P. G. Balan, J. G. Vervesz, V. G. Poliscsuk

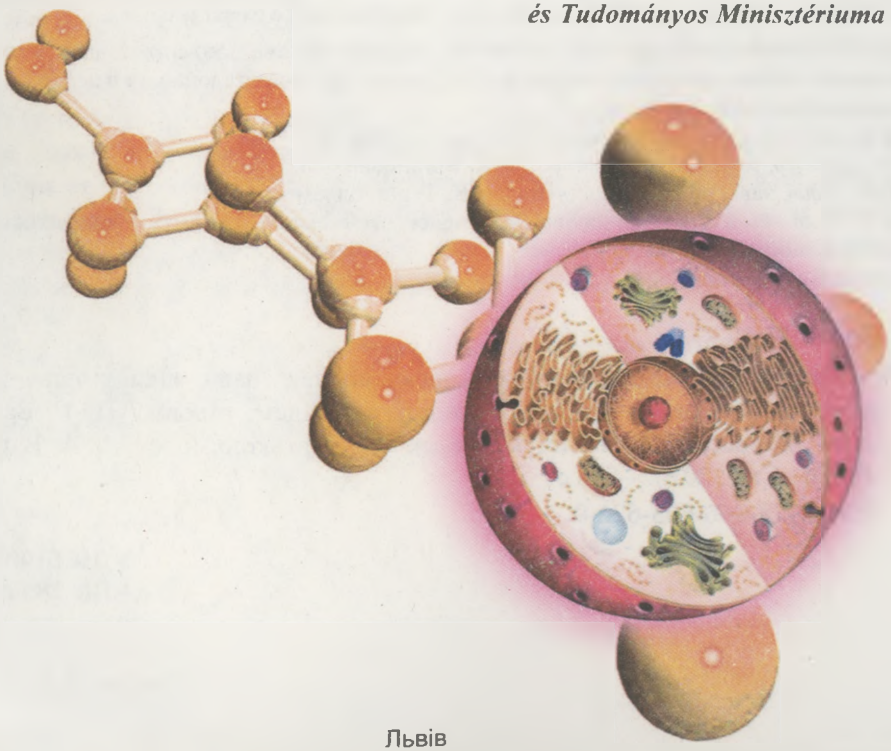
BIOLÓGIA

10

Standard és akadémiai szint

Tankönyv az általános oktatási rendszerű tanintézetek számára

Ajánlotta Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma



Львів
"Світ"
2010

УДК 514(075)
ББК 28.6я721
Б77

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Перекладено з видання:

Балан П. Г., Вервес Ю. Г., Поліщук В. П. Біологія
Підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. – К.: Генеза, 2010

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 03.03.2010 р., № 177)

Наукову експертизу проводив

М.В. Кучук, доктор біологічних наук, член-кореспондент НАНУ, в. о. директора Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

Психолого-педагогічну експертизу проводила

С.Е. Трубачева, канд. педагогічних наук, старший науковий співробітник лабораторії дидактики Інституту педагогіки НАПН України

Експерти, які здійснювали експертизу:

Л.О. Тасенко, учитель комуиального закладу «Навчально-виховне об'єднання "Загальноосвітній навчальний заклад І—ІІІ ст. № 16 - дитячий та юнацький центр "Лідер" Кіровоградської міської ради";

В.В. Юрович, учитель-методист СЗШ № 15 м. Львова;

О А. Мазур, методист Барського РМК, Вінницька обл.;

І.Ф. Кедич, завідуюча Підгаєцьким РМК, Тернопільська обл.;

С.Є. Бухальська, старший викладач Рівненського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти

Балан П. Г.

Б77 Біологія : 10 кл. : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. із навчанням угорською мовою : рівень стандарту, академ. рівень / П. Г. Балан, Ю. Г. Вервес, В. П. Поліщук // переклад угорською мовою А. А. Варга – Львів : Світ, 2010. – 288 с. : іл.

ISBN 978-966-603-676-9

УДК 514(075)
ББК 28.6я721

© Балан П. Г., Вервес Ю. Г. Поліщук В. П., 2010
© Видавництво "Генеза", оригінал-макет, 2010
© А. А. Варга, переклад угорською мовою, 2010

ISBN 978-966-603-676-9 (угор.)
ISBN 978-966-504-999-9 (укр.)

Kedves tizedikesek!

Iskolaéveitek során alkalmatok nyílt arra, hogy megismerkedjetek az élőlények, köztük a baktériumok, növények, állatok és gombák változatos világával. Ugyancsak részletesen vizsgáltátok az ember felépítését és életműködését.

A 10. osztályban megismerkedtek a többi között a biokémia, a citológia és a hisztológia nevű biológiai tudományok vívmányaival. Megismeritek az élő természet általános törvényszerűségeit és az élő anyag különböző (molekula, sejt és szervezet) szerveződési szintjeit. Ezenkívül összegezitek a korábban tanultakat. Az általános biológia segít majd benneteket abban, hogy jobban eligazodjatok a bennünket körülvevő élőlények bonyolult és változatos világában, az élő szervezetek egymáshoz és az életterükhöz fűződő kapcsolatainak jobb megértésében. Reméljük, hogy tudatosítjátok, miért olyan fontos a természeti környezet megóvása, állapotának javítása, a természeti erőforrások védelme és ésszerű felhasználása.

A biológiaórák fontos részét képezik a laboratóriumi és gyakorlati munkák, amelyek hozzájárulnak a szerzett elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazásának elsajátításához. A tankönyv, a standard szinten kötelező adatokon kívül, a biológiát akadémiai szinten tanulók számára kötelező tananyagot is tartalmazza. Ez a rész a könyv szövegében megfelelő módon ki van jelölve. A benne található ismeretek ugyanakkor a biológiát standard szinten tanulók számára is érdekesek lehetnek.

A szakkifejezések és fogalmak rövid szótára megkönnyíti a tankönyv használatát.

Bolygónkon az élet elkápráztat bonyolultságával és megjelenési formáinak gazdag változatosságával. Ezt lehetetlen is átfogni egyetlen tantárgyon belül. Ezért csak a legfontosabb, a szervezetek többségét tekintve közös sajátosságokat vesszük szemügyre. Nem szabad ugyanakkor szem elől tévesztenetek, hogy bármilyen messzire jutott is a biológia az élő természet megismerésében, előtte, mint más tudományok előtt is, sok megoldatlan probléma és megválaszolatlan kérdés vetődik fel, amelyekre a tudomány még nem tud megalapozott választ adni. Mivel a korszerű biológiatudomány sok tétele csupán a tudósok hipotéziseire épül, ezért lehetséges, hogy korszakos felfedezések tanúi lesztek.

Sok sikert az élőlények bonyolult és érdekes világának tanulmányozásához! Remélhetőleg az elsajátított biológiai ismeretek hasznotokra válnak életetek során.

BEVEZETÉS

- *a biológiai tudományok rendszere;*
- *a biológia jelentősége az ember életében;*
- *az élő anyag szervezettségi szintjei;*
- *a biológia kutatási módszerei;*
- *a jelenkori biológia fő vívmányai;*
- *a biológiai tudományok fő feladatai a jelenkorban.*

1. §. A BIOLÓGIAI TUDOMÁNYOK RENDSZERE. A BIOLÓGIA KAPCSOLATA MÁS TUDOMÁNYOKKAL

Idézzétek fel! *Milyen biológiai tudományokat ismertek? Milyen kiemelkedő biológusokat ismertek?*

• **A biológia – az élő természetről szóló komplex tudomány.** Már tudjátok, hogy a biológia az élet különböző megnyilvánulásait vizsgálja. Önálló természettudományként a biológia még időszámításunk előtt kialakult, az elnevezését egymástól függetlenül ketten is javasolták 1802-ben: **Jean-Baptiste Lamarck** (1744–1829) francia és **Gottfried Reinhold Treviranus** (1766–1837) német tudós.

Az előző osztályokban már megismertétek az olyan biológiai tudományok alapjait, mint a botanika, mikológia, zoológia, az ember anatómiája és fiziológiája. A következő tanévek során megismerkedtek további biológiai tudományok – biokémia, citológia, virológia, az egyedfejlődés biológiája, genetika, ökológia, evolúcióelmélet, rendszertan, paleontológia – vívmányaival. Ezeknek és más biológiai tudományoknak az eredményei lehetővé teszik az élő szervezetekre jellemző törvényszerűségek vizsgálatát. Nézzétek meg az 1.1. ábrát és ismerkedjetek meg a fő biológiai tudományok rövid jellemzésével. *(Gondolkodjatok el azon, hogy a vázlatban feltüntetett biológiai tudományok közül melyek kapcsolódnak leginkább egymáshoz!)*

A biológiát a XXI. század vezető tudományának is szokás nevezni. A biológia vívmányai nélkül ma elképzelhetetlen lenne a mezőgazdasági tudományok, az egészség- és környezetvédelem, a biotechnológiák fejlődése.

• **A biológia kölcsönös kapcsolatai más tudományokkal.** A biológia szorosan kapcsolódik más természettudományokhoz és a humán tudományokhoz. A kémiához és a fizikához fűződő kapcsolatainak köszönhetően alakult ki a *biokémia* és a *biofizika*. A *biogeográfia (életföldrajz)* – az élőlények Földön való elterjedtségéről szóló komplex

Biológia – tudományok rendszere, amely az életet vizsgálja annak különböző szerveződésének szintjein; kutatja az élő szervezeteket és általánosítja a valamennyi szervezetre jellemző törvényszerűségeket; feladata – az élet lényegének megismerése

Biokémia – az élő szervezetek kémiai összetételéről, a bennük végbemenő kémiai folyamatokról szóló tudomány

Citológia – a sejt szerkezetét és élettevékenységét vizsgáló tudomány, magyar neve: sejttan

Biotechnológia – alkalmazott tudomány, amely az élő szervezetek és biológiai folyamatok felhasználásán alapuló ipari termelési módszereket dolgoz ki és valósít meg

Egyedfejlődés biológiája – a szervezetek születéstől halálig tartó egyedfejlődésének törvényszerűségeit vizsgáló tudomány

Ökológia – a szervezetek egymás közötti és az élettér feltételeivel folytatott kölcsönhatást, a többfajú rendszerek (ökoszisztémák, bioszféra) szerkezetét és működését vizsgáló tudomány. Az ökológiai elvek képezik a ***természetvédelem*** alapját

Botanika – a növényekről szóló tudomány, magyar neve: növénytan

Rendszertan – a ma élő és kihalt élőlények faji sokféleségét vizsgáló tudomány. A rendszertannal foglalkozó szakemberek írják le a tudomány számára az új fajokat, besorolják őket a magasabb rendszertani kategóriákba – nembe, nemzetségbe, családba – és az egyéb biológiai tudományok vívmányai alapján – szervezetrendszereket alkotva – rendszerezik az élő anyagot. Feladata: a tudomány számára új fajok leírása, rendszertani egységek – nemek, nemzetségek, családok – szerinti besorolása

Zoológia – az állatokról szóló tudomány, magyar neve: állattan

Fiziológia – a szervezetek életműködését kutató tudomány, magyar neve: élettan. Az élettannak van *növényekkel, állatokkal és emberrel* foglalkozó ága

Molekuláris biológia – a molekulák szintjén kutatja az élő rendszerekben végbemenő folyamatokat

Hisztológia – az állatok és az ember szöveteinek szerkezetét és működését tanulmányozó tudomány (a növényi szöveteket a *növényanatómia* vizsgálja), magyar neve: szövettan

Embriológia – a szervezetet embrionális szakaszban vizsgáló tudomány

Virológia – az élet nem sejtes formáit, a vírusokat kutató tudomány

Genetika – az örökletes információk átörökítésének, változásainak (mutációinak), a szülőktől az utódoknak történő átadását biztosító mechanizmus törvényszerűségeit vizsgáló tudomány, magyar neve: öröklástan

Szelekció – alkalmazott tudomány, amely új mikroorganizmus-törzsek, növény- és állatfajták létrehozásával foglalkozó tudomány, magyar szóval: kiválogatás

Evolúciós tanítás – az élő anyag történelmi fejlődésének törvényszerűségeit vizsgáló tudomány

Filogenetika – az élőlények különböző csoportjai által megtett történelmi fejlődés konkrét útjairól és szakaszairól szóló tudomány, magyar neve: törzsfejlődéstan

Paleontológia – a kihalt szervezeteket kutató tudomány, magyar neve: őslénytan

Mikológia – a gombákról szóló tudomány

Bakteriológia – a prokarióta szervezeteket vizsgáló tudomány

Anatómia – a szervezet egészének, egyes szerveinek, szervrendszereinek alakját és felépítését vizsgáló tudomány, magyar neve: bonctan. Az anatómia külön-külön ága foglalkozik az állatokkal és az emberrel, míg a növények esetében növénymorfológiáról és mikroszkópos anatómiáról beszélnek

1.1. ábra. A fő biológiai tudományok rövid jellemzése

tudomány, amely bolygónk növény- és állatvilágát, a különböző földrajzi területek fajtársulásait kutató tudósgenerációk erőfeszítéseinek köszönhetően jött létre. A biológia valamennyi ágában matematikai módszerekkel dolgozzák fel az összegyűjtött kutatási anyagot.

A biológia és a humán tudományok kapcsolatából alakult ki a *szocioökológia*, amely az emberi társadalom és a természeti környezet közötti kölcsönhatás törvényszerűségeit kutatja. Az ember biológiájának és a humán tudományoknak az egymásra hatásából alakult ki az *antropológia*, az ember mint különleges bioszociális faj eredetét és evolúcióját, az emberi rasszokat vizsgáló tudomány.

A *biológiai filozófia* olyan tudomány, amely a biológia és a klasszikus filozófia kölcsönhatása nyomán jött létre. Kutatási területe a világfelfogás biológiai aspektusaira terjed ki, különös tekintettel a biológia vívmányaira.

A biológiai tudományok – anatómia, fiziológia, humángenetika – emberrel kapcsolatos elméleti ismeretein alapul az *orvostudomány*, amely az emberi egészséggel, annak megőrzésével, a betegségekkel, azok diagnosztikai és gyógyítási módszereivel foglalkozik.

A XX. sz. második felében a különböző természettudományok – fizika, matematika, kibernetika, kémia – eredményeinek köszönhetően a biológiai kutatások új területekre terjedtek ki:

- ***kozmikus biológia*** – az élő rendszerek működését vizsgálja a világűr körülményei között az űrutazások során;
- ***bionika*** – az élőlények felépítésének és életműködésének sajátosságait kutatja különféle műszaki eszközök, készülékek létrehozása céljából;
- ***radiobiológia*** – a különböző típusú ionizáló sugárzások élő szervezetekre gyakorolt hatását vizsgálja;
- ***kriobiológia*** – az alacsony hőmérsékletek élő anyagra kifejtett hatását kutatja.

A modern társadalom mind gyakrabban szembesül a különböző tudományok érintkezési területein megjelenő problémákkal. Például az élő rendszereket érő antropogén hatások (radioaktív sugárzás, vegyszerek) következményeinek felmérése biológusok, orvosok, fizikusok és vegyészek közös erőfeszítését igényli. Bioinformációs technológiák – amelyekkel például a szervezetek génállományának szerkezete és működése kutatható – nem hozhatók létre speciális számítógépes programok kidolgozása nélkül. Az ember örökletes betegségeinek kutatása szintén több biológiai tudomány – genetika, biokémia, orvostudomány – feladata.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Biológia, a biológiai tudományok rendszere.***

A lényegről röviden

A biológia – a különböző életjelenségeket vizsgáló tudományok összessége (komplexuma). A „biológia" elnevezés használatát 1802-ben javasolta Lamarck francia és Treviranus német tudós.

A biológia szoros kapcsolatban áll mind a természettudományokkal, mind a humán tudományokkal. Az egyéb tudományokhoz fűződő kölcsönös kapcsolatainak köszönhetően jött létre a többi között a biokémia, biofizika, életföldrajz, sugárbiológia.

Önellenőrző kérdések

1. Ki és mikor javasolta a „biológia" kifejezés bevezetését a tudományba? 2. Milyen fontos biológiai tudományokat ismertek? 3. Mondjatok példákat a biológia és más tudományok közötti együttműködésre!

Gondolkozzatok el rajta! *Olvassátok el a biológiatörténeti szemelvényt! Az emberiség mely találmányai vitték előre a biológiatudományt?*

Csoportfeladat

Különböző információforrások felhasználásával készítsetek rövid beszámolót olyan világszerte ismert, az ukrán biológia fejlesztésében maradandó érdemeket szerzett tudósok életéről és munkásságáról, mint O. O. Kovalevszkij, I. I. Mecsnyikov, Sz. G. Navasin, V. I. Vernadszkij, I. I. Smalhauzen, O. V. Fomin, M. G. Holodnij, M. M. Hrisko, K. F. Kesszler, V. O. Karavajev, V. O. Topacsevszkij, O. V. Pallagyin, Sz. M. Hersenzon, D. K. Zabolotnij, O. O. Bohomolc, V. J. Csahovec, P. G. Kosztyuk, O. P. Markevics.

SZEMELVÉNYEK A BIOLÓGIA TÖRTÉNETÉBŐL

Az ember, lévén maga is a természet része, ősidőktől fogva törekedett arra, hogy megismerje a körülötte lévő állatokat és növényeket, hiszen ezektől függött a túlélése. Az első kísérleteket az állatok, növények felépítéséről, életműködéséről, sokféleségéről felhalmozott ismeretek rendszerezésére az ókori Görögországban élt két tudós, **Arisztotelész** (1.2. ábra) és **Theofrasztosz** tette. Arisztotelész rendszerezett először tudományosan – akkoriban ismert – 500 állatfajt, és fektette le az összehasonlító anatómia alapjait (*próbáljátok megfogalmazni, hogy mik ennek a tudománynak a feladatai*). A tudós úgy vélte, hogy az élő anyag az élettelenből keletkezett. Theofrasztosz (i. e. 372–287) leírta a növények különböző szerveit és lefektette a növényrendszertan alapjait. A két ókori görög tudós élő természetre vonatkozó rendszerei képezték később az európai biológiatudomány alapját. Ezek a rendszerek nem változtak az i. sz. VIII. századig.

1.2. ábra. Arisztotelész (i. e. 384–322)

A középkorban (i. sz. V–XV. sz.) a biológia nagyrészt mint leíró tudomány fejlődött. Az akkoriban felhalmozott tudásanyag gyakran hamis volt. A leírásokban előfordultak különböző titokzatos lények, mint a tengerészeknek vihar előtt állítólag megjelenő „tengeri ördög" vagy az emberarcú tengeri csillagok.

A reneszánsz – magyarul: újjászületés – korában az ipar és a mezőgazdaság gyors ütemű fejlődése, továbbá a földrajzi felfedezések új feladatok elé állították a tudományt, így ösztönözve annak fejlődését. A fénymikroszkóp feltalálása alapozta meg a *citológia* (sejttan) tudományát. A szem- és tárgylencsés fénymikroszkóp a XVII. sz.-ban jelent meg, a feltalálója azonban egészen pontosan nem ismert. A nagy itáliai tudós, Galileo Galilei még 1609-ben bemutatta az általa konstruált kétlencsés nagyítókészüléket. Majd 1665-ben **Robert Hook** (1.3. ábra) a saját kezűleg tökéletesített mikroszkóppal egyebek mellett bodzakéreg és sárgarépa vékony metszeteit tanulmányozva felfedezte a növényi szövetek sejtes felépítését, és maga javasolta a ***sejt*** kifejezést. Körülbelül ez idő tájt **Antony van Leeuwenhoek** (1.4. ábra) 150–300-szoros nagyítást lehetővé tévő különleges lencséket készített, és elsőként vizsgált velük egysejtű élőlényeket (egysejtű állatokat és baktériumokat), spermiumokat, vörös vértesteket és a mozgásukat a hajszálerekben.

1.3. ábra. Robert Hook (1635–1703)

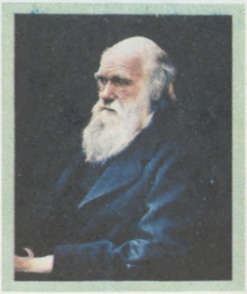
1.4. ábra. Antony van Leeuwenhoek

Az élőlények sokféleségéről felhalmozott tudományos ismeretek összességét a XVIII. sz.-ban egy svéd tudós, **Karl Linné** (1.5. ábra)

1.5. ábra. Karl Linné (1707–1778)

1.6. ábra. Theodor Schwann (1810–1882)

1.7. ábra. Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829)



1.8. ábra. Charles Darwin (1809–1882)

foglalta rendszerbe. Az általa hangoztatott elv az volt, hogy a természetben léteznek olyan egyedek csoportjai, amelyek hasonlítanak egymásra felépítésükben, a környezettel szembeni igényeikben, a Föld felszínének meghatározott részét népesítik be, képesek egymással kereszteződni és termékeny utódokat létrehozni. Az ilyen csoportokat, amelyek mindegyike bizonyos jegyekkel különbözik a többitől, a tudós *fajoknak* tekintette. Linné megalapozta a modern rendszertant, és létrehozta a növények és állatok saját rendszerét. Ő vezette be a fajok, nemek és egyéb rendszertani kategóriák latin tudományos elnevezéseit, több mint 7500 növény- és közel 4000 állatfajt írt le.

Fontos szakasz a biológia fejlődésében a *sejtelmélet* kialakulása és az evolúciós elképzelések fejlődése. Ekkor fedezték fel a sejtmagot: először 1828-ban **Robert Brown** (1773–1858) angol botanikus figyelte meg a növényi sejtekben, később (1833) ő javasolta a „mag" kifejezést. A petesejt magját 1830-ban **Jan Purkinje** (1787–1869) cseh kutató írta le. Ezeknek a tudósoknak és **Matthias Schleiden** (1804–1881) német botanikusnak a munkáira támaszkodva **Theodor Schwann** (1.6. ábra) német zoológus 1838-ban megfogalmazta a sejtelmélet alaptételeit, amelyeket később **Rudolf Wirchow** (1821–1902) német citológus egészített ki.

A XIX. sz. kezdetén **Jean-Baptiste Lamarck** (1.7. ábra) állt elő az első egységes evolúcióelmélettel (1809), hangsúlyt fektetve a környezeti tényezők élőlények fejlődésében játszott szerepére. Az evolúciós szemlélet további fejlődéséért legtöbbet a világ egyik legkiemelkedőbb biológusa, **Charles Darwin** (1.8. ábra) angol tudós tett. Evolúciós hipotézisével (1859) megalapozta az elméleti biológiát és jelentős mértékben hatott más természettudományok fejlődésére is. Darwin tanítását a későbbiekben követői egészítették és bővítették ki. Darwinizmus néven a XX. sz. elejére vált a nézetek befejezett rendszerévé. Az akkori idők darwinizmusának fejlődésében legnagyobb szerepet a híres német tudós, **Ernst Haeckel** (1.9. ábra) játszott. Ő javasolta 1866-ban a szervezeteknek és társulásaiknak az életterük feltételeivel fenntartott kölcsönös kapcsolatairól szóló tudomány elnevezéseként az ***ökológiát***. Igyekezett kideríteni és vázlatosan szemléltetni az állatok és növények különböző rendszertani csoportjainak evolúciós fejlődését, megvetve ezzel a ***filogenetika*** (***törzsfejlődés***) alapjait.

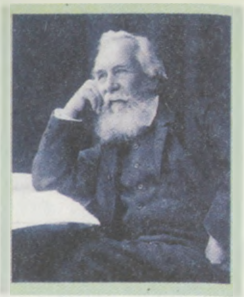
Sokat tett a magasabbrendű idegrendszerrel és a gerinces állatok, valamint az ember emésztésének élettanával kapcsolatos elmélet fejlődéséért **Ivan Mihajlovics Szecsenov** és **Ivan Petrovics Pavlov** (1.10., 1.11. ábrák). Egyébként ezt már tudjátok a 9. osztályos biológiából.

A XIX. sz. közepén rakták le az örökletesség és a szervezetek változatosságának törvényszerűségét vizsgáló tudomány, a ***genetika*** alapjait. Megszületésének dátumaként az 1900-as évet tartják számon, amikor hibridizációs növénykísérleteket végző három tudós – a holland **Hugo De Vries** (1848–1935) (neki tulajdonítják a

mutáció kifejezést), a német **Carl Erich Correns** (1864–1933) és az osztrák **Erich von Tschermak** (1871–1962) – egymástól függetlenül rábukkantak **Gregor Mendel** (1.12. ábra) cseh kutató még 1865-ben kiadott, *Kísérletek növényhibridekkel* című, feledésbe merült munkájára. A tudósokat ámulatba ejtette, mennyire egybevágnak kísérleteik eredményei a Mendel által kapott eredményekkel. Később az örökletesség Mendel által felállított törvényeit a nemzetközi tudóstársadalom is elfogadta, és alapos kutatásokkal bizonyították univerzális jellegüket. A genetika elnevezés bevezetését 1907-ben javasolta **William Bateson** (1861–1926) angol tudós. Rendkívüli érdemeket szerzett a genetika fejlesztésében **Thomas Hunt Morgan** (1.13. ábra) amerikai tudós és munkatársai. Kutatásaik eredményeinek köszönhetően jött létre az *öröklődés kromoszóma-elmélete*, amely nem csak a genetika, hanem az egész biológia további fejlődésére is nagy hatással volt. Ma a genetika gyors ütemben fejlődik, és a központi helyek egyikét foglalja el a biológiában.

A XIX. sz. végén (1892) **Dmitrij Joszifovics Ivanovszkij** (1864–1920) orosz tudós felfedezte az élet sejt nélküli formáját, a vírusokat. Ezt az elnevezést nem sokkal ezután **Martinus Wilhelm Beijerinck** (1851–1931) holland kutató javasolta. A virológia azonban csak a vizsgálati tárgy több tíz-, sőt százezerszeres nagyítását lehetővé tévő elektronmikroszkóp feltalálása után (XX. sz., 30-as évek) indult fejlődésnek. Az elektronmikroszkópnak köszönhetően lehetővé vált a sejtmembrán, a legapróbb sejtszervecskék és a zárványok részletes vizsgálata.

A XX. sz.-ban viharos fejlődésnek indult a *molekuláris biológia*, a *géntechnológia* és a *biotechnológia*. Egy amerikai biokémikus kutató, **James Watson** és két angol tudós, **Francis Crick** (1.14. ábra) biológus és **Maurice Wilkins** biofizikus (1916–2004) 1953-ban felfedezte a DNS szerkezetét (ezért 1962-ben fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjjal tüntették ki őket), majd később feltárták a nukleinsavak szerepét az örökletes információ megőrzésében és átadásában.



1.9. ábra. Ernst Haeckel (1834–1919)

1.10. ábra. Ivan Szecsenov (1829–1905)

1.11. ábra. Ivan Pavlov (1849–1936)

1.12. ábra. Gregor Mendel (1822–1884)

1.13. ábra. Thomas Hunt Morgan (1866–1945)

1.14. ábra. James Watson (sz. 1928) (1) és Francis Crick (1916–2004) (2)

1.15. ábra.
O. O. Kovalevszkij
(1840–1901)

1.16. ábra.
I. I. Smalgauzen
(1884–1963)

1.17. ábra.
I. I. Mecsnyikov
(1845–1916)

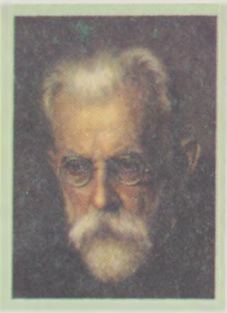
1.18. ábra.
Sz. G. Navasin
(1857–1930)

Két biokémikust, a spanyol **Severo Ochoát** (1905–1993) és az amerikai **Arthur Kornberget** (1918–2001) 1959-ben fiziológiai és orvosi Nobel-díjjal tüntették ki az RNS- és DNS-szintézis mechanizmusának feltárásáért. Majd 1961–1965 folyamán három biokémikus, az amerikai **Marshall Nirenberg** (1927–2010) és **Robert Hall** (1922–1993), valamint egy indiai kutató, **Har Gobind Khorana** (1922–2010) megfejtette a genetikai kódot és feltárta a fehérjeszintézisben játszott szerepét. Ezért a teljesítményükért 1968-ban mindhármukat fiziológiai és orvosi Nobel-díjjal tüntették ki.

A biotechnológiai folyamatok kidolgozásában gyakran alkalmazzák a gén- és sejttechnológiát. A ***géntechnológia*** – a molekuláris biológia és biokémia alkalmazott ága. A géntechnológiai módszerekkel megváltoztatják a szervezetek genetikai anyagának a szerkezetét egyes gének vagy géncsoportok kivágásával vagy beépítésével. Szervezeten kívül géneket először 1969-ben H. G. Khorana állított elő. Ebben az évben sikerül tiszta formában elkülöníteni tiszta állapotban baktériumok – bélpálcikák – génjeit. Az utóbbi évtizedekben a tudósok megfejtették különböző szervezetek – például a gyümölcslégy, kukorica, sőt az ember – örökletes anyagának a szerkezetét. Ez lehetővé teszi sok probléma megoldását, például különböző betegségek gyógyítását, az emberi élettartam meghosszabbítását, az emberiség élelmezését.

A biokémia területén tett felfedezéséért 1953-ban fiziológiai és orvosi Nobel-díjat kapott két német származású tudós, az angol **Hans Adolf Krebs** (1900–1981) és az amerikai **Fritz Albert Lipmann** (1899–1986). A két kutató feltárta az energiaforgalom oxidációs szakaszában végbemenő biokémiai reakciók ciklusát (Krebs-ciklus). **Melvin Calvin** (1911–1997) leírta a szén(II)oxid szénhidrátokká történő átalakulásának szakaszait a fotoszintézis sötét fázisában (Calvin-ciklus), amiért 1961-ben kémiai Nobel-díjat kapott. 1997-ben egy amerikai orvos-biokémikust, **Stanley Prusinert** (sz. 1942-ben) tüntették ki a fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjjal a prionok – az ember és a háziállatok agyát megtámadó halálos betegség (kergemarhakór) előidézésére képes fertőző fehérjerészecskék – kutatásáért.

Jelentős érdemeket szereztek a biológia fejlesztésében az ukrán tudósok. **Olekszandr Onufrijovics Kovalevszkij** (1.15. ábra) és **Ivan Ivanovics Smalgauzen** (1.16. ábra) fontos szerepet játszott az állati összehasonlító anatómia, a filogenetikus és evolúciós nézetek fejlődésében. **Illja Illics Mecsnyikov** (1.17. ábra) felfedezte a fagocitózis jelenségét és továbbfejlesztette a sejtimmunitás elméletét. Ezt a teljesítményt 1908-ban fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjjal ismerték el. Emellett hipotézist állított fel a többsejtű állatok eredetére vonatkozóan. O. O. Kovalevszkijt és I. I. Mecsnyikovot joggal tekintik az evolúciós embriológia megalapítóinak. Világhírnevet szerzett az ukrán botanikai iskolának **Szerhij Gavrilovics Navasin** (1.18. ábra), aki 1898-ban felfedezte a virágos növények kettős megtermékenyítését.



1.19. ábra. V. I. Vernadszkij (1863–1945)

Nehezen képzelhető el a modern ökológia fejlődése **Volodimir Ivanovics Vernadszkij** (1.19. ábra) munkássága nélkül. Ő alkotta meg a *bioszféra* (a Föld egységes globális ökoszisztémája) és a *nooszféra* (a bioszférának az ember értelmi tevékenysége által előidézett új állapota) elméletét. Amint gyakran előfordul, Vernadszkij az elméletével megelőzte saját korát. Csak most kezdik a nooszférával kapcsolatos előrejelzéseit úgy vizsgálni, mint az ember és a környezet harmonikus együtt létezésének biztosítására hivatott különleges programot, amely az emberi tevékenység valamennyi szférájának – az iparnak, közlekedésnek és szállításnak, állattenyészésnek és földművelésnek – az ökologizációjára (természetbe való beágyazódására) támaszkodik. Vernadszkij lerakta egy új tudomány, a ***biogeokémia*** alapjait. A biogeokémia az élőlények szerepét viszgálja bolygónk geológiai burkainak az átalakításában.

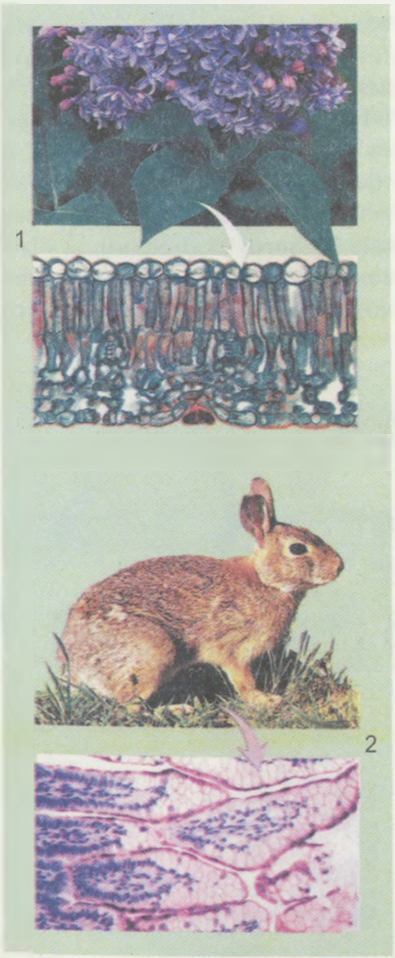
Jelentős sikereket ért el a botanikában **Olekszandr Vasziljovics Fomin**, **Mikola Hrihorovics Holodnij**, **Mikola Mikolajovics Hrisko** (1901–1964), a zoológiában **Karl Fedorovics Kesszler** (1815–1881), **Volodimir Opanaszovics Karavajev** (1864–1939), **Vadim Olekszandrovics Topacsevszkij** (1930–2004), a biokémiában **Olekszandr Volodimirovics Palladin**, **Mikola Jevdokimovics Kucserenko** (1938–2008), a hidrobiológiában **Olekszandr Viktorovics Topacsevszkij** (1897–1975), a sugárbiológiában **Dmitro Mihajlovics Hrodzinszkij** (sz. 1929), a genetikában **Szerhij Mihajlovics Hersenzon**, a mikrobiológiában **Danilo Kirilovics Zabolotnij** és **Mikola Hrihorovics Holodnij**, az állat- és növényélettanban **Olekszandr Olekszandrovics Bohomolec**, **Vaszil Jurijovics Csahovec** (1873–1941), **Platon Hrihorovics Kosztyuk**, a parazitológiában **Olekszandr Prokopovics Markevics** (1905–1999) és sokan mások (1.20. ábra).

1.20. ábra. O. V. Fomin (1869–1935) (1); M. H. Holodnij (1882–1953) (2); O. V. Palladin (1885–1972) (3); Sz. M. Hersenzon (1906–1998) (4); O. O. Bohomolec (1881–1946) (5); D. K. Zabolotnij (1866–1929) (6); P. H. Kosztyuk (1924–2010) (7)

2.§. AZ ÉLET SZERVEZŐDÉSI SZINTJEI

Idézzétek fel! *Milyen ismertető jegyek jellemzők a növényekre, gombákra, baktériumokra és állatokra? Mit nevezünk ingerelhetőségnek? Milyen szervezeteket neveznek eukariótáknak és prokariótáknak? Mi a regeneráció, az ingerelhetőség, a reflexek, a szaporodás? Mi a rendszer, a populáció, az ökoszisztéma, a bioszféra, az anyagok körforgása?*

• **Az élő anyag tulajdonságai.** Noha a biológia sok évszázada kutatja az élet különféle megnyilvánulásait, még mai fejlettségi szintjén sem képes arra, hogy világosan és röviden megfogalmazza, mit jelent az „élet". Ezért felsoroljuk az élő anyag legfőbb tulajdonságait. A többségüket már ismeritek korábbi biológiai tanulmányaitokból.



2.1. ábra. A növény és a levél sejtes szerkezete (1); az állat és szövetének sejtes felépítése (2)

Minden élőlény vagy szervezet sejtekből áll (2.1. ábra). Az élettelen tárgyak – a szervezetmaradványok kivételével – nem sejtes felépítésűek. A *sejt – az élőlények szerveződésének szerkezeti és működési egysége.* Az élet nem sejtes formái, a vírusok csak azon szervezetek sejtjeinek a belsejében képesek életműködésre, amelyekben élősködnek.

Az élőlények és az élettelen tárgyak abban különböznek egymástól, hogy eltér bennük az összetételüket képező kémiai elemek egymáshoz viszonyított aránya. Az élő szervezetek is ugyanazokból a kémiai elemekből épülnek fel, mint az élettelen tárgyak. Ugyanakkor valamennyi élőlény kémiai összetétele viszonylag hasonló, míg az élettelen természet tárgyaié eltérő. Például a Föld vízburkában, a hidroszférában a hidrogén és az oxigén dominál, a gáznemű légkörben az oxigén és a nitrogén, a szilárd burokban, a litoszférában a szilícium és az oxigén van túlsúlyban. Minden élőlény összetételében négy kémiai elem – a hidrogén, a szén, a nitrogén és az oxigén – dominál.

Az élő anyagra a külső környezettel fenntartott anyagcsere és energiaforgalom jellemző. Az élő szervezetek szerves anyagokat vesznek fel, míg egyes élőlények ezeket az anyagokat maguk állítják elő szervetlen anyagokból, mint a növények, kékbaktériumok, egyes baktériumok és egysejtű állatok. A tápanyagokat – és a H_2O, CO_2 és O_2 vegyületeket – az élőlények a környezetből veszik fel, vagyis

táplálkoznak és lélegeznek. A szervezetekben a felvett vegyületek változásokon mennek keresztül. Egy részük a szervezet energiaigényének a kielégítésére fordítódik, míg másik részükből az egyes sejtek és az egész szervezet növekedéséhez, illetve megújulásához nélkülözhetetlen építőanyag képződik. Ismeretes, hogy az energia a szerves vegyületek hasadásának köszönhetően fejlődik.

Az anyagcsere-folyamatok, vagyis a ***metabolizmus*** az egyes sejtekben és a többsejtű szervezetek egészében végbemenő kémiai és fizikai folyamatok összességéből áll. Az anyagcsere végtermékeit a szervezetek a külvilágba ürítik. Ugyanide kerül a bennük fejlődő energia egy része. Ez annyit jelent, hogy minden élő szervezet ***nyitott rendszer***. Következésképpen a szervezetek csak úgy tudnak huzamosabb ideig működni, ha a külső környezetből energiát, tápanyagokat és más vegyületeket vesznek fel.

Minden biológiai rendszer képes az önszabályozásra. Az anyagcsere biztosítja az élőlények létezésének egyik legfontosabb feltételét, a ***homeosztázis*** fenntartását. A homeosztázis a biológiai rendszereknek az a képessége, hogy fenn tudják tartani összetételük és tulajdonságaik viszonylagos stabilitását a környezet változó feltételei közepette. A homeosztázis fenntartását az ***életműködéseket szabályozó rendszerek*** biztosítják. Az állatok nagy részénél a szabályozó rendszerekhez tartozik az ideg-, immun- és endokrin rendszer, a növények esetében pedig a biológiailag aktív anyagokat – fitohormonokat, fitoncidokat – elválasztó sejtek. Az élettevékenység minden folyamata össze van hangolva.

A biológiai rendszerekre jellemző, hogy fenn tudják tartani sajátságos szerkezetüket. A biológiai rendszereket az élet nem sejtes formáitól (vírusok) kezdődően a szervezetek feletti társulásokkal – populáció, ökoszisztéma, a bioszféra egésze – bezárólag szigorú belső struktúra jellemzi. Például a többsejtű szervezetek képesek a ***regenerációra***, vagyis az elvesztett vagy károsodott struktúráik megújítására.

Olykor a regenerációs képesség feltűnő módon megmutatkozik: egyes szivacsok kásaszerű péppé törhetők dörzscsészében, ám amint ez a massza vizes közegbe kerül, egyes sejtjei ismét társulnak egymással, és idővel egységes szervezetté állnak össze. Vagy például a földbe szúrt fűzfavesszőből új fa nő.

A szervezetek jellemző tulajdonsága a mozgási képesség. A mozgás nem csak az állatok tulajdonsága, hanem a növényeké is (2.2. ábra). Sok mikroszkopikus egysejtű alga, állatka vagy baktérium mozgási szervecskék – ostorok – segítségével mozog a vízben.

Az élő anyag sajátossága a külső és belső – azaz a szervezeten belüli – **környezet ingereinek érzékelése és a rájuk történő reagálás képessége (*ingerelhetőség*).** Például a Krímben honos mimóza levele érintésre lekonyul. Az állatok ingerekre adott, az idegrendszer révén létrejövő válaszreakcióit ***reflexeknek*** nevezzük.

Minden biológiai rendszerre jellemző az önreprodukció (szaporodás) képessége. A szervezetek magukhoz hasonló egyedeket tudnak létrehozni, azaz ***szaporodnak***. A szaporodási képességnek köszönhető nem csak az egyes fajok, hanem összességében véve az élet létezése.

2.2. ábra. A fára csavarodó lián körmozgása

Az élőlények sajátossága a növekedés és fejlődés. A ***növekedésnek*** köszönhetően nőnek a szervezetek méretei és tömege. Egyes élőlények, mint például a növények és a halak egész életükön át nőnek, míg mások, így a madarak, emlősök és az ember csak meghatározott időszakban. A növekedést ***fejlődés*** – a felépítéssel és működéssel kapcsolatos minőségi változások – kíséri.

Idézzétek fel a megtermékenyített petesejt, a belőle képződő emberi embrió és a kifejlett szervezet szerkezetét! Nem kétséges, hogy az embrió, de legfőképpen a felnőtt ember szervezettsége sokkal bonyolultabb, mint a sejt, amelyből kialakultak. Ez azzal magyarázható, hogy fejlődésük idején a többsejtű szervezetekben növekszik a sejtek száma, elkülönülnek és kialakulnak a szervek.

A szervezetek létezése szorosan kapcsolódik az örökletes információk megőrzéséhez és az utódoknak való átadásához a szaporodás során. Ez biztosítja a fajok létezésének stabilitását, hiszen az utódok többé-kevésbé hasonlítanak a szülőkre. Ugyanakkor az élőlényekre jellemző a *változékonyság*, vagyis új jegyek megszerzése az egyedfejlődés során. A változékonyságnak köszönhetően az élőlények új jegyekre tudnak szert tenni, és ezáltal képesek jobban alkalmazkodni a környezethez. Ez elengedhetetlen feltétele az új fajok kialakulásának és az élet történelmi fejlődésének, vagyis az evolúciónak bolygónkon.

A biológiai rendszerekre jellemző az alkalmazkodóképesség. Érdemes felidézni, hogy az ***alkalmazkodás*** vagy ***adaptáció*** nem más, mint az élő rendszerek idomulása a külső vagy belső környezet változásaihoz. A 2.3. ábrán a havasi nyúl két külalakja – a nyári és téli – látható. A sötétebb nyári szőrzet váltása fehér színűre – alkalmazkodás a környezet változásához, hiszen a fehér színű nyulat kevéssé veszik észre az ellenségei a havas tájon. Az adaptáció megnyilvánulhat a testfelépítés változásaiban (idézzétek fel az úszóhártyát a vízi madarak vagy a krokodil lábujjai között), az életműködés módosulásában (a barna medve alvó állapota télen), a viselkedés megváltozásában (költöző madarak). Az adaptációk határozzák meg, hogy milyen létfeltételek között élhetnek az élőlények.

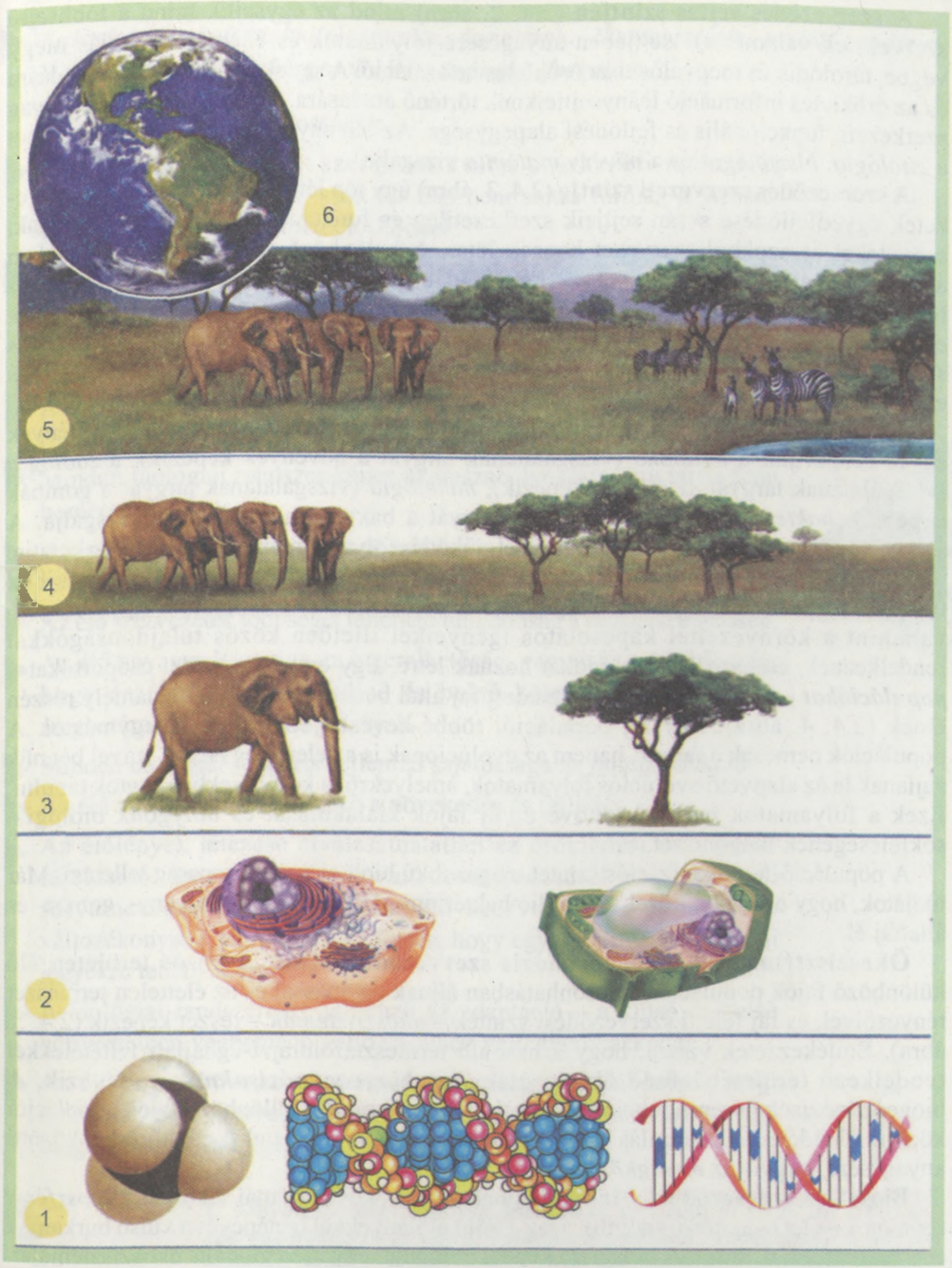
2.2. ábra. A havasi nyúl téli (1) és nyári (2) bundája

***Vagyis az élőlények és az egyed (szervezet) fölötti szerveződési (organizációs) rendszerek önmaguk megújítására, önszabályozásra és önreprodukcióra képes* egységes biológiai rendszerek.**

Az élő anyag szerveződési szintje, amely az evolúció során fokozatosan alakult egyszerűből összetetté, különböző fokú lehet.

• **Az élő anyag szerveződési szintjei.** Az élő anyag szerveződési szintjei: molekula, sejt, szervezet (egyed), populáció és faj, ökoszisztéma vagy biogeocönózis és bioszféra (2.4. ábra).

A szerveződés ***molekuláris szintjén*** (2.4. 1. ábra) biokémiai folyamatok és energiaátalakulások mennek végbe és valósul meg az örökletes információ. Molekuláris szerveződési szinten elemi biológiai rendszerek, például a vírusok léteznek. Az élő anyagnak ezt a szerveződési szintjét a *molekuláris biológia*, *biokémia*, *genetika* és *virológia* kutatja.



2.4. ábra. Az élő anyag szerveződési szintjei: 1 – molekula (biokémiai reakciók lefolyása, örökletes információ kódolása); 2 – sejt (a sejtek molekulákból állnak); 3 – szervezet (a többsejtű szervezetek sejtekből állnak); 4 – populáció és faj (a fajok populációkból állnak, a populációk egy faj egyedeiből tevődnek össze); 5 – ökoszisztéma vagy biogeocönózis (különféle fajokból áll); 6 – bioszféra (a bolygó ökoszisztémáinak összessége)

A szerveződés **sejtes szintjén** (2.4. 2. ábra) mind az egysejtű, mind a többsejtű szervezetek valamennyi sejtjében anyagcsere-folyamatok és energiaátalakulás megy végbe, tárolódik és megvalósul az örökletes információ. A sejtek képesek a szaporodásra és az örökletes információ leánysejtjeiknek történő átadására. Vagyis a sejt az élő anyag szerkezeti, funkcionális és fejlődési alapegysége. Az élő anyag sejtszintű szerveződését a *citológia*, *hisztológia* és a *növényanatómia* vizsgálja.

A szerveződés **szervezeti szintje** (2.4. 3. ábra) úgy jön létre, hogy a többsejtű szervezetek egyedfejlődése során sejtjeik szerkezetileg és funkcionálisan differenciálódnak, szöveteket és azokból szerveket hoznak létre. A különböző szervek kölcsönhatásban állnak egymással, és szervrendszereket (például emésztőszervrendszer) alkotnak. Ez biztosítja a szervezetnek mint egésznek az integrált működését (megjegyzendő, hogy az egysejtű szervezetek esetében a szerveződés szervezeti szintje egybeesik a szerveződés sejtes szintjével). Az ilyen működés mindenekelőtt az anyagcseréhez és energiaátalakuláshoz kapcsolódik, és ez teszi lehetővé a belső közeg stabilitását.

Az élő anyag szervezeti organizációs szintjét több tudomány kutatja. Az élőlények egyes csoportjait a *botanika* (vizsgálatának tárgyát a növények képezik), a *zoológia* (vizsgálatának tárgyát az állatok képezik), *mikológia* (vizsgálatának tárgyát a gombák képezik), *bakteriológia* (vizsgálatának tárgyát a baktériumok képezik) vizsgálja. A szervezetek felépítését az *anatómia*, az életműködés folyamatait pedig a *fiziológia* kutatja.

Populáció-faj szerveződési szint. Minden élőlény valamely biológiai fajhoz tartozik. Egyazon faj egyedei felépítésük és életműködési folyamataik sajátosságait, valamint a környezettel kapcsolatos igényeiket illetően közös tulajdonságokkal rendelkeznek, és termékeny utódokat hoznak létre. Egy-egy faj egyedei csoportokat – ***populációkat*** – alkotnak, amelyek az adott faj által benépesített terület valamely részén élnek (2.4. 4. ábra). Egy faj populációi többé-kevésbé elkülönülnek egymástól. A populációk nemcsak a fajnak, hanem az evolúciónak is az eleme egységei, mivel bennük zajlanak le az alapvető evolúciós folyamatok, amelyekről a későbbiekben fogtok tanulni. Ezek a folyamatok teszik lehetővé az új fajok kialakulását és bolygónk biológiai sokféleségének megőrzését.

A populáció-faj organizációs szintet magas fokú biológiai változatosság jellemzi. Már tudjátok, hogy a Földön közel 2,5 millió baktérium-, kékbaktérium-, növény-, gomba- és állatfaj él.

Ökoszisztéma vagy biogeocönózis szerveződési szint. A közös területen élő különböző fajok populációi kölcsönhatásban állnak egymással és az élettelen természet tényezőivel, és faj feletti szerveződési szintek – ***ökoszisztémák*** – részét képezik (2.4. 5. ábra). Emlékezzetek vissza, hogy a hasonló természetföldrajzi-éghajlati feltételekkel rendelkező területet lefedő ökoszisztémákat ***biogeocönózisoknak*** is nevezik. A biogeocönózisok önreprodukcióra képesek. Jellemző rájuk a különböző fajok populációi közötti állandó energiaáramlás és a biogeocönózisok élő és élettelen alkotórészei közötti anyagcsere, vagyis az ***anyagkörforgás***.

Bioszféra szerveződési szint. Bolygónk egyes ökoszisztémái alkotják a ***bioszférát*** (gör. *bios* – élet és *sphera* – gömb), azaz a Föld élőlényekkel benépesített külső burkainak egy részét (2.4. 6. ábra). A bioszféra képezi bolygónk egyetlen globális ökoszisztémáját. Az élő anyag szerveződésének bioszféra szintjét a bioszférának mint egységes rendszernek a működését biztosító globális anyagkörforgás és energiaáramlás jellemzi. Az élő anyag szervezet feletti organizációs szintjeit – populációkat, ökoszisztémákat és a bioszféra egészét – az *ökológia* vizsgálja.

Jegyezzétek meg: az élő anyag valamennyi organizációs szintje kölcsönös kapcsolatban áll egymással: az alsóbb szintek a felsőbbek részét képezik.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Homeosztázis, nyitott rendszer, alkalmazkodás, biogeocönózis, anyagkörforgalom.***

A lényegről röviden

Az élő anyag főbb sajátosságai:

- Minden élőlény vagy szervezet külön szerkezeti-működési egységekből – sejtekből – áll. Az élet nem sejtes formái, a vírusok más szervezetek sejtjeiben élősködnek.
- Az élő szervezetek és az élettelen tárgyak az összetételüket alkotó kémiai elemek arányát illetően különböznek egymástól. Az élőlényekben négy kémiai elem – hidrogén, szén, nitrogén és oxigén – dominál.
- Az élő rendszerek nyitottak, vagyis anyagcserét folytatnak (metabolizmus) és energiaáramlás van köztük és a környezet között.
- Minden biológiai rendszer képes az önszabályozásra, így tartja fenn homeosztázisát.
- A biológiai rendszerek jellemző sajátossága, hogy fenn tudják tartani specifikus szerkezetüket.
- Az élő szervezetek többségét jellemző tulajdonság a mozgási képesség.
- Az élő anyag sajátossága az ingerelhetőség, vagyis az a tulajdonság, hogy érzékelni tudja a külső és belső környezet ingereit, és meghatározott módon reagál rájuk.
- Minden biológiai rendszer jellemző sajátossága az önreprodukció.
- Az élő szervezetekre jellemző a növekedés és fejlődés.
- Az élőlények létezése elválaszthatatlan az öröklődési információ tárolásától és az utódoknak való továbbadásától a szaporodási folyamatban. Ugyanakkor az élő szervezetekre jellemző a változékonyság, vagyis az a képesség, hogy egyedfejlődésük során új jegyekre tehetnek szert.
- A biológiai rendszerekre jellemző az adaptáció – a külső és belső környezetben végbemenő változásokhoz való alkalmazkodás.
- Az élő anyag következő szerveződési szintjeit különböztetik meg: molekula, sejt, szervezet (egyed), populációfaj, ökoszisztéma vagy biogeocönózis és bioszféra.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen kémiai elemek fordulnak elő leggyakrabban az élő szervezetekben?* **2.** *Miért nyitottak a biológiai rendszerek?* **3.** *Mi a homeosztázis?* **4.** *Az élő anyag milyen szerveződési szintjeit ismeritek?* **5.** *Hogyan viszonyulnak egymáshoz az élő anyag különböző szerveződési szintjei?* **6.** *Mi szolgál élettérül a bioszférában?*

Gondolkozzatok el rajta!

1. Mivel magyarázható, hogy az élő anyagnak különböző szerveződési szintjei vannak? 2. A paragrafus tananyaga alapján próbáljátok megfogalmazni, hogy mi az „élet”! Teljes-e a meghatározásotok?

3.§. KUTATÁSI MÓDSZEREK A BIOLÓGIÁBAN. A BIOLÓGIA VÍVMÁNYAINAK JELENTŐSÉGE AZ EMBER ÉS A TÁRSADALOM SZÁMÁRA

Idézzétek fel! *Milyen módszerekkel vizsgálják az egysejtű szervezeteket?*

• **A biológiai kutatások alapvető módszerei.** Az élő anyagot szerveződésének különböző szintjein különféle módszerekkel kutatják. A legfontosabbak: összehasonlítás és leírás, kísérletezés, monitoring és modellezés. A kapott eredményeket matematikai-statisztikai elemzéssel dolgozzák fel.

Az **összehasonlító** és **leíró módszer** – amely a tudomány számára új fajok, folyamatok, jelenségek leírására szolgál – a biológia legrégibb kutatási eljárása. Ezt a módszert Arisztotelész ókori görög tudós alapozta meg. A lényege abban rejlik, hogy a szervezetek vagy jelenségek bizonyos formáit nem csak leírják, hanem össze is hasonlítják a hasonló szervezetekkel vagy jelenségekkel. Ez lehetővé teszi a vizsgált objektum sajátosságainak megállapítását. Például ahhoz, hogy le lehessen írni egy új élőlényfajt, össze kell hasonlítani azt a hozzá közeli ismert fajokkal, és meg kell jelölni a köztük lévő különbségeket. Ugyanez vonatkozik a szerves vegyületekre, biokémiai folyamatokra és a sejtek felépítésére is.

Tehát bármely objektum tudományos vizsgálatának elengedhetetlen feltétele az ***osztályozás*** (***klasszifikáció***), vagyis annak meghatározása, hogy milyen csoporthoz tartozik (például a szerves anyagok – a fehérjékhez, lipidekhez, szénhidrátokhoz vagy nukleinsavakhoz tartoznak, az élőlényeket – a megfelelő fajhoz, nemhez, családhoz sorolják). Az összehasonlítást csak az élő anyag meghatározott szerveződési szintjéig végzik, azaz a molekulát más molekulákkal, a sejtet sejtekkel, a populációt populációkkal, a fajt fajokkal vetik össze.

