Találjátok meg az ábrán!); 7 – a plazmid, amelybe beépítették a DNS-molekula fragmensét

321. ábra. Gén bevitele a baktériumsejtbe: 1 – emberi sejt; 2 – az emberi sejt DNS-molekulája; 3 – baktériumsejt; 4 – baktériumplazmid; 5 – inzulint kódoló gén; 6 – a baktériumplazmid enzim általi szétbontása; 7 – egy másik enzim baktériumplazmiddá varrja össze az inzulin hormon génjét, rekombináns DNS-t létrehozva; 8 – a plazmid vektort bejuttatják a baktériumsejtbe; 9 – a baktériumsejt szaporodása során végbemegy az inzulin génjének klónozása; 10 – a szintetizált inzulin molekulái

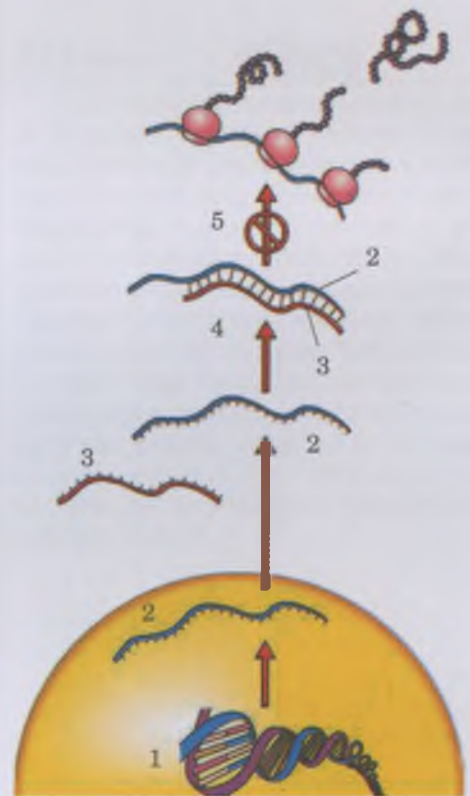


A génebeszeti kutatások objektumai többségükben prokarióták. Például, baktériumok genomjába a patkány és az ember inzulinszintéziséért felelős géneket ültették be. Az inzulin hormonra a cukorbetegeknek van szükségük (321. ábra). Ha az eukarióták génjeit egyszerűen beültetik a prokarióta sejtekbe, azt elég nehéz rávenni arra, hogy „dolgozzon”. Ehhez arra van szükség, hogy ezek a gének a gazdasejt szabályozó mechanizmusainak kontrollja alá kerüljön.

A prokarióta és eukarióta sejt géneaktivitását szabályozó mechanizmusai különböznek. Ezért az eukarióta gének prokarióta sejtekbe való átültetése közben számolni kell vele, hogy az eukarióta sejtekben minden strukturális gén rendelkezik saját szabályozó elemekkel, amelyeket a sejtciklus különböző szakaszainak specifikus jelzései aktiválnak. Ugyanakkor a prokarióta sejtek strukturális génjei csoportokba egyesülnek, amelyek azonos szabályozó elemekkel rendelkeznek.

A génebeszetben alkalmazzák az **RNS-interferencia** módszerét is, vagyis az eukarióta sejtek géneaktivitását szabályozó rendszert, amelyet rövid (20–25 nukleotidból álló) RNS-molekulák segítségével végeznek. Ezek a molekulák kölcsönhatásba léphetnek a mRNS-molekulák komplementer szekvenciáival vagy, éppen ellenkezőleg, elnyomhatták azok aktivitását. Az RNS-interferencia jelensége jellemző az eukarióták többségére, ez egy sajátos védelmi mechanizmus az idegen génekkel szemben (például, a vírus génjeivel szemben), amelyek bekerülhetnek a genomjukba. A nem nagyméretű RNS-molekula (mikro RNS) kapcsolatba léphet a sejtmagban (a transzkripció alatt) és a citoplazmában lévő mRNS megfelelő szakaszával. Bármely esetben csökkenti valamely gén aktivitását.

A génebeszet eredményeinek gyakorlati hasznosítása. Az RNS-interferenciát fel lehet használni a gyógyászatban és a nemesítésben. Ilyen esetekben ún. **antiszensz RNS-molekulákat** hoznak létre (322. ábra). Ezek összetételükben megegyeznek bizonyos sejtek mRNS-molekuláinak (szensz RNS) nukleotid-sorrendjével. Tételezzük fel, hogy az ilyen RNS-molekulák a szervezet számára káros vagy a nemesítő számára nem kívánatos fehérjéket kódolnak. Ilyen esetben a tudósok antiszensz RNS-molekulákat szintetizálnak, és juttatnak a sejtbe. Ennek nukleotidjai kapcsolódnak a sejt szensz RNS-ének nukleotidjaihoz. Ez meggátolja a szensz RNS-molekulában kódolt fehérjék szintézisét. Például, az antiszensz technológiát lehet alkalmazni a HIV-fertőzés gyengítésére, mivel ha az antiszensz RNS-molekulák kapcsolódnak a vírus komplementer mRNS-éhez, akkor az elnyomja a vírus szaporodását.



322. ábra. Antiszensz RNS módszer alkalmazása: 1 – a nem kívánt fehérjét kódoló DNS-molekula szakasza; 2 – ezen a DNS-molekula szakaszon szintetizálódó mRNS-molekula; 3 – antiszensz RNS-molekula; 4 – a komplementaritás elve alapján az antiszensz RNS kapcsolódik a szensz RNS-molekulával; 5 – ez gátolja a nemkívánatos fehérjék bioszintézisét



323. ábra. **Har Gobind Khorana** (1922–2011) ismert molekuláris biológus, a genetikai kód megfejtéséért fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjat kapott 1968-ban (Robert W. Holley-val és Marshall W. Nirenberg-gel megosztva)

## Jó tudni

Jelenleg több száz tudományos kutatás zajlik (egyes esetekben már klinikai tesztelés időszakában vagyunk) annak érdekében, hogy gyógyítani lehessen az onkológiai, a fertőző (AIDS, hepatitisz, tuberkulózis) és örökletes megbetegedéseket.

A génebézészetben az antiszensz technológia alkalmazásának már vannak gyakorlati eredményei a növénynevelésben is. Például, a paradicsomnak vannak enzimeit, amelyek a gyors érést biztosítják. Ugyanakkor a gazdák számára szükség van arra, hogy a paradicsom fokozatosan érjen be, mivel nehéz jelentős termelékenységet biztosítani rövid időn belül. Ezen kívül, az egyik enzim felgyorsítja a sejtfal pektintartalmának lebomlását, aminek következménye, hogy a termék hamar elfonnyad. Antiszensz RNS paradicsomba juttatása révén a megfelelő enzimek szintézise gátolva van.

Az RNS-interferencia módszert alkalmazzák egyes elméleti kérdések megoldására a sejt kultúrák és organizmusok vizsgálatában. A génekre szelektíven ható, kisméretű, kétlánccs RNS-molekulák szintézisének köszönhetően, meg lehet ismerni a génekek funkcióit. A mikro-RNS-molekulák a sejtbe jutásuk után gátolják egyes génekek aktivitását, ennek következtében a tudósok levonják a funkciójukkal kapcsolatos következtetéseket.

Génebézészeti eljárásokkal olyan interferonokat állítottak elő, amelyek megóvják az emberi és állati szervezetet a vírusfertőzésektől, például az influenzától, és gátolják a vírusok szaporodását, továbbá növekedési hormont szintetizáltak, amellyel gyógykezeltető a törpenövés. Ugyanígy készítették oltóanyagot a diftéria és a B típusú hepatitisz ellen is (320. ábra). Évről évre növekszik azoknak a gyógyszerkészítményeknek a sora, melyeket génebézészeti módszerekkel állítanak elő. Például, a különböző penészgomba, baktériumtörzsek használatával több, mint 4500 különböző antibiotikumot állítanak elő.

Érdekes megjegyezni, hogy bármelyik gént (a DNS megfelelő fragmensét) elő lehet állítani kémiai úton. Ilyen eljárást először az amerikai tudós, Har Gobind Khorana (323. ábra) végzett 1970-ben, amikor az élesztőgomba tRNS gént szintetizálta.

A génebézészet eredményei fontosak az elméleti biológia fejlődéséhez is. A génebézészetnek köszönhető a génekek felépítésének és működésének, a genom szerkezetének megismerése stb. A génebézészet szempontjából fontos a **gének bankok** (vagyis a szervezetek gén és genom kollekciónak) létrehozása.

**A génebézészet módszerének alkalmazása a gyógyászatban.** *Emlékezzetek:* az orvosi genetika perspektivikus irányzata a génterápia – olyan orvosi eljárásokat foglal magában, amelyek során bizonyos sejteket távolítanak el a betegből (vért, bőrt vagy bélhámot), lecserélik a rossz allélok normálisakra, majd visszahelyezik a beteg szervezetébe. Ennek következtében a beteg szervezete olyan fehérjéket kezd el szintetizálni, amelyekből azelőtt hiánya volt (lásd: 189. ábra).

Bizonyos onkológiai és fertőző megbetegedések során a génebézészet módszerével elő lehet nyomni a normál sejtekre nem jellemző génekek aktivitását, vagy éppen ellenkezőleg, fel lehet erősíteni azokat (például a sarlósejtes vérszegénységben szenvedő betegek hemoglobinszintézisét növelik; emlékezzetek, mi ez a megbetegedés). A génterápia másik irányzata az örökletes megbetegedések molekuláris diagnosztikája, ami a megbetegedést vagy a hajlamot kiváltó allélok meghatározási módszerein alapszik (ezzel már megismerkedhettek a



37.§-ban). Molekuláris diagnosztika módszerei lehetőséget nyújtanak a diagnózis felállítására a megbetegedés tüneteinek megjelenése előtt, és ennek megfelelően időben el lehet kezdeni a megelőzést vagy a gyógyítást.

**Genetikailag módosított organizmusok.** Manapság nagy figyelem irányul a **génmódosított** vagy **transzgenikus szervezetekre** (röviden **GMO**). Például génszabványi módszerekkel a növények genomjába olyan géneket építenek be, amelyek ellenállóvá teszik őket a rovarirtó szerekkel, kártevőkkel, betegségek kórokozóival és a környezet kedvezőtlen tényezőivel szemben. Egyes burgonyafajták genomjába baktériumgéneket juttatnak be, s ezek ehetetlenné teszik a növényt a burgonyabogár számára. A génmódosított szervezetek általában nagy produktívusúak, aminek fontos jelentősége lehet az emberiség élelmiszerproblémáinak megoldását tekintve.

Az Amerikai Egyesült Államokban, Kanadában, Argentínában és más országokban 1996-tól elkezdtek tömegesen termelni a génmódosított növényeket. Azonban ezekkel a növényekkel óvatosan kell bánni, amíg nem mennek át sokoldalú vizsgálatokon és ellenőrzésen. Vannak arra vonatkozó adatok, hogy a genetikailag módosított növények élelmiszerként való fogyasztása az embereknél ételallergiát, mérgezést, egészségkárosodást okoz. Nem tudható az sem, hogy az elfogyasztásuk miként hat az emberi genotípusra, vagy hogy a génmódosított szervezeteknek milyen a természetes ökoszisztémákra, azok biológiai sokszínűségére kifejtett hatása.

A génmódosított szervezetekkel kapcsolatos vita nyomán Ukrajnában elfogadták a génszabványi tevékenységet szabályozó állami biológiai biztonsági rendszerről szóló törvényt. Ez a jogszabály kötelezően előírja a génmódosított szervezetek alkalmazásával kapcsolatos kockázat felmérését. Ukrajnában a genetikailag módosított növényeket nem termesztik széles körben, de a különböző tudományos intézményekben kipróbálták már a burgonya kórokozóval, illetve a repce és a cukorrépa herbicidekkel szemben ellenálló fajtáját. Nem ismert, Ukrajnában mennyi földet vetettek be transzgenikus kultúrákkal, mindenféle vizsgálat vagy kipróbálás nélkül.