A **kísérleti módszer** azon alapul, hogy a kutatók módosítják vizsgálatuk tárgyának szerkezetét, a folyamatok és jelenségek menetét, és megfigyelik, milyen következményekkel járnak a változások. A kísérleteket terepen és laboratóriumban végzik. A ***terepkísérleteket*** természetes körülmények között folytatják: kísérleti részlegen vizsgálják például egyes anyagok hatását a növények növekedésére, kipróbálják a kártevők elleni harc módszereit, kutatják az ember gazdasági tevékenységének hatását a természetes ökoszisztémákra. A ***laboratóriumi kísérleteket*** speciálisan felszerelt helyiségekben – laboratóriumokban – végzik (3.1. ábra). Az ilyen vizsgálatokban gyakran alkalmaznak a kutatók által tenyésztett vagy termesztett – kísérleti szervezeteket. Egyes laboratóriumi kultúrákkal alapozták meg az ember számára fontos termékek létrehozásához szükséges ipari tenyészetek előállítását. Ez a biotechnológia egyik fejlődési iránya (ilyen például az élesztő felhasználása a sütőiparban, a borászatban; a baktériumok és gombák felhasználásával antibiotikumokat termelnek).

A **monitoring (figyelemmel követés)** a populációkban, ökoszisztémákban vagy a bioszféra egészében végbemenő bizonyos folyamatok zajlásának vagy meghatározott biológiai objektumok állapotának figyelemmel kísérését jelenti. A monitoringozást leggyakrabban a populációk és fajok, a biogeocönózisok és a bioszféra szintjén végzik. Ez a módszer nem csupán a kísérleti objektum állapotának meghatározását teszi lehetővé, hanem a lehetséges változások előrejelzését és azok következményeinek elemzését is. Például változások következhetnek be bolygónk éghajlatában annak következtében, hogy a légkörben szén-dioxid halmozódik fel. Tartalmának állandó figyelemmel követésével

3.1. ábra. Korszerű biológiai laboratóriumok

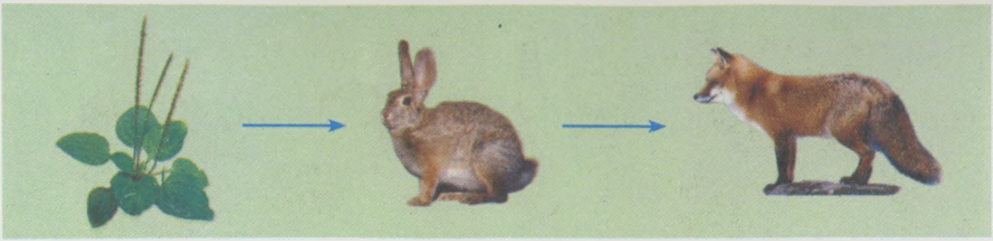
előre jelezhető, hogy milyen hatással lesz bolygónk éghajlatváltozására. A monitoring lehetővé teszi az egyes populációk, biogeocönózisok vagy az egész bioszféra szerkezetében és működésében bekövetkező változások idejében történő kimutatását, és a védelmüket szolgáló intézkedések idejében történő meghozatalát.

A **modellezés** nevű kutatási módszer lényege az, hogy a struktúrákat, funkciókat és folyamatokat egyszerűsített formájukban vizsgálják és szemléltetik. A modellezés kötelező eleme a különböző tudományos kutatásoknak, különösen olyan esetekben, amikor a vizsgálat tárgyát lehetetlen közvetlenül megfigyelni vagy kísérletileg előállítani. Bármilyen modell óhatatlanul leegyszerűsített rendszer, mivel nem tükrözi a vizsgált objektumok, folyamatok vagy jelenségek természetben megfigyelhető bonyolultságát, s csak általánosságban mutatja sajátosságaikat vagy lezajlásuk valószínűsíthető feltételeit. Ugyanakkor a modellezésnek kivételesen nagy a jelentősége, mert lehetővé teszi a különböző folyamatok vagy jelenségek lehetséges következményeinek előrejelzését. Például sok veszélyes emberi betegség kutatása céljából kísérleti állatokban hozzák létre a kóros folyamatok modelljeit.

A modellek lehetnek statikusak és dinamikusak. A *statikus modell* példáival sokszor találkozhattatok a biológiaórákon, amikor a virág vagy az agy felépítésének modelljeit tanulmányoztátok. Ezek a szervek modelljeik által a szerkezetükbe történő beavatkozás nélkül vizsgálhatók. Üvegakvárium felhasználásával például elkészíthető a vízi ökoszisztéma *dinamikus modellje* (3.2. ábra). A modellben felhasznált szervezetek fajösszetételének vagy a víz vegyi összetételének megváltoztatásával az ilyen beavatkozások következményei figyelhetők meg.

A biológiai folyamatok és jelenségek matematikai modelljeinek elméleti alapjait a *matematikai biológia* teremti meg. A ***matematikai modell*** páros kölcsönös kapcsolatok számbeli (differenciál-egyenletrendszerekkel történő) kifejezése valamely objektum, folyamat vagy jelenség határain belül. A modell egyik számértékének megváltoztatásával meghatározható, hogy miként módosul a többi érték, vagyis hogy miként viselkedik az adott rendszer

3.2. ábra. Akvárium – a vízi ökoszisztéma modellje



*3.3. ábra. A szervezetek közötti táplálkozási kapcsolatok leírhatók matematikai modellel. (**Oldjátok meg a feladatot!** A nyúlnak 50 kg táplálékot kell elfogyasztani ahhoz, hogy testtömege 5 kg-mal nőjön. Ha a róka megeszi az 5 kg-os nyulat, a testtömege csak 500 g-mal növekszik. Határozzátok meg, a táplálék melyik része hasznosul, és melyik vész el!)*

meghatározott körülmények között. Például létrehozható az ökoszisztémán belüli táplálkozási kapcsolatok modellje az egyes fajok közötti kapcsolatok leírásával: növény – növényevő faj, növényevő faj – ragadozó (3.3. ábra).

A **matematikai modellezés a biológiában** nem más, mint a biológiai rendszerek bonyolult mennyiségi összefüggéseit és törvényszerűségeit vizsgáló matematikai elemző módszerek összessége. A matematikai modellezést hatalmas adatmennyiség tárolását és gyors feldolgozását lehetővé tévő számítógépekkel végzik, speciális programok alkalmazásával. A matematikai modellezés alkalmas arra, hogy megfigyeljék az események lefolyásának különféle irányait, kiemeljenek fontos kapcsolatokat és kombinálják azokat. A helyes matematikai modell elkészítésének előfeltétele a meghatározott jelenségekre vagy folyamatokra vonatkozó megfigyelési vagy kísérleti adatok gyűjtése.

A matematikai modell létrehozása több szakaszból áll. Fokozatosan felállítják a munkahipotézist és megfogalmazzák azokat a kérdéseket, amelyekre a modellnek kell választ adnia; kidolgozzák a megfelelő matematikai apparátust; a segítségével kiszámítják az adatok egy részét; ezt összevetik a megfigyelések és kísérletek eredményeivel, így ellenőrizve a modell helytállóságát. A modellezés nyomán kapott eredmények és a valós adatok lényeges eltérése esetén a modellt gyökeresen átalakítják vagy elvetik, mivel ez a munkahipotézis hibás voltát vagy a matematikai apparátus helytelen kidolgozottságát bizonyítja.

*A **hipotézis** – valamely tény, folyamat vagy jelenség tudományosan megalapozott magyarázatára szolgáló feltételezés. A gyakorlat által alátámasztott hipotézisből születik a **tudományos elmélet**.*

A matematikai modellek lehetővé teszik annak meghatározását, hogy az iparilag hasznosítható állatállomány hány egyedét lehet kivonni a természetes populációkból úgy, hogy ez ne érintse hátrányosan az állományt. Általuk előre jelezhető a kártevők tömeges szaporodása, az emberi tevékenység hatása az egyes ökoszisztémákra és a bioszférára (például az, hogy mekkora hatása lesz a szervezetek egyes csoportjaira és összességében a bolygó éghajlatára a szén-dioxid-koncentráció növekedésének a légkörben).

Statisztikai módszer. A megfigyelések, kísérletek vagy modellezés eredményeit statisztikai (matematikai) módszerekkel dolgozzák fel. A statisztikailag nem elemzett, feldolgozatlan adatok tömege nem teszi lehetővé sem az információ teljességéhez való hozzáférést, sem törvényszerűségek megállapítását. Az adatok feldolgozása előtt a kutatók

meghatározzák a megoldandó feladatokat, és ennek függvényében választják meg a matematikai statisztika megfelelő módszerét. A matematikai feldolgozásra a kapott eredmények valószínűségfokának és általánosításuk helyességének ellenőrzése végett van szükség.

A statisztikailag megbízható törvényszerűség a biológiában ***szabálynak*** vagy ***tudományos törvénynek*** tekinthető. A **biológiai törvény** – statisztikailag igazolt törvényszerűség, amely alól nincsenek kivételek és csak egyféle módon értelmezhetők (*idézzetek fel más tantárgyakból tanult törvényeket*). Idővel megismerkedtek a fő biológiai törvényekkel, beleértve az ökológia és genetika törvényeit.

• **A biológia jelentősége az ember életében.** A tudományok viharos fejlődése a XX. sz. második felében hozzájárult számos felfedezéshez a biológia terén. Mindenekelőtt említést érdemel a genetikai kód felfedezése és megfejtése, a fehérjeszintézis legfontosabb szakaszainak, számos anyagcsere-folyamatnak a kiderítése az élő sejtben. Jelenleg is tart az ember, a növények és állatok génállományának a megfejtése.

A biológus kutatók közreműködésével sikerül jelentős haladást elérni az emberek, háziállatok és kultúrnövények betegségeit előidéző okok megállapításában, a gyógyításban és megelőzésben. A különböző szervezetek által termelt biológiailag aktív anyagok felhasználásával a kutatók hatékony gyógyszereket állítanak elő. Manapság a tudósok célirányosan meg tudják változtatni a legkülönfélébb szervezetek genetikai anyagát. Például a kólibaktérium sejtjébe az ember számos betegségének (törpenövés, cukorbetegség) kezelésére használható hormonok termeléséért felelős géneket juttatnak. *Idézzétek fel, hogy mi okozza az említett betegségeket!* Korábban ezeket az anyagokat csak kis mennyiségben tudták kinyerni állatokból, míg ma a szükségleteknek megfelelő mennyiséget tudnak előállítani mikrobiológiai laboratóriumokban.

A *génmódosított* szervezetek ellenállók a betegségekkel szemben, magas fokú a termékenységük. Azonban egyelőre korlátozott az ilyen élőlények felhasználása, mert még részletesen nem ismert, hogy a fogyasztásuk milyen hatással van az emberi és állati szervezetre.

A molekuláris biológia és a genetika terén végzett modern kutatások lehetővé teszik az örökletes betegségeket okozó hibás gének kiszűrését és normális másolatokkal való lecserélését.

Az *ökológia* nevű tudomány vizsgálatai arra hivatottak, hogy meggyőzzék az embereket a természettel való törődés elengedhetetlenségéről, a természet törvényei szerint kialakított életmód fontosságáról, és arról, hogy fel kell hagyni a természet megváltoztatására irányuló mindennemű kísérlettel. Ezért elméleti alapul szolgál a természeti környezet megóvását célzó tervek kidolgozásához és konkrét intézkedések megvalósításához. Az ökológiai kutatásokra alapozva új módszereket dolgoznak ki nemcsak az egyes fajok, hanem a társulásaik megóvására is.

• **A modern biológia jelentősége** mindenekelőtt az emberiséget foglalkoztató legfontosabb problémák – a bolygó élelmiszertermelő potenciáljának növelése, az emberi élettér ökológiai állapotának javítása, az egészség megőrzése, az élettartam meghosszabbítása, alternatív energiaforrások felkutatása – megoldásában nyilvánul meg. Ezért időszerű:

– a biológiai erőforrások önmegújítása fölötti ellenőrzés intézményesítése;

– az ember számára szükséges elemeket tartalmazó mesterséges biológiai rendszerek létrehozása az ökológiai egyensúly megbontása nélkül;

– a szervezet bonyolult fiziológiai és genetikai funkcióinak kutatása az ember rákos és más veszélyes betegségeinek legyőzése céljából;

– genetikailag módosított szervezetek felhasználása fehérjék, antitestek, enzimek, humán és állatorvosi vakcinák előállításához szükséges anyagok kinyerése céljából;

– a sejtekben zajló energiatermelő és szintézisfolyamatok vizsgálata ipari biotechnológiai eljárások kidolgozása végett.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Monitoring, modellezés.***

A lényegről röviden

- Az élő anyagot különféle módszerekkel vizsgálják szerveződésének különböző szintjein. Ezek legfontosabbjai: összehasonlítás és leírás, kísérletezés, monitoring, modellezés.
- A kutatási eredményeket matematikai és statisztikai elemzési módszerekkel dolgozzák fel.
- Bármilyen biológiai objektumot osztályozni kell ahhoz, hogy tudományosan lehessen vizsgálni, azaz meg kell határozni, hogy az élőlények mely csoportjához tartozik (például a szerves anyagok lehetnek fehérjék, lipidek, szénhidrátok vagy nukleinsavak, az élőlények esetében a fajhoz, nemhez, családhoz való tartozás megállapítása).
- A matematikai statisztikai módszerek alkalmazása a biológiai kutatásokban hozzájárult ahhoz, hogy a biológia leíró tudományból a kapott eredmények matematikai analízisén alapuló egzakt tudománnyá váljon.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen kutatási módszereket alkalmaznak a biológiában?* 2. *Hol alkalmazzák az összehasonlítást és leírást?* 3. *Mi jellemzi a kísérleti módszert?* 4. *Milyen jelentősége van a monitoringozásnak?* 5. *Mi a matematikai modellezés?*

Gondolkozzatok el rajta!

1. Milyen távlatokat nyit meg a számítógépes grafika alkalmazása a biológiai kutatásokban? 2. Ismerkedjetek meg a biológiai tudományok fejlődését felvázoló rövid szemelvénnyel (7–11. old.)! Mit gondoltok, a korszerű biológia mely vívmányai segíthetnek korunk olyan alapvető problémájának a megoldásában, mint az emberiség élelmiszer- és energiaigényének a kielégítése?

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Jelöljétek meg, hogyan nevezik a tápanyagoknak a külső környezetből történő felvételével, a szervezetben való átalakításával és az élettevékenység termékeinek kiválasztásával kapcsolatos folyamatok összességét:** *a) fagocitózis; b) metabolizmus; c) homeosztázis; d) ingerelhetőség!*
2. **Nevezzétek meg a biológiai rendszereknek azt a képességét, hogy viszonylag stabil állapotban tudják tartani belső környezetük összetételét és tulajdonságait:** *a) fagocitózis; b) metabolizmus; c) homeosztázis; d) adaptáció!*
3. **Nevezzétek meg azokat a szervezeteket, amelyekre jellemzők a reflexek:** *a) prokarióták; b) gombák; c) növények; d) állatok!*
4. **Jelöljétek meg azokat a biológiai rendszereket, amelyek az élő anyag szerveződésének molekulaszintjén találhatók:** *a) gombák; b) növények; c) kékbaktériumok; d) vírusok!*
5. **Határozzátok meg, hogy melyik az élő anyag szerveződésének legmagasabb szintje:** *a) populáció és faj; b) bioszféra; c) szervezet; d) ökoszisztéma!*
6. **Nevezzétek meg azokat a módszereket, amelyeket a tudósok az új fajok leírásánál alkalmaznak:** *a) kísérlet; b) összehasonlítás és leírás; c) matematikai modellezés; d) monitoring!*

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A KÉT MEGFELELŐT!

1. **Jelöljétek meg az önszabályozásra képes biológiai rendszereket:** *a) populáció az érintetlen természetben; b) állatfajta; c) búzamező; d) ökoszisztéma!*
2. **Nevezzétek meg azokat az objektumokat, amelyek szervezet feletti szerveződési szinten találhatók:** *a) ökoszisztéma; b) talamusz; c) populáció; d) mitokondrium!*
3. **Jelöljétek meg a biológiai rendszereknek azokat a sajátosságait, amelyek megkülönböztetik őket az élettelen objektumoktól:** *a) szaporodási képesség; b) növekedési képesség; c) sajátságos kémiai elemek jelenléte; d) ingerérzékelési képesség!*
4. **Nevezzétek meg, hogy az élő anyag mely faj fölötti szerveződési szintjeit kutatja az ökológia:** *a) sejt; b) populáció és faj; c) ökoszisztéma; d) bioszféra!*

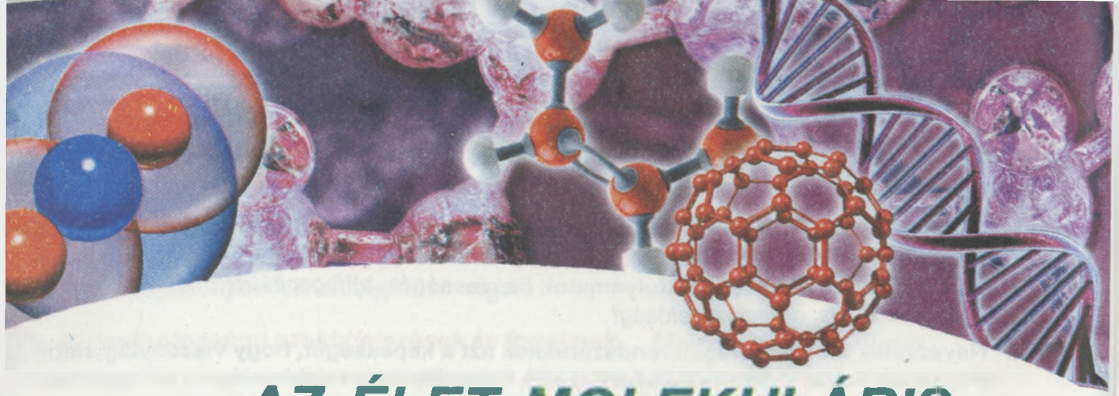
III. FELADAT A MEGFELELŐSÉG MEGÁLLAPÍTÁSÁRA

Állapítsátok meg a megfelelőséget az objektumok, folyamatok, jelenségek és az élő anyag szerveződési szintjei között:

Objektumok, folyamatok, jelenségek	Az élő anyag szerveződési szintjei
1 Sejtosztódás	A Molekula
2 Az anyagok globális körforgása	B Sejt
3 Mocsári béka	C Populáció és faj
4 Emberi immunhiány vírusa (HIV)	D Ökoszisztéma
	E Bioszféra

IV. NEHEZEBB KÉRDÉSEK

1. *Mi a közös és mi az eltérő az egysejtű szervezetek sejtjei és a különböző szöveteket alkotó sejtek között?*
2. *Mi a közös és mi az eltérő a többsejtű növények és a többsejtű állatok ingerelhetősége között?*



I. FEJEZET AZ ÉLET MOLEKULÁRIS SZERVEZŐDÉSI SZINTJE

1. TÉMA. A SZERVEZETEK SZERVETLEN ANYAGAI

- *az élőlények vegyi összetétele és az élő anyag molekuláris szerveződési szintjének sajátosságai;*
- *az élőlények szervetlen anyagainak tulajdonságai és funkciói;*
- *az ember által fogyasztott élelmiszerek és a víz vegyvizsgálatának szükségessége;*
- *az emberi vízfogyasztás normái különböző környezeti feltételek között;*
- *az élelmiszerek egyes kémiai elemeinek hiánya és fölös mennyisége által okozott betegségek gyógyításának lehetőségei.*

4. §. A SZERVEZETEK ELEMI ÖSSZETÉTELE

Idézzétek fel! *Mi a közös az élő és élettelen rendszerek között? Milyen hormonokat választ el a pajzsmirigy? Milyen a biológiai szerepük?*

Már tudjátok, hogy az élőlények vegyi összetételét, a bennük kimutatott vegyületek felépítését, tulajdonságait, létrejöttük módjait és átalakulásaikat kutató tudományt biológiai kémiának vagy ***biokémiának*** nevezzük. A biokémia a szervezetek anyagcsere-folyamatait és energia-átalakulásait vizsgálja molekuláris szinten. Egyik fő feladata a sejtek és az egész szervezet élettevékenységét szabályozó, az anyagcsere-folyamatok és energiaátalakulások egységét biztosító mechanizmusok feltárása.

• **Az élőlények elemi összetétele.** A szervezetek kémiai összetétele – az élettelen természet objektumaitól eltérően – ***viszonylag stabil***. A több mint 100 ismert kémiai elem és izotópjaik közül az élő szervezetekben majdnem 60 megtalálható. Közülük egyesek kivétel nélkül minden szervezetben előfordulnak, míg mások nem mindegyikben találhatók meg. Ugyanakkor az élőlényekben nem találtak olyan kémiai elemet, amely ne fordulna elő az élettelen természetben. Ez egyik bizonyítéka annak, hogy az élő és az élettelen természet egységet képez.

A szervezetekben legtöbb úgynevezett ***makroelemekből*** van. Ezek olyan kémiai elemek, amelyek részeinek összege a szervezetek tömegének 99,9%-át teszi ki. Ebbe a körbe tartozik a hidrogén, szén, nitrogén, oxigén, kalcium, kálium, nátrium, vas, magnézium, kén, fluor, klór, foszfor (*4.1. táblázat*). Közülük az első négyet az ***organogén (szervalkotó) elemekhez*** sorolják, mivel részeik összege az élőlények tömegének közel 98%-át teszi ki. Ezenkívül ezek az elemek azoknak a szerves vegyületeknek az alkotóelemei, amelyekről később tanulunk.

4.1. táblázat

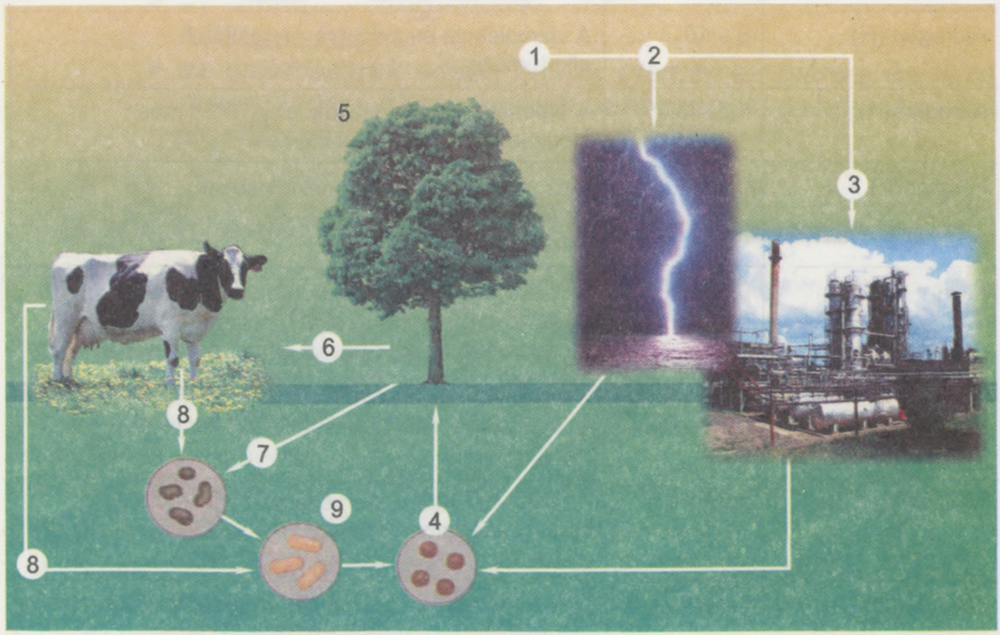
Az élőlények összetételét alkotó egyes kémiai elemek és biológiai jelentőségük

Az elem és vegyjele	Mennyiség a sejtben %-ban	Biológiai jelentőség
Oxigén (O)	65 – 75	A vízmolekula és a szerves vegyületek alkotórésze; biztosítja az oxidációs folyamatokat, amelyek során a szervezet számára szükséges energia felszabadul
Szén (C)	15 – 18	A szerves vegyületek, a csontok, a kagylóhéjak, szerves és szervetlen vegyületek molekuláinak alkotórésze (CO_2)
Hidrogén (H)	8 – 10	A vízmolekula és a szerves vegyületek alkotórésze
Nitrogén (N)	1,5 – 3,0	A fehérjék, a nukleinsavak, az ATP és más biomolekulák szerkezeti eleme
Foszfor (P)	0,2 – 1,0	A csontok, a fehérjék, a nukleinsavak, az ATP és más vegyületek alkotórésze
Kálium (K)	0,15 – 0,4	Az állati szervezetben előforduló egyik alapvető pozitív töltésű ion; biztosítja a sejtmembránon történő anyagcserét; hat az ember és más emlősök szívműködésére
Kén (S)	0,15 – 0,2	A fehérjék és más biomolekulák alkotórésze
Klór (Cl)	0,05 – 0,1	Az állati és emberi szervezetben előforduló egyik alapvető negatív töltésű ion; a sósav ionja, amely a gyomornedv alkotórésze
Kalcium (Ca)	0,04 – 2,0	A csontok és a kagylóhéj alkotórésze, részt vesz az anyagcsere-folyamatok szabályozásában, az izom-összehúzódásban, hat az ember és más emlősök szívműködésére
Magnézium (Mg)	0,02– 0,03	Aktivizálja az enzimműködést. A klorofill alkotórésze

A táblázat folytatása

Az elem és vegyjele	Mennyiség a sejtben, %-ban	Biológiai jelentőség
Nátrium (Na)	0,02 – 0,03	Egyike a legfontosabb pozitív töltésű belső sejtionnak; biztosítja a sejtmembránon át történő anyagszállítást
Vas (Fe)	0,01 – 0,015	Sok biomolekula, többek között a hemoglobin alkotórésze
Cink (Zn)	0,0003	Egyes enzimekben és hormonokban mutatták ki
Réz (Cu)	0,0002	Egyes oxidációs enzimek és egyes gerinctelen állatok légző-pigmentjeinek alkotórésze
Jód (I)	0,0001	A pajzsmirigy hormonjainak alkotórésze
Fluor (F)	0,0001	A fogzománc alkotórésze

Az organogén elemek nagyon fontos szerepet játszanak a szervezetek normális működésében. A vízmolekula **hidrogén-** és **oxigénatomokból** áll. A víz biológiai szerepéről, tulajdonságairól és funkcióiról a biológiai rendszerekben a későbbiekben tanulunk



4.1. ábra. A nitrogén körforgalma a természetben: a légköri nitrogén (1) több kémiai reakció (2, 3) következtében nitrátionokká (4) alakul; a növények (5) gyökérrendszerükkel kötik meg ezeket a vegyületeket és szintetizálnak az állatok által elfogyasztott molekulákat (6); növények (7) és állatok (8) maradványait baktériumok (9) bontják el, nitrátionok formájában visszajuttatják a nitrogénvegyületeket a talajba (4)

majd. Elegendő felidézni az oxigén (O_2) szerepét a szervezetek légzésében. Az oxigén légzés közben jut az élőlény szervezetébe és ott oxidálja a különböző szerves vegyületeket. Ezeknek a folyamatoknak köszönhetően a különféle életműködési folyamatokat fenntartó energia szabadul fel. Csak egyes szervezetek, főként baktériumok és élősködő állatok létezhetnek oxigén nélkül. Ezeket *anaerob* szervezeteknek nevezzük.

A **nitrogén** atomjai megtalálhatók a növények által a talajból táplálékként felvett ásványi vegyületek összetételében. A nitrogénvegyületek elősegítik a növények fejlődését, fokozzák hidegtűrő képességüket. A nitrogén (N_2) túlsúlyban van a légkörben (összetételének 79%-át teszi ki). A nitrogén ugyan az élőlények többsége számára iners gáz, de egyes szervezetek (például a nitrifikáló baktériumok, kékbaktériumok) képesek megkötni a légkörből. Ennek köszönhetően a nitrogénvegyületek bekerülnek a talajba, biztosítva és növelve annak termékenységét (4.1. ábra).

Mivel a nitrogén részét képezi a fehérjék és más szerves anyagok összetételének, a vegyületei nélkülözhetetlenek a szervezetek normális működéséhez. Idézzétek fel, hogy a nitrogén alkotóeleme a *kitinnek*, a gombák sejtfalát és a rovarok külső vázát képező, ezek szilárdságát biztosító anyagnak (4.2. ábra).

A CO_2 összetételében lévő **szén** biztosítja a növények és néhány más, fotoszintetizáló szervezet (bíbor- és zöldbaktériumok, kékbaktériumok, néhány egysejtű állat) levegőből történő táplálását. Ezek az *autotróf szervezetek* megkötik a CO_2-t és saját szerves anyagaik szintetizálásához használják fel a szenet. Később a táplálékláncokban adódnak tovább a szén által képzett szerves vegyületek a *heterotróf szervezeteknek*, köztük az állatoknak.

A **kalcium** vegyületei megtalálhatók a puhatestűek, néhány egysejtű állat (likacsoshéjúak) héjának, a rákok páncéljának, a gerincesek csontjainak, fogainak összetételében. Nagyon fontos, hogy a gyermekek és a terhes nők szervezetébe megfelelő mennyiségű kalciumvegyület jusson. A gyermekek kalciumhiánya csontdeformálódást, rachitis (angolkór) nevű betegséget okoz. A kalciumvegyületek fokozott felhasználása a terhes nők szervezetében a magzat csontvázának a kialakulásával van összefüggésben. Kalciumvegyületeket tartalmaz a tyúktojás, a tejtermékek, közte a túró és a lágy sajtok.

A **kálium** vegyületei nélkülözhetetlenek az ideg-, szívkeringési rendszer és az izmok működéséhez. A kálium- és a kalciumvegyületek fontos szerepet játszanak a szívműködés szabályozásában: a Ca^{2+} ionok megnövekedett koncentrációja gyorsítja, a K^+ ionoké lassítja a szívműködést. A K^+ ionoknak ezt a hatását a szívműködést normalizáló gyógyszerekben alkalmazzák. Sok káliumvegyület található a burgonyában, a gyümölcsökben (barackban, szilvában).

A kálium és réz vegyületei fokozzák a növények hidegtűrő képességét, elősegítve ezzel a hideg téli időszak átvészelését.

4.2. ábra. A nitrogén részét képezi a gombák sejtfalát (1) és a rovarok külső vázát alkotó kitinnek (2)

4.3. ábra. A vas szerepe az élőlények életében: 1 – hemoglobin légzési pigmentet tartalmazó eritrociták; 2 – vasatomot tartalmazó hemoglobin-molekula; 3 – a talaj vashiánya klorózist okoz a növényeknél

Már tudjátok, hogy a **vas** atomja részét képezi a hemoglobin légzési pigmentnek (4.3. 2. ábra). A hemoglobin megköti a gázokat (*idézzétek fel, melyeket*) és szállítja azokat a szervezetben. Ha a szervezetben vashiány van, vagy károsodott a vasfelvételt szabályozó mechanizmus, akkor zavar támad az eritrociták (vörösvértestek) képződésének folyamatában, és vérszegénység lép fel. A vérképzéshez szükséges vasvegyületek megtalálhatók az almában és más növényi termékekben (barackban, petrezselyemben), májban és tojásban.

A vas és a **magnézium** vegyületeire a növényeknek a sejtjeikben lévő klorofill pigment képződéséhez van szükségük. A magnézium atomja része a klorofill-molekulának, de a klorofill képződéséhez szükség van a vas jelenlétére. Ezeknek a kémiai elemeknek a hiánya következtében a növények levelei sápadt zölddé válnak vagy akár el is veszíthetik zöld színüket. Ettől zavart szenved vagy meg is szűnik a fotoszintézis folyamata, és a növény végül elpusztul. Az ilyen növénybetegséget *klorózisnak* nevezzük (4.3. 2. ábra).

A **foszfor** javítja az agyműködést, részt vesz a csontváz képződésében. A növényeknek nagy mennyiségű foszforvegyületre van szükségük. Emellett a foszforvegyületek gyorsítják a termés érését és javítják a növények hidegtűrő képességét. Szervezetünk a foszforvegyületeket a tejjel és tejtermékekkel, hallal, tojással veszi fel.

Több mint 60 kémiai elem tartozik a ***mikroelemek*** (jód, kobalt, mangán, réz, molibdén, cink stb.) csoportjához, tartalmuk az élőlények testtömegének 10^{-12}–10^{-3}%-át teszi ki. Köztük megkülönböztetik az ***ultramikroelemek*** (ólom, bróm, ezüst, arany) csoportját, amelyek százalékban kifejezett tartalma még alacsonyabb. A sejtekben lévő mikroelemek a szerves és szervetlen vegyületek összetételében vagy ionok alakjában találhatók.

Annak ellenére, hogy a mikroelemek jelentéktelen mennyiségben fordulnak elő a szervezetben, fontos szerepet játszanak normális működésének a biztosításában. Idézzétek fel, hogy a pajzsmirigy hormontermeléséhez (tiroxin, trijód-tironin) **jódra** van szükség. Ha az emberi szervezet nem jut megfelelő mennyiségű jódhoz a táplálékkal vagy vízzel, akkor zavar támad a pajzsmirigyhormonok szintézisében. Ahogy az *Egészségtan* és a 9. osztályos *Biológia* tankönyvekből már tudjátok, a jódhiány súlyos anyagcserebetegségeket – ***mixödémát*** és ***kreténizmus***t – idézhet elő. Azoknál az embereknél, akik

4.4. ábra. Endémiás golyva – jódhiányos élelmiszerek és víz fogyasztása okozza

4.5. ábra. A fluorhiány fogszuvasodást – fogzománc-roncsolódást – idéz elő

olyan helyen élnek, ahol alacsony a talaj és a víz jódtartalma, gyakran fejlődik ki endémiás golyva vagy strúma, ami nem más, mint a pajzsmirigyszövet túlburjánzása (4.4. ábra). Eközben a normálisnál kevesebb tiroxin hormon képződik. A szervezet jódhiányának megelőzése céljából a jódban szegény vidékeken jódozzák a sót: kálium-jodidot adnak a konyhasóhoz. Jódvegyületekben gazdagok a barna tengeri moszatok, mint például a laminária vagy tengeri káposzta.

Mint már tudjátok, a fogzománc összetételében **fluor** található, amely a szilárdságot biztosítja. A fluor hiánya a szervezetben a fogzománc roncsolódásához vezet. Emlékezhettek rá, hogy ennek a betegségnek a neve: *fogszuvasodás* (4.5. ábra). Ezért a fogkrém megválasztásánál figyeljetek arra, hogy az tartalmazzon a fogakat erősítő fluort és kalciumot. Ezek az elemek előfordulnak egyes élelmiszerekben is, mint például a tejben, sajtokban, spenótban. A **cink** a hasnyálmirigy hormonjainak szintézisénél, a **bróm** a hipofízishormonok képződésénél nélkülözhetetlen. (*Idézzétek fel, milyen hormonokat termelnek ezek a mirigyek!*)

A **kobalt** és a **réz** a vérképzési folyamatban játszik fontos szerepet (*emlékezzetek vissza, hogy mely állatok légzési pigmentje tartalmaz rezet*). Kobaltot tartalmaz a B_{12}-vitamin (cyanokobalamin), amelynek a hiánya a szervezetben vészes *vérszegénységet* okoz. Az ember számára a B_{12}-vitamin fő forrásai az állati eredetű élelmiszerek: szarvasmarhamáj, vese, hús, halfélék.

A **szilícium** vegyületei egyes szervezetek vázszerkezetének – zsurlófű sejtjeinek a fala, egysejtű kovaalgák páncélja, sugárállatok belső váza, egyes szivacsok váza – fontos összetevői. Ugyanakkor kerülendő, hogy a szilícium a légzőszervekbe kerüljön, mert működési zavart okoz. A SiO_2-t tartalmazó ipari por tartós belégzése veszélyes betegséget – *szilikózist* – okoz. Ezért az olyan munkahelyeken dolgozóknak, ahol ipari por keletkezik (például a bányászoknak) védőmaszkkal vagy légszűrővel kell védeniük a légzőszerveiket.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Makroelemek, mikroelemek, organogén elemek.***

A élőlényegről röviden

- Az élőlények kémiai összetétele, az élettelen természet objektumaitól eltérően, viszonylag stabil. Az élő szervezetek összetételében közel 60 kémiai elem fordul elő. Közülük egyesek kivétel nélkül minden szervezetben megtalálhatók, míg a többi egyes fajok egyedeiben lelhető fel.
- A szervezetben található mennyiségüktől függően a kémiai elemeket makroelemekre (tartalmuk összességében meghaladja a 99,9%-ot) és mikroelemekre (tartalmuk összesen kisebb 0,1%-nál) osztják.
- A hidrogén, szén, nitrogén, oxigén organogén elem, mivel ezeknek az előfordulása a leggyakoribb a szerves vegyületekben, összrészesedésük az élőlények kémiai összetételében közel 98%.
- Több mint 60 elem tartozik a mikroelemek (jód, kobalt, mangán, réz, molibdén, cink) csoportjához, tartalmuk a sejtben 10^{-12} és 10^{-5} % között ingadozik.

Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Milyen csoportokra osztják a kémiai elemeket az élőlények összetételében található, százalékban kifejezett tartalmuktól függően? 2. Milyen kémiai elemek tartoznak a makroelemek csoportjába? Mondjatok példákat biológiai funkcióikra! 3. Milyen kémiai elemeket neveznek organogéneknek, és miért? 4. Milyen elemeket sorolnak a mikroelemek csoportjába? Mondjatok olyan példákat, amelyek azt bizonyítják, hogy a jelenlétük nélkülözhetetlen az élőlények összetételében!

Gondolkozzatok el rajta!

Miről tanúskodhat az a tény, hogy az élőlények szervezetében nem fordulnak elő olyan kémiai elemek, amelyeket nem találtak meg az élettelen természetben?

5.§. A SZERVETLEN ANYAGOK SZEREPE A SZERVEZETEK ÉLETTEVÉKENYSÉGÉBEN

Idézzétek fel!

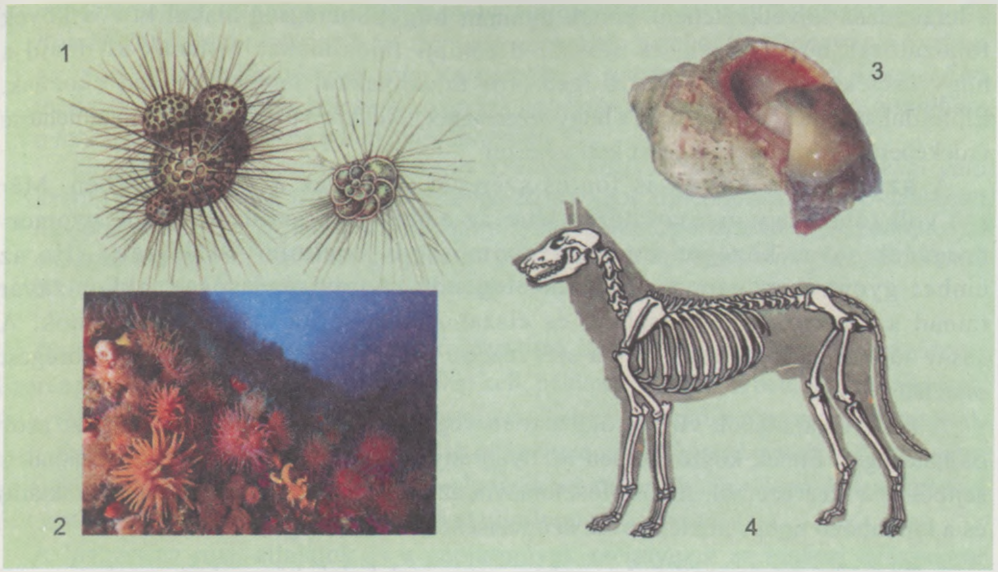
A szervetlen vegyületek mely alapvető csoportjait mutatták ki az élőlényekben? Ezeknek melyek a funkcióik? Mik a radionuklidok, izotópok?

Már tudjátok, hogy a kémiai anyagokat szervesekre és szervetlenekre osztják. A szervetlen anyagok átlagos tartalma – a vizet leszámítva – a különböző sejtekben egytől néhány százalékig terjed. A szervetlen anyagok közül fontos szerepet játszik az egyes sejtek és az egész szervezet működésében a víz, a szervetlen savak, a lúgok és a sók.

• **A szervetlen savak sói** az élőlényekben vízoldat (ionok) formájában vagy szilárd állapotban fordulnak elő (például a kalcium és a foszfor sói az ember és a gerinces állatok zömének csontvázában) (5.1. ábra).

Az ionokat fémek (kálium, nátrium, kalcium, magnézium) kationjai és a szervetlen savak (klorid Cl^-, szulfát HSO_4^-, SO_4^{2-}, hidrokarbonátok HCO_3^-, foszfátsav $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} stb.) anionjai alkotják.

A K^+ és a Na^+ ionok sejten kívüli és azon belüli koncentráció-különbsége eredményezi a sejt plazmamembránján keletkező elektromos potenciálkülönbséget. Ez biztosítja az



5.1. ábra. A kalciumsók a következő képződmények összetételébe tartoznak: 1 – likacsoshéjúak páncélja; 2 – korallpoliptelepek; 3 – kagylók héja; 4 – gerinces állatok csontváza

idegimpulzusok átadását és az anyagszállítást a membránon keresztül. A Ca^{2+} és a Mg^{2+} ionok sok enzim alkotórészei, és ezeket az enzimeket aktiválják. A Ca^{2+} ionok jelenléte a vérplazmában szükséges előfeltétele a véralvadásnak. A kalciumsók hiánya esetén zavar keletkezik a szív és a vázizmok működésében (például izomgörcsök lépnek fel).

A nátrium-klorid állandó tartalma (0,9%) a vérplazmában elengedhetetlen feltétele szervezetünkben a homeosztázis fenntartásának. Az ilyen koncentrációjú nátrium-klorid oldatot *fiziológiai* (*élettani*) oldatnak is nevezik. Különböző oltóanyagok oldószereként és nem jelentős vérveszteségek esetén juttatják a szervezetbe (*idézzétek fel, milyen célból*).

Az emberi szervezetnek naponta 12–15 g konyhasót (NaCl) kell felvennie. A sók felszívódása a gyomorban kezdődik és a bélben fejeződik be. A vérerek falában és a szövetekben található receptorok érzékelni tudják a sók koncentrációját. A receptoroktól az impulzusok a belsőelválasztású mirigyek működését szabályozó hipotalamuszba futnak be. A szervezet sókoncentrációjától függően – a neurohumorális szabályozás hatására – változik a vizelet sótartalma.

Az anyagcserezavarok következtében a sók lerakódhatnak az ízületekben, ami súlyos, a végtagízületeket torzító, a gerinc rugalmasságát megszüntető, a vesében fájdalmakat előidéző betegségeket – *oszteochondrózist* (*porcburjánzást*) és *köszvényt* – okoz. Ezek a betegségek rontják a mozgási képességet és a munkaképesség elvesztéséhez vezethetnek. A megelőzésük érdekében aktív életmódot kell folytatni, csökkenteni kell a hús- és zsírfogyasztást, a sóbevitelt és a fűszerek használatát, nem szabad alkoholt fogyasztani.

Az üreges szervekben vagy ezek elvezető csatornáiban tömör képződmények – „kövek" – alakulhatnak ki. Kövek leggyakrabban a vesékben, epehólyagban képződnek szerves savak (húgysav, sóskasav) vagy szervetlen savak (szénsav, ortofoszforsav) kalciumsóinak

a lerakódása következtében. Ennek nyomán **húgykőbetegség** alakul ki – a kövek fokozatosan növekednek, és először deréktáji fájdalmakat váltanak ki, majd a húgyvezetékeken lefelé haladva igen erős fájdalmakkal járó rohamokat okoznak. Előfordul, hogy a kövek elzárják a húgyvezetékeket, ilyenkor a beteg életének megmentése érdekében sebészi beavatkozást kell végezni.

A **szervetlen savak** is fontos szerepet játszanak a szervezetekben. Már szó volt róla, hogy a sósav hozza létre az ember és a gerinces állatok gyomorüregének savas közegét, amely a gyomornedv enzimjeit aktivizálja. Ha az ember gyomrában nem termelődik elegendő mennyiségű sósav, akkor zavar támad a fehérjék emésztésében, és elszaporodhatnak a káros baktériumok. A sósav túltermelése is veszélyes a szervezetre nézve, egyebek mellett gyomorégést okozhat.

A kénsavmaradékok vízben oldhatatlan vegyületekkel egyesülve biztosítják azok oldhatóságát. Ennek köszönhetően az ilyen anyagok oldott állapotban távozhatnak a sejtből és a szervezetből. Az ortofoszforsavra az ATP (a sejt univerzális energiaraktára) és a különböző típusú nukleinsavak szintézisénél van szükség.

• **Sav-lúg egyensúly.** Az emberi szervezet belső közegében meghatározott arány – ***sav-lúg egyensúly*** – áll fenn a pozitív és negatív ionok között. Megbomlása esetén súlyos betegségek alakulhatnak ki. Ha a szervezetben megnő a pozitív ionok tartalma, akkor romlik a kalcium, nátrium, kálium felvétele, míg a negatív ionok tartalomnövekedése esetén lelassul a táplálék hasznosulása, ami kedvezőtlenül hat a máj és a vese működésére, allergia fejlődik ki, súlyosbodnak a krónikus betegségek.

• **Ökológiai betegségek.** A szervezetbe a táplálékkal és vízzel bejutó vegyületek nem mindegyike hasznos a szervezetre nézve. Nagyon veszélyes például a nehézfémsók (ólom, króm) és radionuklidok szervezetbe kerülése. Sok nehézfémet tartalmaznak a gépjárművek kipufogógázai. Ezért nem ajánlatos gombát gyűjteni az autóutak mentén, mert ezek fel tudják halmozni szöveteikben a nehézfémeket és radionuklidokat. A nehézfémvegyületek és radioaktív izotópok rosszindulatú daganatokat okozó ***rákkeltő*** (***kancerogén***) ***anyagok***, és a vérben a leukociták (fehérvérsejtek) – ritkábban az eritrociták (vörösvérsejtek) – számának kóros növekedését idézhetik elő, leukózis, illetve eritrocitózis nevű megbetegedéseket okozva. Ha a radionuklidok terhes nő szervezetébe kerülnek, akkor károsíthatják a magzat fejlődését.

Az emberi és állati szervezetre nézve sok kémiai elem – jód, cézium, stroncium, urán – izotópjai veszélyesek. A szervezetbe bekerült stroncium-90 izotóp a kalciumot helyettesítve beépülhet a csontokba. Ennek következtében a csontok törékenyekké válnak. A jód izotópja a pajzsmirigy működésében okoz zavarokat. Jelentős mennyiségű radionuklidot képesek felhalmozni a növények. A növényi táplálékkal a radioaktív izotópok idővel bekerülnek az emberek és az állatok szervezetébe.

A Csernobili Atomerőmű balesete következtében 8,4 millió ha terület, közte 3,5 millió ha szántóföld szennyeződött radionuklidokkal. Ha figyelembe vesszük a talajok nehézfémekkel és mérgező kemikáliákkal (rovarirtó szerekkel) való szennyeződését, akkor jelenleg Ukrajna területének közel 20%-a van nem kielégítő állapotban. A talajok

nehézfémekkel való szennyezettségének legmagasabb szintjét Donyeck megye és Kárpátalja területén jegyezték fel. Donyeck környékén a nehézfémszennyezés forrásai az ipari üzemek és bányák, míg Kárpátalján a romániai bányászati üzemekben többször bekövetkezett balesetek okoztak nehézfémszennyezést a Tisza árterében, a folyó áradásakor pedig a hullámtér területén.

Megjegyzendő, hogy a nagy ipari üzemek körül a mérgező anyagokkal való szennyeződés sugara 1–20 km, a szennyező anyagok koncentrációja 5–10-szeresen haladhatja meg az egészségügyi határértéket. Jelentős mértékű talajszennyezést okoznak a gépjárművek kipufogógázai. A talajban az ólomtartalom még az autóutaktól 50 km-re is 3–4-szerese lehet a megengedett értéknek.

Az élelmiszerek és a víz magas nitráttartalma káros az emberi szervezetre nézve. Ezért a nitráttartalmat állandóan ellenőrizni kell, például a zöldségekben. Az élelmiszerek és a víz nitrát- és egyéb károsanyag-tartalmát illetően speciális normákat állapítottak meg. Ezeknek megfelelően meghatározták ***koncentrációjuk határértékeit***. Ha a víz vagy az élelmiszerek károsanyag-tartalma meghaladja a határértéket, az ilyen élelmiszereket és vizet ki kell vonni a forgalomból, meg kell tiltani a fogyasztásukat.

A légkört az iparvállalatok és a gépjárművek szennyezik az emberi egészségre és más élőlényekre nézve káros anyagokkal (kén- és nitrogénvegyületekkel, széngázzal CO, nehézfémekkel). Az építőipari és szénbányászati vállalatok (cement- és gipszgyárak, külszíni szénbányák) a légkör porszennyezésének a forrásai.

Különösen veszélyesek a környezetre nézve a savas esők, amelyeket a légkör kén-dioxiddal SO_2 (az iparvállalatok és a gépjárművek évente több mint 160 millió tonna kén-dioxid-gázt juttatnak a légkörbe) és nitrogén-oxidokkal (N_2O, N_2O_3 és NO_2) való szennyeződése okoz. Ezek az anyagok a légkörben a vízzel egyesülve erős szervetlen savakat képeznek. Az iparilag fejlett államok nagy kiterjedésű területein jegyeztek fel olyan csapadékokat, amelyek savassága 10–1000-szerese volt a normális szintnek. A savas esők rombolják az édesvízi ökoszisztémákat, pusztítják az erdőket (5.2. ábra), csökkentik a talajok termékenységét.

A Nemzetközi Természetvédelmi és Természeti Erőforrásvédelmi Unió irányításával kidolgozták az ***ökológiailag stabil társadalom*** stratégiai elveit, amelyeket egyeztettek a világ kormányainak többségével. Az ilyen társadalom megteremtésének egyik feltétele a

5.2. ábra. Az ipari üzemek kén-dioxiddal szennyezik a légkört (1); ennek következménye az erdőket pusztító savas eső (2)

világ országai által a légkörbe juttatott szennyező anyagok mennyiségének egyértelmű korlátozása (kvóták megállapítása). Ha valamely ország nem használja fel a számára megállapított kvótát, ahogy Ukrajna sem, a fölös mennyiséget eladhatják más országoknak. Az ezért kapott pénzt az államok rendszerint a környezet állapotának javítását elősegítő technológiák, módszerek megvalósítására költik.

A lényegről röviden

A szervetlen anyagok (a vizet leszámítva) átlagos tartalma a különböző sejttípusokban egy és néhány százalék között ingadozik. E vegyületek közül fontos szerepet játszanak az egyes sejtek normális működésének biztosításában a savak, lúgok és sók.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen szervetlen anyagok találhatók az élőlények összetételében?* 2. *Milyen szerepet játszanak a szervetlen vegyületek a szervezetek működésének biztosításában?* 3. *Hogyan hatnak a radionuklidok az élőlényekre?*

Gondolkozzatok el rajta!

Az 1986-os csernobili atomerőmű-baleset során szennyeződött területeken élő gyerekeknek és felnőtteknek jódvegyületeket tartalmazó készítményeket adtak. Ezt mi célból tették?

6.§. A VÍZ SZEREPE A SZERVEZETEK ÉLETTEVÉKENYSÉGÉBEN

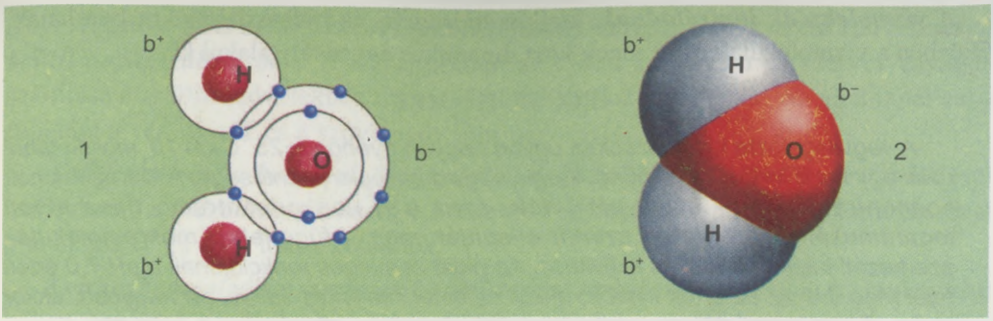
Idézzétek fel!

Milyen a vízmolekula szerkezete? Hogyan alakul az emberi szervezet vízsó cseréje? Mi az adaptáció, transzpiráció, a molekulaközi kovalens és hidrogénkötés?

Az élő szervezeteket alkotó szervetlen vegyületek között kivételes szerep jut a víznek. Ez nem csoda, hiszen bolygónkon az élet vizes közegben keletkezett, ezért víz nélkül egyetlen szervezet életműködése sem képzelhető el.

Az élő szervezetek zömének víztartalma 60–70%, de egyes élőlények esetében elérheti a 98%-ot. A legtöbb sejt citoplazmájának mintegy 80%-át víz alkotja. Az emberi vér és nyirok 80% vizet tartalmaz. A víz alkotja a ***szervezetek belső környezetének alapját*** (egysejtű állatok citoplazmája, vér, nyirok, szövetnedv, a többsejtű szervezetek üregfolyadéka, növényi nedvek). A víz az a fő reakcióközeg, amelyben az anyagcsere-folyamatok és az energiaforgalom végbemegy. A víz közvetlenül részt vesz a szerves vegyületek bomlási reakcióiban.

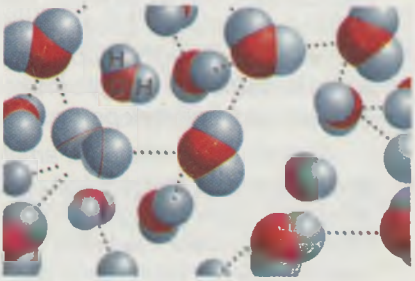
• **A víz szerkezete, tulajdonságai és funkciói.** A víz egyedülálló kémiai és fizikai tulajdonságokkal rendelkezik. Nézzétek meg a 6.1. ábrát: a ***vízmolekula*** (H_2O) két hidrogénatomból és egy oxigénatomból áll, benne a hidrogénatomok kovalens kötésekkel kapcsolódnak az oxigénatomokhoz. A vízmolekula pólusain pozitív és negatív töltések találhatók, vagyis ***polaritás*** jellemző rá. A polaritásnak köszönhető, hogy a szomszédos vízmolekulák vonzzák egymást. Az elektromos vonzás az egyik molekula negatív töltésű oxigénatomja és a másik molekula pozitív töltésű hidrogénatomja között jön létre. Az ilyen kötéstípust ***hidrogénkötésnek*** nevezzük (6.2. ábra). Ez 15–20-szor gyengébb, mint



6.1. ábra. A vízmolekula egy oxigénatomból és két hidrogénatomból áll: 1 – elektronmodell; 2 – térbeli modell

a kovalens kötés. Folyadék halmazállapotban a víz molekulái szünet nélküli mozgásban vannak, így a közöttük lévő hidrogénkötések állandóan megszakadnak és újralétesülnek.

A vízmolekulák egy része burkot képez egyes vegyületek (például fehérjék) körül. Az ilyen vizet ***kötöttnek*** vagy ***strukturáltnak*** nevezzük, részaránya a szervezet teljes vízmennyiségében 4–5%-ot tesz ki. A molekulák köré burkot vonó strukturált víz gátolja azok egymással való kölcsönhatását. Ugyanakkor a víz részt vesz bizonyos molekulák (fehérjék) szerkezetének fenntartásában. A víz másik, vegyületekhez nem kötődő, 95–96%-ot kitevő részét ***szabad víznek*** nevezzük.



6.2. ábra. Hidrogénkötések (...) kialakulása a vízmolekulák között

A közeg hőmérsékletétől függően a víz megváltoztathatja a halmazállapotát. A hőmérséklet csökkenésével a víz folyékony halmazállapotból szilárd halmazállapotba, a hőmérséklet emelkedésével pedig gáznemű állapotba megy át.

A sejtekben képződő jégkristályok roncsolják a sejtszerkezetet. Ez a sejtek és az egész szervezet pusztulását okozhatja. Ennek következtében az emlősállatokat és az embert nem lehet lefagyasztani, majd kiolvasztani úgy, hogy helyreálljanak az életműködési folyamataik.

A benne oldott anyagok hatására változhatnak a víz tulajdonságai: fagypontja (olvadáspontja) és forráspontja, aminek nagy a biológiai jelentősége. Például a növényi sejtekben a tél közeledtével megnő a szénhidrátok koncentrációja, az ízeltlábúak sejtjeiben a glicerin, a halakéban a fehérjék szaporodnak fel. Ennek köszönhetően csökken az a hőmérséklet, amelyen a víz szilárd halmazállapotba megy át, így ezek az élőlények nem fagynak meg. Képzeljétek el, hogy van egy Ukrajnában is honos olyan rovar, az ormányos tücsök (6.3. ábra), amely a havon is megőrzi aktivitását.

6.3. ábra. Ormányos tücsök

A vízmolekulák ionizálódnak, amikor hidrogén- és hidroxil-ionokra bomlanak. Eközben a vízmolekulák és az ionok közt dinamikus egyensúly alakul ki:

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

A vegyileg tiszta víz ionizációja ugyan nagyon gyenge (+25 °C-on 10^7 molekulából csak egy kerül ionizált állapotba), mégis nagy a biológiai jelentősége. A hidrogénionok koncentrációjától – ezt a ***pH-érték****, azaz a H^+-ionkoncentráció tízes alapú logaritmusának ellentettje szerint állapítják meg – függnek a makromolekulák szerkezeti tulajdonságai és aktivitása. Az oldat semleges reakciójának a pH 7,0 érték felel meg. Ha ez az érték kisebb, akkor az oldat reakciója savas, ha nagyobb, akkor lúgos. A szervezet, sőt egy sejt különböző részeiben eltérő lehet a pH-érték. Ennek fontos szerepe van az anyagcsere-folyamatok megvalósulása szempontjából, mivel egyes enzimek savas, míg mások lúgos közegben aktívak. Például az egysejtű papucsállatkában az emésztő vakuólumok „vándorolnak", hol a sejt savas, hol a lúgos részében találhatók. Eközben váltakozva egyszer egyféle, máskor másféle enzimek aktívak, ami elősegíti a tápanyagok jobb emésztését.* ***Idézzétek fel:*** *az embernél és az emlősöknél a gyomornedv enzimjei savas közegben aktívak, a hasnyálmirigyenzimek pedig lúgos közegben fejtik ki aktivitásukat.*

Azokat a vizes oldatokat, amelyek képesek változás nélkül megtartani pH-értéküket, amikor bizonyos mennyiségű savat vagy lúgot adnak hozzájuk, ***puffer rendszereknek*** *nevezzük. Ezek gyenge savból (H^+ donor) és bázisból (H^+ akceptor) állnak, amelyek képesek egyaránt megkötni a hidroxil- (OH^-) és a hidrogénionokat (H^+), és ennek köszönhetően a sejten belül alig változik a pH-érték.*

A ***víz meghatározza a sejt fizikai tulajdonságait***: a térfogatát és belső, azaz *turgornyomását*. Más folyadékokkal összehasonlítva a víznek – a molekulái közötti hidrogénkötéseknek köszönhetően – viszonylag magas a forrás- és olvadáspontja.