Génmódosított állatok létrehozása bonyolultabb, mint a növényeké (324. ábra). Más faj DNS szekvenciáit befecskendezik a petesejtbe, amely mesterséges körülmények között kezd el osztódni. Így tartják az embriót a blasztula-állapotig. Az ilyen embriókat az ún. recipiens anyákba ültetik. A világrajövetelük

**Jegyezzük meg!** A biológiai biztonság (biobiztonság) az élő szervezetek biológiai lényének, biológiai minőségének megvédése a génszabványi szervekre, szövetekre és szervezetre gyakorolt hatásától, és a biológiai teljesség kiterjedt elvesztésének, a természeti források (talaj, víz, élelmiszerforrások) szennyezésének megelőzése.

## Jó tudni

A tudomány ugrásszerű fejlődése, az új vizsgálatok gyakran váltanak ki a rosszul informált emberekben pánikszerű vagy alarmikus (ang.: *alarmism* – riogató magatartás) reakciót. Erre példa az egyes országokban uralkodó a GMO szervezetekkel és a génterápiával szembeni ellenszenv. Az ilyen ellenszenvet gyakran a média kelti, ami a tudomány által nem alátámasztott vagy kitalált adatokat közöl. A kor emberének meg kell értenie, hogy az emberiség további fejlődése nem lehetséges új tudományos technológiák ugrásszerű fejlődése nélkül.



324. ábra. A transzgenikus állatok létrehozásának módszere:

1 - DNS-konstrukció; 2 - sejtmagon kívüli reakció; 3 - előmag; 4 - megtermékenyített petesejt; 5 - implantáció (beültetés); 6 - recipiens anya; 7 - terhesség; 8 - nem transzgenikus utódok; 9 - transzgenikus utód



## Röviden a lényeg

A génebézészet feladata, hogy a szervezetek genomjának átalakítására vagy egyes gének, géncsoportok eltávolítására vagy átültetésére módszereket dolgozzon ki, illetve tökéletesítse azokat. A modern biotechnológiai folyamatok gyakran a génebézészet módszerein alapulnak, például a rekombináns DNS előállítására.

A génebézészetben alkalmazzák az RNS interferencia módszert is, vagyis az eukarióta sejtek génaktivitását szabályozó rendszert, amelyet rövid (20–25 nukleotidból álló) RNS-molekulák segítségével végeznek.

A génebézészet segítségével állítják elő a genetikailag módosított organizmusokat (GMO). Az ilyen szervezetek a lehetőségek széles tárházát nyitják meg a magas produktívású kultúrnövények és háziállatok fajtáinak előállításában. Ugyanakkor ezek alkalmazása további, széles körű vizsgálatokat igényel.



**Jegyezzük meg!** A sejtsebézészet vagy citotechnológia olyan biológiai irányzat, amely a növényi és az állati sejtek és szövetek szervezeten kívüli tenyésztésére specializálódott abból a célból, hogy az ember számára szükséges vegyületeket és szervezeteiket előállítsa.

A tudósok képesek egyesíteni még a nem egy fajhoz tartozó sejteket is. Például, keresztezik a limfocitákat és a gyors osztódásra képes daganatos sejteket, ezáltal antitesteket állítanak elő. Tehát, a sejtsebézészet képes létrehozni hibridizációval és sejtenyészetekkel új típusú sejteket.



**Jegyezzük meg!** A patológia (gör.: *pathos* – szenvedés, itt: betegség és *logos* – tudomány) a sejtek, szövetek és szervek betegség által kiváltott struktúrális, biokémiai és funkcionális változásaival foglalkozó tudomány.

után megvizsgálják őket molekuláris genetikai módszerekkel, hogy megvannak-e bennük a beépített gének. Ha bebizonyosodik, hogy az utódokban megvannak a beültetett gének, akkor egymással keresztezik őket tiszta transzgenikus vonalak létrehozása céljából. Az ilyen nemesítómunka elég gyorsan eredményt hoz, például génmódosított kecskék kis csoportjának kitenyésztése mindössze 1,5–2 évig tart. A transzgenikus állatok közül elsők között voltak az egerek, amelyek genomjába a patkány növekedési hormonját kódoló gént ültették be. Egyesek közülük gyorsan növekedtek és hatalmasra nőttek a kontrollcsoportéhoz képest.

A szervezetek genomjaival való manipulációk, a technikai nehézségek mellett, etikai problémákat is felvetnek. A gerinces állatok, de főképp az ember genotípusába való legjobb szándékú beavatkozás is beláthatatlan következményekkel járhat.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

génebézészet, rekombináns DNS, génbank, génmódosított szervezetek (GMO).

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Mi a génebézészet feladata? 2. Milyen módszereket alkalmaz a génebézészet a kísérletei során? 3. Mi a rekombináns DNS-molekula? Hogyan állítják elő? 4. Mire alkalmazzák az RNS-interferencia módszert? 5. Mi a genetikailag módosított organizmus? 6. Milyen perspektívái vannak a génebézészetnek a gyógyászatban? 7. Mi a génbank? Milyen céllal hozzák őket létre?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Mi a szerepe a génebézészetnek az elméleti biológia fejlődésében?

## **58. §. SEJT (SZÖVET) SEBÉSZET**

*Emlékezzetek*, mi a sejt tenyésztés! Milyen sejteket nevezünk össejteknek?

**Sejt (szövet) sebézészet** – a biotechnológia egyik ága, amely sejtek szervezeten kívüli kinyerésének, átalakításának és táptalajokon való tenyésztésének a módszereit alkalmazza (sejtenyészetek létrehozása; ún. **citotechnológia**). *Emlékezzetek*: az ilyen tenyészetek révén megfelelő mennyiségben termelhetők vitaminok, hormonok, növényi hormonok, gyógyszerek (például a ginzeng gyökérkivonata), ami jelentősen csökkenti a készítmények önköltségét. A sejt- és szövetenyészetekkel különböző kísérleteket, vizsgálatokat végeznek, például kutatják a gyógyszerkészítmények és egyéb anyagok hatását. A sejtenyészetekeken olyan vírusokat szaporítanak, amelyeket vektorként alkalmaznak a génebézészeti eljárásokban, vagy a vírusbetegségek diagnosztikájában használnak fel, továbbá oltóanyagokat gyártanak belőlük. A citotechnológia másik fontos irányzata a szervek patológiás elváltozásainak diagnosztikája a belőlük eltávolított sejtek alapján.

Sejtsebézészeti módszerekkel valósítják meg a szervezetek **szomatikus sejtjeinek** távoli **hibridizációját**. Vagyis olyan

325. ábra. Hibridómák előállításának technológiája:

1 – az egér immunizálása: antigéneket fecskendeznek az egérbe, amelyek hatására aktiválódnak a B-limfociták (2), amik antitesteket kezdenek termelni; 3 – myeloma sejt kultúra (Így hívják az onkológiai megbetegedést, melynek során a sejtek burjánzása figyelhető meg.);

4 – a B-limfocita és a myeloma sejt összeolvadása, amely következtében hibridómák (5) jönnek létre;

6 – hibridóm sejtenyészet előállítása; 7 – a rosszindulatú daganatok eltávolítására alkalmas, specifikus antitestek előállítása

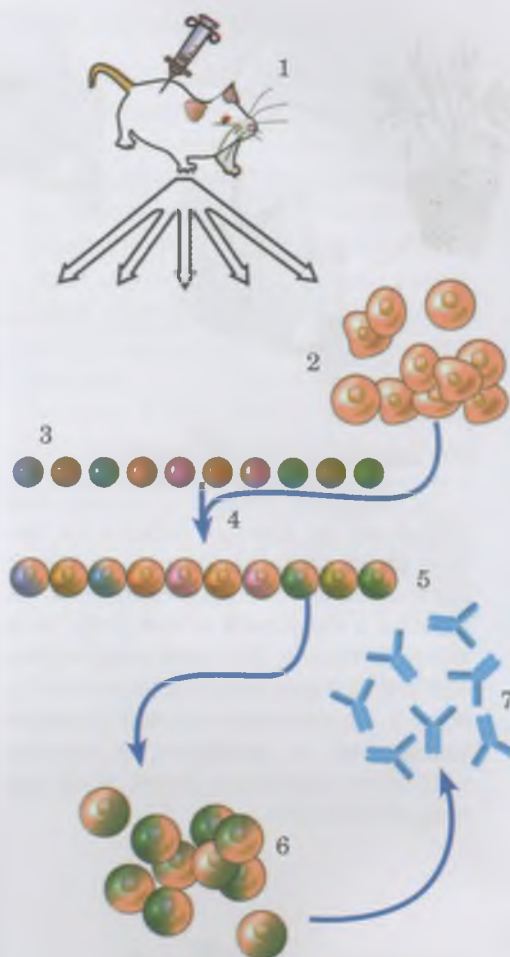
szervezetek sejtjeit keresztezik, amelyeket más módon lehetetlen lenne keresztezni (ember és egér, ember és sárgarépa, tyúk és élesztő). Ezzel olyan készítmények állíthatók elő, amelyek növelik a szervezet ellenálló-képességét a különböző betegségekkel szemben. Az ilyen módszer segítségével egyesíteni lehet több előzőleg manipulált, rendszertanilag egymástól távol eső szervezet szomatikus sejtjeit (a növényeknél előzőleg el kell távolítani a sejtfalat). A növényeknél az eljárás új tulajdonságokkal bír, új fajta létrejöttét eredményezheti. Az emlősök szomatikus sejtjeinek hibridizációját (például ember és kínai hörcsög) széles körben alkalmazzák kísérleti célokra: a hibrid sejt egy kivételével gyakran elveszíti az összes emberi kromoszómát, ennek következtében meg lehet határozni, milyen géneket tartalmaz.

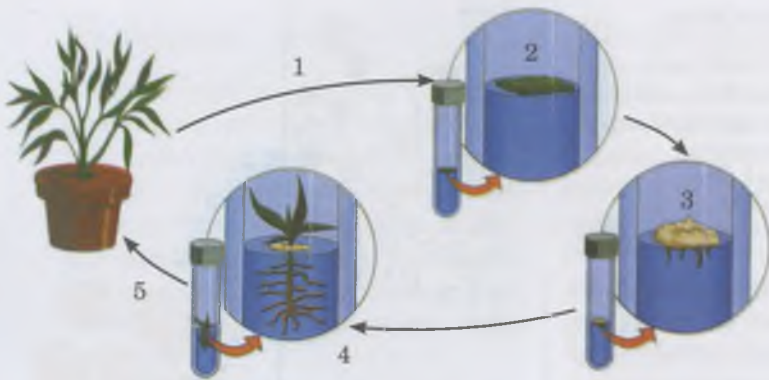
A limfociták (bizonyos típusú antitesteket hoznak létre) és a daganatos sejtek (sejtburjánzásra képesek) hibridizációjának segítségével hozzák létre a **hibridómákat**, vagyis olyan sejteket, amelyek képesek specifikus antitestek előállítására (325. ábra). Ezek elpusztítják a rosszindulatú daganatos sejteket és nem hatnak az egészségesekre. A hibridizáció segítségével végeznek mesterséges megtermékenyítést is: összeolvadnak az ivarsejtek, amelyek természetes úton nem képesek egyesülni; sejteket ültetnek be a szervezetbe a tenyészetekből. Genetikailag módosított embrionális sejteket (a sejt tenyészetből) juttatnak be a blasztula állapotban lévő embrióba, majd beültetik az embriót a recipiens anyába.

A sejtenyésztes egyik iránya az **össejtek felhasználása** károsodott szövetek és szervek megújítására. Laboratóriumi körülmények között lehetőség van arra, hogy az össejteket osztódásra és további differenciálódásra bírják. Ez lehetővé teszi az emberi és állati szövetek mesterséges előállítását és későbbi beültetését. Az össejteknek van egy olyan tulajdonsága, hogy képesek a vérárammal eljutni a megbetegedett testrészhez, és ott regenerálni a sérült szöveteket és szerveket. Ez megnyitja az utat egyes emberi és állati szövetek és szervek növesztése előtt, a szervezetbe történő beültetés céljából. Az össejtek forrásaként felhasználják például a köldökzsinórvérben található össejteket.