A ***víz sokkal jobb oldószer***, mint a legtöbb ismert folyadék. Ezért az anyagokat vízben jól oldódókra (***hidrofilekre***) és oldhatatlanokra (***hidrofóbokra***) osztják.

A hidrofil vegyületekhez tartozik a sók többsége, például a konyhasó (NaCl), a glükóz, fruktóz, nádcukor. A hidrofil vegyületek olyan poláris (részlegesen töltött) csoportokat tartalmaznak, amelyek kölcsönhatásba léphetnek a vízmolekulákkal vagy ionizálódhatnak (töltéssel rendelkező ionok képződnek molekuláik semleges részeiből). Ilyenek például az aminosavak, amelyek karboxil- (–COOH) és aminocsoportokat ($-NH_2$) tartalmaznak.

A hidrofób anyagok (szinte valamennyi lipid és egyes fehérjék) apoláris csoportokat tartalmaznak, amelyek nem lépnek kölcsönhatásba. Ezek főként apoláris szerves oldószerekben (kloroform, benzol) oldódnak.

Léteznek ***amfifil*** anyagok, ilyenek a foszfolipidek (lipidek ortofoszforsav-maradékokkal alkotott vegyületei), lipoproteidek (lipidek és fehérjék vegyületei), sok fehérje. E vegyületek molekuláinak egy része hidrofil, míg másik része hidrofób tulajdonságokkal rendelkezik.

Amikor valamely vegyület oldottá válik, molekulái mozgásba kezdenek és ezáltal nő a reakciókészségük. Ezzel magyarázható, hogy a biokémiai reakciók nagyobbrészt vizes oldatokban mennek végbe.

A víz mint univerzális oldószer fontos szerepet játszik az anyagcserében. Az anyagok leginkább csak oldott állapotban juthatnak be a sejtbe és ugyanilyen állapotban ürülhetnek ki onnan az életműködés termékei.

A víz univerzális oldószerként rendkívül fontos szerepet játszik az élő szervezeteken belüli anyagszállításban. A növényekben az oldott szervetlen és szerves anyagok szállítása a szállítószövetekben vagy a sejtközi járatokon történik. Az állatoknál ezt a funkciót a vér, nyirok és a szövetnedv tölti be.

A víz részt vesz a bonyolult biokémiai átalakulásokban. Például víz részvételével valósul meg a ***hidrolitikus reakció*** – a szerves vegyületek hasadása, amikor a hasadási pontokhoz H^+ és OH^- ionok kötődnek.

A vízhez kapcsolódik a szervezetek hőháztartást szabályozó képessége. A víz nagyfokú hőkapacitásának köszönhetően úgy tud hőt elnyelni, hogy eközben alig változik saját hőmérséklete. A *hőkapacitás* – az a hőmennyiség, amely a test vagy közeg hőmérsékletének 1 °C-kal való növekedéséhez szükséges. A víz ilyen tulajdonságának köszönhetően nem történik hirtelen hőmérséklet-változás a sejtben vagy a szervezet egészén belül a külső környezet hőmérsékletének erős ingadozása következtében. Mivel a víz párologtatása sok hőt von el, a szervezetek így védekeznek a túlhevülés ellen (ilyen például a növények transzpirációja, az emlősállatok verejtékezése, az állatok nyálkahártyáról történő párologtatása).

Nagyfokú hőkapacitásának hála a ***víz biztosítani tudja a szervezet szövetei és szervei közötti egyenletes hőelosztást***. Ez az állatok esetében a belső közeg nedveinek keringésével, a növényeknél pedig az oldatok testen belüli mozgásával valósul meg.

Bizonyos vegyületek vizes oldatai az állandóan súrlódó felületeket védő kenőanyagként szolgálnak. Például az ízületi üregeket kitöltő folyadék csökkenti a csontfelületek súrlódását, így könnyítve a mozgásukat.

Az élőlények minden fajára jellemző a ***vízegyensúly***, azaz a felvett és elpárologtatott vagy kiürített víz mennyisége közötti meghatározott arány. Ha a szervezet vízvesztesége meghaladja a felvett víz mennyiségét, akkor a különböző életműködési folyamatokat kedvezőtlenül befolyásoló *vízhiány* lép fel (a növényeknél zavar keletkezik a fotoszintézisben és transzpirációban, az állatoknál – a hőszabályozásban, a biokémiai folyamatok zajlásában). Ezért a vízegyensúly fenntartása az egyik legfontosabb feltétele minden szervezet normális működésének.

• **Az emberi szervezet vízegyensúlya.** Az emberi szervezet közel 65%-ban vizet tartalmaz. Vagyis ha az ember testtömege 60 kg, akkor ebből 39 kg a víz. Megjegyzendő, hogy a szervezet víztartalma függ az életkortól: az újszülött testtömegének 75–80%-a víz, a növekedés befejeződésének időszakában ez az arány 65–70%, az időskorú emberek szervezete már csak 55–60% vizet tartalmaz. A víz egyenlőtlenül oszlik meg az emberi szervezet különböző szervei és szövetei között: a vér és a vese 82–83%, az agy 80%, a máj 75%, az izmok 70–76%, míg a zsírszövet 30%, a csontok pedig mindössze 20% vizet tartalmaznak.

Mivel az emberi szervezet naponta 2–2,5 l vizet veszít (a megemésztetlen táplálékmaradványokkal, vizelettel, verejtékkel kiürülve és a bőrről, valamint a száj és a légutak nyálkahártyáiról való párolgással), ekkora vízmennyiséget kell felvennie. A szervezetbe a víz különböző utakon jut be. A táplálékkal mintegy egy liter víz kerül be a

szervezetbe, további 300 ml – úgynevezett metabolikus víz –a zsírok, fehérjék, szénhidrátok oxidációja következtében képződik.

A naponta elfogyasztott víz mennyisége attól függ, hogy milyen környezeti feltételek között van az ember. Nyári hőségben vagy nehéz testi munka végzése közben megnő a vízveszteség a fokozott verejtékezés és a nyálkahártyákról történő párolgás miatt. A szervezet kiszáradhat – *dehidratálódhat* – bélműködési zavarok (erős hasmenés) vagy jelentős vérveszteség esetén. Ilyen esetekben a napi vízfelvételt 4–7 literre kell növelni. A kiszáradás folytán lelassul az emésztés folyamata és a tápanyagok felszívódása, zavar keletkezik a hőszabályozásban; besűrűsödik a vér, emiatt romlik a szállító funkciója, az erekben vérrögök (trombok) képződhetnek. Az emberi szervezet 20%-ot meghaladó vízvesztesége halálos lehet.

A melegben, például kohóüzemben nehéz fizikai munkát végző ember a fokozott verejtékezés miatt óránként 1,6 liter vizet veszít. Ezért napi vízszükséglete elérheti a 20 litert is.

A szervezet a vízhiányt leghamarabb szomjúságérzettel jelzi. Ez a hipotalamusz (köztiagyi struktúra) megfelelő központjában keletkező ingerület nyomán jön létre. A központ receptorai ingerületi állapotba kerülnek, amikor a szervezet folyadékaiban megnő a sók vagy a nátriumionok koncentrációja. Ezeket az ingereket különböző receptorcsoportok érzékelik. Szomjúságot az ember akkor érez, amikor szervezete folyadékának közel 1%-át elveszíti. A szomjúság rendszerint 0,25–0,5 l víz elfogyasztásától megszűnik.

Látható, hogy az ember vízszükségletét ivással elégíti ki. Ezért megvizsgáljuk, hogy milyen követelmények vonatkoznak a víz minőségére.

• **Az ivóvíz és a rá vonatkozó minőségi követelmények.** Ukrajnában az Állami Szabvány határozza meg az ivóvíz minőségével kapcsolatos követelményeket. Ezek szerint az ivóvíznek járványtani szempontból és a kémiai összetételét illetően veszélytelennek és biztonságosnak kell lennie. A víz járványtani minőségét a benne lévő mikroorganizmusok (1 cm^3 vízben nem lehet több 100-nál) és a kólibaktériumok (Escherichia Coli) (1 dm^3 vízben nem lehet több 3-nál) száma szerint határozzák meg. Az ivóvízben nem lehetnek szabad szemmel látható vízi élőlények, sem hártya a felszínén.

Ukrajnában a vizek legnagyobb szennyezői az ipari létesítmények (a szennyezés több mint 55%-át adják) és a lakás- és közműgazdálkodási vállalatok (a szennyezés 40%-át adják). Veszélyes a vizek radionuklidokkal való szennyeződése. Az erősen sugárszennyezett szennyvizeket (100 és több curie[1] 1 literben) földalatti, lefolyástalan medencékben vagy tartályokban kell tárolni.

Már hallottatok róla, hogy a folyókban, tavakban és más tárolókban a víz természetes tisztulási folyamaton megy át. Ebben különféle szervezetek – baktériumok, moszatok, egysejtű állatok, szivacsok, kétteknős kagylók – vesznek részt. Az ilyen tisztulás lassú,

[1] A curie (Ci) megfelel az 1 g rádium-226-tal radioaktiv egyensúlyi állapotban lévő radon elem aktivitásának. 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ becquerel (Bq). 1 Bq egyenlő a radioaktív izotópban egy másodperc alatt végbemenő egy magátalakulással.

ezért erős kommunális és ipari szennyezés esetén a vízi ökoszisztémák nem tudnak önmaguktól megtisztulni.

A szennyvizeket mechanikai, fizikai-kémiai és biológiai módszerekkel tisztítják (6.4. ábra). A szennyvizek *mechanikai tisztítási módszerének* lényege az, hogy ülepítéssel vagy szűréssel megszabadulnak a bennük lévő lebegő részecskéktől. Ezzel a módszerrel a kommunális szennyvizekből az oldhatatlan szennyező anyagok 2/3-a, az ipari szennyeződés 9/10-e távolítható el.

Különböző *fizikai-kémiai tisztítási módszerekkel* a szennyvizeket az oldott szervetlen és szerves szennyezőanyagoktól és a legkisebb méretű lebegő részecskéktől tisztítják meg.

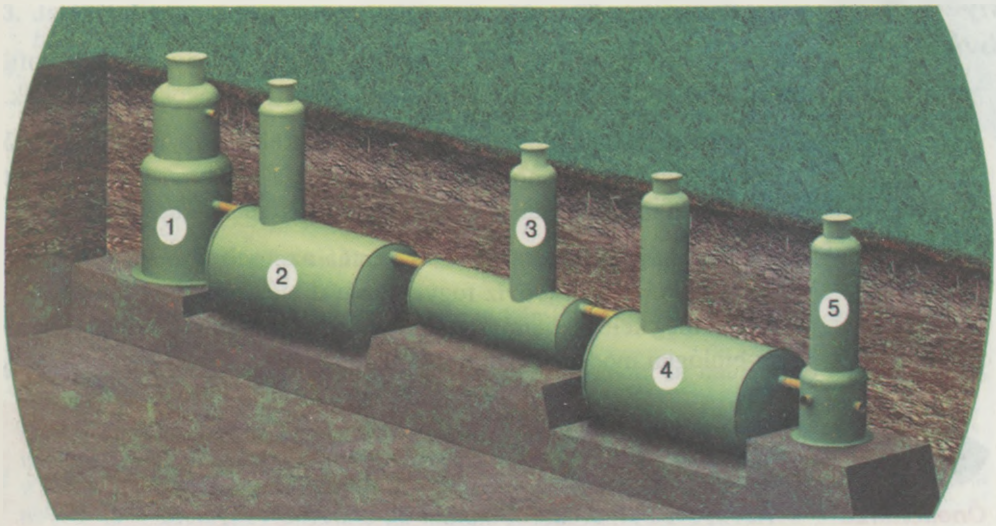
A tisztítási folyamat befejező szakaszában alkalmazzák a biológiai tisztítási módszert, amelynek lényege a tápláléklánc mesterséges létrehozása meghatározott baktériumfajok, egysejtű és többsejtű állatok felhasználásával.

A természetes víztárolókból vett nyers vagy a nem kellőképpen megtisztított víz fogyasztása különböző betegségek – vérhas, kolera, hastífusz, szalmonellózis, gilisztásság – forrása lehet. Ezért az ásott, fúrt és utcai kutakból, patakokból vett vizet fogyasztás előtt fel kell forralni, a csapvizet pedig speciális háztartási szűrőn kell átengedni.

Az édesvíztartalékok veszteségeinek korlátozása és a vízminőség megőrzése érdekében a következő intézkedésekre van szükség:

– csökkenteni kell az ipar, a közlekedés és a mezőgazdaság vízfelhasználását;

– csökkenteni kell a háztartások édesvízfogyasztását[1];



6.4. ábra. Korszerű víztisztító berendezés: 1 – elosztó tartály; 2 – szilárd részecskék szűrője; 3 – zsírtartalmú anyagok szűrője; 4 – adszorbens szűrő; 5 – ellenőrző tartály

[1]Míg Európa nagyvárosainak minden egyes lakója évente 100–200 l vizet használ fel, addig Ukrajnában az egy főre számított lakossági vízfogyasztás meghaladja a 300 litert.

– óvni kell a kis folyókat, mert fontos szerepet játszanak bolygónk vízháztartásában azzal, hogy a nagy folyókat táplálják, és tőlük függ a földalatti vizek szintje;

– meg kell teremteni a feltételeket a vizek öntisztulásához;

– meg kell óvni az erdőket, mert az erdők kiirtása következtében elapadnak a folyók és más vizek;

– hatékony módszerek alkalmazása a szennyvizek tisztítása céljából, a vizek és víztárolók, valamint a vízminőség állandó közegészségügyi ellenőrzése;

– az ipari létesítmények, mezőgazdasági és energetikai objektumok zárt rendszerű vízellátásának a kialakítása;

– az ivóvízforrások állandó ellenőrzése.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Hidrofil, hidrofób és amfifil vegyületek, hidrolízis, vízegyensúly.***

A lényegről röviden

- A szervezetekben a víz tartalma 60–70%.
- A víz képezi az élőlények belső közegének alapját, ahol az anyagcsere- és energiaátalakulási folyamatok végbemennek. A víz közvetlenül részt vesz a szerves vegyületek bomlási reakcióban.
- A vízegyensúly az élő rendszer által felvett és leadott víz mennyiségének meghatározott aránya.
- A víz meghatározza a sejtek fizikai tulajdonságait: a térfogatukat és belső vagy turgornyomásukat.
- A víz univerzális oldószer. A vízben jól oldódó anyagokat hidrofil (poláris), az oldhatatlanokat hidrofób (apoláris) anyagoknak nevezzük.
- A víz rendkívül fontos szerepet játszik a különböző vegyületek élő szervezetekben történő szállításában. A víz részt vesz a bonyolult biokémiai reakciókban és a szervezetek hőszabályozásában.
- Vízszükségletének alapvető részét az ember meghatározott szabványminőségű ivóvíz fogyasztásával elégíti ki. Fogyasztás előtt a vizet meg kell tisztítani. A szennyvizeket mechanikai, fizikai-kémiai és biológiai módszerekkel tisztítják.

Önellenőrző kérdések

1. *Miért tartják a vizet univerzális oldószernek?* **2.** *Milyen tulajdonságokkal rendelkezik a víz mint az élőlények belső közegének alapja?* **3.** *Milyen szerepet játszik a víz a szervezetek hőszabályozásában?* **4.** *Mi a vízegyensúly?* **5.** *Mik a hidrofil és hidrofób vegyületek?* **6.** *Milyen követelményeknek kell megfelelnie az ivóvíznek?* **7.** *Milyen intézkedésekkel lehet megőrizni az ivóvízforrásokat, és javítani a vízminőséget?*

Gondolkozzatok el rajta! *1. Miért állítják a tudósok, hogy a földi élet vízben keletkezett? 2. Milyen folyamatok biztosítják a természetes vizek öntisztulását?*

LABORATÓRIUMI GYAKORLAT
1. SZ. GYAKORLATI MUNKA

SAJÁT SZERVEZETÜNK VÍZTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA
(a feladatot az akadémiai szinten tanulók végzik)

Cél: *a szervezetben lévő víztartalom életkortól függő változásainak vizsgálata.*

Eszközök: *mérleg, táblázat Az emberi szervezet víztartalmának életkortól függő változásai címmel.*

A munka menete:

1. Padlómérlegre állva mérjétek meg testtömegeteket!
2. *Az emberi szervezet víztartalmának életkortól függő változásai* című táblázat felhasználásával határozzátok meg saját szervezetetek víztartalmát, figyelembe véve, hogy a serdülők testtömegének 70%-a víz!
3. Hasonló módszerrel határozzátok meg, hogy mekkora a szüleitek és nagyszüleitek szervezetének víztartalma!
4. Vonjátok le következtetéseiteket!

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Jelöljétek meg, milyen atom található a hemoglobin-molekula összetételében:** *a) réz; b) kalcium; c) kálium; d) vas!*
2. **Nevezzétek meg, milyen atom található a pajzsmirigyhormonok összetételében:** *a) réz; b) bór; c) jód; d) fluor!*
3. **Jelöljétek meg, milyen atom található a klorofill-molekula összetételében:** *a) réz; b) bór; c) jód; d) magnézium!*
4. **Nevezzétek meg, a vízben oldódó vegyületeket:** *a) hidrofóbok; b) hidrofilek; c) amfifilek; d) szervesek!*

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A KÉT MEGFELELŐT!

1. **Mutassátok meg, milyen kémiai elemeket neveznek organogéneknek:** *a) fluor; b) vas; c) nitrogén; d) hidrogén!*
2. **Nevezzétek meg a makroelemekhez tartozó kémiai elemeket:** *a) foszfor; b) bór; c) kobalt; d) kén!*
3. **Jelöljétek meg a mikroelemekhez tartozó kémiai elemeket:** *a) kalcium; b) vas; c) fluor; d) cink!*
4. **Nevezzétek meg a szívműködést szabályozó ionokat:** *a) nátrium; b) kálium; c) vas; d) kalcium!*

III. FELADAT A MEGFELELŐSÉG MEGÁLLAPÍTÁSÁRA

1. *Állapítsátok meg a megfelelőséget a feltüntetett kémiai elemek és a hiányuk által a szervezetben okozott következmények között:*

Kémiai elem	A kémiai elem hiányának következményei
1 Kálium (K) 2 Kalcium (Ca) 3 Jód (I) 4 Fluor (F)	A Endémiás golyva B Hasnyálmirigyhormonok szintézisének zavara C Csonttörékenység D Szívműködés-szabályozási zavar E Fogzománc-roncsolódás

2. *Állapítsátok meg a megfelelőséget a víz tulajdonságai és az élő szervezetekben betöltött funkciói között:*

A víz tulajdonságai	Funkciói az élő szervezetekben
1 A molekula polaritása 2 Megfordítható ionizációs képesség 3 Nagyfokú hőkapacitás 4 Halmazállapot-változtatási képesség	A Meghatározott pH-értékű közeg létrehozása B Univerzális oldószer C A szervezet hűtése hőségben D Energiaforrás E A szervezet hirtelen hőmérséklet-változásainak akadályozása

IV. NEHEZEBB KÉRDÉSEK

1. *Molekuláinak mely sajátosságai határozzák meg a víz tulajdonságait?*
2. *Miként játszanak a víz fizikai-kémiai tulajdonságai meghatározó szerepet az egyes sejtek és az egész szervezet életműködési folyamatainak fenntartásában?*

2. TÉMA. SZERVES ANYAGOK

- *a szerves vegyületek főbb csoportjainak – lipidek, szénhidrátok, fehérjék, nukleinsavak – szerkezete, tulajdonságai és funkciói;*
- *a szerves vegyületek szerepe az emberi szervezet életműködésének fenntartásában;*
- *a szerves anyagok molekulaszerkezete és funkcióik közötti kapcsolat;*
- *az enzimek felhasználása a gazdaságban.*

7. § AZ ÉLŐLÉNYEK SZERVES ANYAGAI. LIPIDEK

Idézzétek fel! *Milyen elemeket neveznek organogéneknek, milyeneket szerveseknek, hidrofileknek és hidrofóboknak? Milyen kötést neveznek kovalensnek? Milyen funkcióik vannak a zsíroknak az élőlényekben? Milyen funkciókat látnak el a mellékvesehormonok és a nemi hormonok? Mi az epe funkciója?*

A kémiából már tudjátok, hogy a kémiai vegyületeket szervetlenekre és szervesekre osztják (*idézzétek fel, mi a különbség közöttük*).

A **szerves anyagok** – a szén más elemekkel alkotott, élőlényekben képződött vegyületei vagy azok élettevékenységének a termékei. A szerves vegyületek megtalálhatók a légkörben, a felszíni és földalatti vizekben, üledékekben, talajokban és kőzetekben. A szerves vegyületekben az organogén elemek – oxigén, hidrogén, nitrogén, szén – vannak túlsúlyban. Az egymáshoz kovalens kötésekkel kapcsolódó szénatomok szénláncot vagy széngyűrűt – molekulavázat – alkotnak.

A sejt összetételében különböző szerves anyagok találhatók: lipidek, szénhidrátok, fehérjék, nukleinsavak. Ezeknek általában nagy a molekulatömegük. A fehérjék többségének molekulatömege 6000-től 1 000 000-ig terjed, de a nukleinsavaké eléri a

néhány milliárd daltont (*1 dalton a ^{12}C szénizotóp atomtömegének 1/12 részével, vagyis $1,67 \cdot 10^{-24}$ g-mal egyenlő*). A nagymolekulájú szerves vegyületek nagyszámú azonos vagy különböző kémiai szerkezetű ismétlődő egységekből – ***monomerekből*** – állnak. Ezeket a vegyületeket ***biopolimereknek*** vagy ***makromolekuláknak*** nevezzük. A fehérjék monomerjei az aminosav-maradékok, a nukleinsavaké a nukleotidok, a poliszacharidoké a monoszacharidok (7.1. táblázat).

7.1. táblázat

A szervezetek összetételében előforduló szerves vegyületek fő típusai

Szerves vegyületek	Összetevők	Funkciók
Lipidek:		Szerkezetalkotó, energiaforrás, védő, szabályozó
zsírok	Glicerin (háromértékű alkohol) és zsírsavmaradékok	
viaszok	Egyértékű alkohol és zsírsav-maradékok	
szteroidok	Policiklikus hidrofób alkoholok	
Biopolimerek:		
poliszacharidok	Monoszacharidok	Támasztó, energiaforrás,
fehérjék	Aminosavak	Szerkezetalkotó, energiaforrás, védő, katalitikus, jelző, mozgási, szabályozó, szállító
nukleinsavak	Nukleotidok	Az örökletes információ kódolása és tárolása, a fehérje bioszintézise

*A **biológiailag aktív anyagok*** (enzimek, hormonok, vitaminok, egyes mérgek) befolyásolják az élő szervezetek anyagcseréjét és energiaforgalmát vagy ezek valamely részét. Közülük számos részt vesz a szervezetek élettevékenységének humorális szabályozásában.

Jegyezzétek meg: ***szerves vegyületeknek*** *az erős kovalens kötésekkel összekapcsolt szénatomok által képzett anyagokat nevezzük.* A sejtekben a szerves vegyületek tartalma átlagosan 20–30%-ot tesz ki. A szerves vegyületek főbb csoportjainak áttekintését a lipidekkel kezdjük.

A **lipidek** hidrofób szerves vegyületek, apoláris anyagokban (éter, kloroform, aceton) oldódnak. A lipidek molekulatömege rendszerint 50–1500 dalton. A lipidek többsége zsírsav-, alkohol- vagy aldehidszármazék

• **A lipidek változatossága.** A lipidek lehetnek egyszerűek vagy összetettek. Az **egyszerű lipidekhez** olyan anyagok tartoznak, amelyek egymáshoz kapcsolódó zsírsav- (vagy aldehid-) és alkoholmaradékok, mint például a zsírok és a viaszok.

Az **összetett lipidek** olyan vegyületek, amelyek az egyszerű lipidek molekuláinak más anyagokkal való kölcsönhatása eredményeként képződnek. Ilyenek a *lipoproteidek* (lipedek és fehérjék), *glikolipidek* (lipidek és szénhidrátok), *foszfolipidek* (lipidek és ortofoszfátsav).

A **zsírok** – glicerin (háromértékű alkohol) és három zsírsavmaradék által képzett összetett észterek. Zsírzárványokként rakódnak le a növényi és állati sejtekben. Magas,

7.1. ábra. Viaszok fedik a termések felületét és képezik részét a levelek kutikulájának (1); a mézelő méh viaszokból lépet épít (2)

akár 90%-os zsírtartalom jellemző a vesesejtekre, irhára és a rovarok sárgatestére. Egyes növények – napraforgó, dió, repce – magjai és termései sok zsírt tartalmaznak.

A **viaszok** rendszerint védőfunkciót töltenek be. Az emlősállatoknál a bőr faggyúmirigyei termelnek viaszt, ez a bőrt elasztikussá, a szőrzetet pedig ellenállóbbá teszi. A madaraknál a fartőmirigy választ el viaszt, amely vízhatlanná teszi a tollazatukat (idézzétek fel, hogy a fartőmirigy a vízimadaraknál a legfejlettebb). A víz párolgását csökkentő viaszréteg borítja a szárazföldi növények leveleit és a szárazföldi ízeltlábúak külső vázát. Jól fejlett viaszmirigyek találhatók a mézelő dolgozó méhek potrohában. Mint tudjátok, a méhek viaszból építik a lépet (7.1. ábra). A viaszt széles körben alkalmazzák az orvoslásban, iparban és más területeken.

A lipidek másik fontos csoportja a hidrofób **szteroid** alkoholok. A szteroidok szénlánca több gyűrűt alkot, ezért az úgynevezett ciklikus szerves vegyületekhez tartoznak. Szteroid természetűek az emberi nemi hormonok: a női ösztrogén és férfi androgén hormonok. Ugyancsak ilyenek a mellékvese hormonjai, a kortikoszteroidok (7.2. 1. ábra).

Az egyik legtöbbet emlegetett szteroid a *koleszterin*. Az emlősállatok és az emberek szervezetében a koleszterin a nemi hormonok előhormonja. A vérplazmában a koleszterin összetett észterek alakjában található az általuk szállított zsírsavakkal együtt. A koleszterint a máj sejtjei szintetizálják és az epe alkotórésze (7.2. 2. ábra). Ugyanakkor ez az anyag a

7.2. ábra. Szteroidok. 1 – nemi hormonok: női ösztogén (a) és férfi tesztoszteron (b). Ezek hatással vannak a másodlagos nemi jellegek kialakulására (figyeljétek meg a hím páva élénk faroktollazatát); 2 – koleszterin

zsíros táplálékkal kerül a szervezetbe. Az egészségtelen táplálkozás vagy a máj hiperfunkciója következtében felhalmozódó koleszterin zavarja az emberi szervezet normális működését.

• **A lipidek funkciói.** A lipidek egyik legfontosabb szerepe az élő szervezetekben az ***energiaforrás*** funkció, hiszen 1 g zsír teljes oxidációja esetén 38,9 kJ energia szabadul fel, azaz majdnem kétszer annyi, mint ugyanilyen mennyiségű szénhidrát teljes bomlása során.

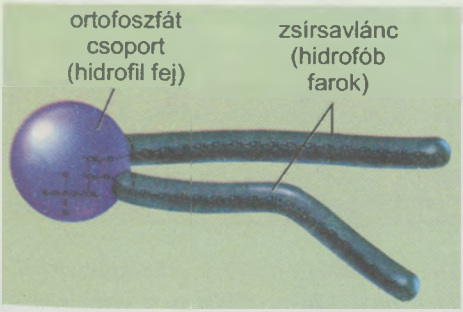
Nem kevésbé fontos a lipidek esetében az ***építő-*** vagy ***szerkezetalkotó funkció***. A foszfolipidek képezik például a sejtmembrán alapját (7.3., 7.4. ábra), és zsírok alkotják az idegrostok mielin védőburkát.

A lipidek ***raktározó funkciója*** abban áll, hogy zárványok alakjában találhatók a sejtben, például a zsírszövetben, a napraforgó magjában. A zsírtartalékot az élőlények tartalék tápanyagként és a metabolikus víz forrásaként használják: 1 g zsír oxidációja során 1,1 g víz keletkezik. A zsírzárványok javítják az apró, egysejtű vízi szervezetek úszóképességét, például a sugárállatkákét.

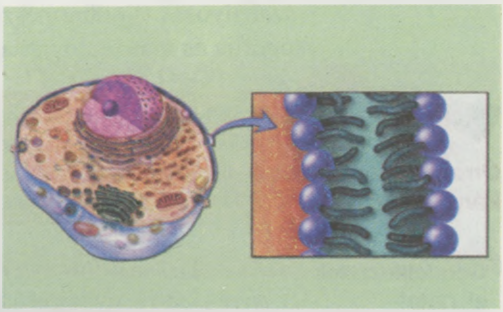
Egyes állatok zsírtartalékuknak köszönhetően viszonylag hosszú ideig lehetnek víz nélkül. Például a tevék a sivatagban akár 16 napig bírják víz nélkül, míg a medvék, mormoták és más állatok több mint kéthónapos téli álmuk során nem isznak vizet.

A lipidek ***védőfunkciója*** abban áll, hogy óvják a belső szerveket a mechanikai sérülésektől. Például az emberek és emlősállatok veséjét rugalmas zsírréteg borítja. Egyes hideg égövi állatok – cetek, fókák, pingvinek – bőr alatti sejtrétegében felhalmozódó zsírok ***hőszigetelő funkciót*** töltenek be azzal, hogy akadályozzák a szervezet kihűlését. A kékbálna bőr alatti zsírrétege meghaladhatja az 50 cm-t. A zsíroknak ez a funkciója gyenge hővezető képességükkel magyarázható. Korábban szó volt a viaszokról, ezek esetében a hidrofób tulajdonság határozza meg a védőfunkciójukat.

Fontos a lipidek ***szabályozó funkciója***. A lipidek egyes biológiailag aktív anyagok, például a szteroid hormonok és a D-vitamin alkotórészei. Részt vesznek a szervezetek



7.3. ábra. A foszfolipidek szerkezete



7.4. ábra. A foszfolipidek helye a sejtmembrán szerkezetében

életfunkció-szabályozásában, beleértve a gerinces állatok és az ember anyagcseréjét, a rovarok vedlését.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Szerves vegyületek, makromolekulák, biopolimerek, monomerek, lipidek.***

A fehérjékről röviden

- Szerves vegyületek – a szén más elemekkel alkotott, élőlényekben keletkező vagy az ember által mesterségesen előállított vegyületei. Ezekben a vegyületekben a kovalens kötéssel összekapcsolt szénatomok láncokat vagy gyűrűsorokat alkotnak (ezeket nevezik molekulavázaknak).
- A sejtek összetételében különböző szerves vegyületek találhatók: lipidek, szénhidrátok, fehérjék, nukleinsavak. A nagymolekulájú szerves vegyületeket, amelyek nagyszámú azonos vagy eltérő kémiai szerkezetű szakaszokból – egyszerű molekulájú monomerekből – állnak, biopolimereknek nevezzük.
- A lipidek túlnyomórészt hidrofób, vízben oldhatatlan szerves vegyületek, amelyek apoláris oldószerekben – észterekben, kloroformban, acetonban – oldódnak. A lipidek többsége zsírsav-, alkohol- vagy aldehidszármazék.
- Megkülönböztetnek egyszerű és összetett lipideket. Az egyszerű lipidek egymáshoz kapcsolódó zsírsavmaradékokból (vagy aldehidekből) és alkoholokból épülnek fel, mint a zsírok és viaszok. Az összetett lipidek úgy jönnek létre, hogy az egyszerű lipidek molekulái más vegyületekkel lépnek kölcsönhatásba (például lipoproteidek, glikolipidek, foszfolipidek).
- A lipidek a következő biológiai funkciókat látják el:
  – energiaforrásul szolgálnak (1 g zsír lebomlása során 38,9 kJ energia fejlődik);
  – építő vagy szerkezetalkotó szerepet játszanak (sejtmembránok, idegrostburkok alkotórészei);
  – tartalékképzés (elraktározódhatnak);
  – védelem (a belső szervek védelme a mechanikus sérülésekkel szemben, a szervezet védelme hirtelen hőmérsékletváltozások ellen, a növények és szárazföldi ízeltlábúak megóvása a jelentős vízveszteségtől);
  – szabályozás (lipidtermészetűek a szteroid hormonok, a D-vitaminok csoportja és más biológiailag aktív anyagok).

Önellenőrző kérdések

1. Miben különböznek a szerves anyagok a szervetlenektől? 2. A szerves anyagok milyen főbb csoportjait ismeritek? 3. Mik a lipidek? A lipidek mely főbb csoportjait ismeritek? 4. Milyen tulajdonságaik vannak a lipideknek? 5. Milyen funkciókat látnak el a lipidek az élő szervezetekben?

Gondolkozzatok el rajta!

A tevéknek a metabolikus víz forrásául szolgáló jelentős zsírtartalékaik vannak. A tevék a forró sivatagokban élnek, ahol a hőmérséklet eléri vagy meg is haladja a +40 °C-ot. A kékbálnák a hideg vizekben honosak, a kihűléstől a bőr alatti vastag zsírréteg óvja őket. Miben különbözik a zsírlerakódások jellege az említett állatok testében?

8.§. A SZÉNHIDRÁTOK VÁLTOZATOSSÁGA, TULAJDONSÁGAI ÉS FUNKCIÓI

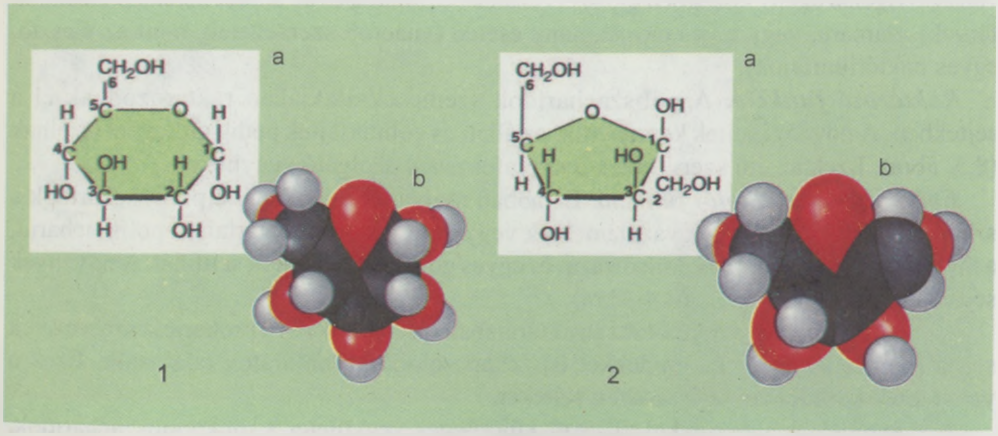
Idézzétek fel! *Milyen szervezeteket nevezünk autotrófoknak és heterotrófoknak? Az autotróf szervezetek mely csoportjait ismeritek?*

A **szénhidrátok** olyan vegyületek, amelyekben a C, H, O egymáshoz viszonyított aránya a $(CH_2O)_n$ képletnek felel meg, ahol az **n** értéke három vagy több. De léteznek szénhidrátok, amelyekben a képletben jelölt kémiai elemek aránya más. E vegyületek között vannak olyanok, amelyek nitrogén-, foszfor- és kénatomokat tartalmaznak. Az állati és gombasejtek szénhidráttartalma nem jelentős (szárazanyagtartalmuk 1%-a, a máj- és izomsejtekben legfeljebb 5%). A növényi sejtekben jóval több van belőlük (60–90%).

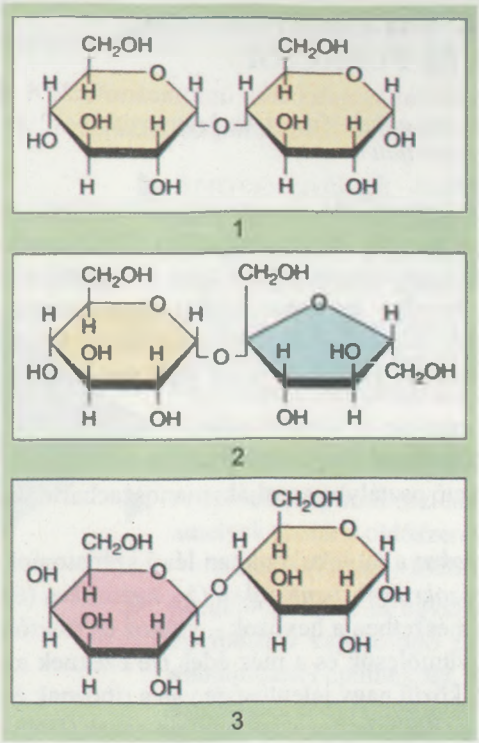
• **A szénhidrátok szerkezete és tulajdonságai.** A molekulát alkotó monomerek számától függően a szénhidrátokat három alapvető osztályba sorolják: monoszacharidok, oligoszacharidok és poliszacharidok.

A ***monoszacharidokat*** vagy ***egyszerű cukrokat*** a molekulájukban lévő szénatomok számától függően *triózokra* (3 szénatom), *tetrózokra* (4), *pentózokra* (5), *hexózokra* (6) stb. osztják a *dekózokkal* (10) bezárólag. A természetben a hexózok – glükóz és fruktóz – a legelterjedtebbek (8.1. ábra). A bogyók, gyümölcsök és a méz édes íze ezeknek az anyagoknak a mennyiségétől függ. A pentózok közül nagy jelentősége van a ribóznak és a dezoxiribóznak, mivel ezek a ribonukleinsavak (RNS) és dezoxiribonulein-savak (DNS) és az adenozin-trifoszforsav (ATP) alkotórészei. A monoszacharidok jól oldódnak a vízben.

Az ***oligoszacharidok*** – polimer szénhidrátvegyületek, amelyekben 2–10 monoszacharid-származék kovalens kötéssel kapcsolódik egymáshoz. Közülük legelterjedtebbek a két monoszacharid-származék összekapcsolódásából keletkező **diszacharidok**. Például a répa- vagy nádcukor – azaz a szacharóz – egy glükóz- és egy fruktóz-származékból, míg a malátacukor – a maltóz – csupán glükóz-származékokból, a tejcukor – a laktóz –



8.1. ábra. A glükóz (1) és fruktóz (2) monoszacharidok; a – kémiai képlet; b – térbeli képlet



8.2. ábra. Diszacharidok: 1 – maltóz; 2 – szacharóz; 3 – laktóz

glükóz- és galaktóz-származékokból, a gombacukor – a tregalóz – két glükózmaradékból áll (8.2. ábra). A diszacharidok édes ízűek és jól oldódnak a vízben.

A ***poliszacharidok*** – olyan biopolimerek, amelyek tömege elérheti a néhány milliót. A poliszacharidok nem csak monomereik összetételét, hanem hosszúságukat és molekuláik elágazódását illetően is különböznek egymástól. Egyes poliszacharidok ugyanannak a monoszacharidnak a maradékaiból, míg mások különböző monoszacharid-maradékokból állnak. Poliszacharid a keményítő, cellulóz, glikogén, pektin, lignin, kitin (8.3., 8.4. ábra). A poliszacharidok gyakorlatilag nem oldódnak a vízben és nem édesek.

A szénhidrátok más vegyületekhez kapcsolódhatnak. Az ilyen szénhidrátokat *összetetteknek* nevezzük. Példaként a glikoproteidek (szénhidrátok és fehérjék vegyülete), glikolipidek (szénhidrátok és lipidek vegyülete) említhetők.

• **A szénhidrátok funkciói** eléggé változatosak (energiaforrás, raktározás, építés, szállítás, védelem).

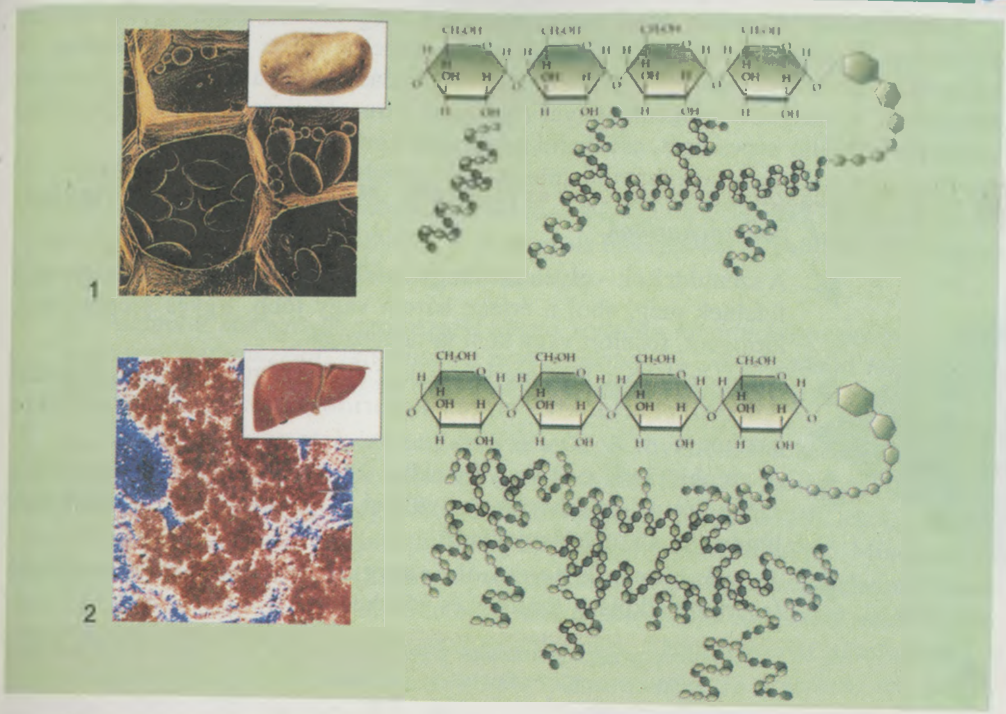
Energiaforrás funkció. A poliszacharidok vagy monoszacharidok hasadásakor energia szabadul fel: 1 g szénhidrát teljes elbomlásakor 17,6 kJ energia fejlődik. A szénhidrátok szerepe az élő szervezetek energiaegyensúlyának fenntartásában abban áll, hogy képesek lebomlani mind oxigén jelenlétében, mind annak hiányában. Ennek különleges jelentősége van az oxigénszegény közegben élő szervezetek (az állatok és az ember beleiben élősködő férgek) számára, vagy teljes oxigénhiány esetén (anaerob szervezetek, mint az élesztő, egyes baktériumfajok).

Raktározó funkció. A poliszacharidok szemcsék alakjában raktározódnak el a sejtekben. A növényi sejtek keményítőt, az állati és gombasejtek pedig glikogént tárolnak (8.3. ábra). Ezek az élő szervezetek energiaforrásául szolgáló vegyületek.

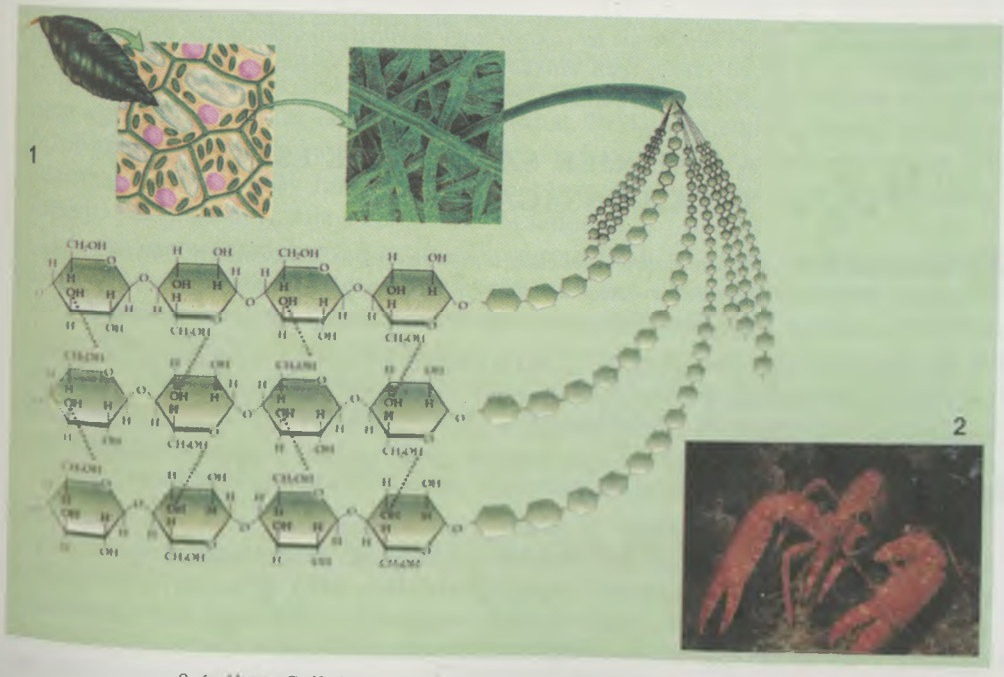
Építő (szerkezetalkotó) funkció. Ez abban nyilvánul meg, hogy a poliszacharidok a szervezeteket képező sejtek vázelemeinek vegyületei. A nitrogéntartalmú poliszacharid, a kitin alkotja az ízeltlábúak külső vázát és egyes gombák, moszatok sejtfalát. A növények sejtfala cellulózt tartalmaz (8.4. ábra).

Az állati sejtek membrán fölötti struktúrájában (glikokalix) és a prokarióta szervezetek sejtfalában fehérjékkel és lipidekkel összekapcsolódó szénhidrátok találhatók. Ezek a vegyületek kötik össze egymással a sejteket.

A szénhidrátok fehérjékkel alkotott különleges vegyületei a mukopoliszacharidok, amelyek a gerinces állatok és az ember ízületeiben ***kenőanyag funkciót*** látnak el, mivel részét képezik annak a folyadéknak, amely az ízületekben a súrlódó felületeket keni.



8.3. ábra. Keményítő a burgonyagumóban (1); glikogén a májsejtekben (2)



8.4. ábra. Cellulóz a növényi sejtfalban (1); kitin az ízeltlábúak külső takarójában (2)

Védőfunkció. A pektin nevű poliszacharidok meg tudnak kötni egyes toxikus anyagokat és radionuklidokat, megakadályozva ezzel a vérbe való bejutásukat. A heparinként ismert mukopoliszacharid gátolja a véralvadást, növeli a véredények áteresztő képességét, a szervezet oxigénhiánnyal (hipoxia), vírusokkal és toxikus anyagokkal szembeni ellenálló képességét, csökkenti a vércukor koncentrációját.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Monoszacharidok, oligoszacharidok, poliszacharidok.***

A lényegről röviden

- A szénhidrátok – olyan szénvegyületek, amelyek a $(CH_2O)_n$ képletnek felelnek meg, ahol n értéke három vagy több. Egyes szénhidrátok nitrogént, foszfort vagy ként tartalmaznak.
- A molekulákban lévő monomerek számától függően a szénhidrátokat monoszacharidokra, oligoszacharidokra és poliszacharidokra osztják.
- A szénhidrátok más vegyületekhez kapcsolódnak (a glikoproteidek szénhidrátok és fehérjék vegyületei, a lipoproteidek szénhidrátok lipidekkel alkotott vegyületei).
- A szénhidrátok funkciói: energiaforrás, raktározás, építés (szerkezetalkotás), szállítás és védelem

Önellenőrző kérdések

1. Milyen vegyületeket sorolnak a szénhidrátokhoz? 2. A szénhidrátok mely fő csoportjait ismeritek? Milyenek a tulajdonságaik? 3. Milyen szénhidrátokat neveznek egyszerűeknek, és milyeneket összetetteknek? 4. Milyen funkcióik vannak a szénhidrátoknak az élőlényekben? 5. Mi a közös a szénhidrátok és a lipidek fizikai-kémiai tulajdonságaiban, és mi a különbség közöttük?

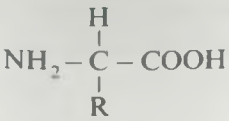
Gondolkozzatok el rajta! *Miért halmoznak fel sokszor nagy mennyiségű glikogént az állati és emberi belső szervekben élősködő paraziták, szemben azokkal, amelyek a gazdaszervezet kültakaróján élnek?*

9.§. A FEHÉRJÉK SZERKEZETE ÉS TULAJDONSÁGAI

Idézzétek fel! *Mik a makromolekulák, a monomerek és a polimerek? Milyen szerepük van a szervezetek életében? Mi a hemoglobin, mik az enzimek? Milyen a hemoglobin és az enzimek kémiai összetétele, melyek a funkcióik?*

Az élőlények szerves vegyületei között a fehérjék vezető szerepet játszanak. Ezek a vegyületek mennyiségileg is túlsúlyban vannak a sejtekben. Az állati sejtek szárazanyag-tartalmának 40–50%-át, a növényekének a 20–35%-át teszik ki. A fehérjemolekulák összetételét az alábbi elemek atomjai képezik: szén, oxigén, nitrogén, hidrogén, kén, foszfor, vas stb.

• **A fehérjék szerkezete.** A fehérjék óriásmolekulájú, nitrogént tartalmazó biopolimerek, amelyek monomerjei aminosav-maradékok. Az aminosavak olyan szerves savak, amelyek lúgos kémhatású *amincsoportból* ($-NH_2$) és savanyú kémhatású *karboxilcsoportból* ($-COOH$) állnak. Ezeket a csoportokat, akárcsak a hidrogénatomot, ugyanaz a szénatom kapcsolja össze. Azokat az atomcsoportokat, amelyekkel az aminosavak különböznek egymástól, *gyököknek* vagy *R-csoportoknak* nevezzük. Az aminosavak általános képlete:



Az élőlények szöveteiben összességében több mint százféle aminosav található, ám a fehérjék csak 20 *alapvető* (*esszenciális*) *aminosavból* épülnek fel, ezek majdnem minden fehérje szerkezetében megtalálhatók. A csak egyes fehérjékben előforduló *nem alapvető aminosavak* az *alapvető aminosavak származékai*.

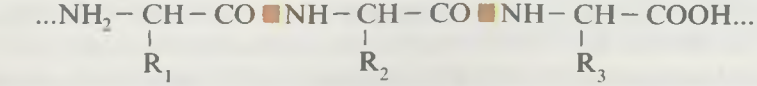
Például a kötőszövet szerkezetét alkotó kollagén fehérje hidroxiprolint (a prolin aminosav származéka) tartalmaz; a protrombinban (a véralvadásért felelős egyik fehérje) karboxil-glutaminsavat (a glutamin aminosav-származéka) találtak.

A 9.1. táblázatban az alapvető aminosavak teljes és rövidített elnevezései olvashatók. A fehérjemolekulák végtelen változatosságát mindössze 20 aminosav különböző kombinációi alkotják. A lehetséges aminosav-kombinációk száma $2 \cdot 10^{18}$ lehet. Az ember szervezetében például több mint ötmillió fajta fehérjemolekula fordul elő. Minden egyes fehérjére sajátos szerkezet és az aminosav-maradékok egyedi sorrendisége jellemző. Ennek köszönhetően a fehérjék megismételhetetlen funkcionális tulajdonságokkal rendelkeznek.

Az aminosavakat különbözőképpen osztályozzák. Mindenekelőtt pótolhatókra és pótolhatatlanokra osztják őket. Az állati és emberi szervezetek *pótolható aminosavai* anyagcseretermékekből szintetizálódnak. Ugyanakkor *pótolhatatlan aminosavak* nem képződnek az emberi és állati szervezetekben, oda a táplálékkal jutnak be. Ezeket növények, gombák, baktériumok szintetizálják. Azokat a fehérjéket, amelyek minden pótolhatatlan aminosavat tartalmaznak, *teljes értékűeknek* nevezzük. A *nem teljes értékűek* összetételéből viszont hiányzik egyik vagy másik pótolhatatlan aminosav. Megjegyzendő, hogy a különböző állatfajokban és az emberben a pótolhatatlan aminosavak állománya nem egyforma, és ez az életkorral is változhat. Például az arginin vagy a hisztidin a felnőtteknél pótolható, a gyermekeknél nem pótolható aminosav. Egy vagy több pótolhatatlan aminosav hiánya negatív nitrogénegyensúlyhoz vezet, zavart okoz a fehérjeszintézisben, gátolja a növekedést és fejlődést.

A fehérjemolekulában az aminosav-származékok az egyik aminosav karboxil-csoportja és a másik amin-csoportja között létrejövő erős kovalens kötéssel kapcsolódnak egymáshoz. Az ilyen típusú kötést ***peptidkötésnek*** (gör. *peptos* – összefort) 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-től néhány millióig terjedő) polipeptideket **fehérjéknek**



nevezzük. Ezek egy vagy több polipeptidláncból állnak, amelyek több ezer aminosav-maradékot tartalmazhatnak.

9.1. táblázat

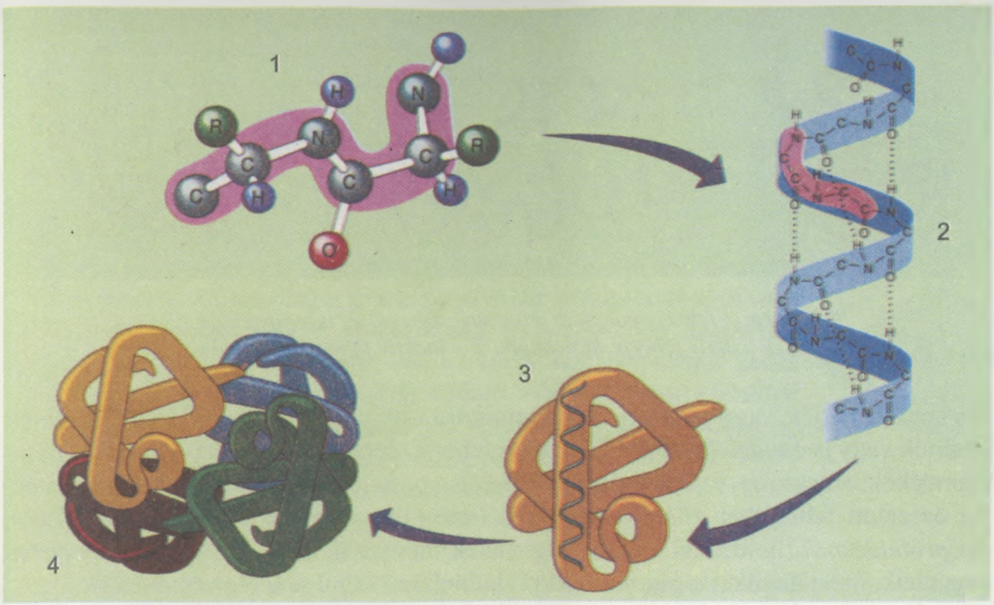
Az alapvető aminosavak elnevezése és rövidített jelölése

Az aminosav neve	Rövidített név
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
Cisztein	Cys

Az aminosavak elnevezése gyakran hordozza annak a szubsztrátumnak a nevét, amelyből kivonták, vagy valamely tulajdonságra utal. Például az aszparagint először az aszparagusz növényből állították elő, míg a glicin onnan kapta a nevét, hogy édeskés ízű (gör. glycys – édes).

• **A fehérjék térszerkezeti szintjei.** A fehérjéknek négy térszerkezeti szintje, azaz *konformációja* ismeretes: elsődleges, másodlagos, harmadlagos, negyedleges (9.1 ábra).

A ***fehérjék elsődleges szerkezetét*** az aminosav-maradékok minőségi és mennyiségi összetétele, valamint összekapcsolódásuk sorrendje határozza meg. Gyakran előfordul, hogy az aminosav-maradékok láncából álló fehérjemolekula nem tud végrehajtani specifikus feladatot. Ehhez bonyolultabb – részleges vagy teljes spirális alakú – térszerkezetet kell felvennie. A ***másodlagos szerkezet*** a fehérjemolekula teljesen vagy részlegesen feltekeredett spirál alakú térszerkezetét jelenti. Ilyenkor az aminosavgyökök a spirálon kívül maradnak. A másodlagos szerkezet fenntartásában fontos szerepük van a *hidrogénkötéseknek*, amelyek az egyik szál NH-csoportjának hidrogénje és a másik szál CO-csoportjának oxigénje között alakulnak ki. Ezek a kötések sokkal gyengébbek, mint a peptidkötések, együttesen azonban eléggé szilárd szerkezetet alkotnak.



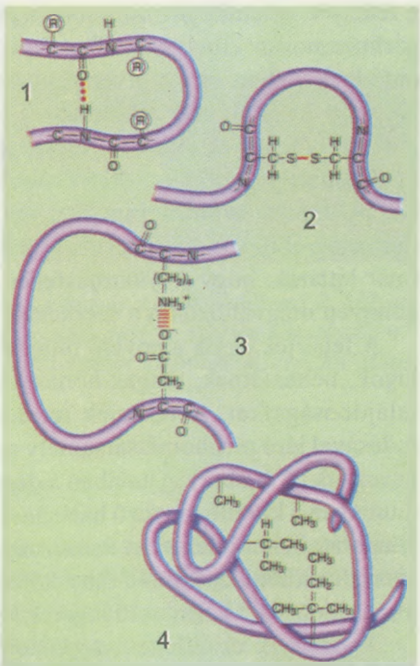
9.1. ábra. A molekulaszerkezet térbeli szerkezeteinek szintjei: 1 – elsődleges; 2 – másodlagos; 3 – harmadlagos; 4 – negyedleges

A ***harmadlagos szerkezet*** nem más, mint a polipeptidspirál egy meghatározott, gombolyagszerű formába való feltekeredettsége, amit *globulának* (lat. *globulus* – zacskó) nevezünk. Az ilyen szerkezet kialakulásában fontos szerepe van a cisztein aminosav-maradékok között kialakuló diszulfid-kötéseknek. A harmadlagos szerkezet stabilitását hidrofób, elektrosztatikus és más kölcsönhatások, valamint hidrogénkötések biztosítják (9.2. 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.