Fontos etikai problémát jelent a terhesség-megszakításból származó össejtek alkalmazása. Ezért fontos alternatív össejtforrás lehet – a már az előbb is említett – köldökzsinórvér.

Az etikai problémákon kívül az össejt vagy az össejtekből előállított szövetek, szervek beültetése útjában más, még megoldatlan problémák is állnak. Például, nehéz elérni, hogy a szervezet sajátjaként ismerje fel a beültetett szöveteket vagy szerveket, és ne lökődjenek ki. Ezért manapság csak jelentéktelen számú megbetegedés esetében alkalmazzák az össejteket. Kísérleti állatokon bizonyították, hogy a szerve-





326. ábra. Növény klónozása: 1 – sejtenyészeti anyag kinyerése a donornövényből; 2 – sejtek tenyésztése mesterséges táptalajon; 3 – differenciálatlan sejtenyészet (kallusz) előállítás; 4 – a sejt differenciációja következtében megjelennek a növényi klón szövetei és szervei; 5 – a növényi klónt kiültetik a talajba.

## Jó tudni

A klónozott állatok csaknem fele felépítését és szerveik működését illetően sérült, amely sérüléseket az állatok átadhatnak a következő nemzedéknek (például a világszerte ismert Dolly nevű klónozott bárány, 2003-ban betegségben elpusztult). Figyelembe kell venni azt is, hogy a sérülésekkel született klónozott szervezetek is élőlények, amelyeket nem lehet szemébe dobni, mint egy megunt játékszert.

## Jó tudni

A görög mítoszokban a kiméra egy olyan lény volt, amelynek oroslán feje, kecske törzse és sárkány farka volt (327. ábra).



327. ábra. Kiméra – az a görög mitológiából ismert lény

**A** **Jegyezzétek meg!** A kiméra szervezet olyan szervezet, amely genetikailag heterogén sejtekből áll.

zetek saját, vörös csontvelőjéből előállított őssejttel való kezelés hatására, szívinfarktusz után, a szívizom majdnem teljesen regenerálódott.

A sejtebészeti következő irányzata a **szervezetek klónozása**. A klón közös őstől ivartalan úton származó sejtek vagy egyedek összessége. A klón genetikailag homogén sejtekből vagy szervezetekből áll. A klónozás alapja az, hogy minden szomatikus sejt a teljes szervezetre jellemző genetikai információval rendelkezik. Ezért bizonyos körülmények között elméletileg regenerálni lehet belőlük az egész szervezetet. A növények esetében a klónozás a vegetatív úton (éppen a szomatikus sejtekből) történik, ami már szokványos eljárása napjaink biotechnológiájában (326. ábra).

Állatok klónozásakor a megtermékenyítetlen petesejtől eltávolítják a sejtmagot, és egy másik egyed testi sejtjének sejtmagját ültetik be a helyére. Az így nyert mesterséges zigótát beültetik a nőstény méhbe, ahol a magzat kifejlődik. Ez a módszer lehetővé teszi, hogy értékes tenyészállatok tetszőleges számú utódját állítsák elő, amelyek az adott egyed pontos genetikai másai. Ugyanakkor, mivel az állatok minden specializált (differenciált) szomatikus sejtjében vannak passzív géncsoportok, ezért ezekből a sejtekből történő klónozáskor magas a halálozási ráta (sok gerinces állat esetén már sikerült a klónozás), a rövid az élettartamuk és nagyon gyakori különböző anomáliák megjelenése. Bár az állatok klónozása tudományos szempontból érdekes, a fent említett okok miatt jelenleg a gyakorlati haszna jelentéktelen. Elvben lehet klónozni az embert is, ugyanakkor sok országban ez törvényileg tilos, főként etikai okokból.

**Emlékezzetek:** az embrionális sejtek kariotípusának tanulmányozásával meg lehet határozni egyes kromoszómaszámmal vagy kromoszóma felépítéssel kapcsolatos örökletes betegségeket (nevezétek meg ezeket!)

**Hisztotechnológia** olyan irányzat, amely a szervezeten kívüli szövettenyészetek megőrzésére (konzerválására), a szöveti és sejt készítmények előállítására irányuló módszerek kidolgozásával foglalkozik, további tanulmányozás és gyakorlati alkalmazás céljából. Például, a szövetmintákat lefagyasztják, majd különböző mikroszkópiás eljárások alkalmazásával vékony szeleteket vágnak belőlük, víztelenítik és különböző vegyületekkel színezik azokat. A hisztotechnológiai módszerek lehetőséget nyújtanak olyan, a szövetekben történő patológiás elváltozások időben való kimutatására, amelyek

egyes megbetegedések kifejlődésére utalnak, így például a rákos sejtek kimutatására.

Ukrajnában bármilyen sebészeti beavatkozás, illetve a beteg tudatállapotának bármilyen módosítása vagy fájdalomcsillapítása különböző vegyületekkel (*anesztézia*) tilos a szövetek, szervek és szervrendszerek előzetes vizsgálata nélkül.

Érdeemes szót ejteni az ún. *kiméra organizmusokról*. Ezek mesterségesen létrehozott élőlények, amelyek sejtjei különböző fajokhoz tartoznak. A kimérákat előállító tudósok állítják, hogy ezek segítenek a daganatos megbetegedések vagy cukorbetegség új gyógymódjainak kidolgozásában. A kiméra szervezeteket felhasználják a sejtjeik genetikai apparátusának kutatására, a szöveti összeférhetetlenség törvényszerűségeinek megértésére. Gyakorlatilag kiméra szervezetek az oltással előállított növények, amely esetben az alany és a nemes különböző fajhoz vagy akár nemzetséghez tartozik. Ugyanakkor azok a kísérletek, amelyek kiméra állatok előállítását tűzik ki célul nem alaptalanul váltanak ki negatív hozzáállást az egyszerű emberekből vagy akár sok tudósból.



## Röviden a lényeg

A sejt (szövet) sebészet a biotechnológia olyan területe, amely során a sejtek szervezetből való elkülönítésének, átépítésének és táptalajon való tenyésztésének módszerét alkalmazzák. A sejtsebészet módszerét alkalmazzák olyan esetekben, amikor olyan szervezetek szomatikus sejtjeit akarják hibridizálni, amelyeket más módszerrel képzelenség. A sejtsebészet egyik iránya az őssejtek alkalmazása a sérült szövetek, szervek regenerációjára, illetve a szervezetek klónozására.

A hisztotechnológia olyan vizsgálati irányzat, amely a szervezeten kívüli szövettenyésztetek konzervációjának, illetve szövet- és sejt készítmények vizsgálati, vagy gyakorlati alkalmazási célból történő előállításának módszereit dolgozza ki.

### **Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak:**

sejt (szövet) sebészet, szomatikus sejt hibridizáció, hibridóm, klónozás, hisztotechnológia, kiméra organizmusok.

### **Ellenőrizték a megszerzett tudást!**



1. Milyen feladatai vannak a sejt (szövet) sebészetnek? 2. Mi a klónozás? Mi ennek a módszertana? 3. Milyen problémákkal kerülnek szembe a kutatók a klónozás során? 4. Milyen módszerrel állítják elő a hibridómákat? Mi ennek a módszertana? 5. Mi a hisztotechnológia? Mi a gyakorlati jelentősége? 6. Mik a kiméra szervezetek? Milyen célból hozzák őket létre?

### **Gondolkodjatok el rajta!**



Milyen etikai problémák vetődnek fel az ember klónozása kapcsán?

## TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZTEK

*Jelöljétek ki a helyes választ!*

1. Nevezzétek meg a tudóst, akinek a nevéhez fűződik a mesterséges szelekció elméleti alapjai: a) Mendel; b) Schwann; c) Vavilov; d) Darwin!
2. Nevezzétek meg, a szervezetek mely természetes társulása felel meg az állat- vagy növényfajtának: a) faj; b) csorda; c) család; d) populáció!
3. Mutassátok meg, mivel jár a szervezetek rokonkeresztezése: a) az utódok homozigótává válásának erősödésével; b) az utódok heterozigótává válásának erősödésével; c) heteróziással; d) nem befolyásolja az utódok genotípusát!
4. Nevezzétek meg a tudóst, akinek a nevéhez fűződik, hogy a kultúrnövények eredetének és sokféleségének centrumait leírta: a) Vavilov; b) Mendel; c) Darwin; d) Karpecsenko!
5. Jelöljétek meg azt a hibridnemzedéket, amelyben legteljesebb formában mutatkozik meg a heterózis: a) első; b) negyedik; c) ötödik; d) nyolcadik!
6. Határozzátok meg, mi a biotechnológia: a) a genetika részterülete; b) a citológia részterülete; c) a biokémia részterülete; d) az ipari módszerek összessége, amelyek során élőlényeket vagy biológiai folyamatokat alkalmaznak!
7. Mutassátok meg azokat a szervezeteket, amelyek a nemesítéskor gyakran kapnak poliploid formákat: a) állatok; b) növények; c) prokarióták; d) vírusok!

8. Mutassatok rá a szervezetekre, amely nemesítése során használják a tenyészállatok minőség-meghatározásának módszerét utódaik minősége alapján nevű módszert: a) növények; b) gombák; c) állatok; d) baktériumok!

9. Határozzátok meg, hogyan nevezik egy sejt utódait: a) állatfajta; b) növényfajta; c) törzs; d) génállomány!

10. Mutassátok meg, a mesterséges kiválogatás mely formáját alkalmazzák leggyakrabban a nemesítés során: a) tömegszelekciót; b) szétválasztó szelekciót; c) stabilizáló szelekciót; d) egyedszelekciót!

11. Mutassatok rá a nemzedékek minimális számára, amelyet figyelembe kell venni a rokon egyedek egymás közötti szaporításában, annak érdekében, hogy a keresztezést nem rokonnak tekinthessük: a) kettő; b) három; c) négy; d) hat!

#### Asszociációs teszt

12. Társítsátok a különböző típusú keresztezéseket és a szervezet bélyegeit!

- |                       |                                                                                                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 rokon               | A egy faj egyedei között történik, amelyek nem rendelkeznek közös őssel az elmúlt hat generáció során |
| 2 nem rokon           | B egy faj egyedei között történik, amelyek rendelkeznek közös őssel az elmúlt hat generáció során     |
| 3 távoli hibridizáció | C különböző, egy osztályba tartozó fajok között történik                                              |

13. Társítsátok a mesterséges kiválogatás formáit és a rájuk jellemző bélyegeket!

- |                  |                                                                                                                                            |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Tömegszelekció | A Az egyes egyedek fenotípus- és genotípus-vizsgálata szerinti kiválogatása; a növény- és állatnemesítésben alkalmazzák                    |
| 2 Egyedszelekció | B Az egyes egyedcsoportok fenotípusvizsgálata szerinti kiválogatása; az állatnemesítésben rendszerint nem alkalmazzák                      |
|                  | C Az egyes egyedcsoportok fenotípus- és genotípus-vizsgálata szerinti kiválogatása; a növény- és állatnemesítésben rendszerint alkalmazzák |

14. Határozzátok meg, a kultúrnövények sokféleségének milyen központjából származik az adott növényfaj!

- |                   |             |
|-------------------|-------------|
| 1 közép-amerikai  | A kukorica  |
| 2 dél-amerikai    | B burgonya  |
| 3 dél-ázsiai      | C durumbúza |
| 4 délkelet-ázsiai | D cukornád  |
|                   | E szőlő     |

15. Határozzátok meg a háziállatok őseit!

- |              |                |
|--------------|----------------|
| 1 ló         | A tőponty      |
| 2 házityúk   | B süllő        |
| 3 házi kacsa | C tarpán       |
| 4 ponty      | D tőkésréce    |
|              | E bankiva tyúk |

16. Társítsátok a biológia különböző ágazatait a módszerekkel!

- |                   |                                                                         |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1 nemesítés       | A klónozás                                                              |
| 2 géntechnológia  | B mesterséges kiválogatás                                               |
| 3 sejttechnológia | C stabilizáló szelekció                                                 |
| 4 biotechnológia  | D génterápia                                                            |
|                   | E az élő szervezetek vagy a biológiai folyamatok alkalmazása az iparban |

Válasszatok 3 helyes választ a felajánlott válaszlehetőségek hármass csoportjából!