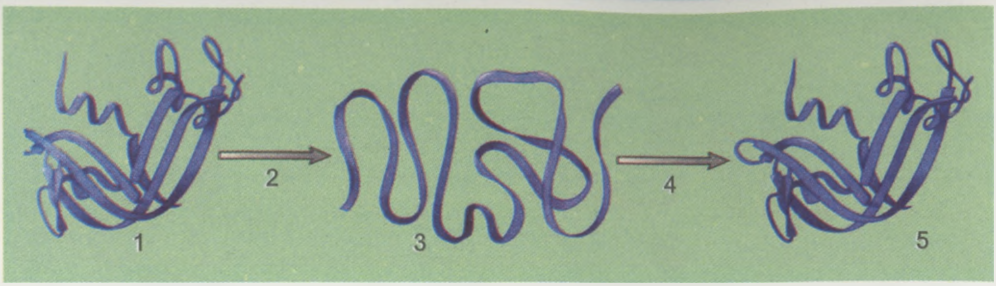
Az elektrosztatikus kapcsolatok az aminosav-maradékok pozitív és negatív töltésű gyökei között jönnek létre.

A ***negyedleges szerkezet*** – több globula egyesülésével kialakuló funkcionális *egység*. Például a hemoglobin molekulája a mioglobin-fehérje négy molekula maradékából áll.

Kémiai összetételüktől függően a fehérjéket **egyszerűekre** és **összetettekre** osztják. Az



9.2. ábra. A fehérjemolekula konformációját fenntartó kötések: 1 – hidrogénkötések; 2 – diszulfidkötések; 3 – ionos kölcsönhatások; 4 – hidrofób kölcsönhatások



9.3. ábra. A fehérjemolekula denaturációja (1) és renaturációja (2): 1,5 – aktív fehérje-molekulák; 3 – inaktív fehérje-molekula

egyszerű fehérjék vagy *proteinek* csak aminosav-maradékokból állnak. Az összetett fehérjék vagy *proteidek* összetételében nem fehérje elemek – foszforsav- és nukleinsav-maradékok, szénhidrát- és lipidszármazékok, vas-, cink-, réz- és más atomok – találhatók. Az összetett fehérjéket *glikoproteideknek* (szénhidrogénekkel alkotott vegyületek), *lipoproteideknek* (lipidekkel képzett vegyületek) nevezzük. Sok fehérje képez összetett vegyületkomplexumokat a **pigmentekkel** (különböző színű szerves vegyületekkel).

• **A fehérjék tulajdonságai.** A fehérjék funkcionális sajátosságait aminosav-összetételük és térszerkezetük határozza meg. Molekuláik alakja (térszerkezete) szerint a fehérjék lehetnek *fibrillárisok* és *globulárisok*. A fibrilláris fehérjemolekula nyújtott, párhuzamosan elhelyezkedő polipeptidszálakból áll. Ezek a fehérjék általában nem oldódnak vízben, és a szervezetben szerkezetalkotó funkciót (például a keratin az emberi haj vagy az állati szőr alkotórésze) vagy mozgási feladatot látnak el (izomfehérjék). A globuláris fehérjék tömören felcsavarodott polipeptidszálakból állnak és gömb alakúak. Ezek többsége oldódik vízben és sóoldatokban. A szervezetben sokféle szerepet töltenek be, például a hemoglobin gázt szállít, a pepszin a táplálék fehérjéit bontja le, az immunoglobilin (antitestek) védőfunkciót látnak el. A globuláris fehérjék kevésbé stabilak (már láttátok, hogy a tyúktojásfehérje jelentéktelen hőmérséklet-növekedés hatására is könnyen megváltoztatja a szerkezetét.

A fehérjék egyik alapvető tulajdonsága, hogy különböző tényezők (tömény savak és lúgok, nehézfémek, magas hőmérséklet) hatására megváltoztathatják szerkezetüket és tulajdonságaikat. A fehérjék természetes szerkezetének a polipeptidlánc szétcsavarodásával járó megbomlását, amely nem érinti az elsődleges szerkezetet, ***denaturációnak*** nevezzük (9.3. ábra). Általában a denaturáció visszafordíthatatlan folyamat. Kezdeti stádiumában a kiváltó tényező hatásának megszűntével a fehérje képes visszaállítani eredeti állapotát. Ezt a jelenséget ***renaturációnak*** mondjuk. 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. ***Fehérjék, polipeptidek, denaturáció, renaturáció, destrukció.***

A lényegről röviden

- A fehérjék – aminosav-maradék monomerekből álló nagymolekulájú biopolimerek. Húsz alapvető aminosav különbözőképpen kapcsolódhat egymással különleges kovalens kötés – peptidkötés – segítségével.
- A dipeptid két aminosav-maradékból, a polipeptid 6–10-től több tízig terjedő aminosav-maradékból áll; a 6000-et meghaladó molekulatömegű polipeptideket fehérjéknek nevezik.
- A fehérje térszerkezetének négy szintje ismeretes: elsődleges, másodlagos, harmadlagos, negyedleges. A fehérjék elsődleges szerkezetét az aminosav-maradékok összekapcsolódásának sorrendje határozza meg. A másodlagos szerkezet a fehérjemolekula teljesen vagy részlegesen feltekeredett spirál alakú térszerkezete, amelynek fenntartásában fontos szerepük van az egyik szál NH-csoportjának hidrogénje és a másik szál CO-csoportjának oxigénje között kialakuló hidrogénkötéseknek. A harmadlagos szerkezet a polipeptidspirál meghatározott, gombolyagszerű formába való feltekeredettsége, amely a diszulfid- és más kötéseknek köszönhető. A negyedleges szerkezet több globula egyesülésével jön létre, a fentartásában hidrofób, elektrosztatikus, hidrogén- és más kötések vesznek részt.
- Az egyszerű fehérjék vagy proteinek csak aminosav-maradékokból állnak, míg az összetettek vagy proteidek összetételében más természetű vegyületek is előfordulnak.
- A fehérjék denaturalizálódhatnak és renaturalizálódhatnak, azaz megváltoztathatják és visszaállíthatják struktúrájukat. A fehérjék elsődleges szerkezetének elbomlását destrukciónak nevezzük.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen az aminosavak, polipeptidek és fehérjék szerkezete?* **2.** *Mik a pótolható és a pótolhatatlan aminosavak?* **3.** *Hogyan kapcsolódnak össze az aminosavak polipeptidlánccá?* **4.** *Milyen aminosavakat sorolnak az egyszerű, és milyeneket az összetettekhez?* **5.** *Milyen térszerkezeti szintjei vannak a fehérjéknek?* **6.** *Milyen tulajdonságaik vannak a fehérjéknek?* **7.** *A fehérjék mely tulajdonságai függnek térszerkezetüktől?*

Gondolkozzatok el rajta!

1. Mi a közös és mi az eltérő a denaturációban és a destrukcióban? 2. Milyen szerepet játszik a fehérjék denaturációs képessége a szervezetek életében? 3. Miért hat kedvezőtlenül az emberi szervezet életműködésére, ha állati fehérjékben szegény az étrendje?

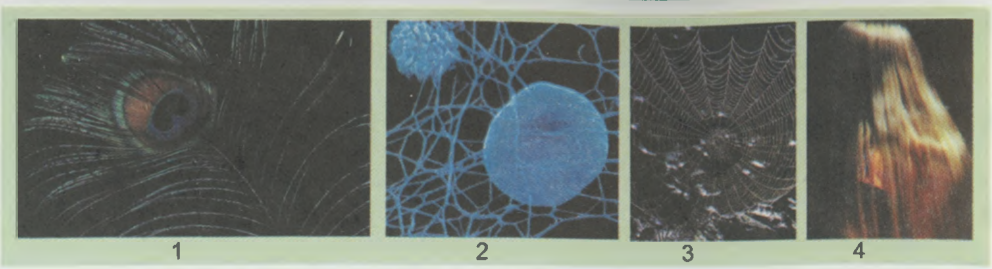
10.§. A FEHÉRJÉK FUNKCIÓI

Idézzétek fel!

Mik az organellumok, az endospermium, a kromoszómák, az antitestek és az antigének? Mik az anionok és a kationok? Milyen vegyületeket sorolnak a glikoproteidekhez? Milyen sejtek tartoznak az eukariótákhoz?

Már tudjátok, mennyire változatosak lehetnek a fehérjemolekulák. Sokféleségük funkcióik változatosságát is meghatározza.

- **A fehérjék építő- vagy szerkezetalkotó funkciója** abban áll, hogy a sejtmembránok alkotórészei. Fehérjeszerkezetek alkotják a sejtvázat (mikrocsövecskéket és fonalakat), ezek a szerkezetek meghatározott helyzetben rögzítik az organellumokat,



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

azaz a sejtszervecskéket, vagy biztosítják mozgásukat a sejtben. Fehérjék találhatók a riboszómák, kromoszómák és majdnem minden egyéb sejtalkotó elem összetételében.

A porcok és az inak fő alkotórésze egy rugalmas és tömör fehérje, a kollagén. Ennek a fehérjének a rostjai több kötőszövettípusban előfordulnak. Az ínszalagokban található elasztin fehérje nyújtható; a csontoknak a kollagén kölcsönöz rugalmasságot. A keratin nevű fehérje a gerinces állatok karmaiban, körmeiben, szarvaiban, patáiban, csőrében, szőrében, tüskéiben található. A selyemfonalak és a pókháló fő alkotórésze a fibroin fehérje (10.1. ábra).

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

• **A fehérjék védőfunkciója.** Azok a struktúrák – ízeltlábúak külső váza, csontok, porcok –, amelyek összetételében fehérjék találhatók, 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. A gerincesek és az ember szervezetében különleges védőfehérjék: **immunoglobulin** (vagy ***antitestek***) termelődnek. Ezek felismerik és ártalmatlanítják a baktériumokat, vírusokat és testidegen fehérjéket. Az immunoglobulin hatása specifikus: a megfelelő antitest válaszul képződik valamely antigén szervezetbe történő behatolására. Az **interferon** – a vírusok szaporodását gátoló fehérje. A felhasználásával antivirális gyógyszereket készítenek. A vérfehérjék (plazmafehérjék), azaz a *fibrin*, *tromboplasztin* és *trombin* a véralvadásban vesz részt, és megelőzi a jelentős vérveszteséget a szervezet sérülései esetén. 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 összehúzódó vagy mozgató funkciója.** Egyes fehérjéknek köszönhetően tudják a sejtek, szövetek vagy a szervezet megváltoztatni alakjukat, és képesek mozogni. Az izomsejtekben található **aktin** és **miozin** nevű fehérjék biztosítják

azok összehúzódó képességét. A **tubulin** nevű fehérje megtalálható az eukarióta sejtek mikrocsövecskéinek, csillóinak és ostorainak összetételében.

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

• A **szállítás** a fehérjék egyik alapvető funkciója. Idézzétek fel, hogy a **hemoglobin** az ember, a gerinces és sok gerinctelen állat vérének légzőpigmentje! Molekulái instabil vegyületeket tudnak 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.

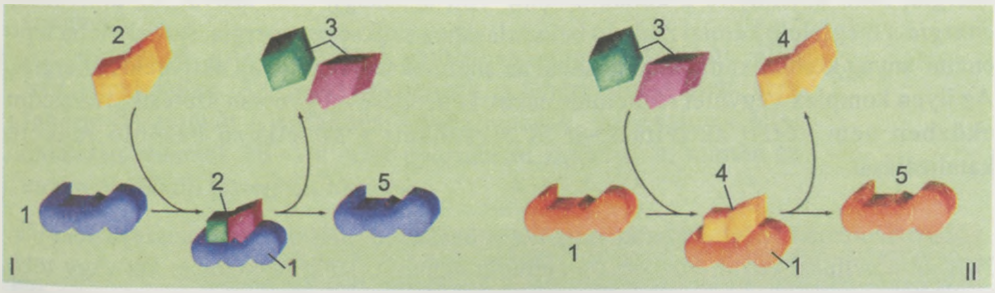
A hemoglobin lehetővé teszi az oxigén kötött állapotban történő tartalékolását a szervezetben. Ennek a szerves anyagokkal telített, oxigénben szegény vizekben élő állatok (szúnyoglárvák, kevéssertéjű férgek) esetében van nagy jelentősége.

A szállító fehérjék viszik az endoplazmás retikulum membránjain képződő lipideket más sejtszervecskékhez. A plazmamembrán szerkezetébe beépült fehérjék biztosítják az anyagok szállítását a sejt belsejébe és onnan kívülre.

• **A fehérjék hőszabályozó funkciója.** Egyes halak vérplazmája olyan fehérjéket tartalmaz, amelyek gátolják a megfagyását nagy hidegben. Ugyanakkor léteznek olyan, forró vizű forrásokban élő szervezetek, amelyek fehérjéi +50...90 °C-on sem denaturálódnak.

• **Szabályozó funkciót** számos fehérje lát el. Fehérjetermészete van több hormonnak és neurohormonnak, ezek az anyagcsere intenzitását, a szervezet növekedését (növekedési hormon) és fejlődését szabályozzák.

• A **katalitikus funkció** a biokémiai reakciók lefolyását szabályozó különleges fehérjék, az ***enzimek*** (***fermentumok***) sajátossága. A *katalízis* (gör. *katalizis* – megszüntetés) a kémiai reakciók sebességének megváltozása bizonyos kémiai vegyületek hatására. Az élő szervezetekben a katalitikus funkciót – ***biokatalízist*** – enzimek látják el (10.2. ábra).



10.2. ábra. Az enzimek funkciói. I. Az enzim (1) ideiglenesen egyesül az anyaggal (2) és elősegíti annak egyszerűbb vegyületekre való lebomlását (3). II. Az enzim (1) ideiglenes komplexumot alkot két molekulával (3) és biztosítja a reakciójukat, amely nyomán összetettebb anyag képződik (4). A reakció után az enzim szerkezete változatlanul marad (5) és készen áll az újabb reakciókra

Az enzimek lehetnek egyszerűek és összetettek. Az *egyszerű enzimek* (pepszin, tripszin) csak aminosav-maradékok által képzett molekulák. Az *összetett enzimek* abban különböznek az egyszerűektől, hogy nem fehérje részt, úgynevezett ***kofaktort*** tartalmaznak. A kofaktor állhat nem szerves kationokból vagy anionokból, lehet szerves anyag (***koenzim***), például vitaminszármazék. Az összetett enzimek aktivitása csak akkor nyilvánul meg, amikor az emzim fehérjerésze nem fehérjével egyesül.

Az enzimek katalitikus aktivitását nem az egész molekula, hanem csupán annak kis szakasza, az ***aktív centrum*** határozza meg. Ennek térszerkezete megfelel a vele reakcióba lépő anyagok kémiai szerkezetének. Az aktív centrum szabályozza a reakcióba lépő anyagok más anyagokkal való egyesülését és átalakulását. Az enzim hatása éppen ezért specifikus. Az aktív centrum összetételében gyakran vitaminszármazékok vagy fématomok is találhatók. Egy enzimmolekulában több aktív centrum is lehet.

Az enzimek instabil komplexumokat alkotnak a reakcióba lépő anyagokkal. Az enzimek által katalizált reakciók 10^6–10^{12}-szer gyorsabban zajlanak, mintha enzimmentes közegben mennének végbe. Néhány másodperc vagy akár a másodperc töredéke alatt a szervezetben reakciók bonyolult láncolata megy végbe, amelynek lezajlásához közönséges kémiai katalizátorok alkalmazásával napokra, hetekre, hónapokra, sőt évekre lenne szükség. Ennek az a magyarázata, hogy bármilyen kémiai reakció megvalósulásához a reagenseknek érintkezniük kell egymással. A reakció enzimek nélküli megvalósulásához a reagáló anyagok nagy koncentrációja vagy magas hőmérséklet szükséges a közegben, amely felgyorsítja a molekulák mozgását, megnövelve a reagáló anyagok molekuláinak találkozási esélyét. A szervezetekben az anyagok koncentrációja gyakran igen alacsony, és a magas hőmérséklet veszélyes lehet. Ezért nem lehetséges a biokémiai reakciók enzimek nélküli lefolyása.

A reakcióba lépő anyag az enzimmel érintkezve a lehető legközelebb kerül az enzim aktív centrumának specifikus csoportjaihoz. Eközben csökken molekulájában a kémiai kötés stabilitása. Ismeretes, hogy a kémiai reakció lefolyásához a szubsztrátum molekulájának úgynevezett átmeneti állapotba kell kerülnie, ami megkönnyíti a kémiai kötések hasadását. A szubsztrátum aktiválásához szükséges energiát *aktivációs energiának* nevezzük (valamely kötés felhasítására nem használódhat el kevesebb energia, mint amennyire a kialakításához volt szükség). Más szóval, az ***aktivációs energia*** a megfelelő kémiai reakció beindulásához szükséges energia. A reakcióba lépő enzim-anyag komplexum kialakításával az enzimek csökkentik az aktivációs energiát. Az ilyen komplex vegyület reakciótermékek képződésével gyorsan szétesik. Az enzim eközben nem veszít aktivitásából és elkezdheti a következő hasonló reakció katalizálását.

Egyes enzimek meghatározott vegyületek hasadását, mások a szintézisét biztosítják. Például a celluláz enzim biztosítja a cellulóz bontását. Ha a reakcióban két vagy több vegyület vesz részt, ezek mindegyike kölcsönhatásba lép az enzimmel. Az enzim eközben egymáshoz közeli helyzetben tartja őket, megteremtve a reakció lefolyásának feltételeit.

Az enzim aktivitása csak bizonyos feltételek: meghatározott hőmérséklet, nyomás, pH-érték megléte esetén nyilvánul meg. Léteznek specifikus, az enzimek aktivitását szabályozni képes anyagok. Ezek az enzimek aktív centrumaihoz kapcsolódnak és

blokkolják az aktivitásukat. Ilyen inhibitor anyagok egyes nehézfémek – ólom, arzén, ezüst – ionjai.

Az enzimes reakciók több egymást követő szakaszban zajlanak. Az egymáshoz kölcsönösen kapcsolódó enzimes reakciók láncolata biztosítja a normális anyagcserét és energiaátalakulást a sejtekben és a szervezetben.

Az enzimek meghatározott helyet foglalnak el az egyes sejtekben és a szervezet egészében. A sejtben sok enzim a plazmamembránhoz vagy egyes organellumok (mitokondriumok, plasztiszok stb.) membránjaihoz kapcsolódik.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Enzimek, biokatalízis, kofaktor.***

A lényegről röviden

Az élőlények változatos fehérjemolekulái a következő funkciókat látják el:
– építés vagy szerkezetalkotás (sejtmembránok és más sejtstruktúrák, porcok, inak, csontok alkotórészei);
– energiaforrás (1 g fehérje teljes elbomlásakor 17,2 kJ energia szabadul fel);
– védelem (immunoglobulinok, interferonok, lizocim, véralvadásban való részvétel);
– jelzés (a sejtmembránok fehérjéi képesek „felismerni" a specifikus kémiai vegyületeket vagy különböző tényezők hatását, és a sejt ingerelhetőségének biztosításával képesek reagálni rájuk);
– összehúzódás vagy mozgás (egyes fehérjék biztosítják a sejtek, szövetek vagy az egész szervezet alakváltozási képességét és mozgását);
– raktározás (egyes fehérjék a szervezet tápanyagtartalékaiként szolgálhatnak);
– szállítás (légzési pigment az állatok vérében, a plazmamembránba beépült fehérjék);
– hőszabályozás;
– szabályozás (hormonok, neurohormonok);
– katalízis (a biokémiai reakciók lefolyási gyorsaságát befolyásoló enzimek).

Az egyszerű enzimek csak aminosav-maradékokból álló fehérjemolekulák. Az összetett enzimek, a fehérjerész mellett, nem fehérje összetevőt – kofaktort – tartalmaznak. Az enzimek által katalizált reakciók 10^6–10^{12}-szer gyorsabban zajlanak le, mintha ez enzimek nélküli közegben történne.

Önellenőrző kérdések

1. *Melyek a fehérjék alapvető biológiai funkciói?* **2.** *Miben nyilvánul meg a fehérjék védőfunkciója?* **3.** *Mi határozza meg a fehérjék mozgató funkcióját?* **4.** *Milyen funkciókat látnak el az enzimek?* **5.** *Minek köszönhetően tudják ellátni az enzimek funkcióikat?* **6.** *A fehérjék mely tulajdonságainak köszönhető, hogy az élő szervezetek képesek felfogni a külső környezetből érkező ingereket?* **7.** *Miért nem lenne lehetséges enzimek nélkül a sejten belüli biokémiai folyamatok többsége?*

Gondolkozzatok el rajta! *A nem enzimek által katalizált reakcióktól eltérően az enzimreakciók eredményeként nem képződnek melléktermékek, azaz gyakorlatilag 100%-os végtermékképződés figyelhető meg. Milyen jelentősége van ennek a jelenségnek a szervezet normális működése szempontjából?*

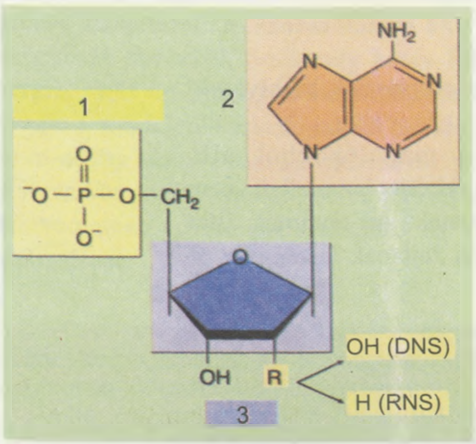
11.§. NUKLEINSAVAK. AZ ATP TULAJDONSÁGAI ÉS FUNKCIÓI

Idézzétek fel! *Milyen vegyületeket nevezünk biopolimereknek? Milyen szintjei vannak a fehérjemolekulák térbeli szerkezetének?*

Amint tudjátok, valamennyi élőlény képes örökletes információjának megőrzésére és az utódoknak való továbbadására a szaporodás során. Ezt a funkciót a nukleinsavak látják el. A nukleinsavak egyes fajtái részt vesznek az örökletes információ megvalósításában.

• A **nukleinsavak** – ***nukleotid*** monomerekből álló, nagy molekulaszámú biopolimerek. Egy nukleinsav-molekulában a nukleotidok száma 200-tól 200 millióig terjedhet. Először a sejtmagban fedezték fel őket, innen van az elnevezésük is (lat. *nucleus* – mag). Később a nukleinsavakat más sejtszervecskékben is megtalálták. A nukleotid-molekula nitrátbázis-maradékokból, ötszénatomos monoszacharidból (pentózból) és foszfátsav-maradékból áll (11.1. 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- és RNS-molekulák a következő nitrátbázis-maradékokból állnak: adenin (rövidítve **A** betűvel jelölik), guanin (**G**), citozin (**C**), timin (**T**). Ezenkívül az RNS összetételében az uracil (**U**) maradéka is megtalálható.



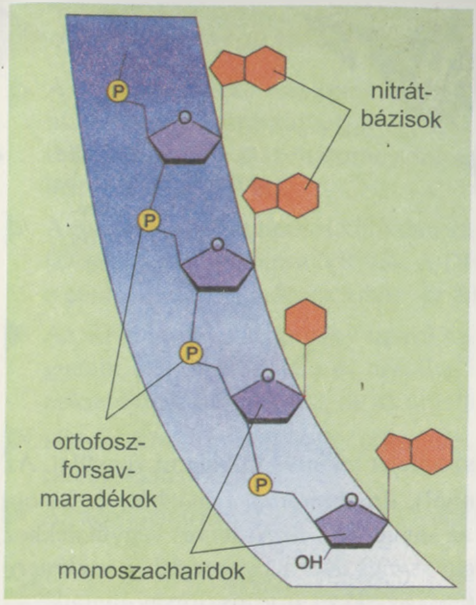
11.1. ábra. A nukleotid szerkezete: 1 – ortofoszforsav-maradék; 2 – nitrátbázis; 3 – monoszacharid (pentóz)

Tehát a DNS- és az RNS-molekula szerkezetében három nitrátbázistípus (adenin, guanin és citozin) megegyezik egymással, míg a timin csak a DNS-, az uracil pedig csak az RNS-molekulákban fordul elő (11.2. ábra).

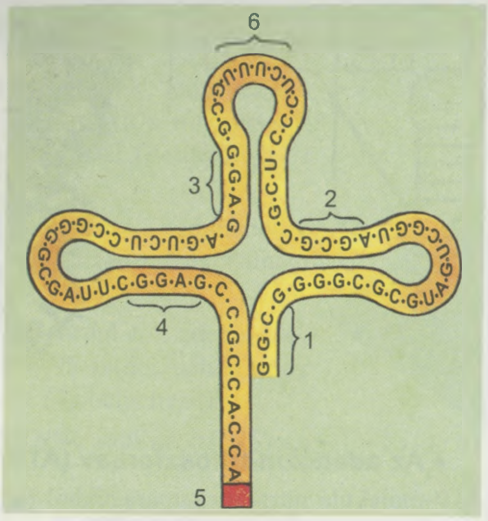
A nukleinsavaknak, a fehérjékhez hasonlóan, vannak különböző térbeli szerveződési szintjeik (konformációik).

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

Az ***információs*** vagy ***mátrix RNS*** (***iRNS*** vagy ***mRNS***) meghatározott DNS-mo-



11.2 ábra. A nukleinsav szerkezete vázlatosan



11.3 ábra. A tRNS szerkezete vázlatosan: 1–4 – komplementer nukleotidok kapcsolódása hidrogénkötésekkel; 5 – aminosav-kapcsolódás helye; 6 – antikodon

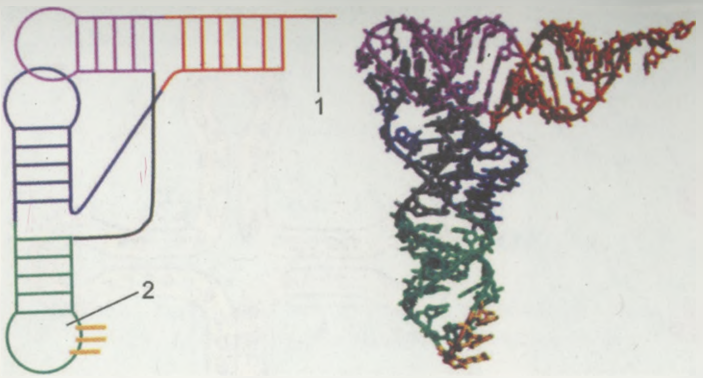
lekulaszakasz másolata. Ez a molekula viszi át az örökletes információt a DNS-ről a polipeptidszál szintézisének helyére, és közvetlenül részt vesz annak „összeszerelésében".

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 iRNS megfelelő szakaszát. Ez a szakasz három, megfelelő sorrendben elhelyezkedő nukleotidból áll és egy aminosavat kódol.

Valamennyi aminosavat specifikus tRNS szállít. A „tRNS-molekula –amino-sav-maradék" komplexum szállításában a citoplazma mikrocsövecskéi és mikroszálai működnek közre.

A szállító RNS-nek lóherelevélre emlékeztető állandó másodlagos szerkezete lehet. 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 – ***triplet*** – található, amely a genetikai kódnak megfelelően meghatározott aminosavnak felel meg. Ezt a tripletet ***antikodonnak*** nevezik. A DNS-molekula alapjánál található az a szakasz, amelyhez kovalens kötéssel kapcsolódik a megfelelő aminosav (11.3. ábra). A tRNS-molekula bonyolultabb – harmadlagos – konformációt képezhet, amely „L" vagy ukrán „Г" betűre emlékeztet (11.4. ábra).

A ***riboszomális RNS (rRNS)*** a valamennyi sejttípusban megtalálható különleges sejtszervecskék, a riboszómák alkotóeleme. A fehérjékkel együtt az rRNS szerkezetalkotó funkciót is ellát, és meghatározott módon, az iRNS és tRNS térbeli orientálásával vesz részt a fehérjeszintézisben. Az eukatióták sejtjeiben az rRNS a sejtmagocskában szintetizálódik.

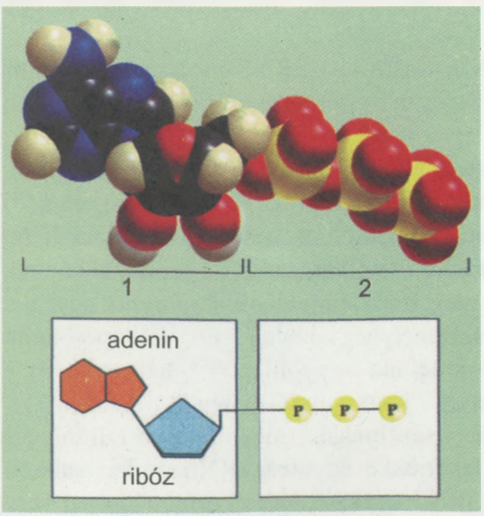


11.4. ábra. A tRNS L alakú konformációja: 1 – az aminosav-kapcsolódás helye; 2 – antikodon

• **Az adenozin-trifoszforsav (ATP)** összetételét tekintve nukleotid vegyület. Az ATP-molekula nitrátbázis-maradékból (adeninból), szénhidrátból (ribózból) és három foszforsav-maradékból áll (11.5. ábra). Ennek az anyagnak – más szerves vegyületekhez képest – szokatlan kémiai kötései és tulajdonságai vannak. Két nagyenergiájú – ***makroerg*** – kémiai kötés található benne az egymás után következő ortofoszforsav-maradékok között. A nagyenergiájú kémiai kötések jelentős mennyiségű energiát tárolnak. Ha megfelelő enzim közreműködésével az ATP-molekuláról lehasad egy foszforsav-maradék, akkor az ATP **adenozin-difoszforsavvá** (**ADP**) alakul. Eközben közel 40 kJ energia szabadul fel.

A sejt belső közegében lévő feltételektől függően egy ortoforforsav-maradék lehasításakor felszabaduló energia mennyisége 33 és 50 kJ/mol (glükóz) között váltakozhat.

Amikor az ATP-molekuláról két foszforsavmaradék hasad le, **adenozin-monofoszforsav** (**AMP**) keletkezik. Ekkor több mint 84 kJ energia szabadul fel. Ennek megfelelően, ha az AMP megköt egy ortofoszforsav-maradékot, akkor közel 40 kJ energiatartalék képződik. Közben ADP-molekula jön létre. Ugyancsak 40 kJ energia „raktározódik" el, ha az ADP-molekula újabb ortofoszforsav-maradékot köt meg, s az ADP-molekula ATP-molekulává alakul.



11.5. ábra. ATP-molekula: 1 – adenozin; 2 – triortofoszfát

Jegyezzétek meg: ***az ATP-molekulák a sejt univerzális kémiai energia-tárolói.*** Az ATP-molekula hasadásakor felszabaduló energiát a szervezet a számára szükséges vegyületek szintézisére, állandó testhőmérsékletének és életműködési folyamatainak fenntartására fordítja.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. *Nukleotidok, nukleinsavak.*

A lényeg röviden

- A nukleinsavak – nagymolekulájú biopolimerek, amelyeknek nukleotidok a monomerjei. A nukleotid-molekula nitrátbázis-maradékokból, ötszénatomos monoszacharidból (pentózból) és ortofoszforsavból áll.
- A nukleotidok két típusát különböztetik meg: dezoxi-ribonukleinsav (DNS) és ribonukleinsav (RNS). A DNS összetételében megtalálható a pentózmaradék, a dezoxiribóz, az RNS-ében – a ribóz.
- Az RNS-molekulában négy típusú nukleotid fordul elő: adenin (A), guanin (G), citozin (C) és uracil (U). A DNS-molekulában négy nukleotidtípus fordul elő, de az uracilt timin (T) helyettesíti.
- Három RNS-típus létezik: információs (iRNS), szállító (tRNS) és riboszomális (rRNS).
- Az adenozintrifoszfát-sav (ATP) – univerzális energiatároló a sejtben.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen sajátosságai vannak a nukleinsavaknak? A nukleinsavak mely típusai léteznek?* 2. *Milyen RNS-típusokat ismertek?* 3. *Milyen az iRNS-molekula szerkezete és funkciói?* 4. *Milyen a tRNS szerkezete és funkciói?* 5. *Mi az rRNS-molekula funkciója?* 6. *Mi az ATP-molekula funkciója?* 7. *Miben nyilvánul meg az ATP szerepe a sejten belüli energiaátalakulásokban?*

Gondolkozzatok el rajta! *A sejtekben végbemenő mely folyamatokban vesznek részt az RNS-molekulák?*

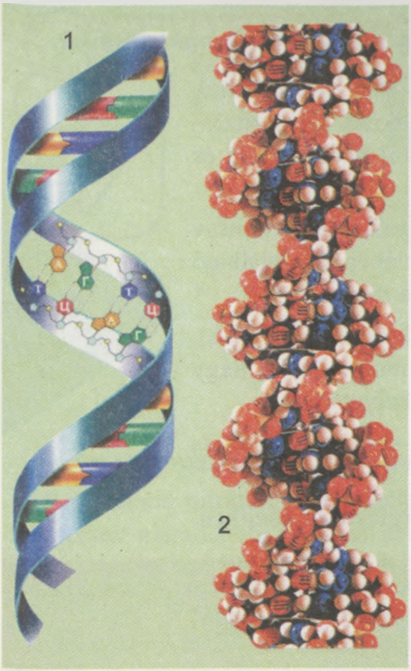
12.§. A DNS SZERKEZETE, TULAJDONSÁGAI ÉS FUNKCIÓI

Idézzétek fel! *Milyen anyagok tartoznak a monoszacharidokhoz és a biopolimerekhez? Hol tárolódik a sejtekben az örökletes információ? Milyen szervezeteket neveznek eukariótáknak és prokariótáknak? Mi a denaturalizáció, renaturalizáció és destrukció? Mit tudtok az antitestekről és az antigénekről?*

• **A DNS szerkezete.** A DNS az eukarióta sejtek magjában, plasztiszaiban 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) ukrán származású amerikai tudós és kollégái a DNS összetételét kutatva bizonyos mennyiségi törvényszerűséget tártak fel a DNS-nitrátbázisokat illetően a DNS-molekulában:

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

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



12.1. ábra. A DNS-molekula: 1 – vázlatos szerkezet; 2 – térszerkezeti modell; figyeljétek meg: a G és C komplementer nukleotidok között három hidrogénkötés, az A és T között csak két hidrogénkötés található. A DNS két szála egy közös tengely és egymás köré tekeredik

DNS térszerkezetének meghatározásához és tisztázásához a XX. sz. 50-es éveiben (12.1. ábra).

A DNS-molekula két, egymáshoz hidrogénkötésekkel kapcsolódó nukleotidszálból (nukleotidláncból) áll. Ezek a kötések az egymást mintegy méretükben kiegészítő két nukleotid között jönnek létre. Megállapították, hogy az adeninmaradék (**A**) mindig a timinmaradékhoz (**T**) kapcsolódik (két hidrogénkötés jön létre közöttük), míg a guaninmaradék (**G**) mindig csak a citozinmaradékhoz (**C**) kötődik (közöttük három hidrogénkötés alakul ki).

A nukleotidok egymásnak való szigorú megfelelését a DNS két szálában ***komplementaritásnak*** (lat. *complementum* – kiegészítés) 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* $1 \cdot 10^{-6}$ *mm-rel egyenlő*). Így jön létre a DNS-molekula másodlagos szerkezete, miközben az elsődleges szerkezet kettős szálba szerveződött nukleotid-maradékok meghatározott sorozata. Eközben az egyes nukleotidok erős kovalens kötésfajtával kapcsolódnak láncszerűen egymáshoz. A kovalens kötések egy nukleotid szénhidrátmaradéka és egy másik nukleotid ortofoszforsav-maradéka között jönnek létre.

A DNS-molekula a sejtben kompakt képződmények alakját ölti. Például a leghosszabb emberi kromoszóma DNS-molekulájának hossza megközelíti a 8 centimétert, de oly módon csavarodik fel, hogy magában a kromoszómában már mindössze 5 nanométer a hosszúsága. Ez azért lehetséges, mert a DNS kettős spirálja háromdimenziós, tömör szuperspirált – harmadlagos szerkezetet – hoz létre. Az ilyen szerkezet, amely az eukarióták kromoszomális DNS-ére jellemző, a DNS magfehérjéi közötti kölcsönhatás következtében alakul ki. A prokarióták sejtjeinek magja körül a DNS-molekula gyűrű alakú.

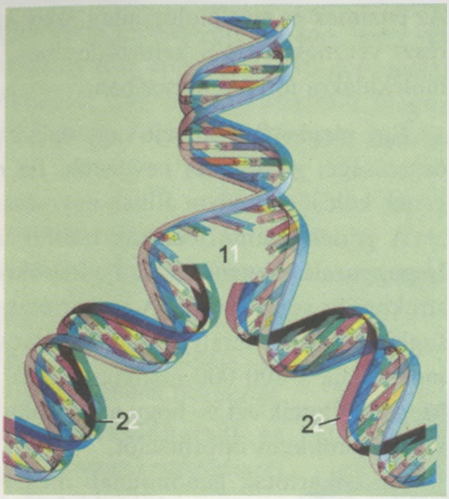
Jegyezzétek meg: ***a prokarióták és eukarióták sejtjeiben a DNS-molekulák mindig két szálból (láncból) állnak.***

• **A DNS tulajdonságai.** A fehérjemolekulákhoz hasonlóan a DNS-molekulák denaturálódhatnak, renaturálódhatnak és destrukturálódhatnak. Bizonyos feltételek mellett (savak, lúgok, magas hőmérséklet hatása) felhasadnak a DNS-molekula különböző polinukleotidszálainak komplementer nitrátbázisai közötti 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 komplementer nukleotidok

közötti hidrogénkötések helyreállásának köszönhetően.

A DNS-molekulák fontos tulajdonsága a kettőződés. 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 (12.2. ábra). Ennek köszönhetően a DNS-leánymolekulák az anyamolekulák pontos másai. Ez a mechanizmus biztosítja az örökletes információ pontos átadását a DNS-anyamolekulától a leánymolekuláknak.

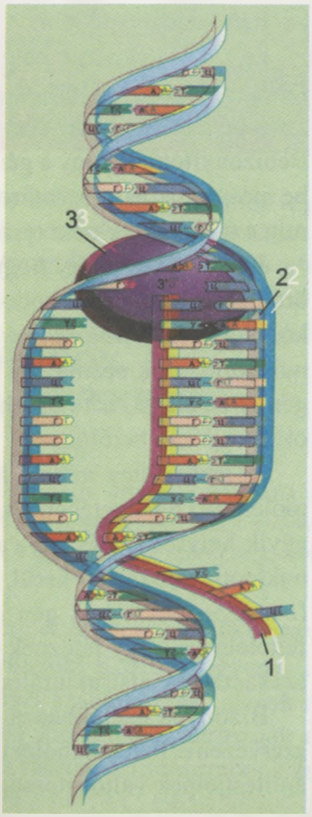


12.2. ábra. A DNS-molekula kettőződése: enzimek hatására felhasadnak a hidrogénkötések (1) és mindegyik anyaszálon komplementer módon létrejön a leányszál (2)

• **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 (12.3. ábra). Ezt a folyamatot ***transzkripciónak*** nevezzük.

Ismeretes, hogy a ***gén*** valamennyi szervezet esetében az öröklődés egysége. A gén a DNS-molekula (egyes vírusokban az RNS) egy szakasza, amely meghatározott fehérje vagy nukleinsav szerkezetére vonatkozó információt hordoz. A DNS őrzi a szervezet örökletes információját, és biztosítja annak átadását a leánysejtnek az anyasejt osztódása során. 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.



12.3. ábra. Az RNS-molekula (1) szintézise a DNS-molekula egyik szálán (2). Ezeket a folyamatokat specifikus enzim – RNS-polimeráz – katalizálja (3)

Az enzimek és más biológiailag aktív anyagok hatnak a szerkezeti gének aktivitására és részt vesznek a DNS kettőződésében, valamint az örökletes információnak az RNS-molekulákra történő átírásában.

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

A gének száma jelentős mértékben eltérő lehet a különböző szervezetekben. Legegyszerűbb genómjuk a vírusoknak van, ebben egytől több százig terjedhet a strukturális gének száma. A prokarióták genómjának bonyolultabb a szerkezete, magában foglal mind strukturális, mind szabályozó géneket. Kiderült, hogy a kólibaktérium DNS-molekulája 3 800 000 nukleotidpárból áll, ebben közel ezer strukturális gén található. Megállapították azt is, hogy a kólibaktérium DNS-molekulájának a fele egyáltalán nem hordoz örökletes információt.

Az eukarióták genómjának még bonyolultabb a szerkezete: magjukban a DNS mennyisége nagyobb, tehát nagyobb a szerkezeti és szabályozó gének száma.

A különböző eukarióták genómjának vizsgálata kiderítette, hogy magjukban a DNS mennyisége többszöröse annak, mint amennyi az összes szerkezeti gén kódolásához szükséges. Ennek a jelenségnek különböző okai vannak. *Először*, a DNS-ben sok olyan nukleotidsorozat (szekvencia) található, amelyek több százezerszer ismétlődnek. *Másodszor*, a DNS jelentős része nem hordoz genetikai információt. *Harmadszor*, sok benne a szabályozó gén.

Egyes esetekben a nem információs, azaz nem kódoló szakaszok aránya elérheti a DNS-molekula 80–90%-át, míg a fehérjék vagy az RNS szerkezetét kódolóké csak 10–20%-ot tesz ki. Nem kódoló DNS-szakaszokat kimutattak a szerkezeti génekben is. Bebizonyították, hogy a gén külön blokkokból (részekből) áll. Ezek némelyike az iRNS-be másolódik és meghatározott vegyületek szerkezetére vonatkozó információt hordoz, míg a többi blokk nem teszi ezt.

Jegyezzétek meg, *hogy az eukarióták génjeinek mozaikszerű a szerkezetük:* az örökletes információt kódoló génszakaszokat ***exonoknak***, az örökletes információt nem kódolókat ***intronoknak*** nevezzük. Egyes intronokban 100-tól 1 000 000-ig terjedhet a nukleotidpárok száma. Az intronok mennyisége a géneken belül eltérő: a hemoglobin génjében kettő, a tojásfehérje génjében hét, a tyúk kollagén fehérjéjének génjében ötvenegy van belőlük.

Korábban úgy vélték, hogy a génnek egyértelműen stabil helye van a nukleinsav-molekula szerkezetében. De a XX. sz. 60-as éveiben kiderült, hogy a DNS-fragmentumok egyik helyről a másikra vándorolnak. Ha egy ilyen fragmentum valamely gén kódoló nukleotidsorozatába kerül, akkor ez a gén elveszíti funkcióját. Ha az ilyen *ugráló gén* (*transzpozon*) másik gén mellé kerül, akkor annak megváltozhatnak a funkciói. Azt feltételezik, hogy léteznek olyan genetikai programok, amelyek a DNS-molekula egyes szakaszainak átstrukturálódásáért felelnek.

Bizonyos esetekben a DNS-molekula spontán átstrukturálódása jelentősen hat a szervezetre. Például molekuláris elemzéssel kimutatták, hogy az emlősállatok és az ember antitestjeinek változatosságáért éppen ez a jelenség lehet a felelős.

Ugyanakkor a sérült DNS-molekulák megújulásra képesek oly módon, hogy sérült részeiket specifikus enzimek kivágják, s a helyükön más enzimek (DNS-polimerázok) visszaállítják a nukleotidok megfelelő sorrendjét. Egy további enzim a megújult fragmentum DNS-szálba való beépülését segíti. Ennek a folyamatnak a neve: ***reparáció*** (lat. *reparation* – megújulás).

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Dezoxi-ribonukleinsav (DNS), komplementaritási elv, szerkezeti és szabályozó gének, exonok és intronok.***

A lényegről röviden

- A DNS-molekula két, egymáshoz hidrogénkötésekkel kapcsolódó nukleotidszálból áll. A DNS-szálak hidrogénkötésekkel összekapcsolt nukleotidjainak pontos megfelelését komplementaritásnak nevezzük.
- A DNS-molekulák denaturálódhatnak, renaturálódhatnak és destruálódhatnak. Ugyancsak képesek replikációra, azaz kettőződésre.
- A DNS fő funkciói: az örökletes információ kódolása, tárolása, megvalósítása és a leánysejteknek történő átadása a szaporodás során.
- A géneket a fehérjék és ribonukleinsavak struktúráit kódoló szerkezeti és az enzimek és biológiailag aktív anyagok kapcsolódási helyéül szolgáló szabályozó génekre osztják.

Önellenőrző kérdések

1. Milyen sajátosságai vannak a DNS szerkezetének? 2. Miben egyezik és miben különbözik a DNS és az RNS molekulája? 3. Milyen a DNS térszerkezete? Kik javasolták elfogadásra? 4. Mi a DNS szerepe a sejtben? 5. Mi a gén és a genóm? Milyen típusaik vannak a géneknek? 6. Milyen a szerkezeti gének felépítése?

Gondolkozzatok el rajta! *Mely kötések, az egy szálban lévő szomszédos nukleotidok között lévők vagy a különböző szálak komplementer nukleotidjait összekapcsolók hasadnak-e fel, amikor a DNS-molekulára különböző tényezők hatnak? Feleleteteket indokoljátok meg!*

13.§. BIOLÓGIAILAG AKTÍV ANYAGOK. VITAMINOK, HORMONOK, NÖVEKEDÉSI FAKTOROK

Idézzétek fel! *Milyen vegyületeket neveznek biológiailag aktív anyagoknak? Mik a vitaminok, a hormonok és a belsőelválasztású mirigyek? Ezek milyen szerepet játszanak a szervezetben? Milyen a szinapszisok szerkezete, mik a funkcióik?*

• **Biológiailag aktív anyagok** – az élőlények anyagcseréjét és energiaátalakulásait befolyásolni képes, eltérő kémiai természetű szerves vegyületek. Közülük egyesek a szervezetek anyagcsere-folyamatait, növekedését és fejlődését szabályozzák, mások a saját vagy más fajok egyedeire hatnak. A biológiailag aktív anyagokhoz tartoznak a vitaminok, enzimek, hormonok, neurohormonok, növekedési faktorok, fitohormonok és antibiotikumok (13.1. ábra).

• **Vitaminok** – alacsony molekulaszámú, eltérő kémiai természetű, biológiailag aktív szerves vegyületek. Minden élőlény számára nélkülözhetetlenek életfolyamataik fenntartásához. A vitaminok az összetett enzimek alkotórészeiként legtöbbször részt vesznek az anyagcserében és az energiaforgalomban. Az ember napi vitaminszükséglete milligrammokban, olykor mikrogrammokban mérhető.

A szerves vegyületeknek ezt a csoportját 1880-ban fedezte fel M. I. Lunyin (1853–1937) orosz orvos, a vitamin kifejezést, amelynek szó szerinti fordítása „létfontosságú amin", Kazimierz Funk (1884–1967) lengyel biokémikus javasolta 1912-ben, mivel a B_1-vitamin kémiai összetételét vizsgálta, amelyben aminocsoportot talált. Manapság mintegy 20 különböző vitamin és vitaminszerű vegyület ismeretes. Ezek eltérő módon hatnak a szervezetekre.

A vitaminok létfontosságú összetevői az ember és az állatok kiegyensúlyozott táplálkozásának. Fő forrásai az élelmiszerek, általában a növényi eredetű táplálék. Azonban vannak olyan vitaminok, amelyeket csak állati termékek tartalmaznak (A- és D-vitamin). Az emberi és az állati szervezet bizonyos szöveteiben is képződhetnek vitaminok elenyésző mennyiségben az *elővitaminokból* (*provitaminokból*). A D-vitamin például az emberi bőrben képződik ultraibolya sugarak hatására. Az emberi és állati szervezetben a szimbionta mikroorganizmusok is termelhetnek vitaminokat. Például az ember beleiben élő baktériumok K-, B_6- és B_{12}-vitaminokat szintetizálnak.

Amikor még nem ismerték a vitaminok kémiai szerkezetét és hatásmechanizmusát, a latin ábécé betűivel – A-vitamin, B-vitamin, C-vitamin, D-vitamin – jelölték őket. Újabban azonban kémiai elnevezéseiket is használják, mint például a C-vitamin helyett az aszkorbinsavat.

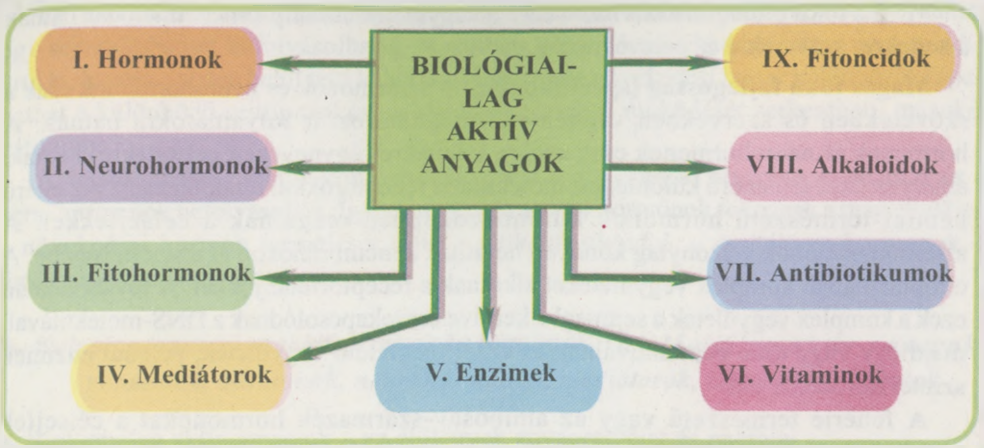
A vitaminokat vízben és zsírokban való oldódási képességüktől függően *vízben oldódókra* és *zsírban oldódókra* osztják. Vízben oldódó a B- és a C-, zsírban oldódó az A-, D-, K- és E-vitamin.

Ha a szervezetben huzamos ideig nincs elegendő mennyiség bizonyos vitaminokból, akkor ***hipovitaminózis*** fejlődik ki. Egyes vitaminok teljes hiánya esetén ***avitaminózis*** jelentkezik, fölös mennyiségű előfordulásuk ***hipervitaminózishoz*** vezet. Ha az emberi szervezet A-vitaminból a normális mennyiségnél 20–30-szor többet tartalmaz, akkor mérgezés alakul ki. Hipo- és avitaminózist anyagcserezavarok is előidézhetnek. Ez az úgynevezett ***másodlagos vitaminhiány***, amikor a szervezet bizonyos vitaminokat nem tud hasznosítani.

Az emberi és állati szervezet normális működését biztosító biológiailag aktív anyagok másik csoportja: a hormonok és neurohormonok.

• **Hormonok** – olyan szerves anyagok, amelyek a biokémiai reakciókiklusokba bekapcsolódva szabályozni tudják az anyagcsere-folyamatokat és az energiaátalakulásokat. A hormonokat az ember és az állatok belsőelválasztású és kevert mirigyei termelik. A belsőelválasztású mirigyeket tudományosan endokrin mirigyeknek nevezik.

Egyes speciális (neuroszekréciós) idegsejtek hormonszerű anyagokat, úgynevezett neuromediátorokat (adrenalint, noradrenalint) és neurohormonokat (oxitocint, vazopresszint) – termelnek. A **neurohormonokat** bizonyos idegsejtek szintetizálják,



13.1. ábra. Biológiailag aktív anyagok: baktériumok termelik (V, VI, VIII), gombák szintetizálják (III, V, VI, VII) és állatokban képződnek (I, II, IV, V, VI)

ezek ugyanúgy hatnak a szervezetre, mint a hormonok. A hormonok és a neurohormonok is a vérbe és más testnedvekbe (például a gerinctelenek testüreg-folyadékába) ürülnek, amelyek a szövetekhez és szervekhez szállítják őket. Ezek a biológiailag aktív anyagok az anyagcserét és a belsőelválasztású mirigyek működését szabályozzák, fenntartják a simaizomzat tónusát és a szervezet belső környezetének állandóságát, a homeosztázist.

A hormonok és a neurohormonok kémiai természete eltérő lehet:

- fehérje természetűek (növekedési hormon – szomatotropin, inzulin és glükagon);
- aminosav-származékok (adrenalin, noradrenalin, tiroxin);
- lipid természetűek (nemi hormonok, kortikoszteroidok).

A hormonok és neurohormonok szabályozzák az emberi és az állati egyedfejlődés valamennyi szakaszát, az életműködés minden folyamatát, és biztosítják a szervezet belső közegének alkalmazkodását a külső környezet változásaihoz, fenntartják a szervezet belső környezetének állandóságát, szabályozzák az enzimek aktivitását. Ha bizonyos hormonok nem képződnek elegendő mennyiségben vagy egyáltalán nem termelődnek a szervezetben, akkor különböző fokú fejlődési és anyagcserezavarok lépnek fel. Tudjátok, hogy ha az emberi szervezetben nem képződik kellő mennyiségű növekedési hormon, akkor törpeség (kreténizmus) alakul ki, ha viszont túltermelés van belőle, akkor óriásnövés (gigantizmus) a következmény.

Az impulzusokat rövid idő alatt nagy távolságokra továbbító idegrendszerrel összehasonlítva a hormonok ugyan lassabban hatnak, de hatásuk tartósabb.

A hormonok hatásának jellemző sajátosságai:

Távhatás – a hormonok és neurohormonok a vérárammal keletkezési helyüktől nagy távolságra elkerülnek, és a célsejtekre hatva szabályozzák azok működését.

Magas fokú biológiai aktivitás – ezek a vegyületek csekély koncentrációban hatnak a sejtekre, szövetekre és szervekre.

Magas fokú fajlagosság (specifikusság) – a hormonok és neurohormonok csak a szövetekben és szervekben végbemenő meghatározott folyamatokra hatnak. A hormonok és neurohormonok csak azokra a sejtekre (úgynevezett célsejtekre) hatnak, amelyek őket felismerő különleges, molekuláris receptorokkal rendelkeznek. Az eltérő kémiai természetű hormonok különbözőképpen reagálnak a célsejtekkel. A szteroidhormonok viszonylag könnyen bejutnak a membránokon át a sejt belsejébe. A citoplazmában komplex vegyületeket alkotnak a receptorfehérjékkel. A továbbiakban ezek a komplex vegyületek a sejtmagba kerülve összekapcsolódnak a DNS-molekulával, majd egy vagy több gént aktiválnak és ezzel megfelelő vegyületek, például enzimek szintézisét idézik elő.

A fehérje természetű vagy az aminosav-származék hormonokat a célsejtek membránfelületén található receptorok kötik meg. Az így képződő komplex vegyület a sejtmembrán belső felületén megkötött különleges enzimet aktiválja. Ennek az enzimnek a hatására a sejt citoplazmájában biokémiai reakciók láncolata indul be. Ettől megváltozhat az anyagcsere sebessége, a szívizom összehúzódásának gyakorisága, a simaizmok tónusa. Egyes sejteknek egyszerre lehetnek különböző hormonokra érzékeny receptoraik, vagyis többes hormonkontroll alatt állnak. Ezenkívül a különböző sejttípusokban lehetnek ugyanarra a hormonra érzékeny receptorok, ami az adott hormont többes hatásúvá teszi.

Viszonylag rövid idejű létezés a szervezetben – a szervezetben néhány perc vagy óra elteltével a hormon vagy neurohormon különleges enzim hatására elveszíti hatását.

A jeleket rövid idő alatt nagy távolságokra továbbító idegrendszertől eltérően a hormonális rendszert kisebb sebesség jellemzi, de az általa előidézett hatás tartósabb.

• **Mediátorok** – fiziológiailag aktív anyagok, amelyek az idegrendszer sejtjei közötti kölcsönhatást biztosítják. A többi között részt vesznek az idegingerület neuronok közötti, neuronok és izomsejtek közötti átadásában. Ezeket idegsejtek és receptorsejtek termelik. A mediátormolekulák a szinaptikus réseken kerülnek ki a belső térbe. Elválasztásuk intenzitását a Ca^{2+} kationok különböző koncentrációja szabályozza. A különféle mediátorok különböző szinaptikus hatásokat válthatnak ki, például gyorsíthatják vagy lassíthatják az idegimpulzusok szinapszison való áthaladását. Mediátorszerepet betölthetnek különféle vegyületek, így az acetilkolin, noradrenalin, adrenalin, szerotonin.

• **Sejtnövekedési faktorok** – $5 \cdot 10^3$–10^4 dalton molekulatömegű polipeptidek. A hormonokhoz hasonlóan serkentik vagy gátolják a sejtek osztódását, differenciálódását, mozgási aktivitását, metabolizmusát és egyéb megnyilvánulásait. A hormonoktól eltérően a növekedési faktorokat a valamennyi szövetfélében előforduló nem specifikus sejtek termelik. Ezek a faktorok a vérbe jutva bekerülnek más sejtekbe. A növekedési faktorok a sejtmembránokban lévő receptormolekulákkal lépnek kölcsönhatásba.

A sejtnövekedés és -fejlődés idegi-humorális kontrolljának megszűnése rosszindulatú daganatok kifejlődését idézheti elő.

Egy növekedési faktor különböző sejtekre fejtheti ki hatását és több növekedési faktor egy sejt működését befolyásolhatja. A sejtben képződő növekedési faktor nem mindig ürül ki, hanem a sejten belül fejti ki hatását. Ugyanaz a növekedési faktor különbözőképpen hathat a különböző sejttípusokra, például egyes sejtek működését serkentheti, másokét gátolhatja.