17. Nevezzétek meg a módszert, amelyet a mikroorganizmusok, a növények és az állatok nemesítésében alkalmaznak!

Mikroorganizmusok nemesítése	Növénynemesítés	Állatnemesítés
1) mesterséges mutagenézis	1) a tenyészállatok minőség-meghatározásának módszere utódaik minősége alapján	1) oltás
2) hisztotechnológia	2) hibridóm előállítás	2) a tenyészállatok minőség-meghatározásának módszere utódaik minősége alapján
3) nem rokon keresztezés	3) oltás	3) mesterséges mutagenézis

18. Jellemezzétek a biotechnológiában alkalmazott módszereket!

Hibridóm előállításának módszere	Génterápia módszere	Kiméra organizmusok előállítási módszere
1) az olyan sejtekkel rendelkező szervezetek előállítása, amelyek különböző fajhoz tartoznak	1) olyan eljárás, amely során a betegből bizonyos sejteket távolítanak el, lecserélik a hibás géneket normálissra, majd visszaültetik a szervezetbe	1) a limfociták és a daganatos sejtek hibridizációja
2) a limfociták és a daganatos sejtek hibridizációja	2) az olyan sejtekkel rendelkező szervezetek előállítása, amelyek különböző fajhoz tartoznak	2) olyan eljárás, amely során a betegből bizonyos sejteket távolítanak el, lecserélik a hibás géneket normálissra, majd visszaültetik a szervezetbe
3) olyan eljárás, amely során a betegből bizonyos sejteket távolítanak el, lecserélik a hibás géneket normálissra, majd visszaültetik a szervezetbe	3) a limfociták és a daganatos sejtek hibridizációja	3) az olyan sejtekkel rendelkező szervezetek előállítása, amelyek különböző fajhoz tartoznak

19. Jellemezzétek a klónozott, a genetikailag módosított és kiméra organizmusokat!

Klónozott organizmusok	Genetikailag módosított organizmusok	Kiméra organizmusok
1) olyan organizmusok, amelyek genomjába bizonyos géneket ültetnek be	1) olyan organizmusok, amelyek különböző fajhoz tartozó sejteket tartalmaznak	1) genetikailag homogén organizmusok, amelyek nem ivaros úton szaporított közös őstől származnak
2) olyan organizmusok, amelyek különböző fajhoz tartozó sejteket tartalmaznak	2) genetikailag homogén organizmusok, amelyek nem ivaros úton szaporított közös őstől származnak	2) olyan organizmusok, amelyek genomjába bizonyos géneket ültetnek be
3) genetikailag homogén organizmusok, amelyek nem ivaros úton szaporított közös őstől származnak	3) olyan organizmusok, amelyek genomjába bizonyos géneket ültetnek be	3) olyan organizmusok, amelyek különböző fajhoz tartozó sejteket tartalmaznak

*Nyílt végű feladatok*

20. Miért találhatók rendszerint hegyvidéken az ősi földművelés és a kultúrnövények származási központjai?
21. Miért nehéz eukarióta géneket ültetni prokarióta sejtekbe?
22. Milyen negatív következményekkel járhat a kiméra szervezetek létrehozása?
23. Érdemes-e lemondani a transzgenikus élőlények előállításáról?
24. Mi a génbankok jelentősége a genetika, a nemesítés és a biotechnológia szempontjából?
25. Miért alkalmazhatják a nemesítésben azokat a mutációkat, amelyek a kromoszómaszám többszörös csökkenésével járnak?
26. Miért függ a nemesítés hatékonysága az alapanyag sokféleségétől?
27. Mi a közös és a különböző az állatok, a növények és a mikroorganizmusok nemesítésében?
28. Milyen módon lehet bejuttatni a módosított DNS-molekulát a sejtbe?
29. Milyen lehetőségei vannak a genetikailag módosított növények és állatok alkalmazásának?
30. Hogyan lehet gyógyítani génterápiával az ember bizonyos megbetegedéseit?
31. Miért van az, hogy az állatok fajok közötti hibridjeinek meddőségét nem lehet megkerülni poliploidizációval?

## Az élő rendszerek általános tulajdonságai

Az élet keletkezésének és lényegének kérdése régóta foglalkoztatja a biológia tudósait, filozófusokat, és általában a gondolkodó embert, hiszen mi is élőlények vagyunk. A biológiai tudományok, a génebérszet, az elektronmikroszkópia, a számítástechnika rohamos fejlődésének dacára, az élet lényege mindmáig talány az emberiség számára. A legkorszerűbb tudomány sem képes még a legegyszerűbb élő szervezetet sem létrehozni, nem ismerjük az öregedés és a halál valódi okait, az élet keletkezésének lényegét. Ezért a tudomány az élet mindmáig leíró jellegű, csupán alapvető formáit és tulajdonságait felsoroló összegzését foglalja magába. Ezek közül a legfontosabbak a következők.

1. Az élő szervezetek ugyanazokból a kémiai elemekből állnak, mint az élettelen testek. Az élettelen természettel ellentétben a kémiai elemek százalékos aránya valamennyi élőlényben majdnem azonos. A négy organogén elem (a szén, az oxigén, a hidrogén-, a nitrogén) az élő szervezetek biomasszájának 98 %-át teszi ki, körül-belül 1,9 % jut a nyolc makroelemre (foszfor, kén, klór, kálium, nátrium, kalcium, magnézium, vas) és csupán 0,1 % annak a több, mint 30 kémiai elemeknek a mennyisége, amelyeket mikroelemeknek nevezünk (alumínium, réz, cink, molibdén, kobalt, nikkel, stroncium, jód, stb.)

2. Az élőlények főként óriásmolekulájú szerves vegyületekből vannak felépítve, melyek közül legfontosabbak a fehérjék, a nukleinsavak, a szénhidrátok és a lipidek, valamint szervetlen anyagokból, közöttük kivételes szerepe van a víznek (jelenléte az élő szervezetekben elérheti a 60–99 %-ot).

3. A biológiai rendszerek létezésének elengedhetetlen feltétele a környezettel való anyagés energiacsere. Ennek két oldala, az asszimiláció és a disszimiláció egymást kiegyensúlyozva biztosítják az élő rendszerek összetételének és tulajdonságainak állandóságát (homeosztázisát). Ez az alapja az élő rendszerek ónszabályozó képességének.

4. Az élő anyagot az egymással szorosan összefüggő különböző szerveződési szintek jellemzik: molekuláris szint, sejtszint, szervezeti szint, faji populációs szint, biogeocönotikus és bioszféra szint. Minden egyes szinten csökken a összetevők közötti kölcsönhatások integrációja, az alacsonyabb szinttől a magasabb szintig.

5. Az élő anyagot az elkülönült részekből való felépítés jellemzi (diszkrét jelleg). Ez azt jelenti, hogy bármelyik szerveződési szintjén vannak strukturális-funkcionális egységek: molekulák, sejtek, szervezetek, populációk, fajok, biogeocönózisok.

6. Az élő szervezetek képesek a szaporodásra, növekedésre és egyedfejlődésre. Az élet folytonosságát az életciklusok biztosítják. A szaporodásmódok sokfélesége ellenére valamennyi új sejt és szervezet kizárólag az anyasejtekből keletkezik.

7. A szervezetek örökletes információja a nukleotidok meghatározott sorrendjében van kódolva a nukleinsavak (a DNS és a vírus RNS) molekuláiban. A sejtek osztódásakor vagy teljes egészében átadódik az anyasejtől a leánysejtbe (mitotikus osztódás), vagy csak részben (meiotikus osztódás).

8. A genotípus a fehérjeszintézis során valósul meg a fenotípusban, változhat a mutáció vagy a rekombináció útján. A fenotípus a genotípus és a környezeti tényezők kölcsönhatása révén alakul ki.

9. A sejt élettévékenységi folyamatai a sejtszervecskében mennek végbe, a többsejtű szervezeteknél a szövetekben és a szervekben is. Valamennyi élőlény alapvető sajátossága az ingerelhetőség. A többsejtű állatok többségének életműködését az idegrendszer (működésének alapelemei a reflexek), az endokrin rendszer (a humorális szabályozást látja el biológiailag aktív anyagok segítségével) és az immunrendszer szabályozza.

10. Az evolúció a szervezeteknek a környezet változatosaihoz való alkalmazkodása nemzedékről nemzedékre. A szervezetek és szervezeteken felüli rendszerek alkalmazkodó-képessége a környezeti feltételekhez az ökológiai tűrőképesség mércéje. Az adaptáció folyamata az evolúció alapegységében – a populációban megy végbe a biogeocönózis közegében. Az evolúció sebessége függ a környezeti viszonyok változásának sebességétől.

11. Bármely faj biológiai progressziója azon múlik, hogy az egyes populációi mennyire képesek optimális szinten tartani egyedsűrűségüket (homeosztázis). Egy faj kihalása vagy túlélése biogeocönotikai krízisek idején a környezeti változásokhoz való alkalmazkodóképeségének gyorsaságától függ (evolúciós tűrőképesség). Ezért a faj vagy a fajok feletti csoportok (nemzetségek, családok, stb.) létezésének ideje nem függ morfológiai összetettségétől vagy a nemzedékváltakozás gyakoriságától.

12. Az élő szervezetek összes szerveződési szintje csak a homeosztázisukat fenntartó viszonyok között tudnak normálisan működni. A homeosztázis sérülése hacsak egy szinten is, magával hozza a vele kapcsolatos valamennyi szint működésének sérülését.



13. Az élő anyag szerveződési szintjei közül a legkevésbé integrálódott, következésképpen a külső hatások részéről legsérülékenyebb: a populációs faji, a biocönotikus és a bioszféra szint. A biológiai sokféleség hirtelen csökkenése előidézhetheti a biogeocönózisok destabilizálódását, a táplélekláncok tönkremenetelét. Az élő anyag szervezeteken felüli szerveződési szintjeinek stabilitására végzetesen hatnak a nem periodikusan ismétlődő, vagy határtalanul növekvő intenzitású, elsősorban antropogén tényezők.

A biológia vívmányainak megvannak a távlati lehetőségei az emberiség létezésének biztosításában. A biológiai kutatók számára azért van szükség, hogy tudományos alapra lehessen helyezni az emberiség stabil fejlődésének tervezését, prognosztizálását. Ennek érdekében el kell háritani a közeledő bioszféra-kризist, amit a sajtóban gyakran „ökológiai katasztrófának” neveznek. A korunkban és minden bizonnyal a jövőben előforduló biocönotikus krízisfenyegetettség azzal függ össze, hogy az ember tevékenységével megváltoztatja a bioszférát.

A biológia egyik fontos feladata a bolygónkat benépesítő élőlények sokféleségének tanulmányozása. A rendszertan tudósai úgy tartják, hogy a jelenleg élő fajok közül nem kevesebb, mint egy millió még ismeretlen a tudomány számára.

A jövőben a nemesítő szakemberek széles körben alkalmazzák majd a mesterséges mutációkat, nagy hozamú növényfajták és mikroorganizmus-törzsek előállítására céljából. Mesterséges mutációkra szükség van a káros szervezetek szaporodásának genetikai módszerekkel történő visszaszorításához is, mind a mezőgazdasági kultúrák, mind a lakosság védelme érdekében.

Nagy jövő előtt áll a génebézészet. Gyakorlati irányain (a mikroorganizmus-törzsek hozamának növelése, eukarióták génjeinek beültetése prokarióta sejtekbe, fontos termékek - vitaminok, hormonok, enzimek - előállítása céljából) kívül szükség lesz rá globális problémák megoldásában is. Az örökletes betegségek és rendellenességek elleni harcban olyan módszereket fognak alkalmazni, amelyekkel kivonhatók lesznek a kromoszómákból azok a gének, amelyek ezeknek a betegségeknek és rendellenességeknek az információit hordozzák, s egészséges génekkel cserélik majd ki őket. Ki fognak dolgozni olyan eljárásokat is, amelyekkel megfelelő változásokat tudnak majd előidézni a genotípusban, és csökkenteni tudják a káros mutációk gyakoriságát. A léghőmérsékletet megkötő gyökérbaktériumok génjeinek a magasabbrendű növények kariatípusába történő átültetésével nagyon sok pénzt lehetne megtakarítani, a nitrogéntartalmú műtrágyák gyártásának, és az ilyen műtrágyák talajba történő bevitelének megszüntetése révén. Ráadásul ez jelentős mértékben csökkentené a környezet nitrátszennyezését. A génebézészet fejlesztése érdekében génbankokat hoznak létre, amelyekben különféle szervezetek plazmidokba épített géneit tárolják.

Széles körben alkalmazzák majd a jövőben a genetikailag módosított vagy transzgenikus szervezeteket. Génebézészeti módszerekkel a növények genomjába olyan géneket ültetnek be, amelyek ellenállóvá teszik őket a rovarirtó szerekkel, kártevőkkel és a környezet több káros tényezőjével szemben. Már előállítottak olyan burgonyafajtákat, amelyeknek a kariatípusába bizonyos, a növényt a kórokozó számára ehetetlenné tevő baktériumgéneket helyeztek be. A génmódosított szervezetek sokszor nagy hozamúak, termékenyek, ami hozzájárulhat az emberiség élelmiszerproblémáinak a megoldásához.

Nagy reményeket fűznek a jövőt illetően a sejtenyésztes módszereinek fejlődéséhez. Különböző fajú, sőt más családokba és rendekbe tartozó szervezetek szomatikus sejtjeinek mesterséges egyesítésével, nagy termelékenységű hibridek előállítása válik lehetővé. A szomatikus sejt hibridizációja lehetővé teszi majd olyan készítmények előállítását, amelyek fokozzák a szervezet fertőzésekkel szembeni ellenálló-képességét, kimagasló termelékenységű állat- és növényfajták populációinak kitenyésztését és kitermesztését.

A szervezetekből kinyert szomatikus sejtek speciális táptalajokon való tenyésztésével értékes anyagokat termelő sejt-kultúrák (szövetek) előállítása válik lehetővé, s ezzel megóvhatókká válnak a gyógynövények és más élőlények a természetben. Mivel a szomatikus sejtekben megvan az egész egyed genetikai információja, lehetőség nyílik azonos örökletes tulajdonsággal rendelkező utódszervezetek tetszőleges mennyiségben történő előállítására, azaz klónozására.

Az őssejtek alkalmazása a gyógyászatban lehetővé teszi majd különféle betegségek, köztük egyes rákfajták gyógyítását, károsodott szervek regenerálását, a szervezet megfiatalítását.

Végezetül a tankönyv szerzői sikereket kívánnak nektek a bennünket körülvevő bonyolult és csodálatos élő természet tanulmányozásához!

## Szakkifejezések rövid szótára

### A

**Abiogenezis** (gör.: *a* – fosztóképző, *bios* – élet és *genesis* – eredet) – azon elméletek általános megnevezése, melyek az életet az élettelen anyagból származtatják.

**Adaptáció** (lat.: *adaptatio* – alkalmazkodás) – a szervezetek alkalmazkodása a környezet feltételeihez.

**Akroszóma** (gör.: *akron* – csúcs, és *sóma* – test) – a spermatozoid fejrészénél lévő a Golgi-készülék elemeiből képződő speciális organellum, ami biztosítja a petesejtbe való bejutást.

**Albínus** (lat.: *albus* – halvány, fehér) – olyan egyedek, amelyek kültakarójában nincsenek színanyagok.

**Alfaj** – egymáshoz hasonló populációk összessége, amelyek az azonos fajú populációtól egy vagy néhány jellegállapotban különböznek.

**Alléli gének** (gör.: *allelón* – egymásnak, kölcsönösen és *genos* – származás) – egy bizonyos gén különböző állapotai, amelyek azonos helyet (lókuszt) foglalnak el a homológ kromoszómákban, és egy bizonyos bélyeg különböző változatait határozzák meg.

**Általános degeneráció** (lat.: *degeneratio* – korcsosulás, elfajzás) – a szervezetek felépítésének leegyszerűsödése az evolúció során, amely általában a parazitákra és a lassan mozgó fajokra jellemző.

**Analógia** (gör.: *analógia* – hasonlóság) – a szervek felépítésbeli hasonlósága, amelyek eredete nem azonos, de ugyanazt a funkciót látják el a nem rokon fajoknál.

**Areál** (lat.: *area* – terület, játéktér) – a bioszféra egy bizonyos faj vagy rendszertani csoport egyedei által benépesített része.

**Aromorfózis** (gör.: *airó* – megnövel és *morphé* – küllem, külalak) – olyan evolúciós átalakulás, amely során a szervezet szerveződésének szintje nő, ez pedig kiváltja a környezet feltételeihez való alkalmazkodást.

**Atavizmus** (lat.: *atavus* – ős, előd) – egy bizonyos faj őseire jellemző bélyeg megjelenése az utódok egyes egyedeiben.

**Autoszómák** (gör.: *autos* – önmaga és *sóma* – test) – a kariotípus összes kromoszómája, kivéve a nemi kromoszómákat.

### B

**Barázdálódás** – a zigóta vagy a partenogenetikus petesejt mitotikus osztódásának sorozata, amely során az interfázisukban nem növekedő sejtek (blasztomerek) jönnek létre.

**Bélyegek független kombinálódásának törvénye** – lényegében az, hogy a dihibrid vagy polihibrid keresztezés során minden bélyeg a másiktól függetlenül öröklődik.

**Bélyegek hasadása** – mindkét jellegállapot (recesszív és domináns) megjelenése a hibrid utódok fenotípusában.

**Bélyegek hasadásának törvénye** – lényegében az, hogy az első hibrid nemzedék tagjainak egymással való keresztezésekor, a bélyegek hasadásának jelenségét tapasztaljuk: az egyedek negyedének fenotípusa recesszív, harmadának pedig domináns bélyegei lesznek.

**Biogén anyagkörforgás** (gör.: *bios* – élet és *genos* – származás) – az ökoszisztéma abiotikus (élettelen) és biotikus (élő) részei közötti anyagcsere.

**Biogenezis** (gör.: *bios* – élet és *genesis* – keletkezés) – az életet az anyag különleges formájának tekintő hipotézisek általános megnevezése, amelyek szerint ez az anyag képes a reprodukcióra és nem jöhet létre az élettelen elemekből.

**Biológiai progresszió** – (lat.: *progressio* – haladás) egy bizonyos rendszertani csoport evolúciós fejlődése, amely a populáció egyedszámának növekedésével, az areál kiszélesedésével, új alfajok és fajok létrejöttével jár.

**Biológiai regresszió** – (lat.: *regressio* – visszamenés) annak következménye, hogy egy bizonyos csoport a környezet változásaihoz nem képes alkalmazkodni; populáció egyedszámának csökkenésével, az areál beszűkülésével járó folyamat, ami kihaláshoz vezethet.

**Biomassza** – az egyedek egy bizonyos területre vagy térfogatra eső tömege.

**Biopolimerek** – nagy molekulatömegű szerves anyagok, amelyeket egyszerű molekulák (monomerek) építenek fel.

**Bioproduktivitás** – egy bizonyos biocönózisban segítségnyújtó idő alatt keletkező biomassza.

**Bioszféra** (gör.: *bios* – élet és *sphaira* – gömb) – a földgolyó burkainak (atmoszférájának, hidroszférájának, litoszférájának) része, amelyet az élőlények benépesítenek.

**Biotechnológia** (gör.: *bios* – élet, *techné* – mesterség és *logos* – tan) – ipari módszerek összessége, amelyek során különböző anyagokat állítanak elő organizmusok és biológiai folyamatok, illetve jelenségek felhasználásával.

**Biotikus kapcsolatok** – a különböző biológiai objektumok bármely kölcsönhatása, amely hat az életműködésükre.

**Blasztomer** (gör.: *blastos* – rügy, magzat és *meros* – rész) – a barázdálódás következtében létrejövő sejt.

**Blasztula** (gör.: *blastos* – rügy, magzat) – a többsejtű állatok embrionális fejlődésének stádiuma, amely a barázdálódás következtében jön létre; üreges képződmény, amelynek fala egy blasztomer rétegből áll.

### C

**Crossing over** (ang.: *crossing over* – kereszteződés) – a homológ kromoszómák bizonyos részeinek kicserélődése a konjugációjuk során.

**Csőkevényes szervek** – bizonyos fajok fejletlen vagy leegyszerűsödött szervei, amelyek az ősi formákra nem hasonlítanak, mivel a törzsfejlődés során elveszítették funkciójukat.

### D

**Darwinizmus** – Darwin elmélete, amely szerint az evolúció alapja a létért folyó küzdelem hatása alatt álló örökletes változékonyság, aminek következménye a természetes szelekció.

**Diploid kromoszómakészlet** (gör.: *diplóos* – kettős) (röviden  $2n$ , ahol  $n$  – a haploid kromoszómakészlet) – a sejtmag kromoszóma készlete, amelyben megtalálható az egy párhoz tartozó két homológ kromoszóma.

**Disruptív szelekció** (lat.: *disruptio* – szétválasztás) két vagy ritkábban több irányba tereli a változékonyságot, ugyanakkor nem váltja ki az átlagos bélyegek fennmaradását.

**Divergencia** (lat.: *divergentia* – szétválás) – a bélyegek szétválásának jelensége az utódokban, az elődfaj egyedeinek a környezet feltételeihez való alkalmazkodása következtében.

**Dominancia** (lat.: *dominantia* – uralkodás) – az egyik alléli elnyomása a másik által.

**Domináns alléli** (lat.: *dominans* – uralkodó, döntő) – olyan allél, amely az erre a génre heterozigóta egyed fenotípusában jelentkező jellegállapotokat kódolja (nagy latin betűkkel jelöljük: A, B, C, D stb.)

**Domináns fajok** (lat.: *dominans* – uralkodó, döntő) – a biocönózisokban a legnagyobb egyedszámmal rendelkező faj populációi.

## E

**Egyedszám** – a populációt alkotó egyedek száma.

**Elemző keresztezés** olyan egyedek között végeznek, amelyek egy bizonyos bélyeg recesszív és domináns változataival rendelkeznek, annak érdekében, hogy meghatározzák a genotípusukat.

**Embrionális periódus** – az ontogenezis azon szakasza, amely során az új szervezet (embrió, csíra) az anyai szervezeten vagy a petén, a magon belül fejlődik, és a születéssel vagy a kikeléssel fejeződik be.

**Energiaforgalom** – a szervezet vagy egyes sejtek energia-fel szabadulással járó lebontási reakcióinak összessége.

**Evolúció tényezői** – (lat.: *evolutio* – kifejlődés) olyan tényezők, amelyek a szervezetek, a populációk és a fajok visszafordíthatatlan adaptív változásaihoz vezetnek a bioszféra létezésében.

**Evolúciós tényezők** – (lat.: *evolutio* – kifejlődés) az evolúció szintetikus elmélete szerint az evolúció tényezői azok, amelyek a populációkra hatnak: örökletes változékonyság, populációs hullámok, izoláció, genetikai drift (genetikai sodródás).

## É

**Életciklus** – a fejlődés minden fázisa, vagy a bizonyos fajhoz tartozó szervezetek, illetve felépítésükben és élettévékenységükben eltérő nemzedékek összessége. Két vagy több nemzedék azonos fázisai között zajlik le.

## F

**Faji sokféleség** – különböző fajokhoz tartozó populációk összessége, amelyek egy bizonyos biocönózist alkotnak a Föld bármely részén, a bioszférában.