A sejtnövekedési faktor szintézisének fokát a növekedési hormon, az inzulin és a nemi hormonok befolyásolják. Így az inzulin és a nemi hormonok fokozzák a májsejtekben a növekedési hormon termelését, míg a glükokortikoidok – mellékvesehormonok – fordítva, csökkentik azt.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Biológiailag aktív anyagok, vitaminok, hormonok, neurohormonok, mediátorok, növekedési faktorok.***

A lényegről röviden

- Biológiailag aktív anyagok – az élőlények anyagcseréjét és energiaátalakulásait befolyásolni képes, eltérő kémiai természetű szerves vegyületek. Biológiailag aktív anyagok a hormonok, enzimek, vitaminok, neurohormonok, fitohormonok, antibiotikumok.
- Vitaminok – alacsony molekulaszámú, eltérő kémiai természetű, biológiailag aktív szerves vegyületek, legtöbbször az összetett enzimek alkotórészeiként részt vesznek az anyagcserében és az energiaforgalomban.
- Hormonok – olyan szerves anyagok, amelyek a biokémiai reakciociklusokba bekapcsolódva szabályozni tudják az anyagcsere-folyamatokat és az energiaátalakulásokat. A hormonokat az ember és az állatok belsőelválasztású mirigyei termelik. A bizonyos idegsejtek által termelt neurohormonok ugyanúgy hatnak a szervezetre, mint a hormonok.
- Mediátorok – fiziológiailag aktív anyagok, amelyek az idegrendszer sejtjei közötti kölcsönhatást biztosítják, részt vesznek az idegingerület neuronok közötti, neuronok és izomsejtek közötti átadásában.
- Növekedési faktorok – polipeptidek, amelyek a hormonokhoz hasonlóan serkentik vagy gátolják a sejtek osztódását, differenciálódását, mozgási aktivitását, metabolizmusát, egyéb megnyilvánulásait, beleértve a sejt pusztulását.

Önellenőrző kérdések

1. *A biológiailag aktív anyagok mely csoportjait ismeritek?* 2. *Mik a vitaminok?* 3. *Miért fordul elő az emberi és az állati szervezetben anyagcserezavar egyes vitaminok elégtelen mennyisége vagy hiánya esetén?* 4. *A hormonok és neurohormonok mely tulajdonságait ismeritek?* 5. *Milyen lehet a hormonok és a neurohormonok kémiai természete?* 6. *Milyen mechanizmus szerint hatnak a különböző hormonok a sejtekre?* 7. *Mik a mediátorok? Milyen szerepet játszanak a szervezetben?*

Gondolkozzatok el rajta! *Miként állapítható meg, hogy milyen hatással van az emberi vagy állati szervezetre valamely vitamin elégtelen mennyisége vagy hiánya?*

LABORATÓRIUMI GYAKORLAT

1. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

EGYES SZERVES VEGYÜLETEK ÉS FUNKCIÓIK MEGHATÁROZÁSA

Cél: *ismerkedés a biokémiai analízis laboratóriumi módszereivel.*

Eszközök és anyagok: *laboratóriumi állvány kémcsövekkel, mérőpipetták, pipetták, üveg keverőpálcák, melegvizes fürdő, óra, desztillált víz, tömény sósav, Lügol-oldat (1 g jód és 2 g kálium-jodid 15 ml desztillált vízben feloldva, majd vízzel hígítva 300 ml-ig), napraforgóolaj, etil-alkohol, benzol, kloroform; szódabikarbonát és nátrium-hidroxid 10%-os vizes oldatai, réz-szulfát és keményítő 1%-os oldatai.*

1. feladat. *Mutassátok ki a poliszacharid keményítőt jóddal reagáltatva, a monoszacharid glükózt réz-oxiddal reagáltatva, a keményítő hasításával!*

A munka menete

1. Számozzatok meg két kémcsövet, és öntsetek bele 2–2 ml keményítőoldatot!
2. Az első kémcsőbe cseppentsetek 1–2 csepp Lügol-oldatot, majd keverjétek meg üvegpálcával, és figyeljétek meg, mint színeződik el az oldat kékes ibolyaszínűre, s miként színtelenedik el melegítés hatására, illetve színeződik el újra hűtéskor!
3. A második kémcsőbe cseppentsetek 2–3 csepp tömény sósavat, majd melegítsétek az egészet melegvizes fürdőben 15 percig, s adjatok hozzá 2 ml kálium-hidroxid oldatot, 5 csepp réz-szulfátot, és hevítsétek az elegyet forráspontig!
4. Figyeljétek meg a sárga színű réz-hidroxid vagy a vörös színű réz-hemoxid keletkezését a keményítő hasadásakor képződő glükózzal és a réz-szulfáttal való kölcsönhatás során!
5. Vizsgálataitok eredményeit írjátok be a munkafüzetetekbe! Vonjatok le következtetéseket!

2. feladat. *Vizsgáljátok meg a zsírok oldhatóságát különböző oldatokban!*

A munka menete

1. Számozzatok meg négy kémcsövet, és öntsetek mindegyikbe 0,2–0,2 ml napraforgóolajat!
2. Az 1. sz. kémcsőbe öntsetek 5 ml desztillált vizet, a 2., 3. és 4. sz. kémcsőbe pedig rendre 5–5 ml etil-alkoholt, benzolt és kloroformot!
3. Mindegyik kémcsövet erősen rázzátok fel! Az 1. sz. kémcsőben instabil emulzió képződése figyelhető meg: a keverék két rétegre különül el; a 2. sz. kémcsőben az olaj nem tökéletes oldódása következtében zavaros oldat keletkezik; a 3. és a 4. sz. kémcsőben az oldatok majdnem átlátszók.
4. Az 1. sz. kémcsőbe öntsetek 5 ml jódoldatot, erősen rázzátok fel! Ekkor stabil emulzió képződését figyelhetitek meg.
5. Vizsgálataitok eredményeit írjátok be a munkafüzetetekbe! Vonjatok le következtetéseket!

2. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

AZ ENZIMEK TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

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

Eszközök és anyagok: *laboratóriumi állvány kémcsövekkel, mérőpipetták, pipetták, üveg keverőpálcák, lombik, melegvizes fürdő, termosztát, Lügol-oldat, desztillált víz, pohár jéggel, keményítő 0,2%-os vizes oldata.*

1. feladat. *Vizsgáljátok meg a nyálenzim (amiláz) keményítőre gyakorolt hatását!*

A munka menete

1. Öblítsétek ki a szátokat vízzel 2–3-szor, majd 3–5 percen át öblögessétek 50 ml desztillált vízzel, s az így kapott nyáloldatot gyűjtsétek lombikba!
2. Számozzatok meg két kémcsövet, és öntsetek beléjük 2–2 milliliter keményítőoldatot!
3. Az 1. számú kémcsőbe tegyetek 0,5 ml amiláztartalmú nyáloldatot (bontja a keményítőt), a 2. sz. kémcsőbe pedig öntsetek 0,5 ml desztillált vizet!
4. Keverés után helyezzétek az 1. és 2. sz. kémcsöveket +38 °C-os (az amiláz számára optimális hőmérsékletű) termosztátba 15 percre! Ezt követően vegyétek ki a kémcsöveket a termosztátból, és adjatok a tartalmukhoz 2–3 csepp Lügol-oldatot!
5. A nyáloldatot tartalmazó kémcsőben az oldat elszíntelenedése figyelhető meg a keményítő hasadása következtében. Abban a kémcsőben, amelyben nem volt nyáloldat, megmarad a kékes ibolyaszín.
6. Vizsgálataitok eredményeit írjátok be a munkafüzetetekbe! Vonjatok le következtetéseket!

2. feladat. *Vizsgáljátok meg a hőmérséklet hatását a nyálenzim (amiláz) aktivitására a keményítővel való kölcsönhatásban!*

A munka menete

1. Számozzatok meg négy kémcsövet, és mindegyikbe öntsetek 2–2 ml keményítőoldatot és 0,5–0,5 ml nyáloldatot!
2. Az 1. sz. kémcsövet hagyjátok szobahőmérsékleten, a 2. sz. kémcsövet helyezzétek +38 °C-os termosztátba, a 3. sz. kémcsövet forraljátok fel melegvizes fürdőben, a 4. sz. kémcsövet pedig helyezzétek jeget tartalmazó pohárba!
3. 10–15 perc elteltével vegyétek ki a kémcsöveket a termosztátból, a melegvizes fürdőből és a jeges pohárból! Ezt követően mind a négy kémcsőbe cseppentsetek 2–3 csepp Lügol-oldatot! Az 1. sz. kémcsőben a keményítő-hasadás sárga, vörös vagy ibolyaszínű köztes termékeinek képződése figyelhető meg; a 2. sz. kémcső a negatív jódpróba, ami azt mutatja, hogy a keményítő felhasad a nyál amilázának hatására az enzim számára optimális hőmérsékleten; a 3. és 4. sz. kémcső a pozitív jódreakció helye (az oldatok kékes ibolyaszínűre változnak), mivel az amiláz enzim elveszti aktivitását a forralás vagy hűtés hatására.
4. Vizsgálataitok eredményeit írjátok be a munkafüzetetekbe! Vonjatok le következtetéseket!

2. SZ. GYAKORLATI MUNKA

TRANSZKRIPCIÓVAL ÉS REPLIKÁCIÓVAL KAPCSOLATOS ALAPFELADATOK MEGOLDÁSA

1. feladat. Vizsgálatokkal kimutatták, hogy egy adott iRNS-molekula összes nukleotidjának 24%-a guanin (G), 38%-a uracil (U), 22%-a citozin (C) és 16%-a adenin (A). Határozzátok meg százalékokban annak a DNS-molekulának a nitrátbázis-tartalmát, amelyen az adott iRNS-molekula szintetizálódott!

Megoldási minta

A komplementaritás elvéből kiindulva annak a DNS-molekulának a százalékos nitrátbázis-tartalma, amelyen az iRNS-molekula szintetizálódott, a következő: citozin – 22%, adenin – 16%, guanin – 24%, timin – 38%. Mivel a DNS-molekula két szálból áll, a másik szál százalékos nitrátbázis-tartalma: citozin – 24%, adenin – 38%, guanin – 22%, timin – 16%. Ilyenformán a kétszálas DNS-molekula 23% citozint, 27% adenint, 23% guanint, 27% timint tartalmaz.

2. feladat. A DNS-molekula egyik szálának összetétele: GCG GGT GGA TAA CTA GCC. Milyen ennek a DNS-molekulának a másik szála, amely a molekula kettőződése során szintetizálódott?

3. feladat. Az iRNS-molekula a következő nukleotid-szekvenciákból áll: UUC GAA CGA UUG UCG CCG GAU. Milyen annak a DNS-molekulának a szerkezete, amelynek egyik szálán szintetizálódott az adott iRNS-molekula?

4. feladat. A DNS-molekula szála 34% guanint, 26% citozint, 25% timint és 15% adenint tartalmaz. Milyen annak az iRNS-molekulának a százalékokban kifejezett nukleotid-tartalma, amely a DNS-molekulának ezen a szálán szintetizálódott?

TRANSZLÁCIÓVAL KAPCSOLATOS ALAPFELADATOK MEGOLDÁSA

5. feladat. Ismeretes, hogy az iRNS-molekula 1535 nukleotidból áll. Hány aminosavból állnak azok a fehérjék, amelyeket ez az iRNS-molekula kódol, ha tudott, hogy a tripletjei között van egy UAA és két UGA összetételű?

Megoldási minta

Mivel az iRNS-molekula 1535 nukleotidból áll, tripletjeinek száma: 511. Két nukleotid semmilyen genetikai információt nem hordoz. Ugyancsak nincs genetikai információtartalmuk az UAA és UGA tripleteknek (ezek a fehérjemolekula szintézisének befejezését jelző úgynevezett stop-kodonok). Tehát az aminosavakat kódoló tripletek száma 508. Vagyis a szintetizálódott fehérje-molekula 508 aminosavból áll.

6. feladat. Hány aminosav kódolja az iRNS-molekulát, ha az a DNS-molekula AAG TCA GCA CTC CAA ATT nukleotid-összetételű szakaszán szintetizálódott?

Megoldási minta

Mivel az iRNS-molekula a komplementaritás elvének megfelelően szintetizálódik, az iRNS-molekulát alkotó nukleotid-szekvencia a következő: UUC ACU CGU GAC GUU

UAA. Vagyis az iRNS-molekula 6 tripletből áll, s közülük az utolsó (UAA) nem kódol aminosavat.

7. feladat. Az iRNS-molekula milyen nukleotid-szekvenciája kódolja a SZERIN – GLICIN – ASZPARAGIN – CISZTEIN – SZERIN – LIZIN – VALIN – ARGININ szerkezetű fehérjemolekula-szakaszt?

8. feladat. Az DNS-molekula milyen nukleotid-szekvenciája kódolja a LIZIN – GLICIN – – CISZTEIN – GLUTAMIN – ASZPARAGIN – TREONIN szerkezetű fehérjemolekula-szakaszt?

9. feladat. Milyen aminosav-szekvenciát kódol a DNS AGCATTCCAGTCTGCATG nukleotid-szekvenciája? Milyen lesz az aminosav-szekvencia, ha mutáció következtében ebből a molekulából kimarad az első nukleotid?

REPARÁCIÓVAL KAPCSOLATOS ALAPFELADATOK MEGOLDÁSA

10. feladat. Károsító tényező hatása nyomán módosult a DNS-molekula egyik szála. Derítsétek ki a károsodott szakaszt, ha a DNS-molekula sértetlen szálának nukleotid-szekvenciája: **AAT AGC TTA CCT AGC**, míg az iRNS-molekulának, amennyiben a sérült DNS-szálon szintetizálódna, a következő nukleotid-szekvenciával rendelkezne: **UUA GGC UAC GGA UCG**.
Állapítsátok meg, milyen a DNS-molekula összetétele a reparáció után!

11. feladat. Károsító tényező hatására módosult a DNS-molekula egyik szála. Ezt követően a DNS-molekula nukleotid-szekvenciája (az első szál sértetlen):
ATT CAT GGT CGA
TAC TGG CAA GCT.
Állapítsátok meg, hogy a DNS-molekula melyik szakasza módosult! Határozzátok meg százalékokban kifejezve a DNS-molekula nukleotid-tartalmát szerkezetének sérülése után, majd a reparációját követően!

3. SZ. GYAKORLATI MUNKA

ISMERKEDÉS EGYES GYÓGYSZEREK, HÁZTARTÁSI VEGYSZEREK HASZNÁLATI UTASÍTÁSAIVAL, VESZÉLYESSÉGÜK ÉRTÉKELÉSE

Cél: *a gyógyszerek és háztartási vegyszerek használati utasításainak helyes értékelése a balesetek megelőzése érdekében. A háztartási vegyszerek helytelen használata jelentette veszély vizsgálata és elemzése.*

Eszközök és anyagok: *az otthon leggyakrabban használt gyógyszerkészítmények használati utasításai, savat, lúgot, illékony anyagokat tartalmazó háztartási vegyszerek használati utasításai.*

A munka menete

1. Alkossatok két csoportot! Az egyik csoport tanulmányozza gyógyszerek használati utasításait, a másik háztartási vegyszerekét!

2. A saját csoportotokon belül készítsetek rövid beszámolót az adott témáról a következő vázlat alapján:

gyógyszerek:

– a házi gyógyszertár leggyakoribb kellékei (gyógyszerek, lázmérő);

– a gyógyszerek azon alapanyagai, amelyek heveny és krónikus mérgezést okozhatnak túladagolás vagy a szavatossági idő lejárta utáni használat következtében;

– annak indokolása, hogy miért fontos a gyógyszerek használatára vonatkozó utasítások betartása;

– a gyógyszerkészítmények használati és tárolási szabályainak betartása, a higanylázmérő sérülésekor foganatosítandó óvintézkedések felsorolása;

– elsősegélynyújtás gyógyszermérgezés esetén;

háztartási vegyszerek:

– leggyakrabban használt háztartási vegyszerek (ecet, szódabikarbóna, mosogatószerek, mosószerek, ragaszok, festékek, oldószerek);

– a háztartási vegyszerek veszélyes hatóanyagai (savak, lúgok, ortofoszfátok);

– a háztartási vegyszerek használatának és tárolásának szabályai;

– azonnali segítségnyújtás a háztartási vegyszerek bőrre, szembe, légutakba kerülése esetén.

3. Vonjatok le általános következtetéseket!

4. SZ. GYAKORLATI MUNKA

ÉLELMISZEREK ÖSSZETÉTELÉNEK ÉRTÉKELÉSE

Cél: *élelmiszerek fehérje-, zsír-, szénhidrát- és adalékanyag-tartalmának meghatározása.*

Eszközök és anyagok: *lombikok, kémcsövek, tölcsérek, szeszégő (vagy gázégő), kémcsőtartó, pipetta, porcelán mozsár mozsártörővel, mosott homok, géz, 10%-os NaOH oldat, 1%-os és 0,1%-os $CuSO_4$ oldatok, tyúktojás, édes keksz, napraforgóolaj, napraforgómag, néhány élelmiszer címkéje.*

A munka menete

I. feladat. *FEHÉRJÉK KIMUTATÁSA*

1. Készítsetek oldatot a tyúktojás fehérjéből! Ehhez törjétek fel a tojást, válasszátok külön a fehérjét a tojássárgájától, a fehérjét öntsétek le hideg vízzel! A kapott oldatot szűrjétek le több rétegben összehajtott gézen, a szűrletet öntsétek az 1. sz. lombikba!
2. Az 1. sz. lombikból a szűrletet öntsétek kémcsőbe, térfogatának 25%-áig telítve vele! A szűrlethez adjatok az 1/3-ad részével egyenlő mennyiségű 10%-os NaOH oldatot! Rázzátok össze a kémcső tartalmát, majd külön cseppekben adjatok hozzá 1%-os $CuSO_4$ oldatot a fehérjék jelenlétére utaló kékes ibolyaszín megjelenéséig!
3. Vonjatok le következtetéseket!

II. feladat. *ZSÍROK KIMUTATÁSA*

1. Öntsetek kevés napraforgóolajat kémcsőbe, majd öntsétek fel vízzel! A víz felszínére felúsznak a zsírcseppek.
2. Cseppentsetek néhány csepp olajat szűrőpapírra! Figyeljétek meg a zsírfoltok képződését!
3. Nyomjatok szét szűrőpapíron néhány napraforgómagot, és figyeljétek meg a zsírfoltok képződését!
4. Vonjatok le következtetéseket!

III. feladat. *SZÉNHIDRÁTOK KIMUTATÁSA*

1. Vonjatok ki cukrot édességekből! Ehhez dörzsöljetek szét a porcelánmozsárban 2–3 darab édes kekszet! A porított kekszre öntsetek kevés vizet! Az elegyet keverjétek meg és még adjatok hozzá vizet!
2. A kapott oldatot szűrjétek le több rétegben összehajtott gézen, és a szűrletet öntsétek a 2. sz. lombikba!
3. Az 2. sz. lombikból a szűrletet öntsétek kémcsőbe, térfogatának 25%-áig telítve vele, adjatok hozzá 3 ml 10%-os NaOH oldatot, 1–2 csepp 0,1%-os $CuSO_4$ oldatot és kevés homokot (hogy melegítéskor ne freccsenjen ki az edényből a folyadék)!
4. Kémcsőtartóban rögzítve melegítsétek a kémcsövet szeszégő (vagy gázégő) lángjában forrásig, olyan irányba állítva a kémcső nyílását, ahol nincs senki! Cukor jelenléte esetén az oldat téglavörös színűvé válik.
5. Vonjatok le következtetéseket!

IV. feladat. *ÉLELMISZERADALÉKOK KIMUTATÁSA*

1. Elemezzétek néhány élelmiszertermék címkéjének szövegét, és határozzátok meg, hogy mit tartalmaznak a fehérjéken, zsírokon és szénhidrátokon kívül!
2. Keressetek információt a feltüntetett élelmiszeradalékok kémiai összetételéről, az adott termékben játszott szerepükről, az emberi szervezetre kifejtett hatásukról!
3. Vonjatok le következtetéseket a magas élelmiszeradalék-tartalmú élelmiszerek fogyasztásának célszerűségéről!

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg a fehérje természetes szerkezetének helyreállását a sérülését követően:** *a) destrukció; b) denaturáció; c) renaturáció; d) bioszintézis!*
2. **Nevezzétek meg a vízben oldódó vegyületeket:** *a) viasz; b) glükóz; c) keményítő; d) keratin!*
3. **Mutassátok meg azokat a vegyületeket, amelyeknek a hasadásakor a legtöbb energia szabadul fel:** *a) lipidek; b) szénhidrátok; c) fehérjék; d) nukleinsavak!*
4. **Nevezzétek meg azt a vegyületet, amely az örökletes információt továbbítja a sejtmagból a fehérjeszintézis helyére:** *a) DNS; b) iRNS; c) rRNS; d) tRNS!*
5. **Határozzátok meg az antitest természetét:** *a) fehérje; b) lipid; c) szénhidrát; d) módosult nukleinsavak!*
6. **Mutassatok rá, mi határozza meg a fehérjék funkcióit:** *a) destrukciós hajlamuk; b) denaturációs és renaturációs képességük; c) képességük ideiglenes komplexumok létrehozására más vegyületekkel; d) oxigén nélküli hasadási képességük!*

7. **Határozzátok meg, hogyan kapcsolódnak egymáshoz polipeptid lánccá az aminosavmaradékok:** *a) a hidrogénkötéseknek köszönhetően; b) a kovalens kötéseknek köszönhetően; c) a hidrofób kölcsönhatásoknak köszönhetően; d) ionos kölcsönhatásoknak köszönhetően!*
8. **Mutassatok rá, milyen a fehérjék másodlagos szerkezete:** *a) globula; b) több egymással összekapcsolódott fehérjemolekula; c) spirális; d) aminosavmaradék-lánc!*
9. **Nevezzétek meg azt a vegyületet, amelynek az összetételében timin-nukleotid található:** *a) iRNS; b) DNS; c) rRNS; d) tRNS!*

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg a biopolimer vegyületet:** *a) glükóz; b) iRNS; c) zsírok; d) enzimek!*
2. **Jelöljétek meg azt a vegyületet, amelynek az összetételében uracil-nukleotid található:** *a) fehérjék; b) iRNS; c) tRNS; d) DNS!*
3. **Mutassátok meg azokat a vegyületeket, amelyek energiaforrásul szolgálnak a sejtben:** *a) víz; b) szénhidrátok; c) ásványi sók; d) lipidek!*
4. **Mondjátok meg, mi határozza meg az összetett enzimek aktivitását:** *a) helyük a sejtben; b) az aminosav-maradékok mennyisége; c) térszerkezetük; d) a nem fehérje rész jelenléte!*
5. **Határozzátok meg, milyen vegyületek lehetnek az összetett enzimekben:** *a) vitaminok; b) monoszacharidok; c) nukleotidok; d) fémionok!*
6. **Jelöljétek meg azokat a struktúrákat, amelyek összetételében fehérjék találhatók:** *a) sejtmembránok; b) növényi sejtfalak; c) inak; d) gombák sejtfalai!*

III. MEGFELELÉSI FELADATOK

1. **Állapítsátok meg a biopolimerek és a monomerjeik közötti megfelelőséget:**

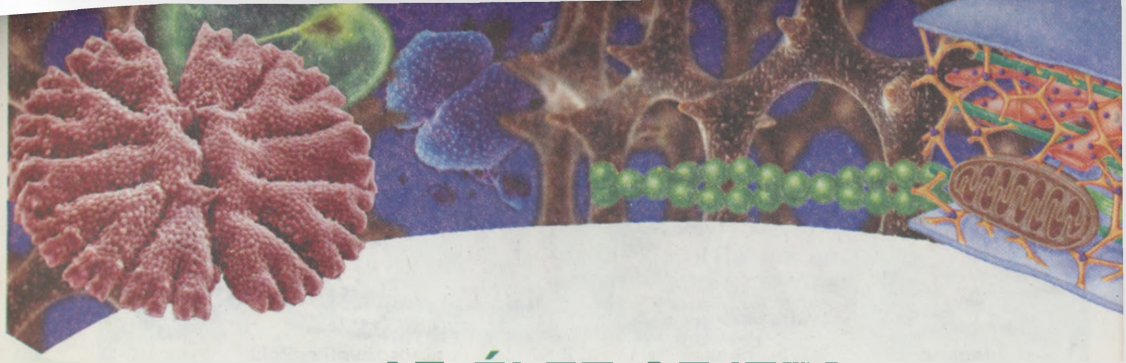
Polimerek	Monomerek
A Poliszacharidok B Fehérjék C DNS D RNS	1 Zsírsavak 2. Timin-nukleotidok 3 Aminosavak 4 Uracil-nukleotidok 5 Monoszacharidok

2. ***Állapítsátok meg a nukleinsavtípusok és funkcióik közötti megfelelőséget:***

Nukleinsavtípusok	A nukleinsavak funkciói
A DNS B iRNS C tRNS D rRNS	1 Szerkezeti: a riboszóma-elemek összetételében találhatók 2 Energetikai 3 Az örökletes információ kódolása és tárolása 4 Az aminosav-maradékok szállítása a fehérjemolekula szintézisének helyére 5 Az örökletes információ továbbítása a sejtmagtól a fehérjemolekula szintézisének helyére

IV. KÉRDÉSEK NYITOTT VÁLASSZAL

1. *Mi a közös és az eltérő a destrukcióban és denaturációban?*
2. *Miért a szénhidrátok játsszák a vezető szerepet a szervezet energiaátalakítási folyamataiban, miközben 1 g zsír hasadása során kétszer több energia szabadul fel?*
3. *Milyen kapcsolat van a vízmolekula szerkezete és tulajdonságai között?*
4. *Mi határozza meg az enzimek hatásának specifikusságát?*
5. *Milyen összefüggés van a DNS struktúrája és tulajdonságai, valamint funkciói között az élő szervezetekben?*
6. *Mi a közös és az eltérő az ATP és a különböző típusú nukleinsavak struktúrájában?*
7. *Miért van szükség enzimekre az élő szervezetekben zajló biokémiai folyamatokban?*
8. *A DNS-molekulában lévő nitrátbázismaradék-tartalom mely mennyiségi törvényszerűsége tette lehetővé térszerkezetének a megállapítását?*



II. FEJEZET

AZ ÉLET SEJTES SZERVEZŐDÉSI SZINTJE

1. TÉMA. A SEJT ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSE. FELSZÍNI SEJTKÉSZÜLÉK. SEJTMAG

- az élő anyag sejtes szerveződési szintjének sajátosságai;
- a sejtkutatás története;
- a sejtkutatás alapvető módszerei;
- a sejt szerveződésének típusai;
- a sejt felszíni készülékének szerkezete és funkciói;
- a sejtmag szerkezete és funkciói.

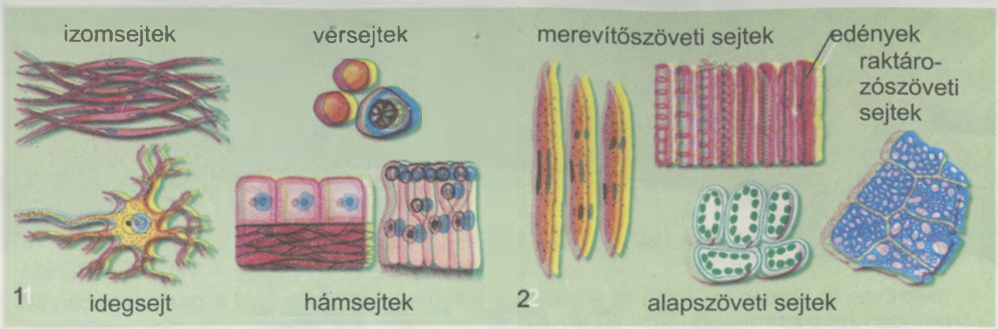
14.§. A SEJT MINT A SZERVEZETEK ALAPVETŐ SZERKEZETI-MŰKÖDÉSI EGYSÉGE. A SEJTTAN KUTATÁSI MÓDSZEREI

Idézzétek fel! *Mit vizsgál a sejttan (citológia)? Milyen a fénymikroszkóp szerkezete, melyek használatának a szabályai? Milyen sejtalkotókat ismertek? Mik a radioaktív izotópok?*

Már tudjátok, hogy minden élőlény sejtes felépítésű. Ez alól csak a vírusok – az élet nem sejtes formái – képeznek kivételt.

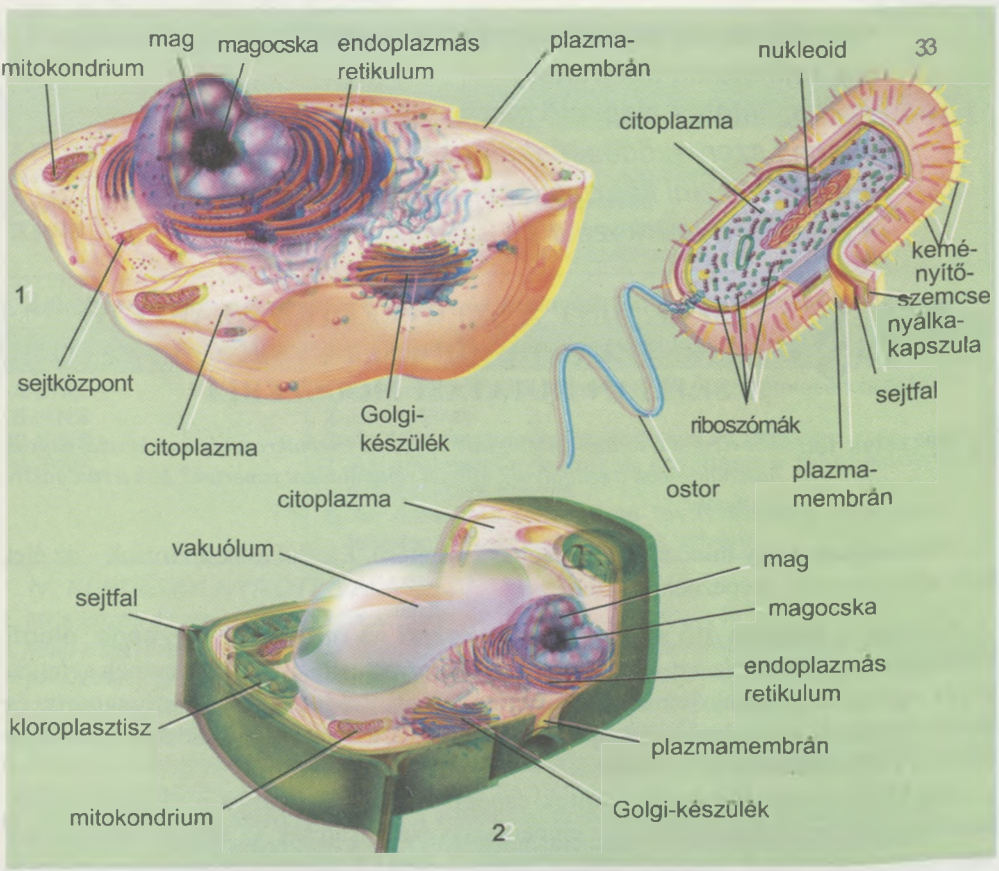
• **A sejt – minden élő szervezet szerkezeti és működési egysége, elemi biológiai rendszer.** Ez azt jelenti, hogy az élő anyag sejtes szerveződésének szintjén teljes egészében megnyilvánulnak az élő összes tulajdonságai: az anyagcsere és energiaforgalom, a növekedés és szaporodás képessége, a mozgás, az örökletes információ tárolása és továbbadása az utódoknak.

Ma kirándulásra indulunk a sejtek csodálatos világába, abba a világba, amely mindegyikünkben megtalálható. Az emberi szervezet, akárcsak az állatok többségének szervezete, több száz fajta sejtből épül fel (14.1, 1. ábra). A sejtek változatossága jellemzi a növényeket is (14.1, 2. ábra).



14.1. ábra. Az állati (1) és növényi (2) sejtek változatossága

• **A sejtek szerveződése.** Alaki változatosságuk ellenére minden élőlény sejtjeinek szerveződése egységes törvényeknek van alárendelve. Minden sejt felszíni készülékből (struktúrából) és citoplazmából áll. A mag meglététől függően az összes élőlényt prokariótákra és eukariótákra osztják. A prokarióták sejtjeinek – amellett, hogy nincs magjuk – eléggé egyszerű a felépítésük. Az eukarióták – gombák, növények és állatok –



14.2. ábra. Az állati (1); növényi (2); baktériumsejt (3) szerkezete

sejtjeinek bonyolultabb a szervezettségük és feltétlenül van magjuk (*vizsgáljátok meg a 14.2. ábrát és állapítsátok meg a különböző sejtek alkotói közötti hasonlóságot*).

Az eukarióták sejtjei, jóllehet hasonló módon szerveződnek, bizonyos fokig különböznek egymástól. Elemezzétek a 14.1. táblázatot, és idézzétek fel a növények, állatok és gombák sejtjei között fennálló különbségeket!

14.1. táblázat

A növények, állatok és gombák sejtjei között fennálló főbb különbségek

Sejtszerkezet	Állatok	Növények	Gombák
Sejtfal	Nincs	Van	Van
Vakuólum sejtnedvvel	Nincs	Van	Van
Kloroplasztiszok	Egyes egysejtű fajokban előfordulnak	Van	Nincs
Állábak	A többsejtűek és egyes egysejtűek bizonyos sejttípusaiban előfordulnak	Nincs	Nincs

A sejt tartalmát ***felszíni készülék*** burkolja. Ennek összetételében plazmamembrán, membrán fölötti és membrán alatti struktúrák találhatók. A sejt felszíni készüléke óvja a belső tartalmat a külső környezet kedvezőtlen hatásaitól, biztosítja a sejt és környezete közötti anyagcserét.

A ***citoplazma*** (gör. *cytos* és *plasma* – sejt és kigyúrt) a sejt belső közege. Összetételében különböző szerves és szervetlen vegyületek, valamint olyan alkotóelemek vannak, mint a sejtszervecskék (organellumok) és zárványok. A sejten belüli membránok a citoplazmát funkcionális részekre tagolják.

A fehérjestruktúrák rendszere – mikrocsövecskék és mikrofonalak – alkotja a sejt belső tartószerkezetét, a ***sejtvázat***, amely a sejtben támasztófunkciót lát el (16.3. ábra). Ezek a képződmények részt vesznek a sejt alakváltoztatásában, mozgásában és biztosítják a sejtszervecskék megfelelő elhelyezkedését és mozgását.

A ***sejtszervecskék*** (***organellumok***) (gör. *organon* – szerv, eszköz) állandó sejtalkotók (*ismét vizsgáljátok meg a 14.2. ábrát és idézzétk fel, milyen szervecskéket ismertek az előző osztályok biológia-tananyagából és ezek milyen funkciókat látnak el*). Minden sejtszervecske meghatározott funkciót lát el, és biztosítja a sejt valamely életműködési folyamatát (emésztést, mozgást, az örökletes információ megőrzését és átadását). Egyes sejtszervecskéket egy membrán (vakuólumok, Golgi-készülék, endoplazmás retikulum, lizoszóma), másokat (kloroplasztisz, mitokondriumok, mag) két membrán határol, míg megint másoknak (sejtközpont, riboszómák, mikrocsövecskék, mikrofonalak) egyáltalán nincs membránjuk. A sejtszervecskék szerkezeti sajátosságai szorosan összefüggnek azokkal a funkciókkal, amelyeket ellátnak.

A sejtszervecskékkel ellentétben a ***zárványok*** nem állandó sejtalkotók, vagyis megjelenhetnek és eltűnhetnek, majd újra jelentkezhetnek a sejt életműködése során. Ezek nagyrészt tartalékolt vegyületek vagy csepp (zsír), szemcse (keményítő, glikogén), kristály (sók) alakú anyagcsere-végtermékek.

• **A sejtkutatás alapvető szakaszai.** A sejt szerkezetét és életműködését a ***citológia*** (***sejttan***) vizsgálja. A *Rövid szemelvények a biológia történetéből* című részben (7. old.) már találkozhattatok a biológia fejlődését jelentős mértékben elősegítő tudósok nevével. Ismerkedjetek meg a biológia fejlődésének kronológiájával.

1665	**Robert Hook** saját készítésű mikroszkópjával vizsgálta a parafasejtek falát és ő javasolta a „sejt" elnevezést
1702	**Antony van Leeuwenhoek** saját építésű mikroszkópjával felfedezte a baktériumokat és az egysejtű állatokat (papucsállatkákat), leírta a vörösvértesteket és a spermatozoidokat
1828	**Robert Brown** felfedezte a növényi sejtek magját, 1833-ban javasolta a „mag" elnevezést
1830	**Jan Evangelista Purkinje** leírta á tyúktojás magját
1838	**Theodor Schwann – Matthias Schleiden** munkái alapján – megfogalmazta a sejtelméletet alaptételeit, amelyek közül a legfontosabbak: minden élő szervezet sejtekből áll; az állati és növényi sejtek szerkezetüket és kémiai összetételüket tekintve hasonlítanak egymásra. A sejtelmélet korszerű tételeit később vizsgáljuk
1858	**Rudolf Wirchow** bebizonyította, hogy a sejtek nem szerkezet nélküli sejtközi anyagból jönnek létre, ahogy korábban állították, hanem osztódás útján (a sejtek sejtekből képződnek)
1869	**Friedrich Miescher** először különített el nukleinsavakat a sejtmagból
1880	**Walther Flemming** felfedezte és leírta a mitózis folyamatát a kétéltűek lárváinak sejtjeiben
1882	**Ilija Mecsnyikov** felfedezte a fagocitózis jelenségét a leukocitákban és kapcsolatba hozta vele a szervezet védekezését
1894	**Richard Altman** bioblasztok néven leírta a mitokondriumokat (a „mitokondrium" elnevezést K. Benda javasolta 1897-ben)
1898	**Camillo Golgi** leírta a később róla Golgi-készüléknek elnevezett sejtszervecskét
1945	**Albert Claude** és **Keith Porter** felfedezte az endoplazmás retikulumot
1949	**Christian de Duve** leírta a lizoszómákat
1952	**Frithiof Lavstedt** és **George Palade** meghatározták a mitokondriumok belső szerkezetét
1954	**George Palade** felfedezte a riboszómákat, 1956-ban kiderítette a szemcsés endoplazmás retikulum szerepét
1956	**Philip Siekevitz** és **George Palade** elsőként különítették el a riboszómákat a sejtből
1962	**Marshall Nierenberg**, **Severo Ochoa** és **Har Hobing Khorana** megfejtették a genetikai kódot

1966	**Jonathan Singer** javasolta a plazmamembrán folyadékmozaikos modelljét
1967	**Edwin Taylor** tisztázta a mikrocsövecskék szerepét a sejt mitózisában
1971	**Earl Sutherlandot** Nobel-díjjal tüntették ki a sejtmembránokon át történő anyagszállítás mechanizmusának vizsgálatáért
1974	**Christian de Duve, Albert Claude és George Palade** Nobel-díjat kaptak a sejt molekuláris struktúráinak morfológiai és funkcionális sajátosságainak vizsgálatáért

A korszerű citológiai kutatások mindenekelőtt a legkisebb organellumok és struktúrák vizsgálatára irányul. A tökéletesített nagyító eszközök és az új technológiák bevezetése új távlatokat nyitott a kutatók előtt. Ma leggyorsabb ütemben a sejtmanipulációs és citotechnológiai módszerek fejlődnek.

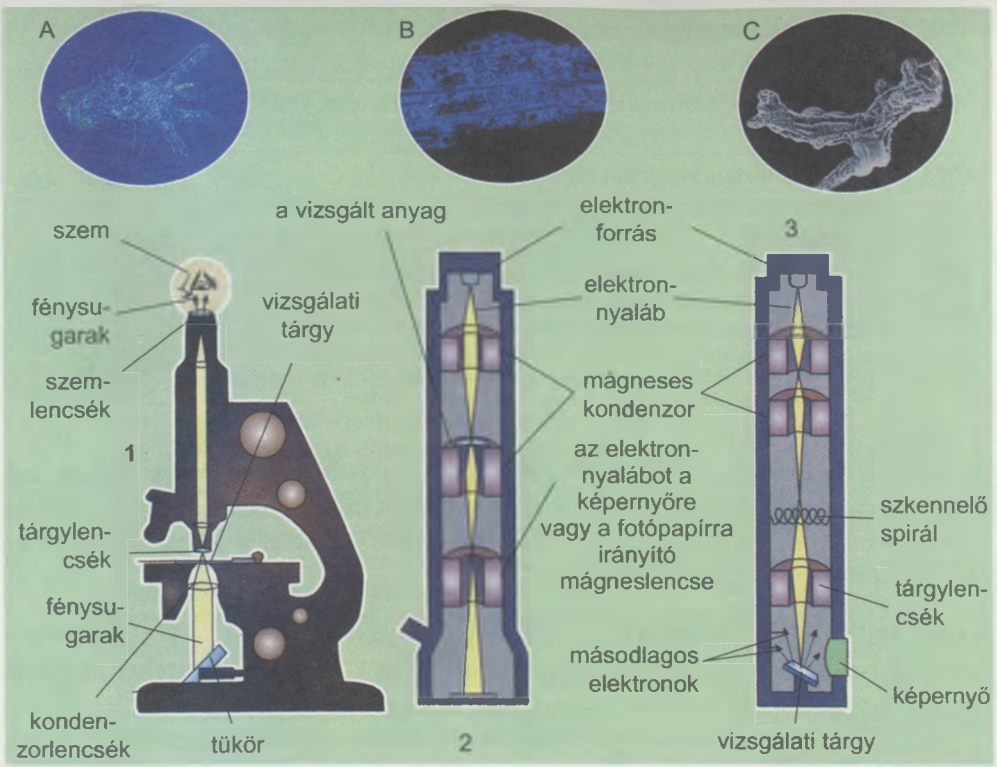
• **A sejtkutatás módszerei.** A sejt tanulmányozását lehetővé tévő első eszköz a fénymikroszkóp volt. A fénymikroszkóphoz kötődő kutatási módszereket ***fénymikroszkópiának*** nevezzük.

Fénymikroszkópia segítségével vizsgálható általános vonalakban a sejt és egyes, 200 nanométernél nem kisebb alkotói. A módszer azon alapul, hogy az átlátszó vagy félig átlátszó vizsgálati tárgyon áthaladó fénysugarak a mikroszkóp lencserendszerébe és szemlencséjébe kerülnek (14.3, 1. ábra). A lencsék felnagyítják a vizsgálati tárgy képét. A nagyítás erőssége a tárgylencse és a szemlencse nagyításának a szorzatával egyenlő. Ha például a szemlencse nagyítása 10-szeres, a tárgylencséé pedig 40-szeres, akkor a vizsgálati tárgy általános nagyítása 400-szoros lesz. A korszerű fénymikroszkópok nagyítása 2–3 ezerszeres lehet. A fénymikroszkóp használatát a 3. sz. laboratóriumi munka (*laboratóriumi gyakorlat, 109. old.*) során sajátíthatjátok el.

Az apróbb sejtalkotókat, így a sejtvázat a XX. sz. első felében megépített elektronmikroszkóppal fedezték fel. Az elektronmikroszkóp a vizsgálati tárgyak képét 500 000-szeresre vagy még nagyobb mértékben nagyítja fel.

Szerkezetét tekintve az elektronmikroszkóp a fénymikroszkópra emlékeztet, de benne a fénysugarak helyett mágneses térben haladó elektronsugarakat alkalmaznak (14.3, 2. ábra). Az elektronok áramlását a két póluson (katódon és anódon) létrehozott nagy potenciál-különbséggel gyorsítják. 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 ernyőre kerülnek, s azon a tárgyat ábrázoló fényeket gerjesztenek, vagy fényképlemezre kerülnek, amelyen az ábrázolás lefényképezhető.



14.3. ábra. Az amőba fénymikroszkóppal (A), elektronmikroszkóppal (B), szkennelő mikroszkóppal (C) készült képe. A fénymikroszkóp (1), elektronmikroszkóp (2) és szkennelő mikroszkóp (3) működési elve

Egyes sejtek vagy sejtszervecskék felszínét szkennelő ***elektronmikroszkóppal*** vizsgálják (14.3, 3. ábra). Ekkor az elektronnyaláb nem halad át a vizsgálati tárgyon, hanem visszaverődik annak felületéről.

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

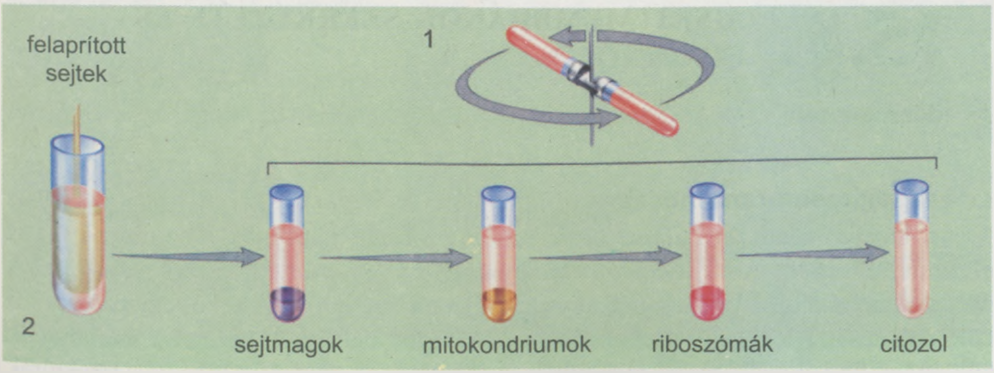
Ahhoz, hogy állandóan a kutatók rendelkezésére álljanak különböző típusú sejtek, ***sejttenyészetet*** (***sejtkultúrát***) tartanak fenn. Ehhez az élő sejteket mesterségesen előállított táptalajon, például vörös algák kivonatából készített agaron tartják és szaporítják. A táptalaj összetételét módosítva megfigyelhető, miként hatnak egyes vegyületek a sejtek növekedésére és fejlődésére, tulajdonságaik alakulására. A sejttenyészeteket a humán

egészségügyben, állategészségügyben, növényvédelemben alkalmazzák a különböző vegyszerkészítmények, vírusok, egysejtű szervezetek hatásának vizsgálata, biológiailag aktív anyagok (gyógyszerek, biostimulátorok) előállítása céljából.

Valamely biokémiai folyamat helyét vagy lefolyását a sejtben ***jelzett atomos módszerrel*** vizsgálják. Ehhez a sejtbe olyan anyagot visznek, amelyben meghatározott kémiai elem (szén, foszfor) 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 a kromoszómák ugyanazon a páron belül kicserélik szakaszaikat.

Az egyes sejtalkotók vizsgálata céljából ***centrifugálást*** alkalmaznak. A sejteket felaprítják, mielőtt különleges kémcsövekben a centrifugába helyeznék. A centrifuga gyorsan forgó szerkezet. 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 (14.4. 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, 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, emésztőszervek, vese, tüdő és bőr betegségeit kimutató citológiai módszereket. Például a vörösvértestek számának jelentős növekedése veszélyes betegség, az eritrocitózis jele. A leukociták túlszaporodása fehérvérűséget (leukózist) idéz elő.



14.4. ábra. Centrifugálási módszer: 1 – a centrifuga működési elve; 2 – a sejtstruktúrák tömegüktől függő ülepedésének egymást követő állapotai

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. *Citoplazma, sejtváz, organellumok, sejtzárványok.*

A lényegről röviden

- A sejt – minden élő szervezet szerkezeti és működési egysége, elemi biológiai rendszer. A sejtes szerveződés szintjén teljes egészében megnyilvánulnak az élő összes tulajdonságai: az anyagcsere és energiaforgalom, a növekedés és szaporodás képessége, a mozgás, az örökletes információ tárolása és továbbadása az utódoknak.
- A sejt felszíni készülékből és citoplazmából áll. A sejt tartalmát felszíni készülék burkolja. Ennek összetételében plazmamembrán, membrán fölötti és membrán alatti struktúrák találhatók. A sejtbelső közege a citoplazma. A citoplazmában különböző szerves és szervetlen vegyületek, sejtszervecskék és zárványok találhatók. A sejtszervecskék vagy organellumok – állandó, meghatározott funkcióval rendelkező sejtstruktúrák. A zárványok – nem állandó sejtalkotók, amelyek megjelenhetnek vagy eltűnhetnek a sejt élettevékenységének a folyamatában.
- A sejteket különféle módszerekkel vizsgálják: fény- és elektronmikroszkóppal, jelzett atomokkal, centrifugálással. A sejtek kutathatók élő vagy rögzített állapotban. Ahhoz, hogy a vizsgálatokhoz állandóan rendelkezésre álljanak különböző típusú sejtek, sejttenyészeteket tartanak fenn.

Önellenőrző kérdések

1. Miért tekintik a sejtet valamennyi szervezet elemi szerkezeti és működési egységének? 2. Milyen struktúrák képezik a sejtek összetételét? 3. Mi a sejt felszíni készüléke és citoplazmája? 4. Milyen módszerekkel vizsgálják a sejteket? 5. Milyen szervezeteket sorolnak az eukariótákhoz és a prokariótákhoz?

Gondolkozzatok el rajta! *Mi a közös és mi az eltérő a sejtzárványokban és organellumokban? Válaszotokat indokoljátok meg!*

15.§. A SEJTMEMBRÁNOK SZERKEZETE ÉS FUNKCIÓI

Idézzétek fel! *Mi a diffúzió, a hidrofóbia és hidrofília? Mi az immunitás, az antitestek és az antigének?*

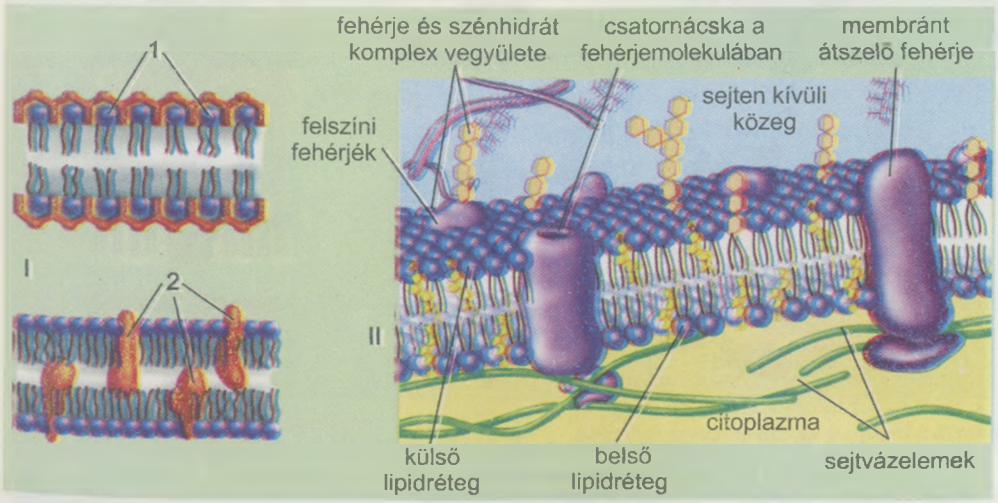
• **A sejt membránrendszere.** Minden sejtet ***biológiai membránok*** (lat. *membran* – bőr, hártya) rendszere alkot. Ezek fontos szerepet játszanak a sejtek normális életműködésében. A sejteket *plazmamembrán* vagy *plazmalemma* határolja. A plazmamembrán biztosítja a sejtek anyagcseréjét a külső környezettel és egymás közötti kölcsönhatását a többsejtű szervezetekben. A sejtek belső környezetét a membránok különböző funkcionális részekre tagolják. A membránok rendszere bizonyos struktúrák (enzimek, pigmentek) elhelyezésére, az anyagcsere és energiaátalakítási folyamatok térbeli elválasztására szolgál, illetve arra, hogy megóvja a sejt egyes részeit a saját enzimek

hatásától, a káros anyagcsere- és energiaátalakulási folyamatoktól. A biológiai membránokban a külső környezetből érkező információk felfogásával, ingerületképzéssel és továbbítással, energiaátalakítással, a kórokozó baktériumok sejtbe való behatolásának megakadályozásával és a sejt, a szervek és a szervezet egészének működésével kapcsolatos folyamatok mennek végbe.

• A sejtmembránok szerkezete. A különféle membránszerkezeteknek általában hasonló a kémiai összetételük és szerveződési sajátosságaik. A membránok vastagsága sejttípustól függően viszonylag széles határok – 2–3 nm és 10 nm között – mozog.

A sejtmembránok lipidekből, fehérjékből és szénhidrátokból állnak. A lipidek két rétegben helyezkednek el: a hidrofil „fejrészük" (ortofoszforcsoportok) a membrán külső és belső oldala felé irányulnak. A zsírsavláncokból álló hidrofil „farokrészükkel" befelé fordulnak (15.1, I, 1. ábra). Egyes fehérjék vagy a membránok alján, vagy felületén helyezkednek el. Ezeket *felszíni fehérjéknek* nevezik. A membránok belső felületén elhelyezkedő ilyen fehérjékhez kapcsolódnak a sejtváz mikrofonalai. A membránba különböző mélységben beágyazódó fehérjéket *belső fehérjéknek* nevezik. Vannak olyan fehérjék, amelyek teljesen átszelik a membránt, és összekötik alsó és felső felületét (15.1, I, 2. ábra). A szénhidrátok a fehérjékkel vagy lipidekkel együtt kizárólag komplex vegyületek alakjában fordulnak elő a membránok összetételében.

A biológiai membránoknak ezt a típusát ***folyadékmozaik modellnek*** nevezik (15.1, II. ábra). 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. Ennek köszönhetően a fehérjék és a hozzájuk kapcsolódó lipidek mintegy mozaikot alkotva be vannak ágyazva a folyékony lipidközegbe. A fehérjemolekulák vagy részeik gyakran mikroszkopikus csatornácskákkal vannak összekötve.



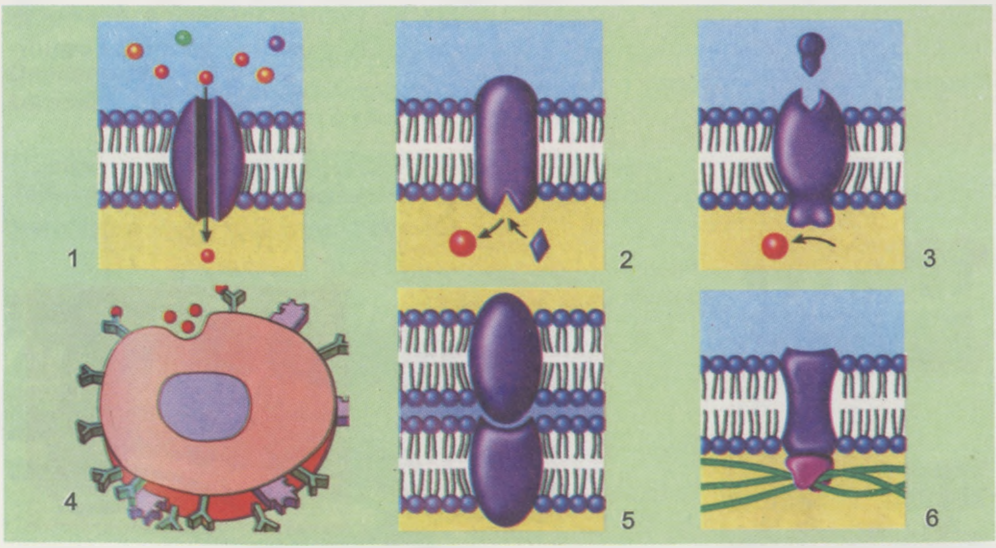
15.1. ábra. A plazmamembrán szerkezete: I – a lipidek (1) és fehérjék (2) elhelyezkedése; II – folyadékmozaik modell

A biológiai membránt alkotó molekulák meg tudják változtatni a helyüket. Ennek köszönhetően a membránok gyorsan megújulnak nem jelentős sérülés esetén, befedik a citoplazma csupaszon maradt részeit. 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 biológiai membránok kémiai összetétele is átalakulhat, ennek következtében megváltoznak a tulajdonságaik.

A sejt nem veszteget sok energiát membránja egységének a megőrzésére, mivel a molekulái olyan elv alapján kapcsolódnak egymáshoz, mint ahogyan a zsírmolekulák összetartanak: a molekulák hidrofób részeinek a termodinamika törvényeinek megfelelően előnyösebb, ha egymáshoz közel helyezkednek el.

• **A plazmamembrán funkciói** (15.2. ábra). A citoplazmát körülvevő plazmamembrán erős és rugalmas, meghatározza a sejt méreteit. Mindenekelőtt ***védőfunkciót lát*** el, óvja a sejt belső közegét a kedvezőtlen hatásoktól. Ezenkívül a membránfehérjék között vannak olyanok, amelyek meg tudják kötni az antigéneket (a sejt által idegen testekként érzékelt mikroorganizmusokat és anyagokat), s ezáltal képesek megakadályozni a sejt belsejébe történő behatolásukat. Vagyis a plazmamembrán a szervezetet védő mechanizmus egyik szakasza.

A plazmamembrán másik fontos funkciója ***a sejt és külső környezete közötti anyagcsere biztosítása***. A plazmamembrán félig áteresztő tulajdonsággal rendelkezik: egyes vegyületek gyorsan átjuthatnak rajta, míg mások lassabban, vagy egyáltalán nem



15.2. ábra. A plazmamembrán funkciói: 1 – szállítás; 2 – enzimes bontás; 3 – receptoros működés (a plazmamembránban lévő receptorfehérjék érzékelik és a sejt belsejébe továbbítják a környezetből érkező jeleket); 4 – védelem (a plazmamembránban lévő antitestek megkötik az antigéneket, megakadályozzák a sejtbe jutásukat); 5 – a sejtek közötti kölcsönhatás biztosítása; 6 – támasztás (a membránfehérjékhez kapcsolódnak a sejtváz elemei)

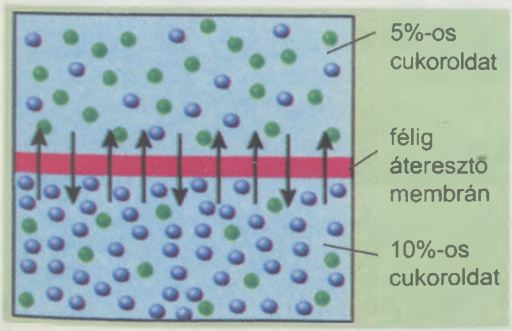
tudnak keresztülhatolni rajta. A sejtek élettevékenységéhez nélkülözhetetlen vegyületek és az anyagcseretermékek aktív vagy passzív anyagszállítás révén jutnak át a plazmamembránon.

• **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 addig tart, amíg az anyagkoncentráció ki nem egyenlítődik a membrán két oldalán. A passzív szállítás megvalósítása alig igényel vagy egyáltalán nem igényel energiát. A passzív szállítást biztosító több mechanizmus létezik. Ilyen mechanizmus a diffúzió, amely révén a sejtbe a víz és a benne oldott anyagok jutnak.

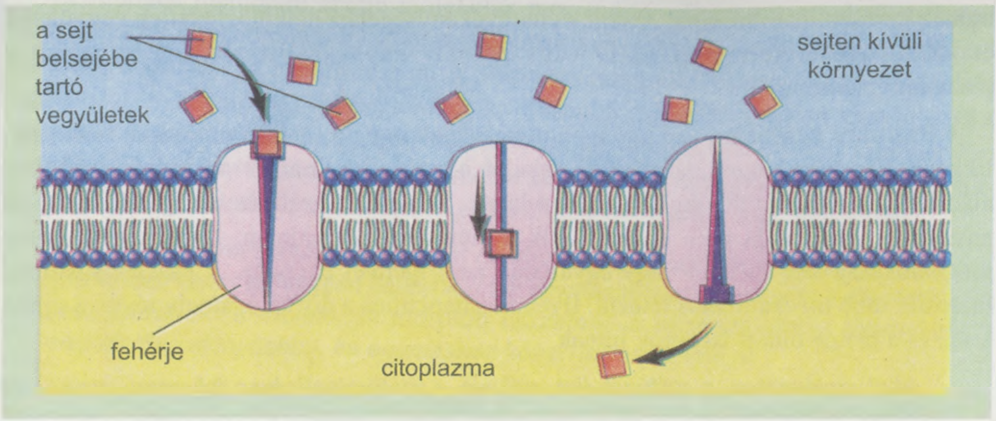
*Mint emlékeztek, a **diffúzió** (lat. diffusio – szétömlés) olyan folyamat, amikor az anyagok szabadon behatolnak a membránok egyes részeibe és pórusaiba a membrán két oldalán lévő koncentráció-különbségüknek köszönhetően. Ez a folyamat energiaráfordítás nélkül megy végbe.*

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. Az oldószer egyirányú diffúziója olyan membránon át, amely valamely anyag oldatát és tiszta oldószert vagy magasabb koncentrációjú oldatot választ el egymástól, az ***ozmózis*** (gör. *osmos* – lökés, nyomás) elnevezést kapta. A plazmamembránok szabadon átengedik a vízmolekulákat, de visszatartanak egyes oldott anyagokat. Ezért a vízmolekulák abba az irányba mozognak, ahol kisebb a koncentrációjuk, például az édesvizű környezetből a sejt belsejébe. Eközben úgynevezett ***koncentráció-gradiens*** jön létre. Ez a tiszta oldószer vagy a gyengébb koncentrációjú oldat membránra (az erősebb koncentrációjú helyet határolja el) gyakorolt nyomását (*ozmotikus nyomást*) tükrözi. A ***gradiens*** (lat, *gradientis* – lépegető) – valamely anyag koncentráció-növekedésének vagy -csökkenésének kémiai mértéke (15.3. ábra). Az ozmózis következtében a sejt belsejében az anyag koncentrációja addig növekszik, amíg a sejtmembránra belülről gyakorolt nyomása (***turgornyomás***) ki nem egyenlíti a külső ozmotikus nyomást. A turgornyomásnak köszönhető, hogy a növények gyakorlatilag támasztószövet nélküli zöld hajtásai megtartják alakjukat és térbeli helyzetüket.

A ***könnyített diffúzió*** – bizonyos molekuláknak a membránon való áthatolása az azt átszövő szállító fehérjék segítségével (15.4. ábra). Ezek a fehérjék kölcsönhatásba lépnek



15.3. ábra. A félig áteresztő membránon át megvalósuló diffúzió folyamata, vázlatosan: a membrán két oldalán cukorkoncentráció gradienst képez, amelynek következtében a víz a nagyobb koncentrációjú helyéről a kisebb vízkoncentrációjú (nagyobb cukorkoncentrációjú) helyre megy át. A folyamat addig tart, amíg a cukor koncentrációja ki nem egyenlítődik a membrán két oldalán



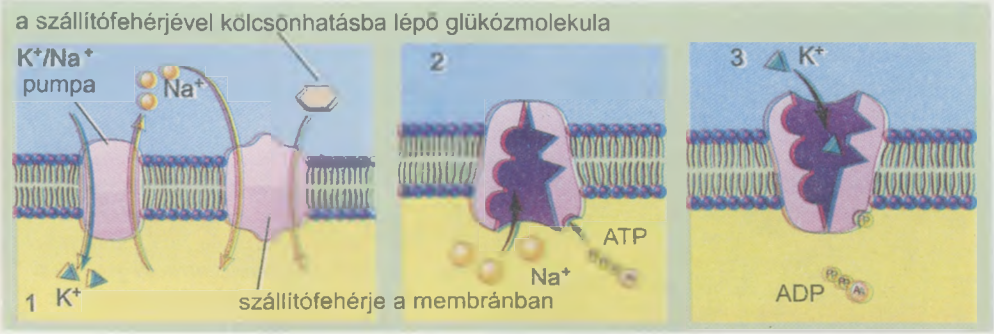
15.4. ábra. Könnyített diffúzió. A vegyület csak a membránfehérjével való kölcsönhatását követően kerül a citoplazmába

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

A passzív szállítás biztosításában részt vesznek a plazmamembrán fehérjereceptor-molekulái. A különböző vegyületek számára különböző típusú receptor-molekulák léteznek. A sejtbe tartó vegyületmolekulák (például hormonok vagy neurohormonok) először ezekkel a receptorokkal lépnek kölcsönhatásba (15.2, 5. ábra). Később mikrotartályok képződnek, amelyek belsejét a membránon áthaladó, az adott és a receptor által alkotott komplex vegyület tölti ki.

• **Aktív anyagszállítás** – a passzív szállítástól eltérően a *koncentráció-gradiens* ellenében valósul meg a biológiai membránokon át. A folyamat jelentős energiaráfordítással megy végbe. Az ehhez szükséges energia az ATP-molekulákban tárolódik.

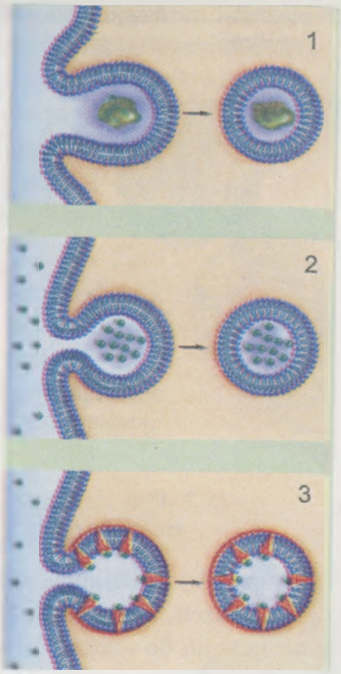
Az aktív anyagszállítás egyik mechanizmusát ***kálium-nátrium pumpának*** nevezik (15.5. ábra). Ennek a magyarázata az, hogy a káliumionok koncentrációja a sejten belül



15.5. ábra. A kálium-nátrium pumpa révén megvalósuló aktív anyagszállítás általános vázlata: 1 – a kálium-nátrium pumpa kis molekulaszámú vegyületeket szállít a sejtbe; 2 – a Na^+ ionok a sejtből kifelé tartanak, mert ott kisebb a koncentrációjuk, mint a külső környezetben; 3 – a K^+ ionok a sejtbe „pumpálódnak", ahol a koncentrációjuk nagyobb, mint a sejten kívüli környezetben

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 ezeknek az ionoknak a koncentrációja soha nem egyenlítődhet ki az élő sejtek belsejében és a környezetben, mert létezik egy különleges mechanizmus, amely a nátriumionokat a sejtből kifelé, a káliumionokat pedig befelé pumpálja. Ez a folyamat energiaigényes. 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 kálium-nátrium pumpának nevezett mechanizmusnak köszönhetően a nátriumionok áramlása a sejt belsejébe energetikai szempontból kedvező, vagyis a koncentráció-kiegyenlítődést segíti elő, megkönnyítve a kis molekulaszámú vegyületek (glükóz, aminosavak) energetikai szempontból kedvezőtlen mozgását a magasabb koncentráció irányába. Ebben a folyamatban a sejtmembránok összetételét képező különleges szállító fehérjék vesznek részt.



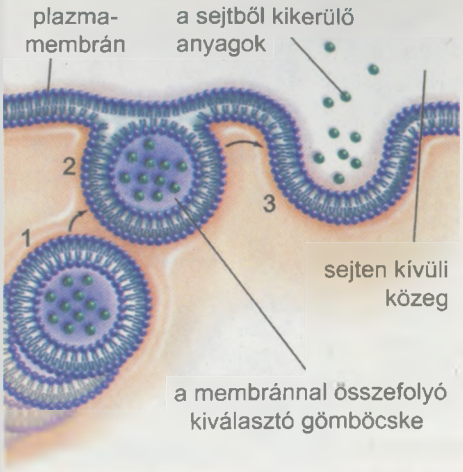
15.6. ábra. Az endocitózis folyamata, vázlatosan: 1 – fagocitózis; 2 – pinocitózis; 3 – szelektív pinocitózis

Létezik a membránokon át történő anyagszállításnak még egy mechanizmusa: a ***citózis***. A citózis két típusát különböztetik meg, az exocitózist és az endocitózist. Az ***endocitózis*** – az anyagok sejtbe való jutásának folyamata. Ez fagocitózis és pinocitózis formájában történhet (15.6. ábra). A ***fagocitózis*** (gör. *phagos* – felfalás) mikroszkopikus méretű szilárd részecskék (szerves vegyületrészek, apró sejtek) aktív bekebelezése. Fagocitózisra egysejtűek (amőbák, likacsoshéjúak) és többsejtű állatok sejtjei (például a hidrák emésztősejtjei) képesek. 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.

A fagocitózis több szakaszban megy végbe. Kezdetben a sejt megközelíti a bekebelezendő tárgyat, majd amikor közvetlen kapcsolatba kerül vele, akkor a sejt plazmamembránja körbeveszi és benyomja a citoplazmába. Ezáltal egy gömb alakú, membránnal bevont képződmény jön létre (15.6, 1. ábra). A gömbbe bejutó enzimek megemésztik a befogott tárgyat. Így jön létre az ***emésztővakuólum***.

A ***pinocitózis*** (gör. *pino* – iszom) során a sejt elnyeli a folyadékot a benne oldott vegyületekkel együtt. A pinocitózis a fagocitózisra emlékeztet azzal a különbséggel, hogy nagyrészt a membrán betüremkedésével történik (15.6, 2. ábra).

A citózis különleges formája a ***szelektív pinocitózis****, amely azzal kapcsolatos, hogy egyes oldható molekulák előbb a membránban lévő receptorfehérjéikhez kapcsolódnak, s csak ezután jön létre a citoplazmába kerülő, fehérjékkel körülvett pinocitózisgömböcske (15.6, 3. ábra).*



15.7. ábra. Az exocitózis szakaszai (1–3)

Citózis révén a vegyületek nem csak bejutnak a sejtekbe, hanem ki is ürülnek onnan (például a hormonok, neurohormonok, neuromediátorok, emésztőenzimek). *Ezt a folyamatot* ***exocitózisnak*** nevezzük (15.7. ábra).

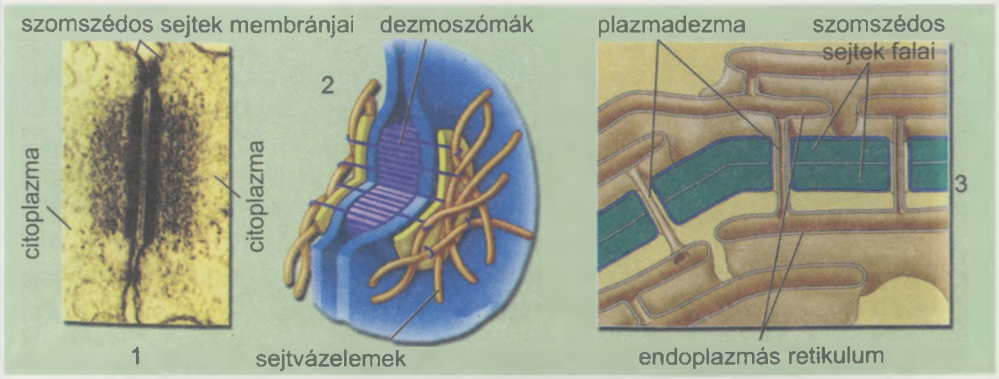
A membránok ***jelző funkciót*** is ellátnak. A plazmamembránba jelzőfehérjék is beépülnek. Ezek a külső környezet különféle tényezőinek hatására reagálva megváltoztatják térszerkezetüket, és így továbbítják a jeleket a sejtnek.

Vagyis a plazmamembrán biztosítja a szervezetek ingerlékenységét – az ingerek felfogását és a rájuk történő adekvát reagálást – és a sejt, valamint a külső környezet közötti információcserét.

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.

Fontos szerepet játszanak a biológiai membránok a különböző – mechanikus (csillók, ostorok mozgása), elektromos (idegimpulzus keletkezése), kémiai (nagy energiatartalmú vegyületek szintézise) – ***energiaformák egymásba történő átalakításában***. A membrán két oldalának a töltése különbözhet egymástól: az egyik oldal töltése lehet pozitív, a másik negatív. Ennek igen nagy jelentősége van bizonyos molekulák aktív szállításában és a sejt ingerelhetőségében.

A plazmamembránok biztosítják a ***sejtek közötti érintkezést a többsejtű szervezetekben***. Két állati sejt kapcsolódási helyén mindkét sejt membránja barázdákat vagy kinövéseket képez, s ezzel nagymértékben megszilárdítja a kapcsolatot. A növényi sejtek membránnal bélelt és citoplazmával töltött mikroszkopikus sejtközi csövecskékkel



15.8. ábra. Sejtközi érintkezés: 1 – szoros érintkezés két állati sejt plazmamembránjai között; 2 – állati sejtek közötti érintkezés dezmoszómák részvételével; 3 – növényi sejtek közötti érintkezés

kapcsolódnak egymáshoz (15.8, 1. ábra). A sejtközi kapcsolatok gyakran különleges struktúrák, *dezmoszómák* révén valósulnak meg. Ezek legtöbbször a hámszövetekben fordulnak elő. Két sejt membránjai ilyenkor egymással párhuzamosan helyezkednek el és a közöttük lévő rés szélessége 30 nm-t tesz ki. Ebben tömör anyagú lemez van (15.8, 2. ábra). A növényi sejtek mikroszkopikus méretű, membránnal kibélelt és citoplazmával töltött sejtközi csatornácskákkal kapcsolódnak egymáshoz (15.8, 3. ábra).

A plazmamembránok részt vesznek a sejtek növekedésében és osztódásában is.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Sejtmembránok folyadékmozaikos modellje, kálium-nátrium pumpa, pinocitózis, fagocitózis.***

A sejteket plazmamembrán határolja, ez biztosítja a sejtek anyagcseréjét a külső környezettel és egymás közötti kölcsönhatását a többsejtű szervezetekben.

A sejtek belső környezetét a membránok különböző funkcionális részekre tagolják. A membránok rendszere bizonyos struktúrák (enzimek, pigmentek) elhelyezésére, az anyagcsere és energiaátalakítási folyamatok térbeli elválasztására szolgál, illetve arra, hogy megóvja a sejt egyes részeit a saját enzimek hatásától, a káros anyagcsere- és energiaátalakulási folyamatoktól.

A különféle membránszerkezeteknek általában hasonló a kémiai összetételük és szerveződési sajátosságaik. A sejtmembránok lipidekből, fehérjékből és szénhidrátokból állnak. A lipidek két rétegben helyezkednek el. Egyes fehérjék vagy a membránok alján, vagy felületén helyezkednek el, vagy bele vannak mélyesztve. Vannak olyan fehérjék, amelyek teljesen átszelik a membránt, és összekötik alsó és felső felületét. A szénhidrátok a fehérjékkel vagy lipidekkel komplex vegyületeket alkotnak. A biológiai membránok korszerű modellje a folyadékmozaik modell nevet kapta.

A citoplazmát körülvevő plazmamembrán erős és rugalmas, meghatározza a sejt méreteit. Ellát védő, szállító, jelző funkciókat, biztosítja az anyagcsere folyamatait a sejt és a külső környezet között, a szomszédos sejtek közötti kapcsolatokat.

A sejt élettevékenységéhez nélkülözhetetlen vegyületek és az anyagcseretermékek a passzív és aktív anyagszállítás mechanizmusa révén jutnak át a plazmamembránon. A passzív anyagszállítás példája a diffúzió. A biológiai membránokon át történő aktív anyagszállítás jelentős energiaráfordítást igényel és a kálium-nátrium pumpa vagy citózis révén valósul meg. Megkülönböztetnek két endocitózis típust: a fagocitózist és a pinocitózist. A fagocitózisnak köszönhetően egyes állati sejtek bekebelezhetnek szilárd részecskéket, pinocitózissal valamennyi szervezet sejtjei oldatokat vesznek fel.

A lényeg rövid

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen anyagok alkotják a biológiai membránokat?* **2.** *Mit kell érteni a biológiai membránok folyadékmozaikos szerkezetén?* **3.** *Melyek a plazmamembrán alapfunkciói?* **4.** *Miként történik az anyagszállítás a plazmamembránon keresztül?* **5.** *Mi a fagocitózis és a pinocitózis? Mi a hasonlóság és a különbség e folyamatokban?* **6.** *Minek köszönhető, hogy a biológiai membránok jelző és védő funkciót látnak el?* **7.** *Hogyan érintkeznek egymással a többsejtű állatok sejtjei?*

Gondolkozzatok el rajta! *Milyen jelentősége van a fehérjék mozgékonyságának a biológiai membránokban az utóbbiak funkcióinak szempontjából?*

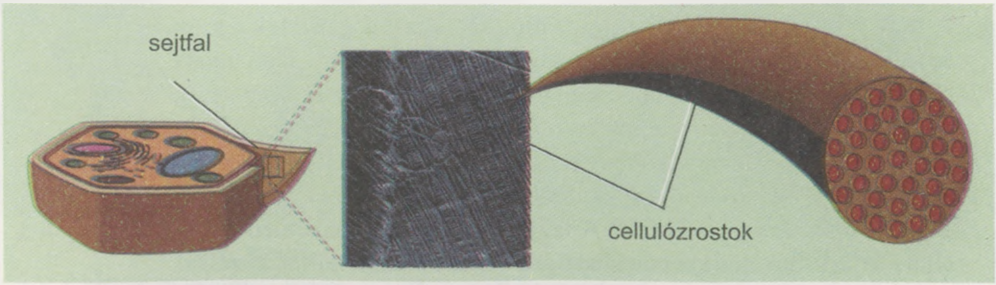
16.§. A SEJTEK MEMBRÁN FÖLÖTTI ÉS MEMBRÁN ALATTI KÉSZÜLÉKEI

Idézzétek fel! *A prokarióta és eukarióta sejtek mely struktúrái találhatók a plazmamembrán alatt és fölött? Mik az antibiotikumok, a sejtváz? Milyen a kéreg és a xilém szerkezete?*

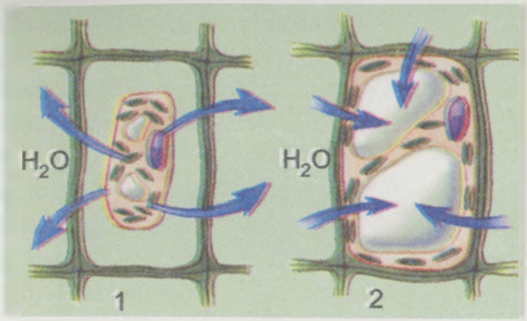
• **A sejtek membrán fölötti készülékei** a plazmamembrán fölötti struktúrákból állnak. Többek között ilyen a gombák, növények és prokarióták sejtfala és az állati sejtek glikokalixa.

• **A sejtfal felépítése.** Már tudjátok, hogy a baktériumok, gombák és növények plazmamembránját kívülről többé-kevésbé tömör ***sejtfal*** borítja. A növényeknél ez mindenekelőtt vízben oldhatatlan poliszacharid cellulózrostok nyalábjaiból (16.1. ábra) és sajátságos vázszerkezetből áll. A sejtfal összetételében más poliszacharidok, például pektin és hemicellulóz is találhatók.

A növényi szövet típusától és funkcióitól függően a sejtfal összetételében más vegyületek is lehetnek: lipidek, fehérjék, szervetlen vegyületek (szilícium-dioxid SiO_2, kalcium-ortofoszfátok és kalcium-karbonátok). Például a kéreg- és edénysejtek fala idővel szuberin nevű zsírszerű vegyülettel itatódik át. Ennek következtében a sejtek tartalma elhal, ezáltal lehetővé válik, hogy bizonyos funkciókat (támasztás, szállítás) lássanak el. A sejtfalak fásodhatnak, vagyis a cellulózrostok közötti teret különleges szerves vegyület – lignin – tölti ki, s ettől nő a sejtfal szilárdsága.



16.1. ábra. A növényi sejtfal



16.2. ábra. 1. A plazmolízis jelensége: ha a sejten kívül a citoplazmáénál töményebb a sókoncentráció, akkor a víz eltávozik belőle, csökken a sejten belüli nyomás és a citoplazma elválik a sejtfaltól. 2. A deplazmolízis jelensége: ha a sejten kívül a citoplazmáénál gyengébb a sókoncentráció, akkor a víz a sejtbe nyomul és megnő benne a nyomás

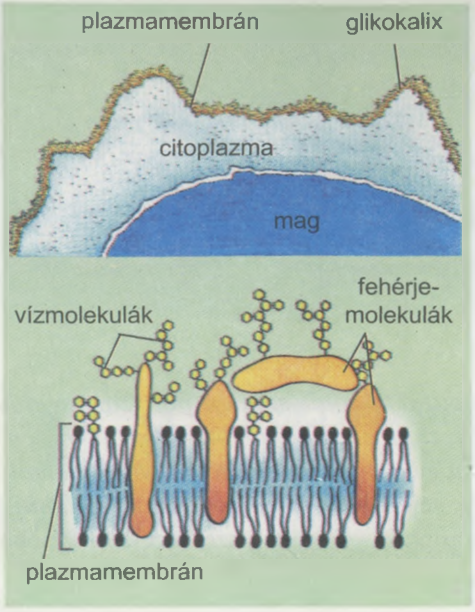
A gombák különböző csoportjainál a sejtfal alapját szintén poliszacharidok képezik. A cellulózon kívül a sejtfal tartalmazhat a szilárdságot fokozó nitrogéntartalmú poliszacharidot: ***kitint*** *(idézzétek fel, hogy mely állatok külső vázában található meg ez az anyag)* és glikogént. Egyes gombák sejtfalában sötét pigmentek (***melanin***), foszfát és más vegyületek találhatók. A prokarióták sejtfalának szerkezetéről később tanulunk.

• **A sejtfal funkciói.** A sejtfal fő funkciója a ***támasztás***, azaz a sejt alakjának fenntartása. További funkció a ***védelem*** – a sejt tartalmának megóvása a mechanikus sérülésektől és a ***szállítás*** – a víz és más vegyületek szállítása a sejtbe és belőle kívülre.

A növényi sejtfal áteresztőképessége a plazmolízis és a deplazmolízis jelenségében nyilvánul meg (16.2. ábra). Ha a növényi sejtet a citoplazmájáénál töményebb sóoldatba helyezik, akkor a víz eltávozik belőle. Ez a jelenség a ***plazmolízis*** (gör. *plasma* – gyúrás, alakítás és *lisis* – oldódás), amelyre az jellemző, hogy a citoplazma elválik a sejtfaltól (16.2, 1. ábra). Ha a sejtet olyan oldatba helyezik, amelyben a sókoncentráció kisebb, mint a citoplazmában, akkor fordított folyamat figyelhető meg: a víz a sejtbe áramlik, és ettől megnő a sejten belüli nyomás. Ezt a jelenséget ***deplazmolízisnek*** (lat. *de* – fosztóképző) nevezzük (16.2, 2. ábra). A plazmolízis és deplazmolízis jelenségét a biológiát akadémiai szinten tanulók önállóan megfigyelhetik a 4. sz. laboratóriumi munka végzése során (*laboratóriumi gyakorlat, 109. old.*).

A sejtfalban sok apró nyílás – pórus – található, ezek összeköttetésben állnak a szomszédos sejtek hasonló képződményeivel. Rajtuk keresztül kapcsolódik össze egymással – citoplazmafonalak, úgynevezett plazmodezmák segítségével – a szomszédos sejtek tartalma (15.8, 3. ábra). Tudjátok, hogy a citoplazmafonalak (plazmadezma) a sejtburkon áthaladó, plazmamembránnal bélelt csatornácskákban helyezkednek el. A pórusok átmérője 30–60 nm. A csatornácska közepén a két szomszédos sejt endoplazmás retikulumához kapcsolódó hengeres csövecske húzódik. Feltételezések szerint a plazmadezma szállítja az anyagokat közvetlenül egyik sejtből a másikba.

• **Glikokalix.** A szilárd fal nélküli állati sejtek plazmamembránja fölött néhány tíz nanométer vastagságú ***glikokalix*** (lat. *glycos* – édes és *callum* –



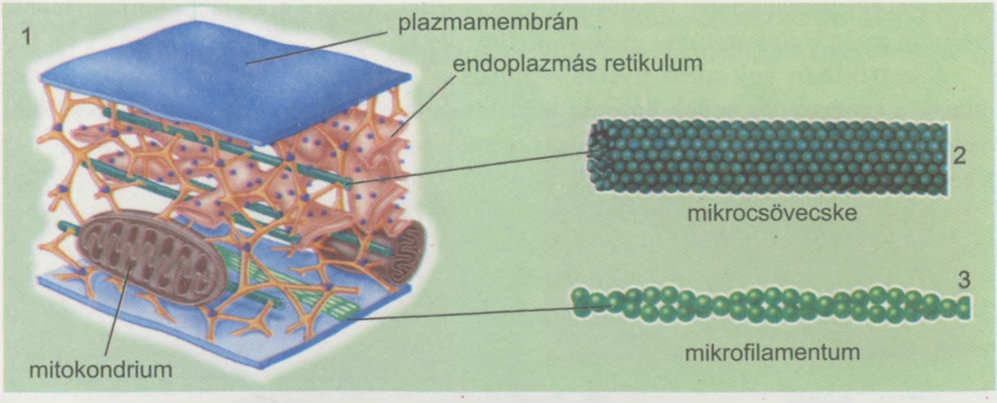
16.3. ábra. A glikokalix szerkezete

vastag bőr) réteg található. Ez szénhidrátokhoz kapcsolódó fehérjékből és lipid-szénhidrát vegyületekből áll.

A glikokalix a plazmamembránhoz kötődik, és a benne lévő receptormolekulák révén a sejtek közvetlen kapcsolattartását biztosítja a külvilággal. Részt vesz az anyagok szelektív szállításában, méreteiktől vagy töltéseiktől függően átengedik vagy nem engedik át az anyagokat. Az enzimek jelenlétének köszönhetően a glikokalix részt vehet a membrán melletti emésztésben, a sejtfelszín alatti vagy a sejten kívüli molekulák bontásában. Ezenkívül biztosítja 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 mikrocsövecskéket (16.4, 1 ábra). A sejtváz támasztó funkciót tölt be, és összekapcsolja a sejt valamennyi alkotóját: a felszíni képleteket, a citoplazmastruktúrákat és a magot. A sejtváz elemei is meghatározzák azt, hogy milyen helyzetben rögzülnek az organellumok a sejtben, és milyen mozgást végezhetnek.

A ***mikrofonalak*** vagy ***mikrofilamentumok*** vékony, 4–7 nm átmérőjű, összehúzódásra képes (kontraktilis), főként aktinból álló, fonálszerű fehérjeképződmények (16.4, 3. ábra). Behálózzák az egész citoplazmát, hálót képezhetnek a plazmamembrán alatt. A mikrofonálnyalábok egyik végükkel az egyik struktúrához, például a plazmamembránhoz



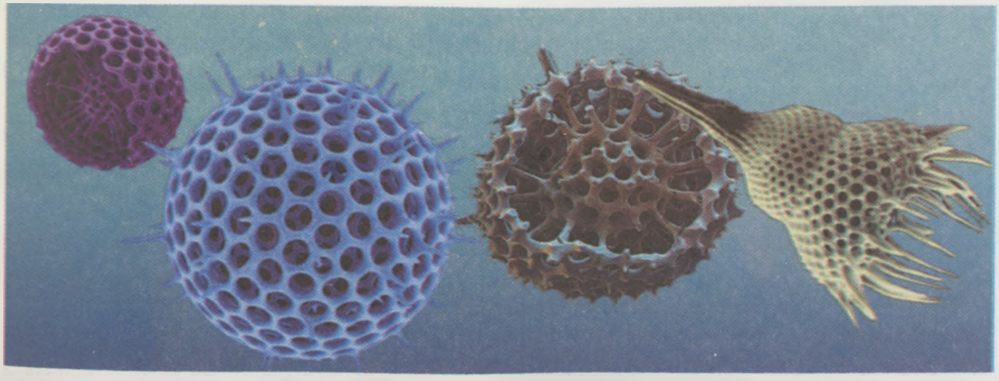
16.4. ábra. A sejtváz (1), mikrocsövecske (2) és mikrofilamentum (3) vázlatos szerkezete

tapadnak, a másikkal valamely organellumhoz vagy biopolimer-molekulához. A mikrofilamentumok részt vesznek a sejt alakváltozásában, például az amöboid mozgásban, a különböző vegyületeknek a sejtbe juttatásában vagy onnan történő ürítésében. Egyes állati sejtek osztódása során a leánysejtek citoplazmáját szétválasztó kontraktilis gyűrűt képeznek.

A ***mikrocsövecskék*** 20–25 nm átmérőjű, főként tubulin nevű fehérjéből álló hengeres struktúrák (16.4, 2. ábra). A mikrocsövecskék közreműködnek az eukarióta sejtek magorsójának kialakításában, a sejten belüli anyagszállításban, alkotóelemei a csillóknak és ostoroknak. A mikrocsövecskék biztosítják az organellumok és makromolekulák mozgását a sejten belül. Eközben a mikrocsövecske-nyalábok egyik végükkel az egyik struktúrához vagy molekulához, a másikkal a másikhoz kapcsolódnak.

Egyes egysejtű állatok sejtvázának bonyolultabb a szerkezete. Például a sugárállatoknál egy szerves anyagból álló kapszula a citoplazmát belső és külső részekre osztja. A külső részben zsírzárványok vannak. Ezek csökkentik a sejttartalom sűrűségét, így biztosítva a szervezetek lebegését a vízrétegekben. A belső részben a mag és sok más organellum található. Ezenkívül a citoplazmában szervetlen anyagokból (SiO_2 vagy SSO_4) álló belső váz van. Ez egymásba helyezett lyukacsos gömbök, korona, sugarasan elhelyezkedő tüskék alakját öltheti (16.5. ábra). Hozzájuk összehúzódásra képes mikrofonalak tapadnak, amelyek a másik végükkel a plazmamembránhoz rögzülnek. A mikrofonalak szabályozzák ezeknek az állatoknak a tömörségét; vihar idején a sugárállatok lesüllyednek a mélybe, jó időben a vízfelszín alatt tartózkodnak és más egysejtűekkel, köztük moszatokkal táplálkoznak.

Sok egysejtű állat (infuzórium, eugléna) sejtjeinek membrán alatti készüléke a ***pellikula*** (lat. *pellic* – bőr). Ez a képződmény teszi tömörré a citoplazma külső rétegét. Az infuzóriumnál a pellikula részét képezik a szerves anyagokból álló lapított tömlöcskék, amelyek együttesen mozaikos struktúrát alkotnak. A tömlöcskékben fehérjékből vagy kalcium-karbonáttal átitatott poliszacharid lemezkékből álló támasztó struktúrák találhatók. A pellikula szilárd tartást kölcsönöz a sejt burkának és magának a sejtnek is.



16.5. ábra. A sugárállatok sejten belüli vázai

A sejtek membrán alatti struktúráinak fontos funkciója a citózis és különböző mozgások – állábak képződése – biztosítása. Ekkor a mikrocsövecskék és mikrofonalak megnyúlhatnak vagy megrövidülnek.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Plazmolízis, deplazmolízis, glikokalix, mikrofilamentumok, mikrocsövecskék, pellikula.***

A lényegről röviden

A sejtek membrán fölötti készülékei a plazmamembrán fölötti struktúrákból állnak. A baktériumok, gombák és növények plazmamembránját kívülről többé-kevésbé tömör sejtfal borítja. A növényeknél ez mindenekelőtt a poliszacharidokból álló mátrixba süllyesztett, poliszacharid alapú cellulózrostok nyalábjaiból és sajátságos vázszerkezetből áll.

Az egyes növényfajok sejtfalában lipidek, fehérjék, szerves vegyületek is találhatók. A gombák esetében a sejtfal alapját különböző poliszacharidok: cellulóz, kitin nevű, nitrogéntartalmú poliszacharid és glikogén képezi.

A sejtfal védi a sejt tartalmát a mechanikus sérülésektől és tartja fenn a sejt alakját. A sejtfalon át valósul meg a víz és más vegyületek szállítása a sejtbe és belőle kívülre. A sejtfalban sok pórus van, ezen át biztosítják a sejtek közötti összeköttetést az úgynevezett citoplazmahidak.

A szilárd fal nélküli állati sejtek plazmamembránja fölött néhány tíz nanométer vastagságú glikokalix réteg található. Ez szénhidrátokhoz kapcsolódó fehérjékből és lipid-szénhidrát vegyületekből áll. A glikokalix a plazmamembránhoz kötődik, és a benne lévő receptormolekulák révén a sejtek közvetlen kapcsolattartását biztosítja a külvilággal. Részt vesz az anyagok szelektív szállításában, méreteiktől vagy töltéseiktől függően átengedik vagy nem engedik át az anyagokat. Az enzimek jelenlétének köszönhetően a glikokalix részt vehet a sejten kívüli emésztésben. Ezenkívül biztosítja a többsejtű állatok sejtjei közötti kapcsolatot.

A sejt membrán alatti készüléke a sejtváz, amely fehérjealapú mikrofonalakból és mikrocsövecskékből áll. A sejtváz támasztó funkciót tölt be, és összekapcsolja a sejt valamennyi alkotóját: a felszíni képleteket, a citoplazma-struktúrákat és a magot. A sejtváz elemei is meghatározzák azt, hogy milyen helyzetben rögzülnek az organellumok a sejtben, és milyen mozgást végezhetnek.

Sok egysejtű állat sejtjeinek membrán alatti készüléke a pellikula. Ez a képződmény teszi tömörré a citoplazma külső rétegét. A pellikula szilárd tartást kölcsönöz a sejt burkának és magának a sejtnek is.

Önellenőrző kérdések

1. Mi a sejtfal? Milyen funkciót lát el? 2. Milyen a növények és a gombák sejtfalának szerkezete? 3. Mi a plazmolízis és a deplazmolízis? 4. Mi a glikokalix? Milyen a funkciója? 5. Mi a sejtváz? Mi a funkciója? 6. Mi a pellikula? Milyen jelentősége van az egysejtű állatok sejtjeiben?

Gondolkozzatok el rajta! *1. Mi a közös, és mi az eltérő a sejtfal és a glikokalix felépítésében és működésében? 2. 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?*

17.§. AZ EUKARIÓTA SEJTEK MAGJÁNAK SZERKEZETE ÉS FUNKCIÓI. A PROKARIÓTÁK NUKLEOIDJA

Idézzétek fel! *Milyen funkciói vannak a sejtmagnak? Mi a gén és a mutáció? Mik a kromoszómák, és hol találhatók a sejtben? Mit vizsgál a rendszertan? Milyen fehérjéket neveznek globulárisnak és milyeneket fibrillárisaknak?*

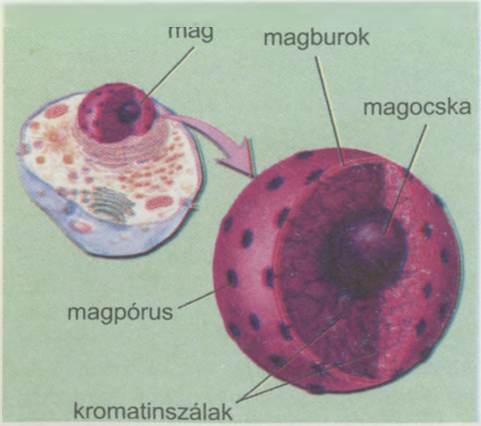
• **Maggal rendelkező és mag nélküli eukarióta sejtek.** Már tudjátok, hogy az örökletes információt tároló **sejtmag** minden eukarióta sejt elengedhetetlen alkotóeleme. A mag szabályozza a sejtek életfolyamatait. Csak az eukarióta sejtek egyes típusai veszítik el magjukat. Ilyenek az emlősök többségének eritrocitái és trombocitái, a magasabbrendű növények rostacsövei. Ezekben a sejtekben a mag a fejlődés kezdeti stádiumában kialakul ugyan, de később elbomlik. A mag elvesztése azzal jár, hogy a sejt nem szaporodhat, nem osztódhat.

Sok sejtnek csupán egy magja van, de vannak olyan sejtek, amelyekben néhány vagy sok mag található (csíkolt izomszövet, ázalékállatkák, likacsoshéjúak, egyes moszatok, gombák).

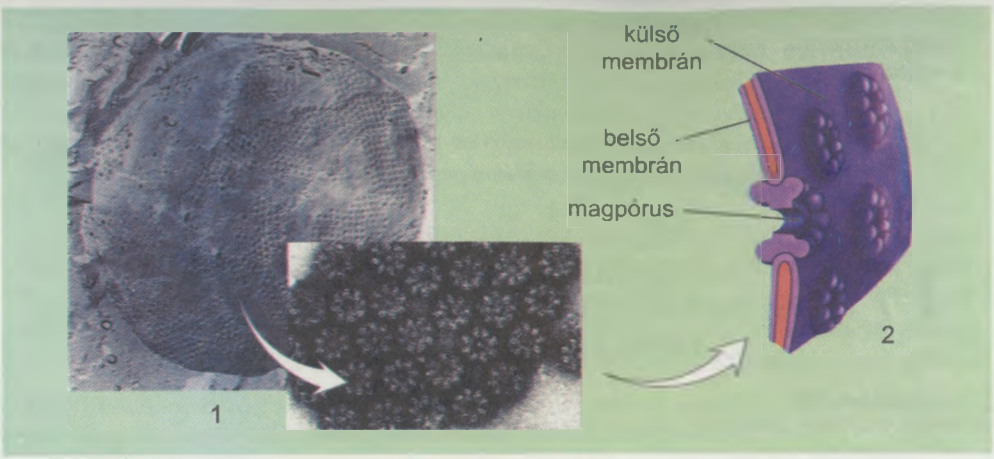
Mi az oka annak, hogy egyes sejttípusoknak nem egy, hanem több magjuk van? A helyzet az, hogy minden sejttípusra jellemző bizonyos stabil arány a mag és a citoplazma között (***mag-citoplazma arány***). Vagyis csak megfelelő térfogatú mag biztosíthatja a fehérjeszintézis folyamatait meghatározott citoplazma-térfogatban. Ezért a nagyméretű vagy intenzív anyagcserét folytató sejtekben a magok száma gyakran kettőtől több ezerig terjedhet.

• **A sejtmag szerkezete.** A sejtmagok alakja eléggé változatos. Leggyakoribb a gömbölyű vagy tojásdad alakzat, ritkábban szabálytalan alak is előfordul (például egyes leukocita-típusok magjain kinövések vannak). A sejtmagok mérete jelentős eltérést mutathat, 1 µm-től (bizonyos egysejtű szervezetek, moszatok) 1 mm-ig (egyes halak és kétéltűek petesejtjei) terjedhet.

A sejtmag felszíni készülékből és belső közegből (mátrixból) áll (17.1. ábra). A mag ***felszíni készülékét*** külső és belső



17.1. ábra. A sejtmag szerkezete

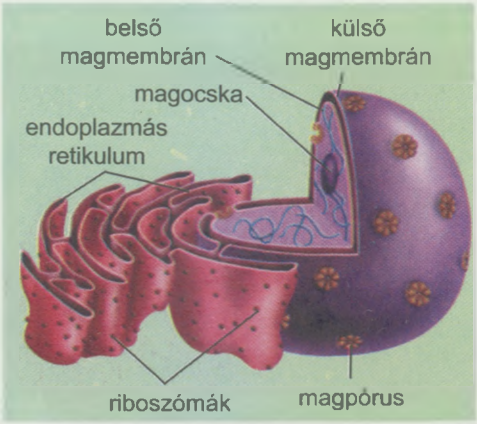


17.2. ábra. A mag felszíni készüléke: 1 – szkennelő elektronmikroszkóppal készült fényképfelvétel (láthatók a magpórusok); 2 – vázlatos szerkezet

sejtmembrán alkotja. Ezeket egy 20–60 nm-es rés választja el egymástól. Azonban egyes helyeken, mégpedig a különleges magképződmények, a közel 100 nm-es *magpórusok* körül egyesül a külső és a belső membrán (17.2. ábra).

A pórus nyílását speciális globuláris (gombolyag alakú) vagy fibrilláris (szálas) fehérjestruktúrák töltik ki. Ezeknek az összetételében a póruson áthaladó anyagra reagáló fehérjereceptor található. A pórusok és fehérjék együttesen ***magpórusképletet*** alkotnak.

A mag felszíni készüléke szabályozza a rajta áthaladó anyag szállítását. A citoplazmából az ott szintetizálódott fehérjék a mag belsejébe szállítódnak. Ugyanakkor a magból a citoplazmába különböző típusú RNS-molekulák jutnak. A magpórusképlet biztosítja ezeknek a vegyületeknek a szállítását, felismeri és szelektálja ezeket.



17.3. ábra. A mag funkcionális kapcsolata más membránszervecskékkel

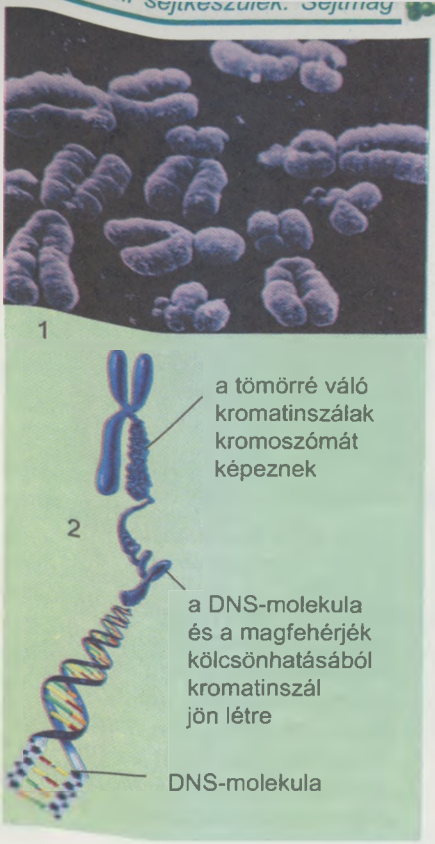
A mag felszíni készüléke funkcionálisan érintkezik az endoplazmás retikulum membránjaival (17.3. ábra). A külső magmembránon sok riboszóma helyezkedhet el.

A ***magmátrix*** magnedvből, magocskákból és kromatinszálakból áll. A ***kromatin*** (gör. *chromatos* – festék) fehérjékből és nukleinsavakból álló, fonálszerű magstruktúra (17.4. ábra). A kromatinszál szakaszai nem homogének. Az állandóan tömör állapotban lévő szakaszokat ***heterokromatinnak*** nevezik. Ezek jól festhetők különböző színezékekkel a sejtosztódások közötti időszakban, és jól láthatók fénymikroszkópban. A színtelen, kevésbé tömör szakaszok neve: ***eukromatin***. Feltételezések szerint ezekben található a

legtöbb gén. A sejt osztódásakor a kromatinszálak tömörré válnak és kompakt testeket – ***kromoszómákat*** (gör. *chromatos* és *soma* – test) – képeznek (17.4. ábra)

A ***magnedv*** (*karioplazma* vagy *nukleoplazma*) szerkezetét és tulajdonságait tekintve a citoplazmára hasonlít. A magnedvben 2–3 nm vastagságú fehérjeszálak találhatók. Ezek sajátságos magvázat alkotnak, amely összekapcsolja a magocskákat, kromatinszálakat és magpórusokat. A mátrixfehérjék biztosítják a kromoszómák meghatározott térbeli helyzetét, befolyásolják aktivitásukat.

A ***magocskák*** tömör struktúrák, amelyek az RNS-fehérjékkel, kromatinnal és proriboszomális (előriboszomális) szemcsékkel alkotott komplexumokból állnak (17.1. ábra). A magban lehet egy vagy sok magocska (például a halak petesejtjeiben), ezek a kromoszómák speciális szakaszain képződnek. A sejtosztódás idején a magocskák – a magburokhoz hasonlóan – eltűnnek, de az osztódások közötti időszakban újból kialakulnak. A magocska, feltételezések szerint, az rRNS és a riboszómák alkotórészeinek képzésében vesznek részt, amelyek idővel a citoplazmába kerülnek.



17.4. ábra. 1. Emberi kromoszómák (szkennelő mikroszkóppal készült fénykép). 2. A kromatin különböző állapotai

• **A sejtmag funkciói.** Már tudjátok, hogy a sejtmag tárolja az örökletes információt és továbbadja azt az anyasejttől a leánysejteknek. Ezenkívül a sejt életfolyamatait, közte a fehérjék bioszintézis-folyamatait vezérlő központ szerepét is játssza. A DNS-molekulákról az iRNS-molekulák közreműködésével továbbítódik a fehérjeszerkezetre vonatkozó információ a fehérjeszintézis helyére, a szemcsés endoplazmás retikulum membránjaira. A sejtmagban a magocskák részvételével képződik a riboszómák alkotórészeinek egy része. Mint már említés történt róla, ezek a sejtszervecskék közvetlenül részt vesznek a fehérjeszintézisben. Ily módon a DNS-molekulában kódolt örökletes információ megvalósulása révén a sejtmag szabályozza a sejtben végbemenő biokémiai, élettani és morfológiai folyamatokat.

A sejtmag vezető szerepe az örökletes információ átadásában az ***acetabulária*** *nevű zöldmoszaton elvégzett kísérlettel illusztrálható (17.5. ábra). Ez az élőlény alakjával a gombákra emlékeztet. Sejtjének hosszú szára van, ennek az alapjánál helyezkedik el a mag, a szár tetején pedig kalapszerű korong látható. A kalap alakja szerint határozzák meg az acetabulária egyes fajait. Kísérletileg összenövesztették egy kalapjától megfosztott acetabulária-faj szárának középső részét egy másik faj szárának alsó részével azon a helyen, ahol a mag helyezkedik el. Ennek a mesterségesen létrehozott szervezetnek kinőtt a kalapja, amely arra a moszatfajra*

17.5. ábra. Az acetabuláriával végzett kísérlet

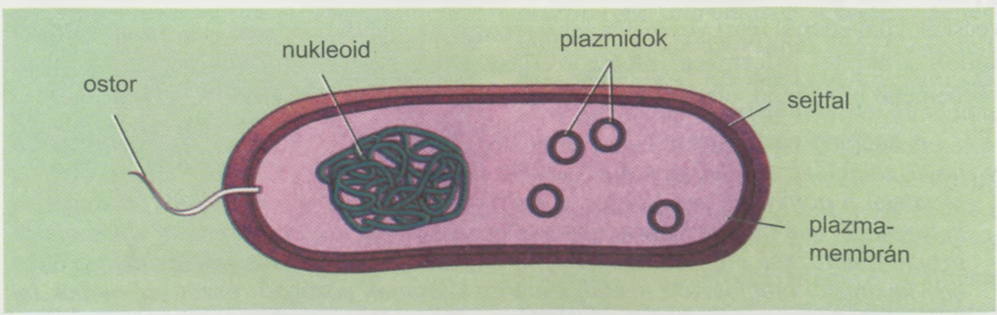
volt jellemző, amelynek szárdarabja tartalmazta a sejtmagot, s nem arra, amelyhez a mag nélküli középső szárrész tartozott (17.5. ábra). Ugyanilyen eredményeket adtak az állati sejtekkel végzett kísérletek. Például a béka petesejtjének eltávolított magja helyére gőte megtermékenyített petesejtjét ültették. Ennek eredményeként nem béka-, hanem gőteembrió fejlődött ki. A felhozott példák a citotechnológia terén végzett kísérletek eredményei.

Egyes állati egysejtűeknek, mint például az ázalékállatoknak vagy a likacsoshéjúaknak kétféle – ***generatív*** és ***vegetatív*** – magjuk van. Az első magtípus az örökletes információ tárolását és továbbadását végzi, míg a másik a fehérjebioszintézis folyamatait szabályozza.

A magban tárolt örökletes információ ***mutációk*** *(lat. mutatio – változás) következtében változhat. A mutációk a genetikai anyag hirtelen létrejövő és a szervezet valamely örökletes tulajdonságának módosulását előidéző stabil változásai. Ezeknek köszönhető a szervezetek örökletes változékonysága, amely nélkül elképzelhetetlen lenne a bolygónkat benépesítő élőlények evolúciója. Mint ismeretes, az* ***evolúció*** *(lat. evolutio – kibontakozás) az élőlények felépítését és működését érintő, történelmi fejlődésük során végbemenő visszafordíthatatlan változások folyamata. Az evolúciós folyamat fő következménye a szervezeteknek az élettér feltételeihez való alkalmazkodása.*

• **A prokarióták örökletes anyaga.** Már szó volt róla, hogy a prokarióta sejteknek nincs kialakult magjuk. Következésképpen az örökletes anyaguk nem különül el a citoplazmától plazmamembránnal, hanem gyűrű alakú DNS-molekula formájában van jelen.

A prokarióták DNS-e nem kapcsolódik a magfehérjékhez. Vagyis az eukarióta sejtek magjában jellemzően meglévő kromoszómák a prokariótákból hiányoznak. A prokarióták citoplazmájának azt a részét, ahol az örökletes anyag található, ***magzónának*** vagy ***nukleoidnak*** nevezzük (17.6. ábra).



17.6. ábra. Baktériumsejt örökletes anyaga

Sok baktérium sejtjének citoplazmájában, a nukleoidon kívül, gyűrűs DNS-molekulák – ***plazmidok*** (gör. *plazma* – megformált) – találhatók (17.6. ábra). Ezeket a molekulákat kromoszómán kívüli örökletes faktoroknak nevezték el. A plazmidállománytól függ a prokarióta szervezetek alkalmazkodása a külső környezet változásaihoz. Például bizonyos géneknek a plazmidokban való meglététől vagy hiányától függ a baktériumok egyes antibiotikumokkal szembeni rezisztenciája. Plazidokat eukarióták sejtjeiben is találtak. Ezek a kétmembrános organellumokban – mitokondriumokban és plasztiszokban – lévő, gyűrűs DNS-molekulák.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Mag, magocska, kromatin, kromoszóma, nukleoid, plazmidok.***

- Az örökletes információt tároló sejtmag minden eukarióta sejt elengedhetetlen alkotóeleme. Csak az eukarióta sejtek egyes típusai veszítik el magjukat. Ilyenek az emlősök többségének eritrocitái és trombocitái, a magasabbrendű növények rostacsövei. Sok sejtnek csupán egy magja van, de vannak olyan sejtek, amelyekben néhány vagy sok mag található.
- A sejtmag felszíni készülékből és belső közegből (mátrixból) áll. A mag felszíni készülékét külső és belső sejtmembrán alkotja. Ezeket egy 20–60 nm-es rés választja el egymástól. Egyes helyeken, a magpórusok körül egyesül a külső és a belső membrán. A magmátrix magnedvből, magocskákból és kromatinszálakból áll.
- A kromatin fehérjékből és nukleinsavakból álló, fonálszerű magstruktúra. A sejt osztódásakor a kromatinszálak tömörré válnak és kromoszómákat képeznek. A kromoszóma alapját a fehérjékkel komplexumot alkotó kétszálú DNS-molekula képezi.

A lényegr röviden

Önellenőrző kérdések 1. *Miből áll a mag felszíni készüléke?* 2. *Mi a magpóruskomlexum? Milyen funkciót lát el?* 3. *Mi a magmátrix?* 4. *Mi a kromatin?* 5. *Milyen a magocskák felépítése és mik a funkcióik?* 6. *Mit tudtok a mag sejtbeni funkciójáról?*

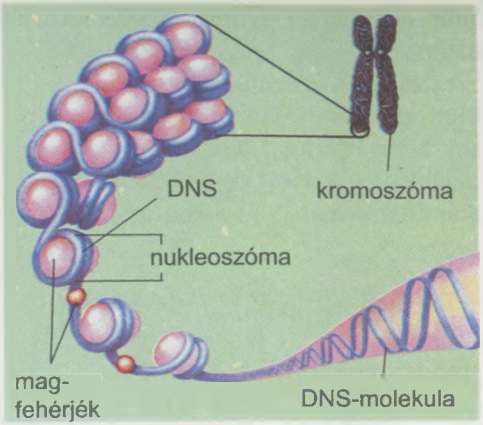
Gondolkozzatok el rajta! *Miért nem tudnak osztódni a magjukat elvesztett eukarióta sejtek?*

18.§. KÜLÖNBÖZŐ SZERVEZETEK KARIOTÍPUSÁNAK SZERVEZŐDÉSI SAJÁTOSSÁGAI

Idézzétek fel! *Milyen az ember testi és ivari kromoszómakészlete? Milyen növényeket neveznek egylaki és kétlaki növényeknek?*

Az előző paragrafusban már szó volt róla, hogy a sejtmag örökletes anyagot tartalmazó fő struktúrái a kromoszómák. Megismerkedünk a szerkezetükkel.

• **A kromoszómák szerkezete.** A kromoszómák csak a sejtosztódás idején számolhatók meg és vizsgálható a szerkezetük fénymikroszkóppal. Az osztódások közötti időszakban a kromoszómák szétcsavarodnak kromatinszálakká.

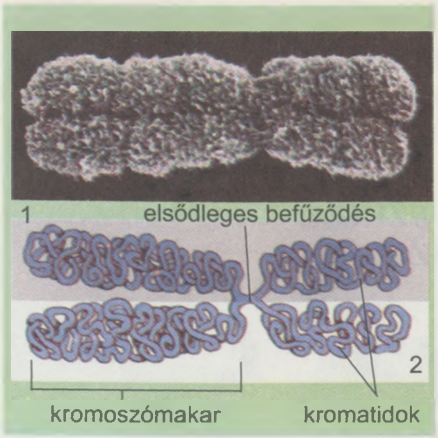


18.1. ábra. Magfehérjék és DNS-molekulák kölcsönhatása a kromatinszálban

A kromoszóma alapját a DNS kétszálas, magfehérjékhez kapcsolódó molekulája képezi (18.1. ábra). Ezenkívül a kromoszómák összetételében RNS-enzimek találhatók.

A DNS meghatározott rendben helyezkedik el a kromoszómákban. A magfehérjék különleges struktúrákat, ***nukleoszómákat*** képeznek, amelyekre mintha rá lenne csavarodva a DNS-szál. Minden nukleoszóma nyolc fehérjeglobulából áll. A nukleoszómák speciális fehérjékkel kapcsolódnak egymáshoz. Az ilyen szerveződés teszi lehetővé a DNS nagy tömörségét a kromoszómákban. Kibontott formában ugyanis a DNS molekulaszálai sokkal hosszabbak, mint maguk a kromoszómák. A kromoszómák hossza a sejt osztódásakor átlagosan 0,5–1 μm, míg a DNS-molekuláé több centiméter. A DNS ilyen „csomagolása" lehetővé teszi, hogy hatékonyan vezérelje a fehérjebioszintézist, saját kettőződésének a folyamatát, védelmet jelent a károsodással szemben a sejtosztódás alatt.

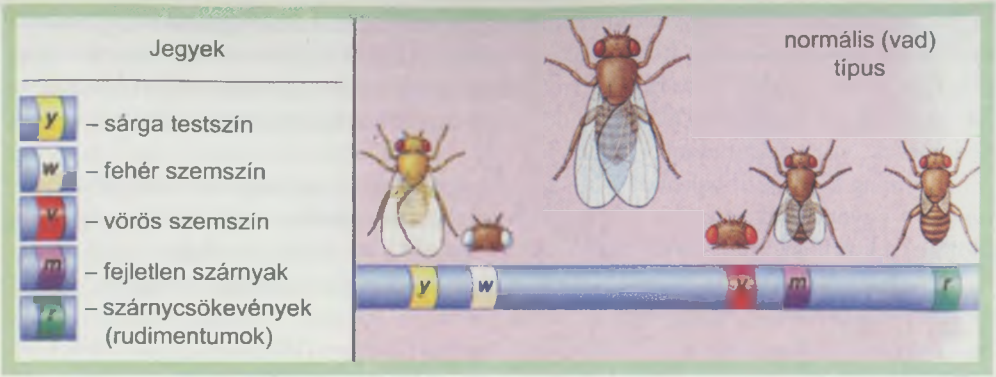
Minden kromoszóma két ***kromatidból*** áll, ezek az elsődleges befűződés helyén kapcsolódnak egymáshoz (18.2. ábra). Az elsődleges befűződés a kromoszómát két részre – *karokra* – tagolja. Ha az elsődleges befűződés a kromoszóma közepén van, akkor a karok egyformák vagy közel azonos hosszúságúak. Amennyiben az elsődleges befűződés a kromoszóma egyik vége felé van eltolva, akkor a karok mérete között jelentős a különbség. Az elsődleges befűződés helyén korongszerű lemezes képződmény, a ***centroméra*** (gör. *centron* – középpont és *meros* – rész) található. Rajta fehérjestruktúrák – ***kinetochorok*** – képződnek. Sejtosztódáskor ezekhez kapcsolódnak a magorsófonalak, amelyek az egész kromoszómák vagy kromatidok leánysejtek közötti rendezett megosztását biztosítják. Egyes kromoszó-máknak másodlagos befűződésük is van. Ennek közelében találhatók a magocskák képződéséért felelős gének.