**Fajképződés** – az új fajok keletkezésének evolúciós folyamata.

**Fajta** – nemesítés útján, az ember által mesterségesen létrehozott állat vagy növény populáció.

**Fekete listák** – a Föld színéről 1600 óta kihalt fajok listái.

**Fén** (gör.: *phaino* – megmutatkozni, megjelenni) – valamely bélyeg egyes változatai (jellegállapotai).

**Fenotípus** (gör.: *phaino* – megmutatkozni, megjelenni és *typos* – lenyomat, többnyire bélyegző) – a szervezetek minden bélyegének és tulajdonságának összessége, amelyek a genotípus és a környezet tényezőinek kölcsönhatásából jönnek létre.

**Filogenetikai sor** – egy bizonyos rendszertani csoporthoz tartozó szervezetek vagy azok szerveinek evolúciós fejlődésében történő változások sorozata.

**Filogenezis** (törzsfajlódás; gör.: *phylon* – nemzetség, törzs, faj és *genesis* – eredet, származás) – az egyes rendszertani csoportok fejlődéstörténete.

**Filogénia** (gör.: *phylon* – nemzetség, törzs, faj és *genesis* – eredet) – bizonyos rendszertani csoportok evolúciós fejlődésével (filogenezisével) foglalkozó biológiai tudomány.

**Fitocönózis** (gör.: *phyton* – növény és *koinos* – közös) – különböző növényfajok populációinak társulásai (növényzet), amelyek közös területen nőnek.

**Fototrófok** (gör.: *phós*, *phótos* – fény és *trophé* – táplál, nevel) – a Nap energiáját szintézisre felhasználni képes autotróf organizmusok.

## G

**Gaméták** (ivarsejtek; gör.: *gameté* – asszony vagy *gametés* – férj) – a kopulációban részt vevő sejtek, amelyeknek a somatikus sejtekhez képest fele annyi kromoszómájuk van.

**Gaméták tisztaságának törvénye** szerint a hibrid (heterozigóta) szervezet minden gamétája csak egy allélt tartalmaz a diploid készletből.

**Gametogenezis** (gör.: *gameté* – asszony vagy *gametés* – férj és *genesis*) – az ivarsejtek (gaméták) képződésének folyamata, amely során a szaporodás, a növekedés, az érés és a formálódás stádiumain mennek keresztül.

**Gén** (gör.: *genos* – származás, nemzetség) – a DNS-molekulák (egy-egy vírusoknál az RNS-molekulák) szakasza, amely a polipeptidlánc, a fehérje, a bizonyos típusú RNS-molekula elsődleges szerkezetéről hordoz információt.

**Genealógiai módszer** – olyan genetikai vizsgálat, amely az örökletes bélyegek jellegét mutatja családfa segítségével.

**Gének kölcsönhatása** – olyan kölcsönhatás, amely során néhány allél vagy nem allél gén közösen határoznak meg egy bizonyos bélyeget.

**Genetikai drift** (ang.: *drift* – sodrás, áramlat, örvény) – egyes allélok előfordulási gyakoriságának nem irányított változása a populáción belül véletlenszerű hatások folytán.

**Genetikai kód** – minden élő szervezetre jellemző az örökletes információ egységes, a nukleinsavak nukleotid sorrendjébe írt, kódrendszere, ami meghatározza a polipeptidlánc aminosav-sorrendjét.

**Genofond** (gör.: *genos* – származás és fr.: *fond* – alap) – bizonyos populációhoz, populáció – csoporthoz vagy fajhoz tartozó egyed génjeinek és alléljainak összessége.

**Genom** – egy faj kromoszóma készletére jellemző DNS-molekulák összessége.

**Genotípus** (gör.: *genos* – származás és *typos* – lenyomat) – a sejtek vagy az organizmus génjeibe kódolt összes genetikai információ.

**Génebézés** – a genetika és a biokémia részterülete, amely módszereket dolgoz ki arra, hogy a szervezetek genomját átépítsék a gének vagy géncsoportok eltávolítása és beültetése, illetve mesterséges szintézise révén.

**Génebézési módszerek** – olyan módszerek, amelyek segítségével a szervezetek egyes génjeit eltávolíthatják vagy mesterségesen előállíthatják, átépíthetik és beültethetik más sejtek vagy organizmusok genomjába.

## H

**Haploid kromoszóma készlet** (gör.: *haploos* – egyesével) – a sejtmag kromoszóma készlete, amelyben mindegyik kromoszóma különbözik a másiktól (röviden  $1n$ , ahol  $n$  – a kromoszómák száma).

**Heterózis** (gör.: *heteroíosis* – átváltozás, megváltoztatás) – olyan jelenség, amikor a nem rokon keresztezésből létrejött hibridek első generációja a szülőhöz képest megnövekedett életképességgel és produktivitással rendelkezik.

**Hibridek** (gör.: *hybrízó* – buja, burjánzó vagy lat.: *hybrida* – kevert, korcs) – egy vagy több jellegállapotban egymástól különböző egyedek keresztezésével létrejött utódok.

**Hibridizáció** – lásd keresztezés.

**Hibridológiai módszer** – a bélyeg változatok öröklődésének jellegét vizsgálja keresztezések rendszerén keresztül.

**Hidroszféra** (gör.: *hydr-* – vízzel kapcsolatos és *sphaira* – gömb) – a Föld vízburka, vagyis a vizek összessége (óceánok, tengerek, folyók, tavak).

**Homológ kromoszómák** – egy párba tartozó kromoszómák, amelyeknek azonos a felépítése, mérete és génállománya.

**Homológia** (gör.: *homologia* – megfelelés) – a közös őstől származó különböző fajok szerveinek hasonló felépítése, annak ellenére, hogy a környezet feltételeihez való adaptáció során külsőleg jelentősen különbözhetnek egymástól.

**Homozigóta** (gör.: *homoios* – egyenletes, egyforma és *zygon* – kötelék) – diploid vagy poliploid sejt (egyed), amelynek a homológ kromoszómái egy bizonyos gén azonos alléljait tartalmazzák.

## I

**Idioadaptáció** (gör.: *idios* – egyedi, különleges, sajátos és lat.: *adaptatio* – alkalmazkodás) – a szervezet felépítésének adaptív jellegű változása, ami nem változtatja a szerveződési szintjét.

**Ikerkutatás módszere** – az egyetű ikrek fenotípusának tanulmányozása és összehasonlítása.

**Inbreeding (beltenyésztettség; ang.: in** – belsejében és *breeding* – szaporodás) – lásd rokon keresztezés.

**Ivari dimorfizmus** (gör.: *di-* – kettős és *morphé* – külalak) – az egyik nem képviselőinek méretbeli fölénye a másik nem képviselői felett sok állatfajnál, főként a gerinceseknél.

**Izoláció** (fr.: *isolation* – elkülönülés) – az egy fajhoz tartozó egyedek kereszteződésének lehetetlenné válása a természetben.

## K

**Kapcsolási csoport** – egy bizonyos kromoszóma géneinek összessége.

**Kapcsolt öröklődés** – olyan bélyegek öröklődése, amelyeket egyetlen kromoszómán elhelyezkedő gének kódolnak.

**Kariotípus** (gör.: *karyon* – dióhéj és *typos* – lenyomat, többnyire bélyegzőé) – minden fajra specifikusan jellemző kromoszóma készlet.

**Kemotrófok** – a szervetlen vegyületek kémiai kötéseiben tárolt energiát, oxidációs folyamatokban felszabadítva, szintézisre felhasználni képes autotróf szervezetek.

**Keresztezés (hibridizáció)** – egy vagy több jellegállapotban egymástól eltérő szervezetek párosodásából származó utódok létrehozása.

**Klón** (gör.: *klón* – hajtás) – közös őstől nem ivaros úton származó sejtek vagy egyedek összessége.

**Kodominancia** (lat.: *co-* – együtt és *dominantia* – uralom) – az a jelenség, amikor egy bizonyos gén két allélja teljesen megjelenik a hibrid egyed fenotípusában.

**Kommenzalizmus** (lat.: *com-* – együtt- és *mensa* – étkezde) – különböző fajok kölcsönhatásának típusa, amely során az egyik felhasználja a másik táplálékát vagy búvóhelyét anélkül, hogy kárt okozna a másinak.

**Konjugáció** (lat.: *coniugatio* – összekapcsolás) – az ivaros folyamat néhány formájának általános megnevezése: konjugáció során a prokarióták két sejtje ideiglenesen kapcsolódva, kölcsönösen kicserélik a DNS-molekuláik egy részét citoplazmatikus hidakon keresztül; egyes moszatoknál és gombáknál a konjugáció két vegetatív sejt tartalmának összeolvadásával történik; a papucsállatka konjugációja két sejt generatív sejt-magjának kicserélésével jár.

**Konzumensek** (lat.: *consumens* – fogyasztó) – olyan heterotróf organizmusok, amelyek más szervezeteket vagy azok maradványait fogyasztják.

**Kopuláció** (lat.: *copulatio* – egyesülés, nász) – két gaméta egybeolvadásának, illetve a váltivarú egyedek párzásának folyamata.

**Kreacionizmus** (lat.: *creatio* – alkotás) – nézetek rendszere, amelyek szerint az élő természet megteremtése óta változatlan.

## L

**Letális alléli** (gör.: *Léthé* – a halottak országának mitikus folyója, a Felejtés) – olyan alléli, amelynek fenotípusban való megjelenése a szervezet pusztulását okozza.

**Limitáló tényező** olyan ökológiai tényező, amelynek hatásintenzitása túlmegy a tűréshatáron.

**Litoszféra** (gör.: *lithos* – kő és *sphaira* – gömb) – a Földünk felszínének külső, szilárd 50–200 km-es burka.

**Lókus** (lat.: *locus* – hely) – a kromoszóma egy bizonyos szakasza, ahol a megfelelő gén alléljai helyezkednek el.

## M

**Makroevolúció** (gör.: *makros* – hosszú és lat.: *evolutio* – fejlődés) – a faj feletti taxonok (nemzetség, család... ország) kialakulásának evolúciós folyamata.

**Mesterséges szelekció** – olyan kiválogatás, amelyet az ember végez a számára hasznos növények, állatok és mikroorganizmusok létrehozása céljából.

**Mezoderma** (gör.: *mesos* – középső, közti és *derma* – irha, bőr) – a többsejtű állatok többségének középső csíralemeze.

**Mikroevolúció** (gör.: *mikros* – kicsi és *evolutio* – fejlődés) – az egy faj populációiban lezajló evolúciós folyamatok összessége.

**Mikroorganizmus törzsek** – egy sejtől származó mikroorganizmus tenyészetek.

**Modellezés** (lat.: *modulus* – mérték, minta) – struktúrákat, működést, folyamatokat vizsgáló és demonstráló módszerek, amelyek segítségével egyszerűsített formában ábrázolhatjuk azokat.

**Modifikációs (nem örökletes) változékonyság** (lat.: *modificatio* – módosítás, átalakítás) – különböző ökológiai

tényezők által kiváltott fenotípusos változások, amelyek nem állnak kapcsolatban a genotípus változásaival.

**Monofília** (gör.: *monos* – egy és *phylon* – nemzetség, törzs, faj) – bármely rendszertani csoport minden tagjának közös őstől való származása.

**Mutációk** (lat.: *mutatio* – változás) – gének vagy kromoszómák tartós változásai, amelyek hirtelen jönnek létre, és a szervezet egyik-másik örökletes bélyegének változását váltják ki.

**Mutációs változékonyság** – mutációk által kiváltott örökletes változékonyság.

**Mutagének** (lat.: *mutatio* – változás és *genos* – származás) – a környezet mutációt kiváltani képes feltételei (fizikai, kémiai, biológiai).

**Mutualizmus** (lat.: *mutualis* – kölcsönös) – a szimbiózis formája, amely során mindegyik együtt élő faj bizonyos előnyhöz jut.

## N

**Nem rokon keresztezés (outbreeding)** (ang.: *out* – kívül, túl és *breeding* – nemzés) – szoros rokoni kapcsolattal nem rendelkező szervezetek hibridizációja, tehát egy fajhoz tartozó különböző tiszta vonalak, fajták képviselőinek keresztezése.

**Nemhez kötött öröklődés** – olyan jelenség, amelynek alapja, hogy az egyes bélyegek génjei a heterokromoszómákban helyezkednek el.