18.2. ábra. 1. Kromoszóma elektronmikroszkóppal készült képe. 2. A kromoszóma vázlatos szerkezete

Minden kromatid egy-egy hasonló örökletes információkészlettel rendelkező DNS-molekulát tartalmaz. A sejtosztódás során a kromatidok a leánysejtek között osztódnak meg, az osztódások közötti időpontokban a kromatidok száma ismét megduplázódik. Ez a folyamat a DNS-molekulák kettőződési képességének köszönhető.

Mint ismeretes, a kromoszómák géneket – a fehérjemolekulák vagy az RNS szerkezetére vonatkozó genetikai információt (***genetikai***



18.3. ábra. A gyümölcslégy (drozofilla) genetikai térképe

kódot) tartalmazó szakaszokat – tartalmaz. A kromoszómának azt a szakaszát, amelyet meghatározott gén foglal el, ***lókusznak*** (lat. *locus* – hely) nevezzük.

A kromoszómában lévő összes lókuszának meghatározása lehetővé tette, hogy elkészítsék a különböző fajú szervezetek ***kromoszómáinak genetikai térképeit*** (18.3. ábra). Ezeken a térképeken feltüntetik az adott kromoszómában lévő gének elhelyezkedését és a közöttük lévő viszonylagos távolságot.

Egyes szervezetek (például a gyümölcslégy, kukorica) esetében már sikerült elkészíteni a kromoszómák teljes genetikai térképeit. Az ember 23 kromoszómájának a genetikai térképe még nem teljes. A tudósok úgy vélik, hogy az ember valamennyi jegyét meghatározó gének száma eléri a 30 ezret. A genetikai térképek lehetővé teszik a kutatók számára a különböző szervezetek örökletes információinak a módosítását: egyes gének eltávolítását, a saját vagy más faj egyedéből vett gének beépítését. Ezzel a biológia speciális ága, a génsebészet foglalkozik.

- **Különböző szervezetek kariotípusának szerveződési sajátosságai.**

Minden állati, növényi és gombasejtnek meghatározott kromoszóma-állománya van. A kromoszóma-állomány jegyeinek (a kromoszómák száma, alakja és mérete) összességét ***kariotípusnak*** (gör. *carion* – dióbél, és *typhos* – alak) nevezzük (18.4. ábra). Minden élőlényfajra meghatározott kariotípus jellemző. Például a gyümölcslégy szomatikus sejtjeiben mindössze 8 kromoszóma (4 pár), az emberi sejtekben 46 (23 pár) kromoszóma, míg a likacsoshéjú tengeri egysejtűekében 1600 kromoszóma található.

18.4. ábra. Különböző állatok kariotípusai: 1 – csuka; 2 – tyúk; 3 – macska; 4 – gőte

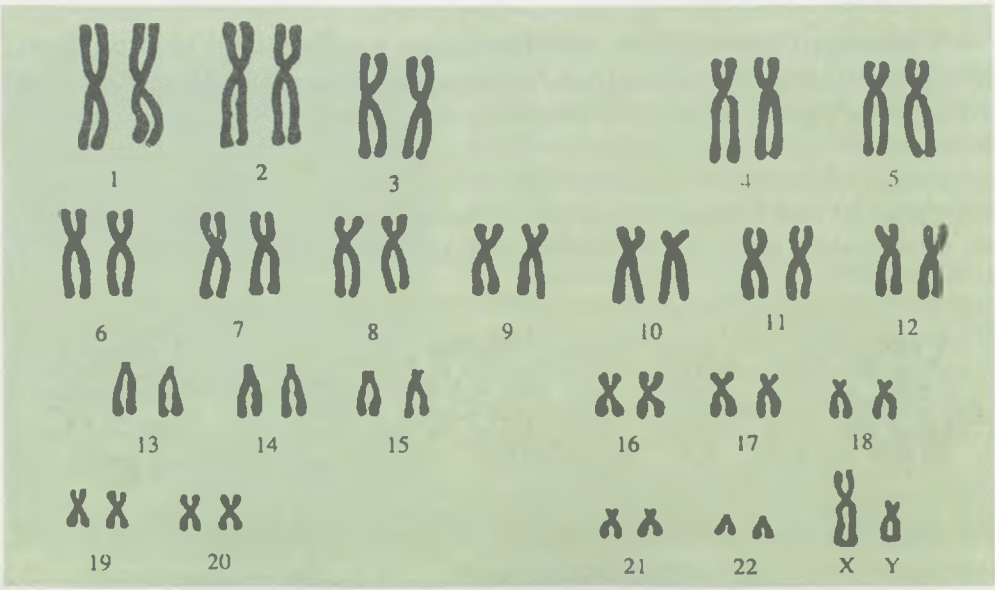
A kariotípus állandóságának köszönhető a fajok létezése. Az ugyanahhoz a fajhoz tartozó egyedek sajátságos kariotípusa lehetővé teszi az egymás közötti párosodást, életképes utódok nemzését és rendszerint kizárja a más fajok egyedeivel való párosodást. Ha mégis lenne párosodás, akkor utódok vagy egyáltalán nem jönnek létre vagy nem életképesek, vagy nem tudnak szaporodni.

A sejtmag kromoszómakészlete lehet haploid, diploid vagy poliploid. A ***haploid*** (gör. *haplos* – egyedülálló és *eidos* – külső) ***kromoszómakészletben*** (egyezményesen **1n** a jelölése) a kromoszómák szerkezetükben különböznek a többitől. A ***diploid*** (gör. *diplos* – kettős) ***kromoszómakészletben*** (**2n**) minden kromoszómának megvan a hasonló méretű és felépítésű párja. Az egyazon párba tartozó, hasonló méretű és szerkezetű kromoszómákat ***homológ*** (gör. *homologia* – megfelelés), a különböző párokban lévő kromoszómákat pedig ***nem homológ kromoszómáknak*** nevezzük.

A homológ kromoszómáknak hasonló a szerkezetük és egyforma a génkészletük. Kivételt ez alól csak az ivari kromoszómák képeznek, amelyek az eltérő nemű egyedekben méretüket és szerkezetüket tekintve különböznek egymástól. Ezért ***heterokromoszómáknak*** (gör. *heteros* – más) nevezik őket a nem ivari ***autoszómáktól*** (gör. *autos* – egyedül) eltérően.

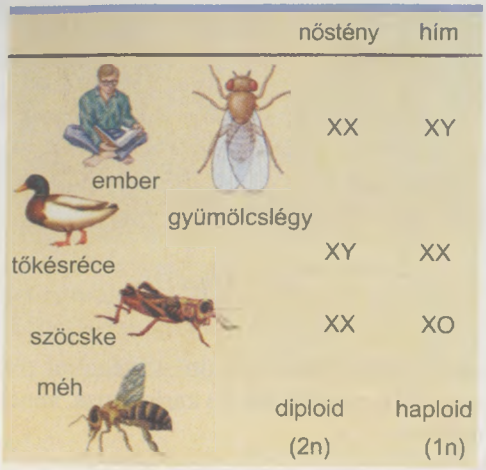
Ha a homológ kromoszómák száma kettőnél több, akkor az ilyen kromoszómakészletet ***poliploidnak*** (gör. *polis* – számos): triploidnak (**3n**) és tetraploidnak (**4n**) nevezzük.

A váltivarú állatoknál és kétlaki növényeknél az egyik nem egyedei esetében az egyik kromoszómapár kromoszómái különböznek egymástól, míg a másik nemnél hasonlóak egymáshoz. Ezek az ivari vagy ***heterokromoszómák***. A többi, minden egyednél hasonló kromoszómapárokat nem ivari kromoszómáknak vagy ***autoszómáknak*** nevezzük. Például a nők kromoszómakészletében két *X*-kromoszóma, a férfiaknál egy *X*-kromoszóma és egy *Y*-kromoszóma van (18.5. ábra). Érthető, hogy míg az autoszómákban hasonló a génkészlet, addig az *X*- és *Y*-kromoszómákban különböző.



18.5. ábra. Az emberi kariotipus (férfi)

A legyek és emlősállatok esetében a hím egyedek ivari kromoszómái különböznek egymástól, míg a lepkéknél, csúszómászóknál és madaraknál ez a különbözőség a női egyedek ivari kromoszómáira érvényes. Egyes állatoknál a különböző ivarú egyedekben eltérő a kromoszómák száma. A szöcskék (rovarok osztálya) nőstényeinek 2 ivari kromoszómájuk van, míg a hímeknek csak egy (18.6. ábra).

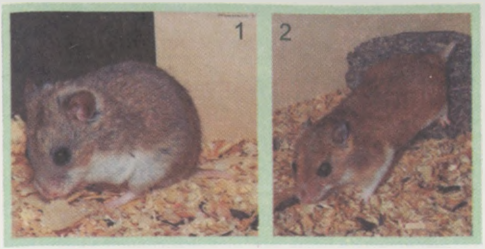


18.6. ábra. Egyes állatcsoportok különböző ivarú egyedeinek kariotípusai

A kétszárnyú rovarok lárváinak, egyes sejtmagjaiban, egyes ázalékállatokban és növényekben (búza, hagyma) hatalmas méretű kromoszómák találhatók, amelyek több százszor nagyobbak a szokványos kromoszómáknál. Ez azért van így, mert ezekben a kromoszómákban a DNS-molekulák mennyisége többszöröse, olykor ezerszerese a normálisnak, ami egyébként faji jegynek számít.

• A kariotípus változásai és következményei. A kariotípus jelentőségének vizsgálata. A kariotípus mutációk következtében változhat. A mutáns egyedek (mutánsok) gyakran nem képesek párosodni a normális kariotípusú egyedekkel, s így nem hagynak termékeny utódokat maguk után. Ezenkívül a kromoszómakészlet változásai különböző betegségeket okozhat. Példaként a Dawn-kór említhető. Már szó volt róla, hogy az embernek 23 pár kromoszómája van. A kutatók mindegyik kromoszómapárt megszámozták, például az 1. pár kromoszómája, a 2. pár kromoszómája (18.5. ábra). Ha az embernél a 21. párban nem két, hanem három kromoszóma van, akkor az illető Dawn-kóros. Az ilyen betegek értelmileg sérültek, az élettartamuk rövidebb, rendszerint nem haladja meg a 30 évet, a normálisnál kisebb méretű a fejük, lapos az arcuk és ferde a szemük. A betegségük ellenére az ilyen gyerekek igen jóindulatúak és szófogadóak. Ha a harmadik kromoszóma a 8. párban jelenik meg, akkor is testi tünetek jelentkeznek, de nem olyan jelentősek (ferdeszeműség, rövid ujjak, megnagyobbodott fül, orr, enyhe szellemi fogyatékosság). Vannak olyan mutációk, amelyek nem a kromoszómaszám növekedésével, hanem csökkenésével járnak. Az olyan emberi embrió, amelynek kromoszómakészlete 44 autoszómából és kettő helyett csak egy X-kromoszómából áll, női szervezetté fejlődik, és az életfunkciói jelentős mértékben sérülnek (megrövidült nyak szárnyszerű bőrredőkkel, csontképzési zavarok, rendellenesen alakuló vérkeringési rendszer, hiányzó ivarmirigyek). Vagyis a zavarok foka és jellege attól függ, hogy melyik párban módosult a kromoszómaszám.

Az emberi kariotípus kutatásának nagy jelentősége van az örökletes betegségek diagnosztizálásában. Ezáltal lehetővé válik sok örökletes megbetegedés felderítése még a fejlődés korai szakaszában (Dawn-kór és más örökletes betegségek). A kariotípus vizsgálatának nagy jelentősége van a rendszertanban a felépítésüket tekintve közeli fajok (úgynevezett ikerfajok) meghatározásánál. Ez azon alapul, hogy az egymáshoz közeli fajok kromoszómakészletei mindig különböznek egymástól vagy a kromoszómák számát tekintve, vagy felépítésbeli sajátosságaikat illetően. Más felépítésbeli tulajdonságaik szerint az ikerfajok



18.7. ábra. Kínai (1) és dauri (2) ürge

azonosítása vagy nagyon nehéz, vagy egyáltalán nem lehetséges.

A rendszertannak ezt az irányzatát ***kariorendszertannak*** *nevezik. Például két egymáshoz közeli ürgefaj (kínai és dauri ürge) külalakra igen hasonló egymáshoz, de eltér a kromoszómaállományuk (rendre 22 és 20 diploid állományú kromoszómájuk van) (18.7. ábra). Ikerfajok ismeretesek a rovarok, kétéltűek, csúszómászók között is.*

Emellett a kariotípus vizsgálata lehetővé teszi a szervezetek közötti történelmi rokonság megállapítását. Vagyis minél jobban hasonlít egymásra két faj kariotípusa, annál közelebb állnak egymáshoz a származásukat tekintve.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Kromatidok, kariotípus, autoszómák, heterokromoszómák.***

A lényegről röviden

- Minden kromoszóma két kromatidból áll, ezek az elsődleges befűződés helyén kapcsolódnak egymáshoz. Az elsődleges befűződés a kromoszómát két részre – karra – tagolja. A sejt osztódása során a kinetochorhoz kapcsolódnak a magorsófonalak.
- Minden eukarióta faj sejtjeinek sajátságos kromoszómakészlete – kariotípusa – van.
- A hasonló méretű, szerkezetű és génállományú kromoszómákat homológ, az ezeket a jegyeket tekintve különböző kromoszómákat nem homológ kromoszómáknak nevezzük. Kivételt ez alól csak az ivari kromoszómák képeznek, amelyek az eltérő nemű egyedekben méretüket és szerkezetüket tekintve különböznek egymástól. Ezért heterokromoszómáknak nevezik őket a nem ivari autoszómáktól.
- A kariotípus mutációk következtében változhat. A mutáns egyedek (mutánsok) gyakran nem képesek párosodni a normális kariotípusú egyedekkel, s így nem hagynak termékeny utódokat maguk után.
- Az emberi kariotípus kutatásának nagy jelentősége van az örökletes betegségek diagnosztizálásában. Ezáltal lehetővé válik sok örökletes megbetegedés felderítése még a fejlődés korai szakaszában (Dawn-kór és más örökletes betegségek).
- A kariotípus vizsgálatának nagy jelentősége van a rendszertanban a felépítésüket tekintve közeli fajok (úgynevezett ikerfajok) meghatározásánál.

Önellenőrző kérdések

1. Mi a kariotípus? Mi jellemző rá? 2. Milyen a kromoszómák szerkezete és funkciói? 3. Melyek az ivari és nem ivari kromoszómák? 4. Milyen kromoszómákat nevezünk homológoknak? 5. Milyen jelentősége van az ember és más szervezetek kromoszómakészlet-vizsgálatának? 6. Miben különböznek egymástól a prokarióták és eukarióták örökletes anyagának a hordozói?

Gondolkozzatok el rajta! *Miért függ a fajok létezése kariotípusuk stabilitásától és specifikumától?*

LABORATÓRIUMI GYAKORLAT

3. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A PROKARIÓTA ÉS EUKARIÓTA SEJTEK SZERKEZETE

Cél: *a prokarióta és eukarióta sejtek szerkezeti sajátosságainak vizsgálata; a prokarióta és eukarióta sejtek felismerése képeken, tartós mikroszkópos preparátumokon, mikroszkópos fényképfelvételeken.*

Eszközök és anyagok: *mikroszkópok, tárgylemezek és fedőlemezek, csipeszek, üveg- és fapálcikák, preparáló tűk; baktériumokból, a száj hámsejtjeiből, a hagyma epidermiszéből és fejespenészből készült állandó preparátumok; baktériumok, gomba-, állati és növényi sejtek elektronmikroszkópos felvételei.*

A munka menete

1. Készítsétek elő a mikroszkópot a munkához!
2. A mikroszkóp kis nagyítása mellett keressétek meg az állandó preparátumokon a növényi, állati, baktérium- és gombasejteket, és vizsgáljátok meg a szerkezetüket erős nagyítás mellett!
3. Ha nincsenek állandó készítmények, akkor készítsetek ideiglenes preparátumokat:
   a) steril üveg- vagy fapálcikával kaparjatok le a fogaitok íny melletti felületéről baktériumsejteket tartalmazó lepedéket, helyezzétek a tárgylemezre, és fedjétek le fedőlemezzel;
   b) készítsetek preparátumot a szájüregetekből vett hámból és nyálcseppből úgy, hogy az üvegpálcikát húzzátok végig a pofazacskótok belső felületén, s a rátapadt lepedéket helyezzétek tárgyüvegre, majd keressetek benne hámsejteket;
   c) készítsetek preparátumot a hagyma húsos levelének bőrhártyájából úgy, hogy annak darabkáját helyezzétek a tárgyüvegre, és tegyetek rá fedőlemezt;
   d) penészes kenyérről és zöldségről vegyetek fehér lepedéket (a fejespenész gombafonál-szövedékét), helyezzétek azt tárgyüvegre, és fedjétek le fedőlemezzel!
4. A mikroszkóp erős nagyítása mellett tanulmányozzatok baktériumokat, növényi, állati és gombasejteket! Hasonlítsátok össze a szerkezetüket!
5. Vegyétek szemügyre baktériumok, növényi, állati és gombasejtek elektronmikroszkópos fényképfelvételeit! Keressétek meg rajtuk a sejtfalat, a plazmamembránt, a sejtmagot, az endoplazmás retikulumot, a Golgi-készüléket, a mitokondriumokat és a vakuólumokat.
6. Vonjatok le következtetéseket!

4. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A PLAZMOLÍZIS ÉS DEPLAZMOLÍZIS JELENSÉGÉNEK MEGFIGYELÉSE NÖVÉNYI SEJTEKBEN

(a biológiát akadémiai szinten tanulók végzik)

Cél: *a citoplazma mozgásának megfigyelése növényi sejtekben; a plazmolízis és deplazmolízis vizsgálata.*

Eszközök és anyagok: *fénymikroszkópok, tárgylemezek és fedőlemezek, csipeszek, preparáló tűk, szűrőpapír, desztillált víz, nátrium-klorid 9%-os vizes oldata, hagyma húsos pikkelylevele vagy átokhínár levele.*

A munka menete

1. Készítsétek elő a mikroszkópot a munkához!
2. Készítsetek ideiglenes preparátumot a hagyma húsos levélpikkelyéről vagy az átokhínár leveléről vett epidermisz élő sejtjeiből! Tegyétek a sejteket a tárgylemezen lévő vízcseppbe, és fedjétek le fedőlemezzel!
3. Vizsgáljátok meg a készítményt a mikroszkóp gyenge nagyítása mellett, kiválasztva azt a részt, ahol az élő sejtek vannak! A mikroszkóp erős nagyítása mellett figyeljétek meg a citoplazma és a kloroplasztiszok mozgását (melegítsétek fel a készítményt +38...40 °C-ra úgy, hogy meleg vizet adagoltok a fedőlemez alá)!
4. Cseréljétek ki a fedőlemez alatti vizet nátrium-klorid oldatára a következő módon: a fedőlemez egyik oldalánál adagoljátok az oldatot, a másik oldalához pedig helyezzetek szűrőpapírt a víznek a fedőlemez alóli felitatásához! Figyeljétek meg a plazmolízis jelenségét, vagyis azt, ahogyan a citoplazma a zárványokkal együtt elválik a sejtfaltól!
5. A plazmolízis befejeződése után cseréljétek ki a fedőlemez alatt a nátrium-klorid oldatát desztillált vízre! Ennek érdekében a fedőlemez egyik oldalánál adagoljátok a desztillált vizet, a másik oldalon szűrőpapírral vonjátok el a nátrium-kloridoldatot! Figyeljétek meg a deplazmolízis jelenségét, vagyis azt, ahogy helyreáll a citoplazma térfogata!
6. Vonjatok le következtetéseket!

5. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A SEJTMAG MIKROSZKÓPOS ÉS ULTRAMIKROSZKÓPOS SZERKEZETE

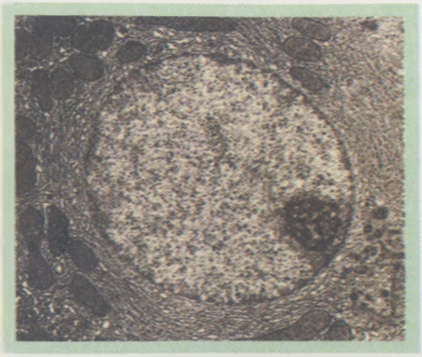
(a biológiát akadémiai szinten tanulók végzik)

Cél: *ismerkedés a sejtmag szerkezeti sajátosságaival; a sejtmag szerkezetének felismerése képeken, tartós mikroszkópos preparátumokon, mikroszkópos fényképfelvételeken.*

Eszközök és anyagok: *fénymikroszkópok, tárgylemezek és fedőlemezek, csipeszek, preparáló tűk, szűrőpapír, átokhínár, petesejt állandó mikroszkópos preparátuma.*

A munka menete

1. A mikroszkóp gyenge nagyítása mellett vizsgáljátok meg a petesejt állandó mikroszkópos preparátumát!



A mag mikroszkópos szerkezete

2. Keressétek meg a preparátumon a nagy, golyószerű petesejteket, amelyek nyújtott sejtmagos, ibolyakékre festett kis tüszősejtekkel vannak körülvéve!
3. Figyeljétek meg a petesejt rózsaszínűre festett citoplazmáját!
4. Keressétek meg a sejt középpontjában elhelyezkedő nagy magot!
5. Figyeljétek meg a sejtmagban lévő számos, különböző méretű, sötétes ibolyaszínűre festett magocskát!

6. Rajzoljátok le a béka petesejtjét, megjelölve rajta a sejtburkot, citoplazmát, magot és magocskákat!
7. Vizsgáljátok meg a sejtmag elektronmikroszkóppal készült fényképét, és keressétek meg rajta az egyes szerkezeti elemeket!
8. Vonjatok le következtetéseket!

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

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 fagocitózisra képesek:** *a) baktériumok; b) gombák; c) növények; d) állatok*!
3. **Nevezzétek meg azokat a szervezeteket, amelyeknek a sejtburkában 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" fogalmat:** *a) R. Hook; b) T. Schwann; c) M. Schleiden; d) R. Wirchow*!
6. **Mondjátok meg, hogyan nevezik még az ivari kromoszómákat:** *a) politén; b) nem homológ; c) autoszómák; d) heterokromoszómák*!

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A KÉT MEGFELELŐT!

1. **Mutassátok meg azokat a szervezeteket, amelyeknek a sejtjeiben van mind vegetatív, mind generatív mag:** *a) élesztő; b) ulotrix; c) likacsoshéjúak; d) ázalékállatok*!
2. **Nevezzétek meg a mag nélküli sejteket:** *a) emlősök vörösvérsejtjei; b) hámsejtek; c) leukociták; d) emlősök trombocitái*!
3. **Jelöljétek meg azokat a szervezeteket, amelyeknek a sejtjei mag nélküliek:** *a) kékbaktériumok; b) penicillin; c) penészgomba; d) kólibaktérium*!
4. **Nevezzétek meg a mag belsejében előforduló struktúrákat:** *a) riboszóma alegységek; b) kromatinszálak; c) plasztisz; d) mitokondrium*!
5. **Jelöljétek meg a sejten belüli passzív anyagszállítás mechanizmusait:** *a) diffúzió; b) a membránokon átjutó fehérjék térszerkezet-változása; c) kálium-nátrium pumpa; d) fagocitózis*!
6. **Nevezzétek meg a plazmamembrán tulajdonságait:** *a) félig áteresztő képesség; b) önmegújítási képesség; c) érdesség; d) saját fehérjeszintetizáló képesség*!
7. **Az ázalékállatka membrán alatti struktúrájának részét képezi:** *a) glikokalix; b) pellikula; c) sejtfal; d) sejtváz*!

III. MEGFELELÉSI FELADATOK

1. **Határozzátok meg a kromoszómák típusát:**

Kromoszómatípus	Kromoszómanév
A Hasonló méretűek és szerkezetűek B Különböző méretűek és szerkezetűek C Ivariak D Nem ivariak	1 Heterokromoszómák 2 Autoszómák 3 Politének 4 Homológok 5 Nem homológok

2. Határozzátok meg az organellumok és struktúrák azon szervezetcsoportoknak való megfelelését, amelyekben előfordulnak:

Szervezetcsoportok	Organellumok és struktúrák
A Emlősök többségének vörösvérsejtjei B Kékbaktériumok C Növények bőrsejtjei D Ázalékállatok sejtjei	1 A magok nem differenciálódnak vegetatívakra és generatívakra 2 Az érett sejtekből hiányzik a mag 3 Nukleoid 4 Vegetatív és generatív magok 5 Rostaszerű lemezek

3. Állapítsátok meg a tudós neve és a citológia fejlődéséhez való hozzájárulása közötti megfelelést:

A tudósok neve	A citológia fejlődéséhez való hozzájárulás
A R. Hook B A. van Leeuwenhoek C T. Schwann D I. Mecsnyikov	1 Felfedezte a fagocitózis jelenségét 2 Felfedezte a pinocitózis jelenségét 3 Javasolta a „sejt" kifejezés használatát 4 Felfedezte és leírta a baktériumsejteket 5 Lefektette a sejtelmélet alapjait

IV. KÉRDÉSEK NYITOTT VÁLASSZAL

1. *Hogyan hat a mag hiánya a sejt tulajdonságaira? Válaszotokat indokoljátok meg!*
2. *Mivel magyarázható, hogy egyes eukarióta sejteknek nincs magjuk? Mondjatok példákat ilyen sejtekre!*
3. *Milyen jelentősége van osztályozás szempontjából a szervezetek kariotípus-vizsgálatának? Válaszotokat indokoljátok meg!*
4. *Miben különbözik és miben hasonlít a prokarióta és eukarióta sejtek örökletes anyaga?*
5. *Miben különbözik és miben hasonlít a pinocitózis és fagocitózis folyamata? Mely szervezetek sejtjei képesek pinocitózisra és fagocitózisra?*
6. *Milyen összefüggés van a sejtek vízfelvétele és alaktartása között? Válaszotokat indokoljátok meg!*
7. *Miben különbözik és miben hasonlít a növényi és gombasejtek felszíni készülékének szerkezete és kémiai összetétele?*

2. TÉMA. A SEJTEK CITOPLAZMÁJA

- *a citoplazma szerkezete és funkciói;*
- *az egymembránós és kétmembránós sejtszervecskék szerkezete és funkciói;*
- *az eukarióta sejtek és egyes szervecskéik származása;*
- *a kétmembránós sejtszervecskék jelentősége a sejtek anyagszintézisben, energiaátalakítási folyamataiban és a magon kívüli öröklődés biztosításában.*

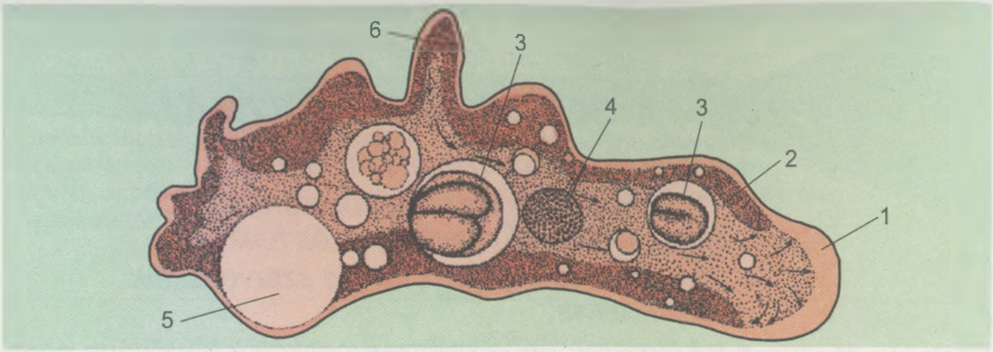
19.§. A CITOPLAZMA. SEJTZÁRVÁNYOK

Idézzétek fel! *Az eukarióta-sejtek milyen fő alkotóelemeit ismeritek? Mi a citózis? Határozzátok meg, mi a szol és a gél!*

Tudjátok, hogy a sejtek tartalmát, a mag kivételével, citoplazmának nevezzük. A citoplazma nem homogén kolloid oldat: citoszol vagy hialoplazma, amelyben a sejtszervecskék, zárványok és sejtváz helyezkedik el. A citoplazmát mint a sejtek belső közegét viszonylag stabil szerkezet és tulajdonságok jellemzik.

• **A citoszol és funkciói.** *A **citoszol** (gör. cytos* – sejt, *sol* – kolloid oldat) vagy ***hialoplazma*** (gör. *hyalos* – üveg, *plasma* – formázott) a citoplazma szerves és szervetlen anyagok átlátszó oldatából álló része. A szerves anyagok közül a hialoplazmában túlsúlyban vannak a fehérjék, aminosavak, mono-, oligo- és poliszacharidok, lipidek, különböző RNS-ek. A szervetlen anyagok közül a fémkationok (Ca^{2+}, K^+), a karbonát-, a foszfát- és a klórionok dominálnak. A citoplazmában a sejtváz struktúrái között különböző organellumok és zárványok találhatók.

A citoszol vagy hialoplazma folyékony (*szol*) vagy kocsonyás (*gél*) állapotban fordulhat elő. Különböző részei azonban eltérő halmazállapotban lehetnek. Az állati sejtekben például a citoplazma plazmamembrán alatti külső rétege (*ektoplazma*) átlátszó és tömör. Ezzel szemben a kisebb sűrűségű belső rétegében (*endoplazma*) helyezkednek el a különböző sejtszervecskék és zárványok. Ez a réteg egymásba megy át, ahogy az amőbánál is megfigyelhető az állábak képződésekor (19.1. ábra). A citoszol egyik állapotból a másikba való átmenete teszi lehetővé a sejtek amőbaszerű mozgását állábakkal és az endo- és exocitózist. **Idézzétek fel:** *az endocitózis – szilárd részecskék és vegyületoldatok sejt általi elnyelése; exocitózis – egyes anyagok ürítése a sejtből* (például hormonok, enzimek)! A citoszol fizikai állapota kihat a biokémiai folyamatok sebességére: minél sűrűbb, annál lassabban zajlanak a kémiai reakciók. Fontos mutatója a citoszol állapotának a hidrogénionok koncentrációja (pH), ettől függ egyes enzimek aktivitása.



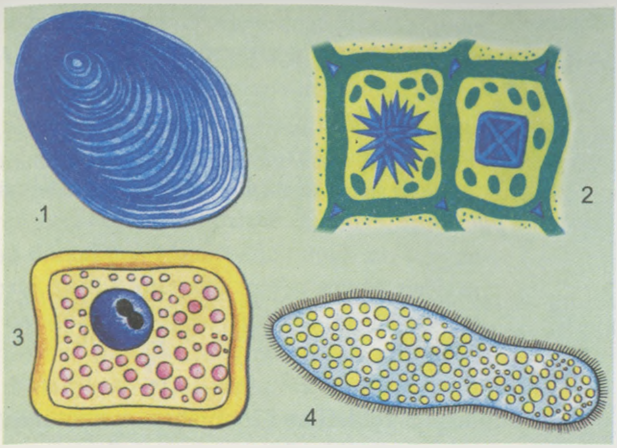
19.1. ábra. Az amőbasejt vázlatos szerkezete: 1 – ektoplazmaréteg; 2 – endoplazmaréteg; 3 – emésztővakuólumok; 4 – mag; 5 – lüktető vakuólum; 6 – álláb (a nyilak a citoplazma mozgását jelzik)

A sejt belső közege fogja egységes funkcionális biológiai rendszerbe az összes sejtalkotót, és biztosítja együttműködésüket. A citoszolban történik az anyagszállítás és egyes anyagcsere-folyamatok (például a glükóz oxigén nélküli lebontásának reakcióláncolata, a glikolízis), az organellumok építéséhez és ezek működésének fenntartásához szükséges fehérjeszintézis. A hialoplazmára állandó mozgás jellemző. Ez úgy követhető nyomon, hogy az élő sejtbe festéket juttatnak. Ezt ti magatok is megfigyelhetitek a 8. sz. laboratóriumi munka végzése során.

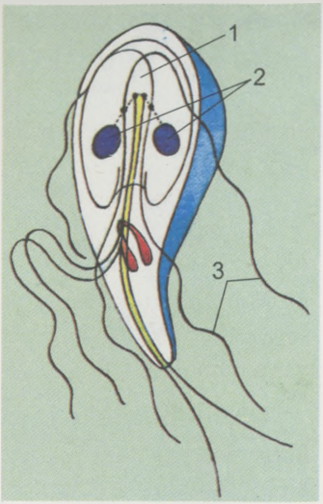
• **Sejtzárványok.** A sejtzárványok, a sejtszervecskéktől eltérően, nem állandó struktúrák, a sejt élettevékenysége során hol eltűnnek, hol megjelennek. Oldott vagy szilárd állapotban (kristályok, szemcsék, cseppek alakjában) fordulnak elő a növényi sejtek citoplazmájában vagy a vakuólumok nedvében, elsősorban mint tartalék anyagok (19.2. ábra). A keményítő például felhalmozódik a színtelen plasztiszokban (leukoplasztiszokban), majd felszakítja azok membránjait és a citoplazmába távozik, ahol szemcsék alakjában tárolódik. A növényi sejtekben felhalmozódhatnak fehérjegranulák vagy cseppfolyós zsírok (földimogyoró) is. Az állati és emberi sejtekben egy másik típusú poliszacharid, a glikogén (szemcsék vagy rostok alakjában), továbbá különböző lipidek és fehérjék (tojássárgája) tárolódnak. Glikogén halmozódik fel a gombasejtekben is.

A sejtek citoplazmája oldhatatlan anyagcseretermékeket – húgysavsókat, kalcium-oxalát-kristályokat (sóska, begónia) – tartalmazhat. Enzimek hatására a sejtzárványok zöme az anyagcsere-folyamatokban hasznosuló vegyületekre esik szét. A sejtzárványokat a növények növekedésük, virágzásuk és a gyümölcsérlelés során használhatják fel.

Egyes egysejtű állatokban előfordulnak támasztó funkciót ellátó, különleges, sejten belüli struktúrák. A zárványokhoz hasonlóan ezek is a hialoplazma meghatározott alakú sejtalkotói, de attól nincsenek membránnal elhatárolva. A *lambia* nevű ostoros élősködőkben például szerves anyagból felépülő támasztótengely található (19.3. ábra). Az egysejtű tengeri sugárállatkákban olyan szervesanyag-kapszula van, amely tulajdonságait tekintve valamelyest különböző belső és külső részekre tagolja a citoplazmát. Ezeknek az állatoknak szörnyekre emlékeztető (egymásban elhelyezkedő



19.2. ábra. Sejtzárványok: 1 – keményítőszemcsék burgonyagumósejtből; 2 – kalcium-oxalát-kristályok begóniasejtekben; 3 – fehérjezárványok búzaszemsejtben; 4 – zsírcseppek a papucsállatka sejtjében



19.3. ábra. Lambiasejt: 1 – támasztótengely; 2 – magok; 3 – ostorok

lyukacsos gömbök, korona stb. alakjában előforduló), SiO_2 vagy $SrSO_4$ vegyületeket tartalmazó sejten belüli vázuk van.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Citoszol vagy hialoplazma, sejtzárványok.***

- A sejtek tartalmát a mag kivételével citoplazmának nevezzük. A citoplazma nem homogén kolloid oldat: citoszol vagy hialoplazma.
- A citoszol a citoplazma szerves és szervetlen anyagok átlátszó oldatából álló része. Benne találhatók az egymással kölcsönhatásban álló sejtszervecskék és zárványok.
- A citoszol folyékony (szol) vagy kocsonyás (gél) állapotban fordulhat elő. A citoszol fizikai állapota kihat a biokémiai folyamatok sebességére. A citoszol fogja egységes funkcionális biológiai rendszerbe az összes sejtalkotót, és biztosítja együttműködésüket.
- A sejtzárványok nem állandó struktúrák, a sejt élettevékenysége során hol eltűnnek, hol megjelennek. Ezek elsősorban tartalék anyagok.

A lényegre röviden

Önellenőrző kérdések

1. *Mi a citoplazma?* **2.** *Milyen összetételű és milyen funkciókat lát el a citoszol?* **3.** *Milyen halmazállapotokban fordulhat elő a citoszol? Jellemezzétek ezeket az állapotokat!* **4.** *Mik a sejtzárványok? Milyen szerepet játszanak a sejtben?*

Gondolkozzatok el rajta!

Miként magyarázható a következő fogalom: „a sejt egységes membránrendszere”? Hogyan függenek össze a hialoplazma különböző állapotai és összetétele a funkcióival?

20.§. EGYMEMBRÁNOS SEJTSZERVECSKÉK

Idézzétek fel! *Milyen sejtszervecskéket határol egy membrán? Milyen az emberi spermasejt felépítése? Milyen sajátosságai vannak az ízeltlábúak kutukulája szerkezetének? Milyen vakuólumok fordulnak elő a növényi és állati sejtekben? Mi a pinocitózis és a fagocitózis?*

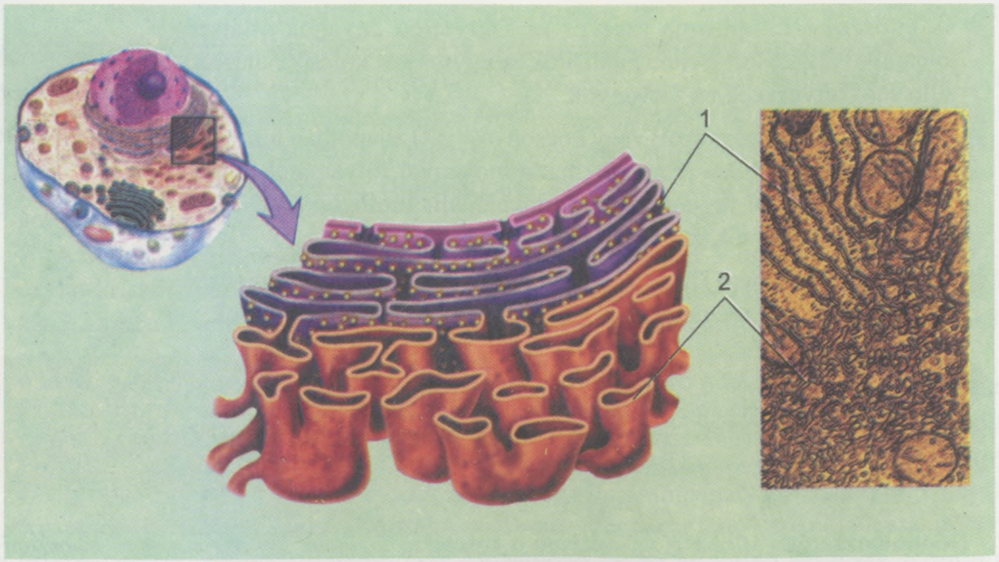
Már tudjátok, hogy az eukarióta sejtekben vannak egy membránnal körülvett sejtszervecskék, ilyen az endoplazmás retikulum, a Golgi-készülék, a lizoszómák és a vakuólumok.

• **Endoplazmás retikulum.** Az endoplazmás retikulum (20.1. ábra) membránnal határolt, egymással összeköttetésben lévő mikroszkopikus csövecskék és ezek kiöblösödései által alkotott üregek (tartályok) rendszere. A csatornácskák átmérője 50 – 100 nm, a tartályoké eléri vagy meghaladja az 1000 nm-t. Az endoplazmás retikulum két típusát különböztetik meg: a szemcsés és a sima felületűt.

A ***szemcsés endoplazmás retikulum*** membránjain riboszómák helyezkednek el, míg a ***sima* felületű** változat membránjairól ezek hiányoznak.

A kétféle endoplazmás retikulum szoros térbeli kapcsolatban áll egymással; a membránjaik közvetlenül átmehetnek a másikba.

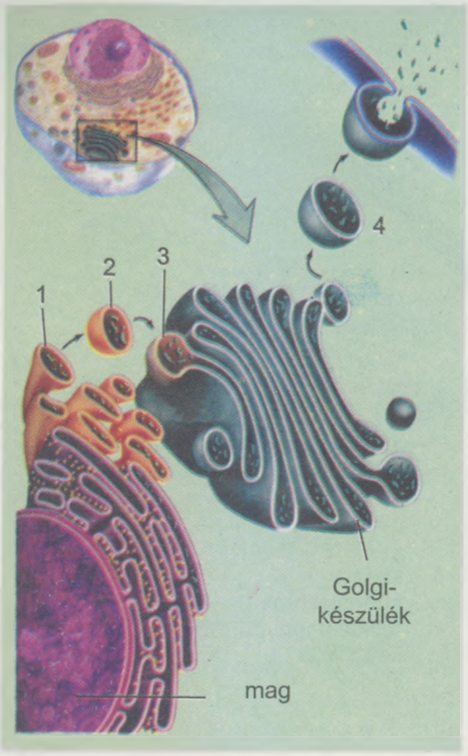
A szemcsés endoplazmás retikulum egyik fő funkciója az anyagszállítás biztosítása a sejten belül. A sejtben szintetizálódott fehérjék részben saját szükségleteket elégítenek ki vagy kiürülnek a sejtből (20.2. ábra). A fehérjék a citoszolban vagy a szemcsés endoplazmás retikulum felületén lévő riboszómák közreműködésével szintetizálódnak. Ebben az organellumban nyerik el a fehérjék sajátságos térszerkezetüket, és kapcsolódnak



20.1. ábra. Endoplazmás retikulum: 1 – szemcsés; 2 – sima

hozzájuk a nem fehérje jellegű alkotóelemek. A szintetizálódott fehérjékből épül fel a plazmamembrán és a sejtmagburok külső membránja a sejtosztódások közötti időszakokban.

A sima endoplazmás retikulum membránjain lipidek, szénhidrátok és lipidtermészetű hormonok szintetizálódnak, amelyek az üregekben raktározódhatnak el. Ugyancsak rajtuk mennek végbe egyes poliszacharidok (glikogén) anyagcsere-folyamatai. A sima endoplazmás retikulum üregeiben (májsejtek) gyülemlenek fel és semlegesítődnek a szervezet számára mérgező vegyületek, amelyek idővel kiürülnek a sejtekből. Ezenkívül az izomsejtek, neuronok és mirigyhámsejtek endoplazmás retikulumának üregeiben tárolódnak a kalciumionok. Ennek fontos szerepe van az izomrostok működése szempontjából: az összehúzódásuk során erősen megnő a kalciumionok koncentrációja, míg elernyedésükkor lecsökken.

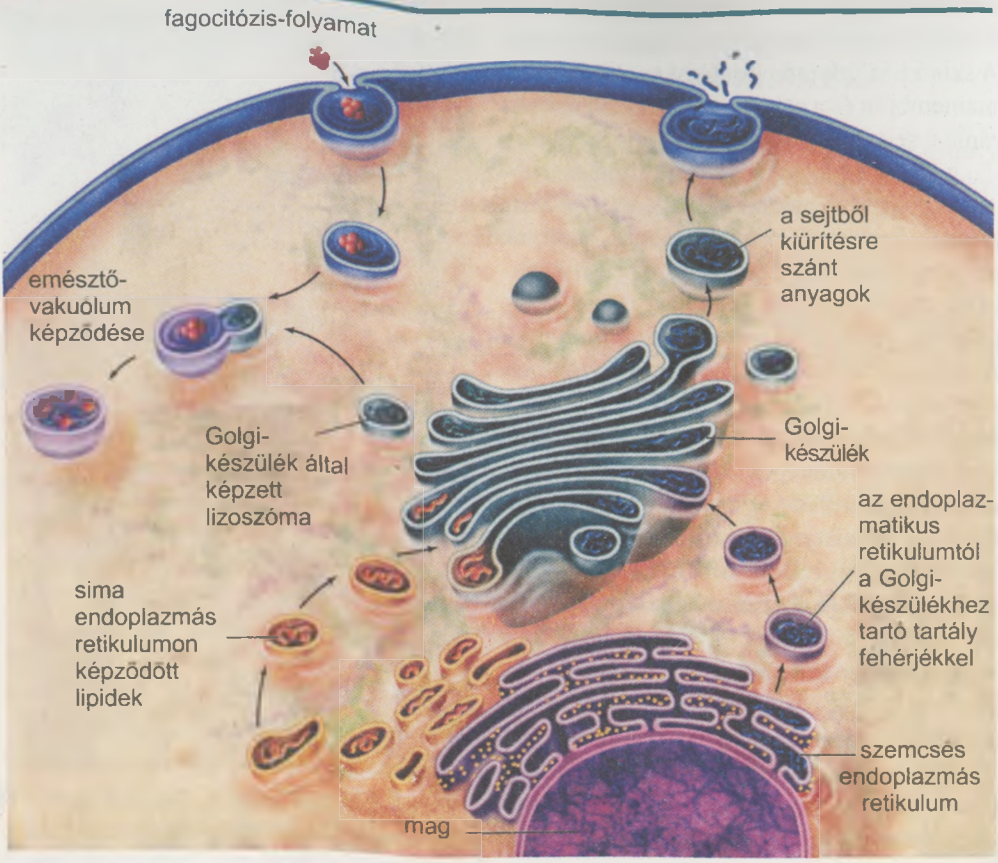


20.2. ábra. Fehérjék képződése az endoplazmás retikulumon, majd membránnal körülvett hólyagocskákban (1) történő leválásuk (2) és a Golgi-készülékhez (3) történő vándorlásuk

Az endoplazmás retikulum funkcionálisan kapcsolódik a Golgi-készülékhez. A **Golgi-készülék** (Camillo Golgi olasz kutatóorvosról nevezték el) az eukarióta sejtek egyik univerzális organelluma. Szerkezeti alapeleme, a ***diktioszóma*** – membránnal határolt lapos tartályok (ciszternák) csoportja (20.3. ábra). A tartályok mellett hólyagocskák és csövecskék (csatornácskák) helyezkednek el. A Golgi-készülék tartályai rendszerint polárosak, vagyis az endoplazmás retikulumról leszakadt hólyagocskák mindig az egyik pólusához vándorolnak. Ezekben az endoplazmás 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 (20.2, 4. ábra).

A Golgi-készülék minden eukarióta sejtben megtalálható, de a különböző szervezetekben eltérő lehet a szerkezete. A növényi sejtekben például ezeknek a sejtszervecskéknek a szerkezeti elemei (számuk elérheti vagy meghaladhatja a húszat) egymástól elkülönültek, míg más szervezetek sejtjeiben rendszerint összekapcsolódnak.

20.3. ábra. Golgi-készülék (elektronmikroszkóppal készült fénykép)

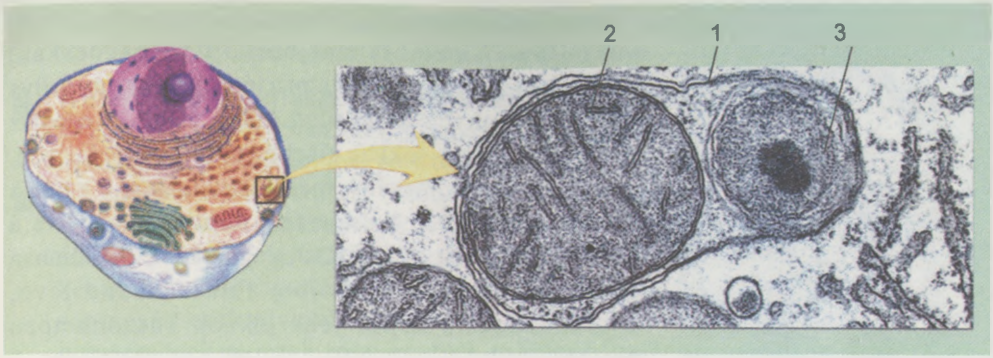


20.4. ábra. A Golgi-készülék funkcióit ábrázoló vázlat

A Golgi-készülék funkciói különbözők lehetnek. Mindenekelőtt ebben az organellumban 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-készülékről és a mikrocsövecskéken távoznak a sejt különböző részeibe, ahol leadhatják tartalmukat a különböző organellumoknak, vagy a plazmamembránnal összeolvadva a tartalmuk kiürül a sejtből (20.4. ábra). vagyis a Golgi-készülék egyik fő funkciója a szintetizált anyagok felhalmozása, kémiai átalakítása és ciszternákba történő „csomagolása".

A Golgi-készülék tartályaiban szintetizálódnak a szemcsés endoplazmás retikulumról érkezett, fehérjékhez kapcsolódó egyes poliszacharidok. A növényi sejtekben a Golgi-készülékben képződnek a sejtfal szerkezeti elemei, az ízeltlábúaknál pedig a kitinváz egyes részei.

A Golgi-készülék elemeiből alakul ki a spermiumok fejrészén az ***akroszóma*** nevű, lándzsa vagy csésze alakú képződmény, amely a spermium petesejtbe való behatolását biztosítja. Emlékeztek rá a megtermékenyítés folyamata kapcsán, hogy ez az organellum a petesejtburkot oldó enzimeket tartalmaz. Az édesvízi egysejtű állatok és algák lüktető



20.5. ábra. Emésztő vakuólum (1), amelyben mitokondriumok emésztése folyik (2), életciklusát befejező peroxiszóma (3)

vakuólumai is a Golgi-készülékből alakulnak ki. Ez a sejtszervecske részt vesz a plazmamembrán építésében.

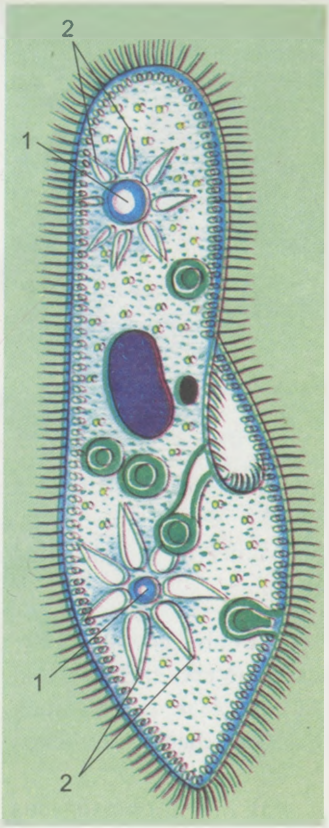
A Golgi-készülék részt vesz a lizoszómák kialakításában, amelyek membránnal körülvett hólyagocskák alakjában különülnek el tőle (20.4. ábra).

• **Lizoszómák.** A lizoszómák (gör. *lisis* – feloldás) membránnal határolt, 100–180 nm átmérőjű hólyagocskák, amelyek szerves vegyületek (fehérjék, szénhidrátok, lipidek) lebontására képes különböző hidrolitikus enzimeket tartalmaznak, és biztosítják a sejten belüli emésztést. A sejtben lehetnek különböző típusú, egymástól szerkezeti sajátosságaikban és funkcióikban különböző lizoszómák.

Egyes lizoszómák összeolvadnak a pinocitózisos vagy a fagocitózisos hólyagocskákkal, és részt vesznek az emésztő vakuólumok képzésében (20.4. ábra). Ekkor aktiválódnak az enzimek, és a vakuólum tartalma megemésztődik. Ily módon a lizoszómák biztosítják a sejten belüli emésztést. A lizoszómák bizonyos típusa részt vesz egyes sejtalkotók, egész sejtek, sőt sejtcsoportok megemésztésében (20.5. ábra). Így szívódnak fel a hibás sejtszervecskék, a sérült vagy elhalt sejtek, vagy tűnik el például az ebihal farka.

• **Vakuólumok.** A vakuólumok (lat. *vacuus* – üres) membránnal körülvett, folyadékkal telt üregek a citoplazmában. A vakuólumoknak különböző típusai ismeretesek. A sejtbe bekerülő egyes vegyületek és mikroorganizmusok elbontásában részt vevő ***emésztővakuólumok*** képződéséről már volt szó.

A ***növényi sejtek vakuólumai*** az endoplazmás retikulumról leváló hólyagocskákból képződnek. Az apró vakuólumok nagyobbakká olvadnak össze, és szinte az egész citoplazmát kitöltik. Az ilyen vakuólumok sejtnedvvel – szerves és szervetlen vegyületek, köztük anyagcseretermékek vagy pigmentek vizes oldatával – telítettek. Különböző funkciókat látnak el, így fenntartják a *turgornyomást* és a sejt alakját, anyagokat tartalékolnak, anyagcsere-teremékeket és pigmenteket tárolnak. A sejtnedvben oldott vörös, kék, sárga pigmentek okozzák bizonyos sejttípusok és növényrészek színét (például meggy termése, retek gyökértermése, virágok sziromlevelei). A vakuólummembrán félig áteresztő képességének köszönhetően rajta keresztül történik az anyagszállítás a citoszolból a vakuólumok belsejébe és fordítva.



20.6. ábra. A papucsállatka lüktető vakuóluma: 1 – lüktető vakuólumok; 2 – sugaras csatornácskák

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 vízfölösleg a lüktető vakuólumban gyülemlik fel. A vakuólum fala a benne lévő, összehúzódásra képes fehérjéknek köszönhetően összehúzódik és a sejten kívülre löki a vízfölösleget. A lüktető vakuólumok a fölös vízmennyiség sejtből való eltávolításával szabályozzák a belső nyomást, megakadályozva a sejt rongálódását. Ezek a szervecskék távolítják el a sejtből az oldott anyagcseretermékek egy részét is. A lüktető vakuólum szerepet játszik a sejt gázcseréjében is, mivel elősegíti az oldott állapotú oxigént tartalmazó víz sejtbe jutását és a szén-dioxid onnan történő eltávolítását.

Legbonyolultabb szerkezetű vakuólumaik az ázalékállatkáknak vannak. Például a papucsállatkák (20.6. ábra) vakuóluma lüktető hólyagocskából (tartályból) áll, amely pórussal nyílik a külvilágba. A hólyagocskába hosszú, sugaras csatornácskák torkollnak, ezek szállítják a citoplazmából a vizes oldatokat. Először a csatornácskák fala húzódik össze és löki a folyadékot a tartályba. Bizonyos idő eltelte után a megtelt tartály a póruson keresztül kiüríti a tartalmát.

• **Peroxiszóma.** A peroxiszóma (gör. *peri* – körül, lat. *oxi* – oxigén) vagy ***mikrotestecske*** (20.7. ábra) – gömb alakú, 0,3–1,5 µm átmérőjű egy membránnal burkolt szervecske. A peroxiszómát különböző szervezetekben mutatták ki: egysejtű és többsejtű állatokban, élesztőben, magasabbrendű növényekben, algákban. Ezek a szervecskék gyakran az endoplazmatikus retikulum, a mitokondriumok és plasztiszok membránjához közel találhatók. Különféle enzimek találhatók, köztük olyanok, amelyek a zsírokat szénhidrátokká alakítják vagy a sejtre nézve mérgező hidrogén-peroxidot H_2O_2 bontják. A növények peroxiszómái részt vesznek a fotoszintézis fényfázisának oxigénelnyelési folyamatában.

20.7. ábra. Peroxiszóma – egymembrános organellum

A peroxiszóma élettartama rövid, mindössze 5–6 nap. Új peroxiszómák osztódással képződnek.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Endoplazmás retikulum, Golgi-készülék, akroszóma, lizoszóma, peroxiszóma.***

- Az eukarióta sejtekben vannak egy membránnal körülvett sejtszervecskék, ilyen az endoplazmás retikulum, a Golgi-készülék, a lizoszómák, a vakuólumok, peroxiszómák.
- Az endoplazmás retikulum membránnal határolt, egymással összeköttetésben lévő mikroszkopikus csövecskék és ezek kiöblösödései által alkotott üregek (tartályok) rendszere. Az endoplazmás retikulum két típusát különböztetik meg: a szemcsés és a sima felületűt. A szemcsés endoplazmás retikulum membránjain riboszómák helyezkednek el, ezek részt vesznek a fehérjeszintézisben. A sima endoplazmatikus retikulum membránjain nincsenek riboszómák, rajtuk lipidek, szénhidrátok, egyes hormonok szintetizálódnak.
- A Golgi-készülék szerkezeti alapeleme a diktioszóma – membránnal határolt lapos tartályok (ciszternák) csoportja. A Golgi-készülék egyik fő funkciója a szintetizált anyagok felhalmozása, kémiai átalakítása és ciszternákba történő „csomagolása". Ez a szervecske biztosítja egyes poliszacharidok szintézisét, részt vesz a lizoszómák, akroszómák, lüktető vakuólumok létrehozásában.
- A lizoszómák membránnal határolt mikroszkopikus hólyagocskák, amelyek szerves vegyületek lebontására képes különböző enzimeket tartalmaznak, és biztosítják a sejten belüli emésztést. Egyes lizoszómák összeolvadnak a pinocitózisos vagy a fagocitózisos hólyagocskákkal, és részt vesznek az emésztő vakuólumok képzésében A lizoszómák bizonyos típusa részt vesz egyes sejtalkotók, egész sejtek, sőt sejtcsoportok megemésztésében.
- A vakuólumok membránnal körülvett, folyadékkal telt üregek a citoplazmában. A sejtbe bekerülő tápanyagok és mikroorganizmusok az emésztő vakuólumokban emésztődnek meg. A növényi sejtek vakuólumai sejtnedvvel telítettek, a funkciójuk: a sejten belüli nyomás fenntartása, tartalék tápanyagok, anyagcseretermékek, pigmentek felhalmozása. Az édesvízi egysejtű állatok és moszatok lüktető vakuólumai membránnal burkolt hólyagocskák. Ezek a sejten belüli nyomást szabályozzák, kiürítik a sejtből a fölös folyadékot a benne oldott anyagcseretermékekkel.
- A peroxiszóma vagy mikrotestecske – gömb alakú szervecske, enzimeket tartalmaz, köztük olyanokat, amelyek a zsírokat szénhidrátokká alakítják vagy a sejtre nézve mérgező hidrogén-peroxidot lebontják.