**Nemzedékváltakozás** – olyan jelenség, amikor az életciklusban kettő vagy több különböző felépítésű és szaporodású nemzedék váltja egymást.

**Nemzetközi Vörös Könyv** – a Természetvédelmi Világszövetség (IUCN) kiadványa, amelyben felsorolják a veszélyeztetett fajokat.

**Neokatasztrófizmus** (gör.: *neos* – új, fiatal és *katastrophi* – fordulat) – az evolúciós nézetek rendszere, amelynek alapja az élet fejlődésének szakaszossága a Földön.

**Neutralizmus** (lat.: *neutralis* – semleges) – két faj populációjának együttélési formája, amiben az egyik sem érzékeli a másik közvetlen hatását.

**Nooszféra** (gör.: *noos* – ész és *sphaira* – gömb) – a bioszféra új állapota, amelyben az emberi értelem válik fejlődésének meghatározó tényezőjévé.

## O

**Oltás** (növényeknél) – a különböző növények részeit mesterségesen egyesítő, különleges módszer, amely a fenotípus nem örökletes változásait vonja maga után.

**Ontogenezis (egyedfejlődés)** (gör.: *onta* – létezők, lények és *genesis* – keletkezés) – a többsejtű szervezetek fejlődése, amely egysejtű állapottal kezdődik (zigóta, spóra), és az egyed pusztulásával ér véget.

**Oogenezis** (lat.: *ovo* – pete, tojás és gör.: *genesis* – keletkezés) – a petesejt kialakulásának folyamata.

**Outbreeding** (ang.: *out* – kívülről és *breeding* – szaporodás) – lásd nem rokon keresztezés.

## Ö

**Ökológiai niche** – (fr.: *niche* – fali fülke) minden fajra jellemző különleges hely (fülke) a biogeocönózisban, amely a faj és az ökológiai tényezők összességének kölcsönhatása révén jön létre.

**Ökológiai piramis** – tápláléklánc grafikai ábrázolása.

**Ökológiai piramis szabály** – lényege, hogy a tápláléklánc minden megelőző szintjén a szervezetek által egységnyi idő alatt tartalékolt biomaszsa és energia mennyisége lényegesen nagyobb, mint a következő szinteken.

**Ökoszisztéma** (gör.: *oikos* – ház, lakhely és *systema* – egyesítés, összekötés) – különböző fajok populációnak összessége, amelyek kölcsönös kapcsolatban élnek egymással és a fizikai környezettel úgy, hogy közben energiaáramlás jön létre, ami létrehozza a táplálékláncot és biztosítja a biogén anyagkörforgalmat.

**Örökletes változékonyság** a genotípus változásának (kombinatív és mutációs) következménye.

**Örökletes változékonyság homológ sorának törvénye** – lényegében az, hogy a rokon fajok vagy nemzetségek/nemek hasonló örökletes változékonyság egész sorával jellemezhetőek, olyan pontossággal, hogy a formákat egy fajon vagy nemzetségen/ nemen belül tanulmányozva, előre látható olyan formák megtalálása közeli fajok vagy nemzetségek/nemek között, amelyek a bélyegek hasonló együttesével rendelkeznek.

**Öröklődés intermedier (köztes) jellege** olyan esetekben nyilvánul meg, amikor az allélok közül egyetlen egy sem dominál a másik felett; ennek megfelelően a heterozigóta egyedek fenotípusa, a homozigóták fenotípusával ellentétben, a két allél átlaga lesz.

## Ő

**Őssejtek** képesek különböző sejteket létrehozni, különböző sejtípusokká alakulni és meghatározzák a regenerációs képességet.

## P

**Partenogenezis (szűznemzés; gör.: *parthenos* – lány és *genesis*)** – szervezet kifejlődése a megtermékenyítetlen petesejtből.

**Ploiditás** – a szervezet sejtjeinek kromoszómaszáma.

**Poliembrionia** (gör.: *polys* – számos és *embryon* – magzat, csíra) – több embrió fejlődése egyetlen megtermékenyített petesejtből.

**Polimorfizmus** (gör.: *polys* – számos és *morphe* – kinézet) – több különböző fenotípus formáinak jelenléte a populációban.

**Poliploid kromoszómakészlet** – a sejtmag kromoszómakészlete, amelyben minden kromoszómának három vagy több homológja van jelen.

**Populáció** (lat.: *populatio* – nép, népesség) – egy faj egyedeinek összessége, amelyek huzamosabb ideig a faj areáljának egy bizonyos részét töltik be, részlegesen vagy teljesen elkülönülve a faj többi hasonló csoportosulásától.

**Populációs hullámok** – a populáció egyedszámának periodikus ingadozása.

**Posztembrionális periódus** (lat.: *post* – után, később és gör.: *embryon* – magzat, csíra) – az egyed ontogenezise a születéstől vagy a kikeléstől a szaporodó képesség eléréséig.

**Producensek** (lat.: *producens* – termelő) – az autotróf szervezetek populációja, amelyek képesek szerves vegyületeket szintetizálni a szervetlenekből.

**Punnett-táblázat** – olyan táblázat, amely segítségével ábrázolhatjuk a keresztezés eredményeit.

## R

**Reakciónorma** – a szervezet genotípusa által meghatározott modifikációs változékonyság határai.

**Recesszív alléli** (lat.: *recessus* – visszahúzódás) – olyan allél, amely nem jelenik meg a heterozigóta egyed fenotípusában (latin kis betűkkel jelöljük – a, b, c, d stb.)

**Reducensek** (lat.: *reducens* – lebontó) – heterotróf organizmusok összessége, amelyek más élőlények szerves maradványaival vagy életműködésének termékeivel táplálkoznak, lebontva azokat szerves anyagokra.

**Rekombináció** (lat.: *recombinatio* – újraegyesülés) – különböző gének alléljainak egyesülése a hibrid egyed gamétáiban, amelyek a szülői gamétákra nem voltak jellemzőek.

**Rokon keresztezés** (beltenyésztés vagy inbreeding) (ang.: *in* – benne, belsejében és *breeding* – szaporodás) – a megelőző hat nemzedék során közös őssel rendelkező egyedek keresztezése.

## S

**Sejt (szövet) sebészet** – a biotechnológia olyan területe, amely során sejteket távolítanak el a szervezetből és visznek át mesterséges táptalajokra; ennek segítségével egyesíteni lehet a különböző fajok, nemzetségek/nemek szomatikus sejtjeinek részeit.

**Spermatogenezis** (gör.: *spermata* – magok és *genesis* – keletkezés) – a spermatozoidok (spermiumok) képződésének folyamata.

**Spermatozoid** (gör.: *spermata* – magok és *zoon* – élőlény) – hímivarsejt.

**Stabilizáló szelekció** a környezet állandó feltételei mellett jelenik meg; fenntartja bizonyos fenotípus állandóságát, amely a leginkább megfelel az adott környezet feltételeinek, és kizár bármilyen kevésbé adaptív változást, ezáltal csökkentve a reakciónormát.

**Stop-kodon** – különleges triplettek (UAA, UAG, UGA), amelyek közül mindegyik a polipeptid-lánc szintézisének végét jelzi.

## Sz

**Szaltacionizmus** (lat.: *saltatio* – ugrálás) – az evolúciós változások ugrásszerű jellegéről szóló hipotézis, amelyet az evolúció ütemének gyorsulása, a régi rendszertani csoportok (fajok, nemzetségek) kihalása és az újak megjelenése vált ki a biocönotikus krízis során.

**Szelekció** (lat.: *selectio* – kiválasztás, kiválogatás) – új és feljavított növény-, állatfajták és mikroorganizmus törzsek létrehozásának elméleti alapja és módszerei.

**Szimbiózis** (gör.: *syn-* – együtt és *bios* – élet) – különböző fajokhoz tartozó egyedek együttélésének bármely formája.

**Szintetikus elmélet** – az evolúciós folyamatról szóló összetett elképzelések szintézise, amely a XX. század húszas és ötvenes éveiben jött létre a mutáció (mint az örökletes változékonyság egyedüli forrása), a populáció (mint az evolúció alapegysége) és a darwinizmus (mint

a létért folyó küzdelem és a természetes szelekció elmélete) egyesítéséből.

**Szintezettség** – különböző fajú növények populációinak függőleges térbeli elhelyezkedése a biocönózisban.

**Szomatikus** (nem ivaros) sejtek (gör.: *sóma* – test) – olyan sejtek, amelyek vegetatív funkciót látnak el és a többséjtű szervezetek többségében diploid kromoszóma készlettel rendelkeznek.

**Szukcesszió** (lat.: *successio* – egymásra következés) – a szervezetek társulásának irányított egymás utáni változásai, amelyek a biogeocönózis átalakulásához vezetnek.

## T

**Tápláléklánc** – olyan folyamatok egymás utáni ismétlődése, amelyek során egy faj szervezetei, maradványai vagy életműködésének végtermékei más faj egyedei számára táplálékkul szolgálnak.

**Távoli hibridizáció** – különböző fajokhoz vagy nemzetséghez tartozó egyedek keresztezése.

**Természetes szelekció** Darwin szerint a létért folyó küzdelem következménye, amely a faj alkalmazkodóképességének növelésében és tovább szaporodásában nyilvánul meg.

**Természetvédelmi Világszövetség (IUCN)** – nem állami szervezet, amely koordinálja a különböző országok kormányainak, tudományos, oktató és civil szervezeteinek erőfeszítéseit a természet védelméért; kiadványa a Nemzetközi Vörös Könyv.

**Tiszta vonalak** – egy egyed önmegtermékenyítéssel létrehozott, genotípusukban homogén utódjai, amelyek génjeik többségét tekintve homozigóták.

**Trofikus hálózat** – a biogeocönózis táplálékláncainak átfedése annak következtében, hogy egy és ugyanaz a faj különböző tápláléklánccok különböző láncszeme lehet.

**Trofikus kapcsolatok** (gör.: *trophé* – táplálás) – a biotikus kapcsolatok formája, amelyben az egyik faj szervezetei közvetlenül, vagy azok élettevékenységéből származó végtermékek, táplálékforrásként szolgálnak a másik faj számára.

**Trofikus szint** (gör.: *trophé* – táplálás) – egy bizonyos faj populációinak helye a táplálékláncban.

**Tűrőhatár** (felső és alsó) – az ökológiai tényező hatásának intenzitása, amelyen túl egy bizonyos faj fennmaradása lehetetlenné válik.

## U

**Uniformitás törvénye** – lényege az, hogy az első nemzedék fenotípusában kizárólag csak a domináns bélyegek jelennek meg.

## V

**Változékonyság** – a szervezetek képessége arra, hogy új bélyegekre és azok változataira tegyenek szert az ontogenezisük folyamatában.

# Tartalomjegyzék

Kedves kilencedikesek! .....	3
<b>Bevezetés</b>	
1. §. A biológia – élő természetről szóló összetett tudomány. A biológiai rendszerek szerveződési szintjei. Biológiai kísérletek főbb módszerei .....	4
<b>1. Téma a sejtek kémiai összetétele</b>	
2. §. A víz, a víz tulajdonságai és szerepe a biológiai rendszerekben. Más szervetlen vegyületek .....	11
3. §. A szerves anyagok fogalma. Lipidek és szénhidrátok .....	15
4. §. A fehérjék felépítése és tulajdonságai .....	19
5. §. A fehérjék funkciói .....	22
6. §. Nukleinsavak. Az RNS tulajdonságai és funkciói .....	25
7. §. A DNS felépítése, tulajdonságai és funkciói .....	27
8. §. Az energia átalakulás fogalma a biológiai rendszerekben. ATP .....	30
Gyakorlati munka 1. A fehérjék és nukleinsavak szerkezetével foglalkozó alapvető feladatok megoldása ....	33
<b>2. téma. A sejt szerkezete</b>	
9. §. A sejt vizsgálatának módszerei. Mikroszkóp típusok .....	36
10. §. Az eukarióta sejtek felépítése: membrán szerkezetek .....	39
11. §. Az eukarióta sejtek felépítése: a citoplazma, a riboszómák, a mozgás szervecskéi, sejtközpont .....	43
12. §. Az eukarióta sejtek felépítése: endoplazmatikus retikulum, Golgi-készülék, lizoszómák, vakuolák .....	47
13. §. Az eukarióta sejtek felépítése: a mitokondriumok és a plasztiszok .....	51
14. §. A sejtmag felépítése és funkciói .....	53
15. §. Sejtípusok és azok összehasonlító jellemzése. A prokarióta sejtek felépítése .....	57
Laboratóriumi munka. A sejtek strukturális funkcionális sokféleségének vizsgálata .....	61
<b>3. téma. A sejt működésének alapelve</b>	
16. §. Anyagcsere és energia átalakulás a sejtben. A légzés biokémiai mechanizmusa .....	63
17. §. Az energiaforgalom. Aerob szakasz .....	67
18. §. A plasztikus anyagcsere folyamatainak sajátosságai. A fotoszintézis fény szakasza .....	71
19. §. A fotoszintézis sötét szakasza. Kemoszintézis .....	74
<b>4. Az örökletes információ tárolása és realizálása</b>	
20. §. A gén, a prokarióta és az eukarióta organizmusok genomjának szerveződési sajátosságai .....	79
21. §. A különböző RNS-molekula típusok szerepe az örökletes információ kódolásában és realizációjában. A genetikai kód .....	82
22. §. A fehérjék bioszintézise .....	85
Gyakorlati munka 2. Oldjátok meg a replikációval, transzkripcióval és translációval kapcsolatos alapvető feladatokat! .....	89
23. §. A sejtciklus. A mitózis .....	90
24. §. A meiózis .....	93
25. §. A szervezetek szaporodástípusai. Ivarsejtek .....	96
26. §. A megtermékenyítés folyamata .....	100
27. §. A szervezetek egyedfejlődésének szakaszai. Az állatok embrionális fejlődése .....	105
28. §. A posztembrionális fejlődés és a szervezetek növekedése .....	108
<b>5. téma. A bélyegek öröklődésének törvényszerűségei</b>	
29. §. A genetika, mint az öröklődés törvényszerűségeiről és a szervezetek változékonyságával foglalkozó tudomány .....	113
30. §. A genetikai kutatások módszerei .....	116
31. §. Az öröklődés Gregor Mendel által megállapított törvényszerűségei. Az öröklődési törvények statisztikai jellege és citológiai alapja .....	120
Gyakorlati munka 3. Keresztezéssel kapcsolatos feladatok .....	124
32. §. A kapcsolt öröklődés jelensége. Az öröklődés kromoszóma elmélete .....	126
33. §. Ivargenetika. Nemhez kötött öröklődés .....	130
34. §. A genotípus mint egységes rendszer .....	133
35. §. A változékonyság formái. Modifikációs változékonyság – a genotípus és a környezet kölcsönhatásának következményei .....	136
36. §. A mutáció fajtái és kialakulásának okai .....	139
37. §. Az ember örökletes megbetegedései. Genetikai konzultáció .....	144

<b>6. téma. A szerves világ evolúciója</b>	
38. §. Az evolúció folyamata, mint a biológiai rendszerek egyetemes tulajdonsága . . . . .	152
39. §. Jean-Baptiste Lamarck evolúciós nézetei. Charles Darwin evolúciós elmélete . . . . .	156
40. §. A modern evolúciós elmélet fő tételei. A populáció , mint az evolúció alapegysége . . . . .	160
41. §. Fajképződés. Az evolúciós folyamat főbb irányai . . . . .	164
42. §. A különböző tudományok szerepe az evolúcióbiológia alátámasztásában . . . . .	169
43. §. Az élet eredetéről és fejlődéséről szóló világnézeti és tudományos elképzelések . . . . .	173
44. §. Az ember evolúciójának szakaszai . . . . .	178
<b>7. téma. Biológiai sokféleség</b>	
45. §. Az evolúciós törzsfák és a rendszertan alapjai . . . . .	186
46. §. Sejtnélküli életformák – vírusok. Prokarióták . . . . .	190
47. §. Eukarióták: bombák, növények, állatok . . . . .	195
Gyakorlati munka 4. A sejtes és sejtnélküli életformák felépítésének és szaporodásának összehasonlítása . .	200
<b>8. téma. Szervezet feletti biológiai rendszerek</b>	
48. §. Ökológia. Az ökoszisztéma és jellemzése. . . . .	202
49. §. Trofikus kapcsolatok. Energiaáramlás az ökoszisztémában. Az ökoszisztéma produktivitása . . . . .	204
50. §. Biotikus, abiotikus és antropogén ökológiai tényezők . . . . .	208
51. §. Az ökoszisztémák stabilitása és sérüléseinek okai . . . . .	211
52. §. A bioszféra mint egységes rendszer . . . . .	213
53. §. A bioszféra védelme és megőrzése, a környezet védelmének fő eszközei . . . . .	218
<b>9. téma. A biológia mint a biotechnológia és a gyógyászat alapja</b>	
54. §. A modern nemesítés feladatai . . . . .	225
55. §. Az állatok, a növények és mikroorganizmusok nemesítésének sajátosságai . . . . .	229
56. §. A hagyományos biotechnológia áttekintése . . . . .	234
57. §. Génebézészet. Genetikailag módosított organizmusok . . . . .	238
58. §. Sejt (szövet) sebészet . . . . .	242
Az élő rendszerek általános tulajdonságai . . . . .	248
Szakkifejezések rövid szótára . . . . .	251

*Навчальне видання*

ОСТАПЧЕНКО Людмила Іванівна, БАЛАН Павло Георгійович,  
ПОЛІЩУК Валерій Петрович

**БІОЛОГІЯ**

Підручник для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів  
з навчанням угорською мовою

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

Видає за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Переклад з української  
Перекладач *Іштван Желіцькі*

Угорською мовою

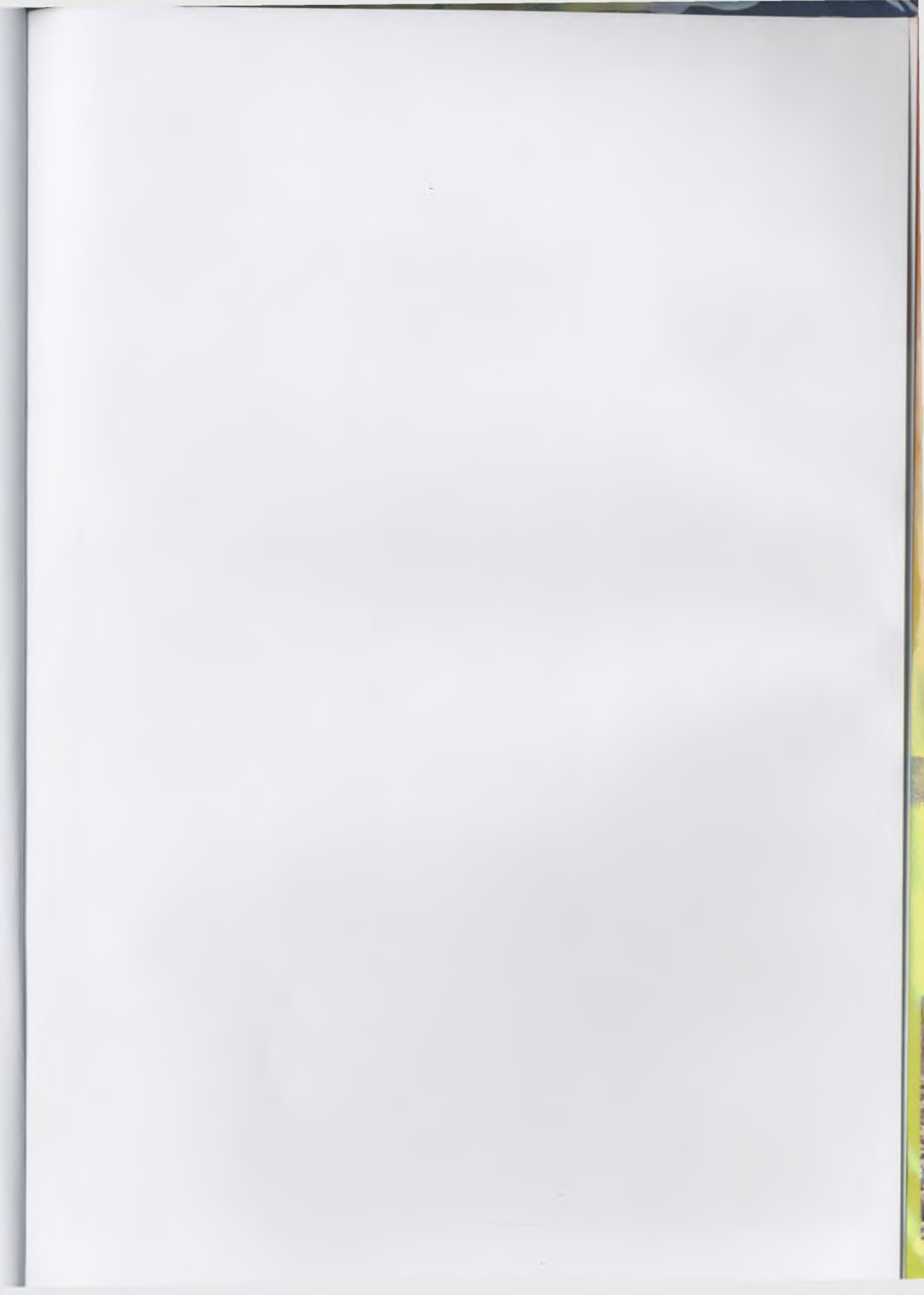
Редактор *Золтан Желіцькі*. Обкладинка *Тетяни Куш*  
Художнє оформлення *Людмили Кузнецової*  
Технічний редактор *Сергій Максимець*  
Комп'ютерна верстка *Мирослави Токарук*

Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 29,76. Обл.-вид. арк. 25,37.  
Тираж 1831 пр. Зам. №1226

Видавець і виготовлювач видавничий дім „Букрек”  
вул. Радищева, 10, м. Чернівці, 58000  
[www.bukrek.net](http://www.bukrek.net)

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єкта видавничої справи ЧЦ № 1 від 10.07.2000 р.





ЧЕРВОНА  
КНИГА  
УКРАЇНИ



**Halálfejes lepke**  
*Acherontia atropos*



**Mediterrán barátfóka**  
*Monachus monachus*



**Fűrész lábú szöcske**  
*Saga pedo*



**Keresztes vipera**  
*Vipera nikolskii*



**Tarisznyarák**  
*Eriphia verrucosa*



**Viza** *Huso huso*



**Palackorrú delfin** *Tursiops truncatus*



**Nagy fülesbagoly** *Bubo bubo*



**Hermelin** *Mustela erminea*



**Szirti sas**  
*Aquila chrysaetos*



**Kárpáti göte**  
*Lissotriton montandoni*



**Füles sün**  
*Hemiechinus auritus*

**Keleti rablópille**  
*Libelloides macaronius*



**Európai bölény** *Bison bonasus*



**Fehérszélű törpedenevér**  
*Pipistrellus kuhlii*



**Havasi őszirózsa**  
*Aster alpinus*



**Havasi gyopár**  
*Leontopodium alpinum*



**Sarkantyúfű**  
*Delphinium cuneatum*



**Aldrovanda**  
*Aldrovanda vesiculosa*



**Négylevelű mészelyfű**  
*Marsilea quadrifolia*



**Hegyi zöldbike**  
*Coeloglossum viride*



**Kalábriai fenyő** *Pinus stankeviczii*



**Vénuszhaj**  
*Adiantum capillus-veneris*



**Keleti bazsarózsa**  
*Paeonia tenuifolia*



**Bozontos árvalányhaj**  
*Stipa dasyphylla*



**Szkíta tulipán**  
*Tulipa scythica*



**Sáfrány**  
*Crocus pallasii*



**Kígyózó korpafű**  
*Lycopodium annotinum*



**Tárnics**  
*Gentiana acaulis*