A lényeg rövide

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen egymembránós organellumok találhatók az eukarióta sejtekben?* 2. *Miben hasonlít, és miben különbözik a szemcsés és a sima endoplazmás retikulum felépítése és funkciója?* 3. *Milyen a Golgi-készülék felépítése és funkciója?* 4. *Milyen feladatokat lát el a Golgi-készülék?* 5. *Milyen funkciókat látnak el a lizoszómák a sejtben?* 6. *Milyen vakuólumtípusokat ismertek? Ezek milyen feladatokat látnak el?*

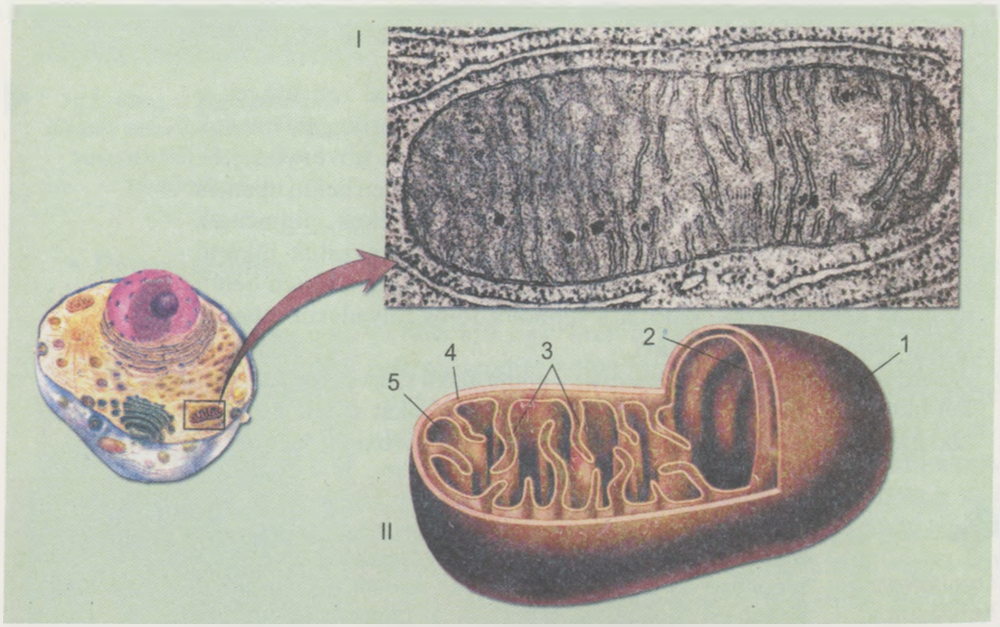
Gondolkozzatok el rajta! *Miben nyilvánul meg a sejt egyes egymembránós organellumai közötti funkcionális kapcsolat?*

21.§. KÉTMEMBRÁNOS SEJTSZERVECSKÉK. MITOKONDRIUMOK ÉS PLASZTISZOK

Idézzétek fel! *Milyen a kloroplasztiszok funkcioja? A plasztiszok milyen típusait ismeritek? Milyen szervezeteket neveznek anaeroboknak? Mi az ATP? Milyen sajátosságaik vannak a különböző növényi szövetsejtek felépítésének?*

A mitokondriumok és plasztiszok az eukarióta sejtek organellumai, felszíni készülékük egymástól membránközi réssel elválasztott két membránból áll. Ezeknek nincs térbeli kapcsolatuk egyéb sejtszervecskékkel. Ezek az organellumok részt vesznek az energiaforgalomban.

• **A mitokondriumok.** A mitokondriumok (gör. *mythos* – fonál és *chondrion* – gabonaszem) a növény-, gomba- és állatfajok többségének sejtjeiben előforduló szervecskék. Kivételt ez alól csak az oxigénmentes közegben élő egysejtű eukarióták – *anaerob* szervezetek – képeznek. A mitokondriumok sajátságos „sejtgenerátorokként" működnek. A mitokondriumok gömb, pálcika vagy 0,5–10 µm hosszúságú, fonálszerű testecskék. A sejtben eltérő a mitokondriumok mennyisége, a számuk 1-től 100 000-ig vagy még tovább terjedhet. Ez attól függ, hogy a sejtben mennyire intenzívek az anyagcsere-folyamatok és az energiaátalakulás. Az *óriásamőba* jelentős méretű sejtje mintegy 500 000 mitokondriumot tartalmaz, míg a parazita ostoros *tripanoszóma* (az álomkór kórokozója) apró sejtjében egyetlen óriási, elágazó mitokondrium található.

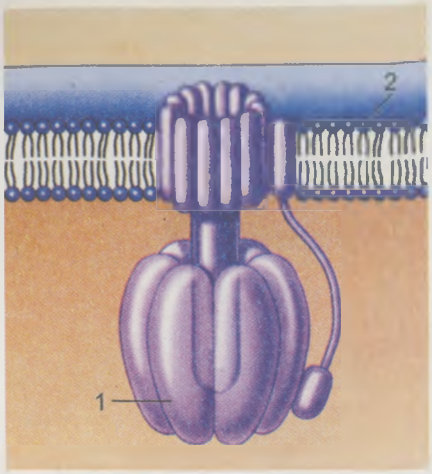


21.1. ábra. Mitokondrium szerkezete: I. Elektronmikroszkóppal készült fénykép; II. Vázlatos szerkezet: 1 – külső membrán; 2 – belső membrán; 3 – kriszták; 4 – membránközi rés; 5 – mátrix

A mitokondriumok a külső membrán sima felületű, a belső membránon a sejtszervecske belseje felé irányuló, csövecskeszerű vagy tarajos kitüremkedések, ***kriszták*** vannak (21.1. ábra). A gyakran elágazó kriszták elhelyezkedése különböző. A sejt belseje felé néző belső membránfelszínen sajátságos, gomba alakú képződmények, ATP-szómák (gör. *soma* – test) helyezkednek el (21.2. ábra). Ezek az ATP szintéziséhez szükséges enzimegyüttest tartalmazzák.

A mitokondriumok belső terét félfolyékony anyag – *mátrix* – tölti ki. Ebben DNS-, iRNS- és tRNS-molekulák, riboszómák és a belső membrán összetételét képező fehérje képződik.

A mitokondriumok alapfunkciója az ATP szintézise. Ez a folyamat a szerves vegyületek oxidálása során felszabaduló energia felhasználásával történik. Első szakasza a mátrixban megy végbe, míg a továbbiak, beleértve az ATP szintézisét, a belső membránban.



21.2. ábra. Az ATP-molekulák szintézisét biztosító enzimeket tartalmazó ATP-szóma vázlatos szerkezete: 1 – ATP-szóma; 2 – mitokondrium belső membránja

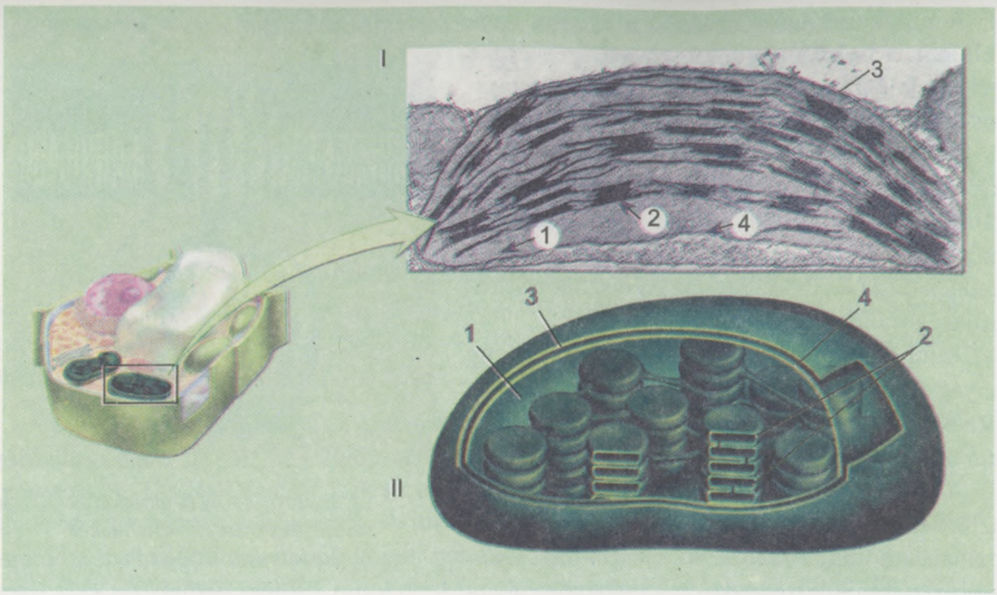
• **Plasztiszok.** A plasztiszok (gör. *plastides* – kialakított, kigyúrt) (színtestek) a növényi és részben egysejtű állati sejtek (zöld eugléna) alkotói. A plasztiszok meglehetősen különböznek egymástól alakjukban, méreteikben, színükben és szerkezetükben, három típusukat különböztetik meg: kloroplasztiszok, kromoplasztiszok és leukoplasztiszok.

A ***kloroplasztiszok*** (gör. *chloros* – zöld) zöld színűek a klorofill nevű pigment (festékanyag) jelenlétének köszönhetően. Egyes algacsoportok (vörösmoszatok, barnamoszatok) sejtjeiben másféle is lehet a színük. Ez azzal magyarázható, hogy bennük, a klorofilon kívül, vörös, sárga és barna pigmentek találhatók.

A mitokondriumokhoz hasonlóan a kloroplasztiszok külső membránja sima, a belső membránon kitüremkedések találhatók, amelyek leválhatnak róla (21.3. ábra). A *sztróma* – a kloroplasztisz belső terét kitöltő anyag. A belső membránhoz kapcsolódnak a ***tilakoidok***. A tilakoidok egy membránnal határolt, lapított tartályok. A nagy tilakoidok egyesével találhatók, az apróbbak egymásra rakott érmék oszlopára emlékeztető ***gránumokat*** képeznek. A tilakoidokban találhatók a fő pigmentek, köztük a klorofill, a járulékos pigmentek (karotinoidok) és a fotoszintézishez szükséges összes enzim. A sztrómában DNS-molekulák, különböző típusú RNS-molekulák, riboszómák és keményítőszemcsék találhatók.

A kloroplasztiszok alapfunkciója a fotoszintézis. Ezenkívül bennük, akárcsak a mitokondriumokban, a tilakoidmembránokon ATP-szómák találhatók és fehérje szintetizálódik (21.2. ábra). A kloroplasztiszokban történik egyes lipidek, a tilakoidmembrán-fehérjék és a fotoszintézis-reakciókat katalizáló enzimek szintézise.

A ***leukoplasztiszok*** (gör. *leucos* – színtelen) különböző alakú, színtelen plasztiszok. A kloroplasztiszoktól eltérően a leukoplasztiszok belső membránja csak kis számú

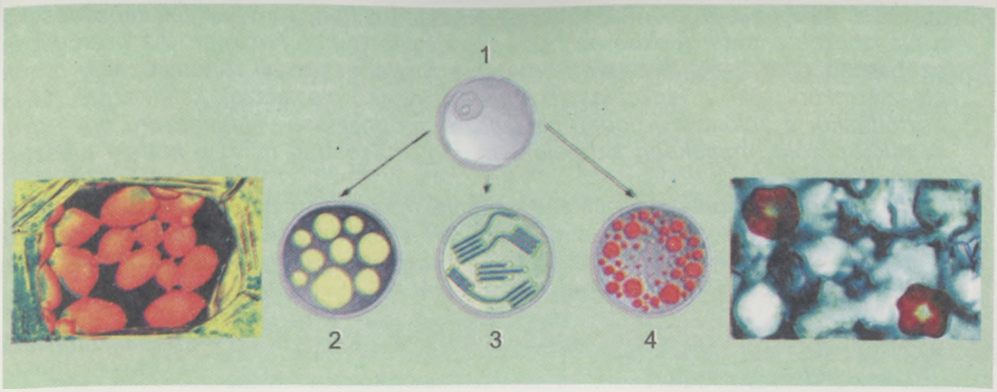


21.3. ábra. A kloroplasztisz belső szerkezete: I. Elektronmikroszkóppal készült fénykép. II. Vázlatos szerkezet: 1 – sztróma; 2 – tilakoidgránumok; 3 – külső membrán; 4 – belső membrán

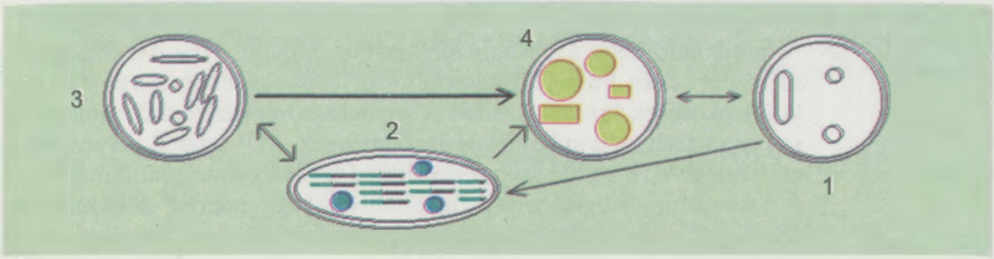
tilakoidot képezhet. A leukoplasztiszok sztrómája riboszómákat, DNS-t, különböző RNS-eket és a tartalék anyagok (keményítő, fehérjék) szintézisét és bontását végző enzimeket tartalmaz. Egyes leukoplasztiszokat teljes egészében keményítőszemcsék tölthetnek ki.

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

• **A különböző típusú plasztiszok közötti kapcsolatok.** A különböző típusú plasztiszok eredete közös. Mindegyik a képzőszövet apró, 1 µm-es hóly agocskákra emlékeztető, két membránnal burkolt előplasztiszaiból, más néven: proplasztiszaiból képződik (21.4. ábra). Ugyanakkor az egyazon típusú plasztiszok más típusúakká alakulhatnak (21.5. ábra). Fényen a proplasztiszokban belső membránrendszer és klorofill képződik, majd ezek együtt kloroplasztiszokká alakulnak. Hasonló módon jönnek létre a leukoplasztiszok is, amelyek kloro- és kromoplasztiszokká alakulhatnak. A levelek, szárak öregedése és a termések érése során elbomolhat a klorofill, egyszerűsödhet a belső membránrendszer szerkezete, és ezekből a sejtalkotókból kromoplasztiszok jönnek létre. A kromoplasztiszok viszont már nem alakulnak tovább más típusú plasztiszokká, mert a plasztiszfejlődés végső stádiumát alkotják.



21.4. ábra. A plasztiszok képződésének vázlata: 1 – elsődleges plasztisz; 2 – leukoplasztisz; 3 – kloroplasztisz; 4 – kromoplasztisz



21.5. ábra. A plasztiszok kölcsönös átalakulásának vázlata: 1 – elsődleges plasztisz; 2 – kloroplasztisz; 3 – leukoplasztisz; 4 – kromoplasztisz

• A mitokondriumok és a kloroplasztiszok autonómiája a sejtben. A kloroplasztiszok és a mitokondriumok, más szervecskéktől eltérően, bizonyos fokú önállósággal rendelkeznek a sejtben. Ez *elsősorban* azzal magyarázható, hogy saját örökletes anyaggal – gyűrű alakú DNS-molekulával – rendelkeznek, mint a prokarióta sejtek magzónájában lévő DNS-molekula. *Másodsorban* a mitokondriumoknak és plasztiszoknak saját fehérjeszintetizáló, riboszómákból és valamennyi RNS-típusból álló struktúrájuk van. A kloroplasztiszokban és a mitokondriumokban szintetizált fehérjék beépülnek ezeknek a szervecskéknek a membránjaiba. Sok sejtszervecskétől eltérően a mitokondriumok nem képződhetnek a sejt egyéb membránrendszereiből, hanem osztódással szaporodnak.

A mitokondriumokban és plasztiszokban lévő DNS-molekulák biztosítják a citoplazmás öröklődés mechanizmusát, mivel meg tudják őrizni és tovább tudják adni az öröklődési információ bizonyos részét, amikor ezek a szervecskék osztódnak.

Az organellumokban – mitokondriumokban és plasztiszokban – lévő, önreprodukcióra képes gének létezését még a XX. sz. elején felfedezték egyes mozaikos színezetű virágos növények zöld és színtelen plasztiszainak vizsgálata során. A sejtmagon kívüli gének kölcsönhatásban vannak a magban lévő génekkel, sőt a mag DNS-ének ellenőrzése alatt állnak.

A plasztiszok génjeihez kapcsolódó citoplazmás öröklődés az olyan virágos növényeknél is ismert, mint a tátika vagy a csodatölcsér. Ezeknél előfordul a tarka leveles forma, ami a női ivarsejtek révén örökítődik tovább. A levéltarkaságot az okozza, hogy a plasztiszok egy része nem képez klorofillt. A színtelen plasztiszokat tartalmazó sejtek osztódása következtében a leveleken világos és zöld foltok váltják

egymást. Az ilyen jellegű öröklődés magyarázata az, hogy az ivarsejtek képződésekor a plasztiszok a petesejtekbe és nem a spermasejtekbe kerülnek. Az osztódással szaporodó plasztiszok bizonyos örökletes folytonossággal rendelkeznek: a zöld plasztiszokból zöld, a leukoplasztiszokból színtelen plasztiszok keletkeznek. Mivel osztódáskor a különböző típusú plasztiszok megoszlása véletlenszerű, így egyes sejtekben zöld, másokban színtelen, megint másokban mind a kétféle plasztisz megtalálható.

A mitokondriumokhoz kapcsolódó citoplazmás öröklődés jelenségét az élesztő példáján vizsgálták. Ezeknek a gombáknak a mitokondriumaiban olyan géneket mutattak ki, amelyek meghatározzák a légzési enzimek meglétét vagy hiányát és az egyes antibiotikumokkal szembeni rezisztenciát.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Kriszták, ATP-szómák, lamellák, tilakoidok, gránumok.***

A lényegről röviden

- A mitokondriumoknak és plasztiszoknak az eukarióta sejtek organellumai, felszíni készülékük egymástól membránközi réssel elválasztott két membránból áll.
- A mitokondriumok a külső membrán sima felületű, a belső membránon a sejtszervecske belseje felé irányuló, csövecskeszerű vagy tarajos kitüremkedések, kriszták vannak. A sejt belseje felé néző belső membránfelszínen sajátságos, gomba alakú képződmények, ATP-szómák helyezkednek el. Ezek az ATP szintéziséhez szükséges enzimegyüttest tartalmazzák. A mitokondriumok belső terét félfolyékony anyag – mátrix – tölti ki. Ebben DNS-, iRNS- és tRNS-molekulák, riboszómák és a belső membrán összetételét képező fehérje képződik. A mitokondriumok fő funkciója az ATP-szintézis.
- A plasztiszok a növényi és részben egysejtű állati sejtek (zöld euglénа) alkotói. Az egymástól alakjukban, méreteikben, színükben és szerkezetükben különböző plasztiszok három típusukat különböztetik meg: kloroplasztiszok, kromoplasztiszok és leukoplasztiszok.
- A kloroplasztiszok a klorofill nevű pigment (festékanyag) jelenlétének köszönhetően zöld színűek. Bennük zajlanak a fotoszintézis folyamatai. A kloroplasztiszok külső membránja sima, a belső membránon befelé irányuló kitüremkedések, sztrómák találhatók. A belső membránhoz kapcsolódnak a tilakoidok, amelyek egy membránnal határolt, lapított tartályok. A tilakoidok egymásra rakott érmék oszlopára emlékeztető gránumokat képeznek, ezek pigmenteket, közte klorofillt és a fotoszintézishez szükséges enzimeket tartalmaznak.
- A leukoplasztiszok különböző alakú, színtelen plasztiszok, tartalék anyagokat (keményítőt, fehérjéket) tartalmaznak. A kloroplasztiszoktól eltérően a leukoplasztiszok belső membránja csak kis számú tilakoidot képezhet. A leukoplasztiszok sztrómája riboszómákat, DNS-t, különböző RNS-eket és a tartalék anyagok (keményítő, fehérjék) szintézisét és bontását végző enzimeket tartalmaz. Egyes leukoplasztiszokat teljes egészében keményítőszemcsék tölthetnek ki.
- A kromoplasztiszok különböző színű (sárga, vörös, ibolyaszínű) színtestek. A különböző színű kromoplasztiszok határozzák meg a virágszirmok, gyümölcsök és egyes levelek színét. A leukoplasztiszokban és a kromoplasztiszokban a belső membrán kis számú tilakoidot képez. A különböző típusú plasztiszok át tudnak alakulni egymásba. Csak a

kromoplasztiszok nem képesek az átalakulásra, mert a plasztiszok létezésének végső stádiuma.

A kloroplasztiszok és a mitokodriumok, más szervecskéktől eltérően, bizonyos fokú önállósággal rendelkeznek a sejtben. Saját örökletes anyaggal – gyűrű alakú DNS-molekulával – rendelkeznek, és saját fehérjeszintetizáló struktúrájuk van. Más sejtszervecskéktől eltérően a mitokondriumok nem képződhetnek a sejt egyéb membránrendszereiből, hanem osztódással szaporodnak.

Önellenőrző kérdések

1. Milyen a mitokondriumok és a plasztiszok felszíni szerkezete? 2. Milyen összefüggés van a mitokondriumok szerkezete és funkciói között? 3. A plasztiszok mely típusait ismeritek? 4. Milyen a kloroplasztiszok szerkezete? 5. Mik a kloroplasztiszok funkciói a sejtben? 6. Milyen a leukoplasztiszok és a kromoplasztiszok szerkezete? 7. Milyen kölcsönös átalakulások lehetségesek a különböző plasztisztípusok között? 8. Miben áll a mitokondriumok és a kloroplasztiszok viszonylagos autonómiája a sejtben?

Gondolkozzatok el rajta!

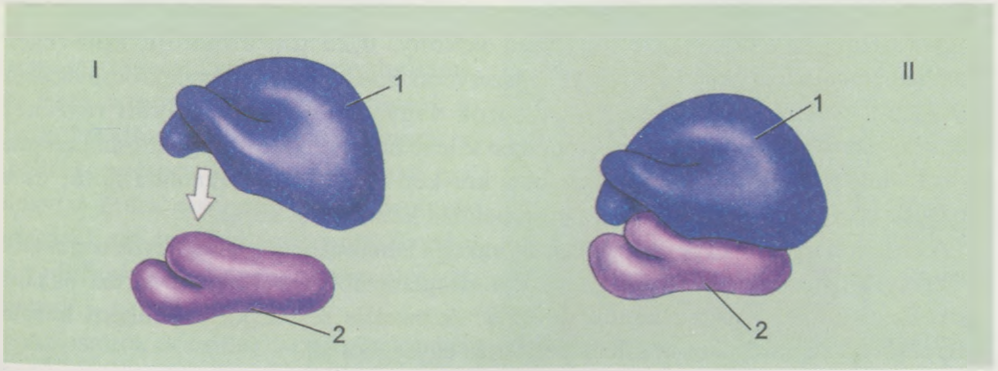
Vannak tudósok, akik úgy vélik, hogy az eukarióta sejtek több prokarióta szervezet szoros szimbiózisa következtében keletkeznek. A mitokondriumok és a kloroplasztiszok felépítésének mely sajátosságai képezik ennek a feltevésnek az alapját?

22.§. RIBOSZÓMÁK. MOZGÁSSZERVECSKÉK. SEJTKÖZPONT

Idézzétek fel!

Milyen mozgásszervecskék fordulnak elő az egysejtű eurokariótákban? Miként megy végbe a fagocitózis folyamata? Mi az immunitás és milyen típusait ismeritek?

• **Riboszómák.** A riboszómák (a *ribonukleinsav* és a gör. *soma* – test kifejezésekből) felszíni membrán nélküli szervecskék, amelyek a sejt fehérjeszintézisében vesznek részt. Mind az eukarióta, mind a prokarióta sejtekben előforduló gömb alakú testecskék, és méreteiket tekintve két *alegységre*: nagy és kis riboszómákra oszlanak (22.1. 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.



22.1. ábra. A riboszóma szerkezete: I. Különvált nagy (1) és kis (2) alegységek. II. Nagy (1) és kis (2) alegységek a riboszómában

22.2. ábra. Állábak képződése (a citoplazma mozgását nyíl jelöli). Figyeljétek meg, hogy az állábak kialakulásakor megnő a mikrocsövecskék száma

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.

Sok egysejtű és többsejtű állati és növényi szervezet sejtjeiben találhatók **mozgásszervecskék**: állábak, csillók és ostorok.

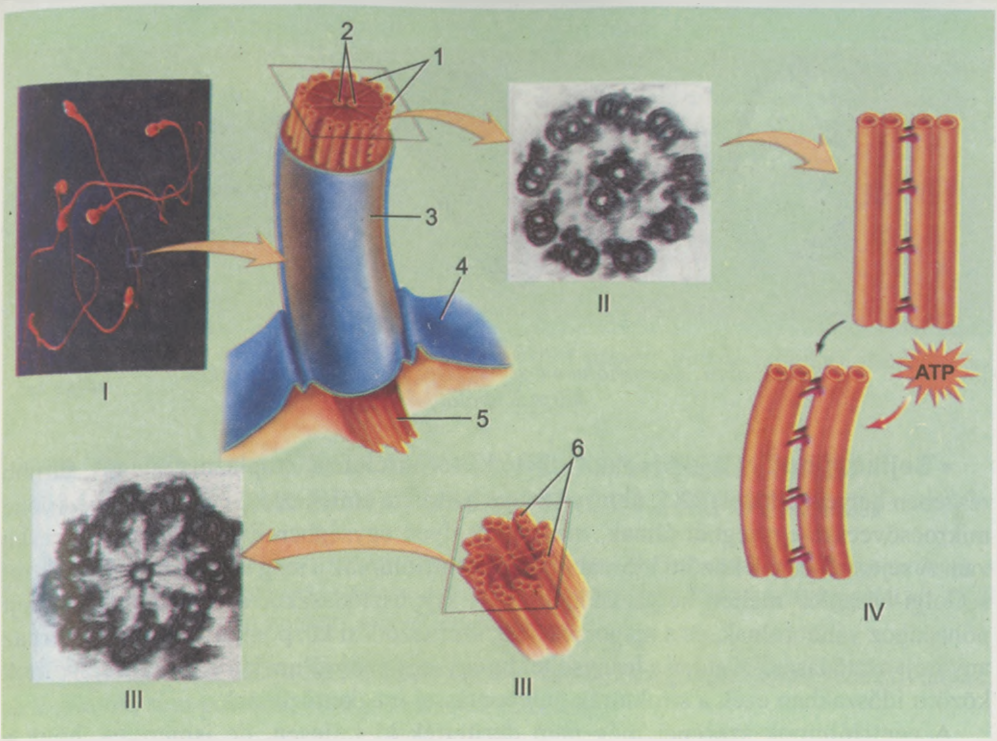
• **Állábak.** Az állábak egyes egysejtű élőlények (amőbák, likacsoshéjúak, sugárállatkák) vagy többsejtű állatok (fehérvérsejtek) sejtjeinek időleges citoplazmakinövései (22.2. ábra). Az állábak szerkezete és alakja különböző lehet. Kialakításaikban a sejtváz elemei vesznek rész.

• **Csillók és ostorok.** Csillóik és ostoraik egyes egysejtű élőlényeknek (chlamydomonas, eugléna, ázalékállatka) és a többsejtű állatok némely sejtjének (emlősök légúti csillóhámja, állati és magasabbrendű spórás növények spermiumai) vannak.

A csillók és ostorok a citoplazma vékony, 0,25 µm átmérőjű kinövései. Plazmamembrán fedi őket. Ezeknek az sejtszervecskéknek a belsejében mikrocsövecskék bonyolult rendszere található. Az ostorok vagy csillók sejten kívüli részének keresztmetszetén látható, hogy a peremükön kilenc mikrocsövecske-együttesből alkotta gyűrű van, mindegyik komplexumban két-két mikrocsövecske található, és a mozgásszervecske középpontjában is van belőlük kettő (22.3. ábra).

A központi mikrocsövecskék támasztó funkciót látnak el, a periférián lévők a mozgást végzik. Az ostorok és csillók egy része a citoplazmába van beágyazva, ezt bazális (gör. *basis* – alap) testecskének nevezik. A bazális testecske egyenként három mikrocsövecske által alkotott kilenc perifériás egységből áll.

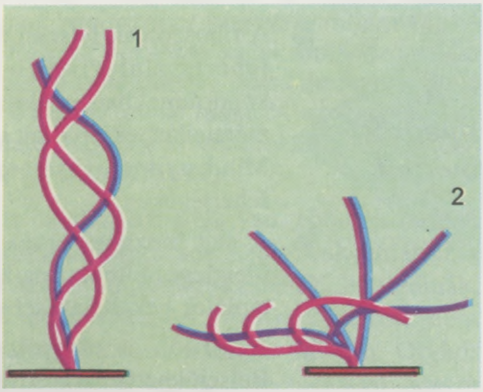
Az ostorok és csillók mozgásukhoz az ATP-molekulák hasadása során felszabaduló energiát használják. Mozgás közben a szomszédos mikrocsövecskék mintegy elsiklanak



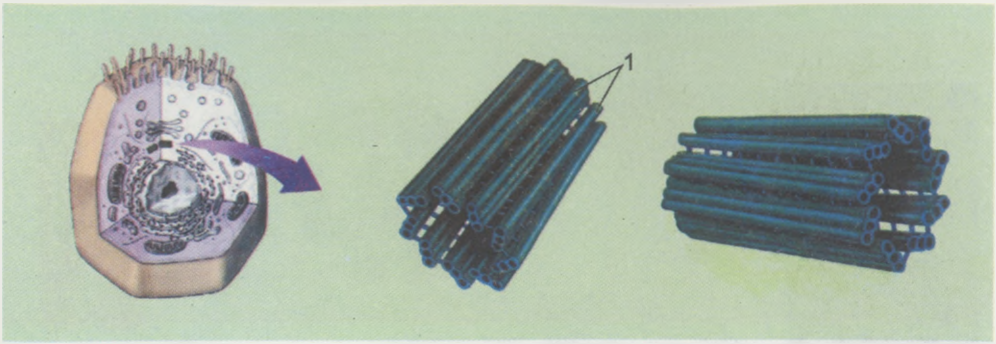
22.3. ábra. Az ostorok szerkezete: I. A spermiumok ostorai. II. Az ostor szabadon mozgó részének keresztmetszete: 1 – két mikrocsövecskéből álló perifériás csoportok az ostorban; 2 – központi mikrocsövecskepár; 3 – az ostor szabadon mozgó részét burkoló membrán; 4 – plazmamembrán; 5 – bazális testecske. III. A bazális testecske metszete: 6 – két mikrocsövecskéből álló perifériás csoportok. IV. Az ostorok mozgásához az energiát az ATP biztosítja

egymás mellett. Az ostorok és csillók szerkezete hasonló, de a működésük jellege eltérő (22.4. ábra). A csillók működése evezésre emlékeztet, és rendszerint össze van hangolva (ázalékállatkák). Az ostorok mozgása csigacsavarszerű vagy hullámzó. Ezek a sejtszervecskék nemcsak a sejt helyváltoztatását végzik, hanem a táplálékszerzésben is szerepet játszanak (az édesvízi hidra emésztősejti ostorainak mozgása), sőt érzékelő (színgyűrűsférgek) és védőfunkciót (orrüreghám csillói) is ellátnak.

Az ostorok és csillók bazális testecskéi szerkezetüket tekintve a sejtközpont részét képező centriólumokra emlékeztetnek.



22.4. ábra. Az ostorok (1) és csillók (2) működési vázlata



22.5. ábra. A centriólumok szerkezete: 1 – a mikrocsövecskék hármas nyalábjai

• **Sejtközpont.** A sejtközpontot alkotó két centriólum a citoplazma világos, sűrűbb részében helyezkedik el (22.5. ábra). Az üres hengerre emlékeztető ***centriólumok*** kilenc mikrocsövecske-egységből állnak, mindegyik ilyen egységben három mikrocsövecske van. A sejtosztódások közötti időszakokban a centriólumok a mag közelében, rendszerint a Golgi-készülék mellett helyezkednek el. A sejt osztódásakor a centriólumok a sejt pólusaihoz vándorolnak, és a magorsószálak szerveződési központjaivá válnak. Ezért az anyasejt osztódását követően a leánysejtekbe egy-egy centriólum kerül. A sejtosztódások közötti időszakban ezek a struktúrák önlebontással megkettőződnek.

A centriólumok szerepét még nem derítették ki teljesen, de ismeretes, hogy a citoplazma mikrocsövecskéinek, a magorsónak, a csillóknak és ostoroknak a kialakításában vesznek részt. Ugyanakkor azokban a sejtekben, amelyekben nincsenek centriólumok, ezek a folyamatok – az osztódási orsó mikrocsövecskéinek és a mozgási szervecskék képződése – nélkülük is végbemennek. Egyes moszatoknál, amelyeknek a sejtjeiben nincsenek centriólumok, a magorsó szerveződési központjának funkcióját az ostorok bazális testecskéi látják el.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Riboszómák, állábak, bazális testecskék, centriólumok.***

A lényegről röviden

- A riboszómák felszíni membrán nélküli szervecskék, amelyek a sejt fehérjeszintézisében vesznek részt. A citoplazmában, mitokondriumokban és plasztiszokban található gömb alakú testecskék, a méreteiket tekintve két alegységre: nagy és kis riboszómákra oszlanak. Mindegyik alegység tartalmaz egymáshoz kapcsolódó rRNS-t és fehérjéket.
- A sejt mozgásszervei az állábak, csillók és ostorok. Az állábak ideigleges citoplazma-kinövések. A sejt mozgatása mellett a szilárd táplálék bekebelezésében (fagocitózis) vesznek részt.
- A csillók és ostorok a citoplazma vékony, állandó kinövései. Belsejükben mikrocsövecskék nyalábjai húzódnak. A csillók mozgása koordinált, evezésre emlékeztet. Az ostorok mozgása csigacsavarszerű vagy hullámzó.

A sejtközpontot alkotó két centriólum a citoplazma világos, sűrűbb részében helyezkedik el. A centriólumok szerkezete olyan, mint az ostorok és csillók bazális testeié. A citoplazma mikrocsövecskéinek, a magorsónak, a csillóknak és ostoroknak a kialakításában vesznek részt.

Önellenőrző kérdések

1. Milyen a riboszóma szerkezete? 2. Hol és hogyan képződnek a riboszómák? 3. Milyen az állábak felépítése és mi a funkciójuk? 4. Milyen közös és eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek a csillók és az ostorok? 5. Mi a sejtközpont? 6. Milyen a centriólumok szerkezete és mik a funkcióik?

Gondolkozzatok el rajta! *Milyen emberi és állati sejteknek vannak állábai, csillói és ostorai? Ezek milyen feladatokat látnak el?*

23.§. A PROKARIÓTA SEJTEK FELÉPÍTÉSE. AZ EUKARIÓTÁK EREDETHIPOTÉZISEI

Idézzétek fel! *Milyen a plazmamembrán szerkezete és funkciója? Mik a kromoszómák, a spórák, a betokozódás? Mik az eukarióták? Milyen funkciókat lát el a DNS a sejtben? Mik az antigének?*

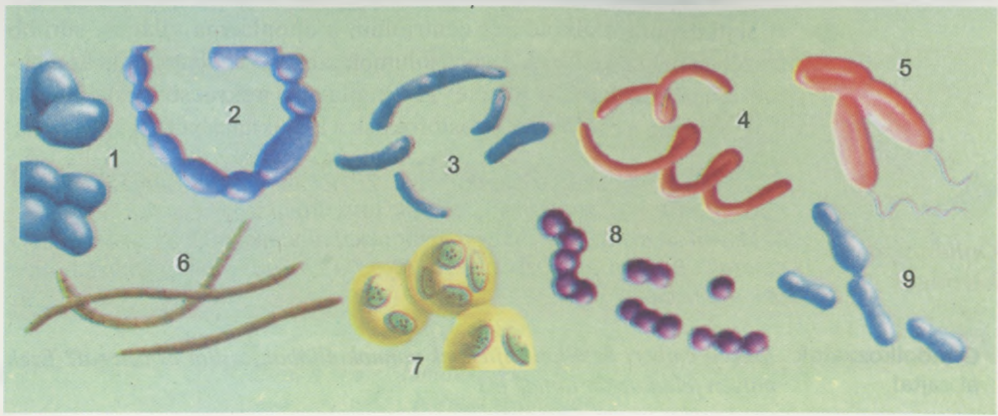
Bolygónkon 3,8–2,5 milliárd évvel ezelőtt, amikor még nem voltak sem növények, sem állatok, sem gombák, csak prokarióták léteztek.

• **A prokarióta sejtek szerkezete.** Már tudjátok, hogy a sejt szervezettségi szintjétől – a többi között a mag meglététől – függően minden szervezetet prokariótákra és eukariótákra (növények, gombák, állatok) osztanak.

A ***prokarióták*** (lat. *pro* – elő és gör. *karion* – mag) a szervezeteknek az a csoportja, amelyhez az archebaktériumok és valódi, azaz eubaktériumok tartoznak. A valódi baktériumokhoz a baktériumokat és a kékbaktériumokat (korábbi elnevezésük: kékalgák) sorolják.

Az archebaktériumok – prokarióták csoportja, amelyek a valódi baktériumoktól szerkezetükben és élettevékenységüket illetően különböznek. A sejtjeik kisebb méretűek, a gyűrű alakú DNS-molekulájuk rendszerint speciális fehérjékkel – hisztonokkal – van körülvéve és bizonyos fokig az eukarióta sejtek kromoszómájára emlékeztetnek. Az archebaktériumok között a heterotrófok dominálnak, azonban autotróf – kemoszintézist (kénvegyületek exoterm redoxi reakciók szolgáltatják az energiát) az energiát és fotoszintézist folytató – formák is léteznek; az utóbbiakban nincs klorofill, a fotoszintézisük folyamatát még alig vizsgálták.

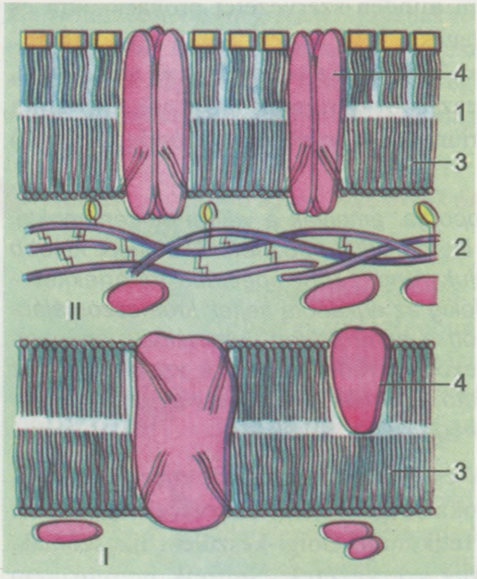
A prokarióta sejteknek felszíni készülékük és citoplazmájuk van, ebben kisszámú organellum és zárványok találhatók. A prokariótákból sok szervecske hiányzik (mitokondriumok, plasztiszok, endoplazmás retikulum, Golgi-készülék, lizoszómák, sejtközpont). A prokarióták mikroszkopikus szervezetek. Sejtjeik mérete nem haladja meg a 30 µm-t, míg egyes fajok sejtátmérője mindössze 0,2 µm. Olykor előfordulnak közöttük nagyobb méretű sejtek is, például egyes spirochétafajok hossza eléri a 250 µm-t. A prokarióta sejtek között vannak gömb (kokkusz), pálcika (bacilus), hajlott pálcika (vibrió), spirál alakúak (spirillumok) (23.1. ábra). A prokarióták zöme



23.1. ábra. A prokarióta sejtek formái: 1 – kokkuszok; 2 – sztreptokokkuszok; 3 – vibrionok; 4 – spirillumok; 5 – ostoros bacillusok; 6 – archebaktériumok; 7 – baktériumtelepek; 8 – kokkuszsejtláncok; 9 metánfejlesztő baktériumok

egysejtű szervezet, de vannak köztük telepes formák is, ezeknek a sejtjei az osztódást követően együtt maradnak. A prokarióta sejtek tömörülése lehet fonál vagy fürt alakú. Néha közös nyálkaburok (*kapszula*) veszi őket körül. A szomszédos sejtek közötti kapcsolatot biztosító, citoplazmával telt mikrocsövecskék csak egyes telepes kékbaktériumoknál fordul elő.

A prokarióták **sejtfelszíni készülékeinek** összetételében található a plazmamembrán, a sejtfal, néha nyálkakapszula (23.2. ábra). A baktériumok többsége esetében a sejtfal nagymolekulájú szerves vegyületből, mureinból áll. Ennek a vegyületnek szitaszerű a szerkezete, és jelentős keménységet kölcsönöz a sejtfalnak. A kékbaktériumokban a sejtfal külső rétegének az összetételében pektin nevű poliszacharid és különleges, összehúzódásra képes fehérjék találhatók. Ezeknek köszönhetően a baktériumok képesek sikló vagy forgó mozgás végzésére.



23.2. ábra. A prokarióták sejtfalának vázlatos szerkezete: I. Plazmamembrán. II. Sejtfal: 1 – külső membrán; 2 – murein; 3 – lipidek; 4 - fehérjék

A sejtfal összetételében gyakran előfordul egy vékony, a plazmamembránhoz hasonlóan fehérjéket, foszfolipideket és más anyagokat tartalmazó külső membrán (23.2. ábra). Ez a sejt tartalmának fokozott védelmét biztosítja. Az ilyen baktériumokra nem hatnak egyes antibiotikumok, például a penicillin, aktinomicin. A baktérium sejtfala ***antigén tulajdonságokkal*** rendelkezik, vagyis az a szervezet, amelybe bekerül a baktérium, idegen testként ismeri fel

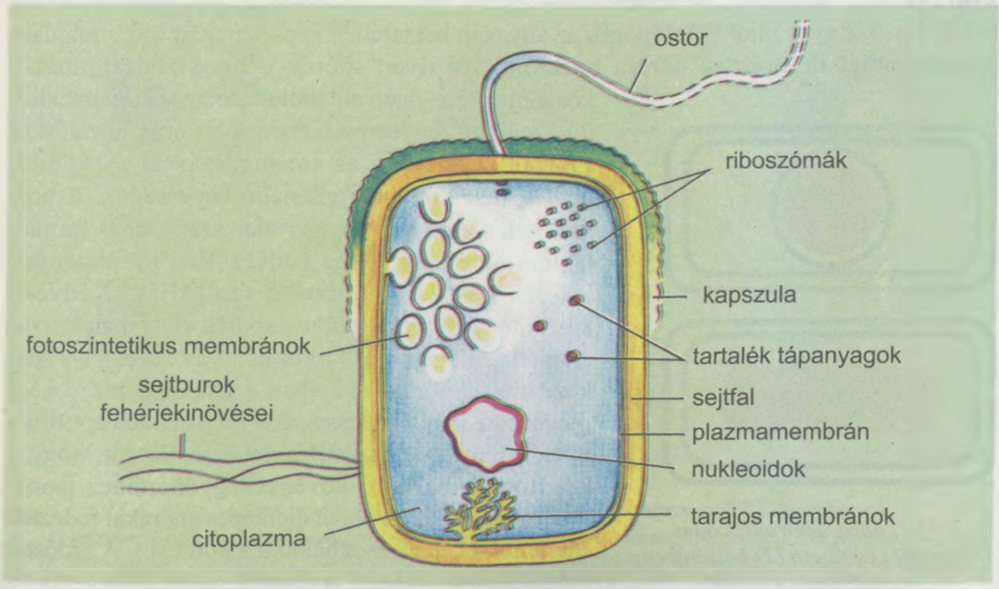
azt. Ennek köszönhetően egyes leukociták felismerik a kórokozó baktériumokat, és antitesteket termelnek ellenük. (*Idézzétek fel, hogyan semlegesítik az antitestek az antigéneket!*)

A sejtfal lipidjei és poliszacharidjai lehetővé teszik a baktériumok számára, hogy különböző felületekre (eukarióta sejtekhez, fogzománchoz) és egymáshoz tapadjanak. A ***nyálkakapszula*** poliszacharidokból áll; nem túl szorosan kapcsolódik a sejthez, és bizonyos vegyületek hatására elbomlik. Egyes baktériumsejtek felszínét számos vékony, fonálszerű kinövés borítja. Segítségükkel a baktériumsejtek például kicserélik az örökletes információjukat, egymáshoz kapcsolódnak vagy a szubsztrátumhoz rögzülnek.

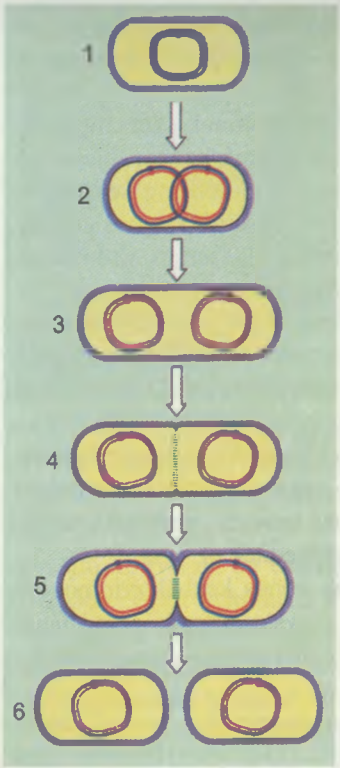
A prokarióták kisebbek az eukarióta sejtek riboszómáinál. A plazmamembrán sima vagy tarajos felülettel türemkedhet a citoplazmába. A tarajos membránfelületeken légzési enzimek és riboszómák, a sima membrán felszínén fotoszintetizáló pigmentek fordulhatnak elő (23.3. ábra). Egyes baktériumok sejtjeiben (bíborbaktériumok) a fotoszintetizáló pigmentek a tömlőszerű, a plazmamembrán kitüremkedései által képzett, zárt struktúrákban találhatók. Az ilyen tömlők egyesével vagy csoportosan fordulnak elő. A kékbaktériumok hasonló képződményeit tilakoidoknak nevezik; ezekben klorofill található és a citoplazma felszíni rétegében egyesével helyezkednek el.

A felszíni vizekben és a vízzel telt talajkapillárisokban honos kékbaktériumokban különleges, gázkeverékkel telt ***gázvakuólumok*** találhatók. A vakuólumok térfogatának változtatásával a baktériumok minimális energiaráfordítással mozoghatnak a vízrétegekben.

Idézzétek fel: a prokarióták sejtjeiben a mag helyett magzónák – nukleoidok – találhatók, ezekben örökletes anyag, a gyűrűs DNS-molekulák (23.3. ábra) helyezkednek el. Ezenkívül a citoplazmában előfordulnak kis gyűrűs DNS-molekulák, kromoszómán kívüli örökletes tényezők – plazmidok – találhatók. Ezek a magzóna DNS-molekuláitól függetlenül tudnak megkettőződni.



23.3. ábra. A prokarióta sejt vázlatos szerkezete



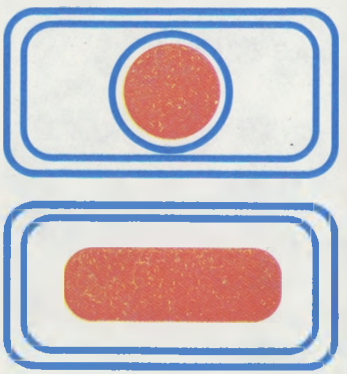
23.4. A baktériumsejt osztódásának egymást követő fázisai: 1 – anyasejt; 2, 3 – a DNS-molekula megkettőződése a magövezetben; 4, 5 – a citoplazma osztódása; 6 – leánysejtek képződése

Sok valódi baktériumnak egy, több vagy sok ostora van (23.3. ábra). Az ostorok hossza többszörösen meghaladhatja a sejt hosszát, miközben az átmérőjük igen kicsi (10–25 nm). A prokarióták speciális fehérje által alkotott, egy csövecskéből álló ostorai csak külsőleg hasonlítanak az eukarióta sejtek ostoraira. A kékbaktériumoknak nincsenek ostorai.

• A prokarióták életfolyamatainak sajátosságai. A prokarióták sejtjei csak a nem nagy molekulatömegű vegyületeket nyelhetik el. Ezeknek a sejtekbe való bejutása a diffúziónak és az aktív anyagszállításnak köszönhető.

A prokarióták kizárólag ivartalanul, feleződéssel, ritkábban bimbózással szaporodnak (23.4. ábra). Osztódás előtt megnő a sejt mérete, és megkettőződik az örökletes anyaga (DNS-molekulája). Vagyis az anyasejt osztódásával különváló leánysejtek hasonló örökletes információt kapnak. Ha összekapcsolódva együtt maradnak, fürtszerű (sztafilokokkusz), fonalas (sztreptokokkusz) vagy más alakú telepet alkotnak.

• A prokarióták alkalmazkodása a kedvezőtlen életfeltételek átvészeléséhez. Kedvezőtlen létfeltételek esetén egyes prokarióták ***spórákat*** képeznek (23.5. ábra). Egyes fajoknál a spórák az anyasejt belsejében képződnek: a spóra majdani citoplazmáját többrétegű hártya burkolja. Az ilyen spórák – kis víztartalmuknak köszönhetően – igen ellenállók a magas hőmérséklettel szemben: egyes esetekben több órás forralást is kibírnak. Jelentős az ionsugárzással és kémiai anyagokkal szembeni ellenálló képességük. A prokarióták spórái nem az ivartalan szaporodás formái, hanem az életképesség kedvezőtlen körülmények közötti hosszú megőrzését szolgálják. Kedvező körülmények közé kerülve a spórák kicsíráznak, azaz a sejtek elhagyják a burkot és aktív tevékenységbe kezdenek. Spórák alakjában a baktériumok sokáig megőrizhetik életképességüket kedvezőtlen körülmények között is. Nagy-Britanniában történt, hogy a szárított herbáriumi növények gyökereihez tapadt talajrészecskékben olyan életképes spórákat fedeztek fel, amelyek kora meghaladta a 300 évet. A tudósok feltételezése szerint a spórák akár 1000 évig is megőrizhetik életképességüket.

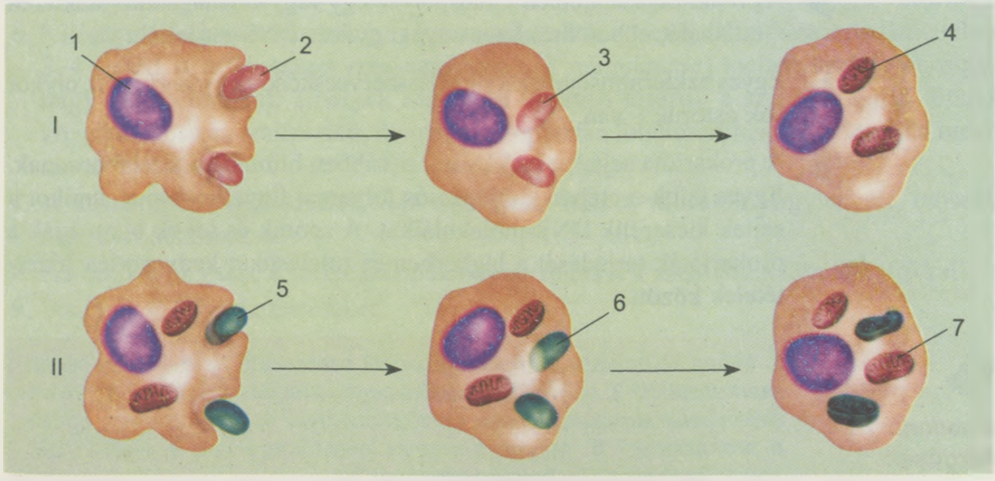


23.5. ábra. Spóraképződés a sejt (1) és ciszta (2) belsejében (a pótburok kívülről veszi körül a sejtet)

Egyes prokarióták ***betokozódhatnak*** (23.5. ábra). Ilyenkor tömör burok képződik a sejt körül. A prokarióták cisztái (tokjai) ellenállnak a radioaktív sugárzásnak, kiszáradásnak, de nem képesek a magas hőmérséklet elviselésére. A kedvezőtlen létfeltételek elviselése mellett a spórák és a ciszták a prokarióták vízzel, széllel és más módokon való terjedését is szolgálják.

• **Az eukarióta sejtek eredethipotézisei.** A modern biológiatudományban elterjedt az a nézet, amely szerint az eukarióta sejt több prokarióta sejt szimbiózisa következtében keletkezhetett (23.6. ábra). Az ilyen nézetek a mitokondriumok, kloroplasztiszok és más sejtstruktúrák autonómiájának jelenségén alapulnak. Ezt az elméletet először a XIX. sz. végén M. Cvet orosz tudós vetette fel. Az elméletet a XX. sz. 20–40-es éveiben egy másik orosz kutató, K. Merezskovszkij fejlesztette tovább. A ***szimbiogenezis elméletét*** L. Margelis amerikai biológus öntötte végleges formába a XX. sz. 60–70-es éveiben.

A szimbiogenezis (endoszimbiózis) alaptételei a következők. Az elméleti biológusok feltételezik, hogy a mag és az egymembránós organellumok (endoplazmás retikulum, Golgi-készülék, vakuólumok) a plazmamembránnak a sejt belsejébe történő betüremkedése következtében is létrejöhettek. Úgy vélik, az ilyen hipotetikus protoeukarióta sejt fagocitózissal bekebelezhetett egy aerob heterotróf prokarióta sejtet, és ez autonóm struktúraként, mint mitokondrium, megmaradt a citoplazmában. A kékbaktérium szimbiózisa az autotróf sejttel egy másik autonóm organellum, a plasztiszok kialakulását teheti lehetővé. Az ostorok megjelenését gazdasejt és mozgékony, spirochétaszerű prokarióta sejt szimbiózisával hozzák összefüggésbe. Az ostorok bazális testecskéi valószínűleg centriólumokká és más struktúrákká alakultak, s ennek köszönhetően kialakulhattak az eukarióta sejtek osztódásának sajátságos formái: a mitózis és a meiózis.



23.6. ábra. Az eukarióta sejt szimbiogenetikus eredethipotézise: I. Sejtmaggal rendelkező sejt és aerob baktériummal való, a mitokondrium alapját képező szimbiózisa. II. Sejtmaggal rendelkező sejt és fotoszintetizáló kékbaktérium kloroplasztiszt eredményező szimbiózisa: 1 – mag; 2 – aerob baktérium; 3 – protomitokondrium; 4 – mitokondrium; 5 – kékbaktérium; 6 – protokloroplasztisz; 7 – kloroplasztisz

Az evolucionista tudósok szerint a protoeukarióta sejtek későbbi módosulásai vezettek el az állatok, gombák és növények megjelenéséhez. Az állati sejtek kialakulását a fagocitózis tökéletesedéséhez, a gombákét az oldott vegyületekkel való táplálkozáshoz, a növényekét a fotoszintézishez kötik.

A szimbiogenetikus elméletet hosszadalmas laboratóriumi kísérletekkel sem bizonyítani, sem cáfolni nem sikerült, ezért az eukarióta sejtek, az állatok, növények és gombák Földön való megjelenésének valódi okait máig nem sikerült tisztázni.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Prokarióták, spóraképződés, betokozódás.***

A lényegről röviden

- A prokarióta sejteknek nincs magjuk és sok szervecske (mitokondriumok, plasztiszok, endoplazmás retikulum, Golgi-készülék, lizoszómák, sejtközpont) hiányzik belőlük. A prokarióták egysejtű szervezetek, a sejtjeik osztódás után falaikkal egymáshoz tapadnak és gyakran telepeket alkotva együtt maradnak.
- A prokarióták sejtfelszíni készülékeinek összetételében található a plazmamembrán, a sejtfal, néha nyálkakapszula. A baktériumok többsége esetében a sejtfal nagymolekulájú szerves vegyületből, mureinből áll. Ez jelentős keménységet kölcsönöz a sejtfalnak.
- A prokarióták citoplazmájában apró riboszómák és különféle zárványok találhatók. A plazmamembrán sima vagy tarajos felülettel türemkedhet a citoplazmába. A tarajos membránfelületeken légzési enzimek és riboszómák, a sima membrán felszínén fotoszintetizáló pigmentek fordulhatnak elő.
- A prokarióták sejtjeiben a mag helyett egy vagy két magzóna – nukleoid – található, ebben örökletes anyag, gyűrűs DNS-molekula van.
- Egyes baktériumsejteknek mozgásszervecskéik – egy vagy több, olykor sok ostoruk – van.
- A prokarióta sejtek osztódással, ritkábban bimbózással szaporodnak. Egyes fajok esetében konjugációs folyamat figyelhető meg, amikor a sejtek kicserélik DNS-molekuláikat. A spórák és tokok biztosítják a prokarióták terjedését a légkörben és túlélésüket kedvezőtlen létfeltételek között.

Önellenőrző kérdések

1. *Miben különbözik a prokarióta sejtek szerkezete az eukarióta sejtek szerkezetétől?* **2.** *Milyen a prokarióta sejtek felszíni készüléke?* **3.** *Milyen sejten belüli struktúrái vannak a prokariótáknak?* **4.** *Hogyan szaporodnak a prokarióták?* **5.** *Milyen biológiai jelentősége van a prokarióták spóraképzésének és betokozódásának?*

Gondolkozzatok el rajta! *Mivel magyarázható, hogy a prokarióta sejtek felépítése egyszerűbb, mint az eukariótáké? Feleleteteket indokoljátok meg!*

LABORATÓRIUMI GYAKORLAT

6. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

EGYMEMBRÁNOS SEJTSZERVECSKÉK VIZSGÁLATA[1]

Cél: *ismerkedés az állati és növényi sejtek egymembrános organellumaival.*

Eszközök és anyagok: *fejes hagyma, mikroszkóp, preparáló tűk, pipetták, szűrőpapír, tárgylemezek és fedőlemezek, kálium-jodid oldat, élő állatkállatka tenyészet vagy állandó mikroszkópos papucsállatka-készítmény, sejtszerkezetet és papucsállatkákat ábrázoló szemléltetők, állati és növényi sejtek elektronmikroszkópos fényképei.*

1. változat

A munka menete

1. Alaposan töröljétek át szalvétával a tárgylemezt! Pipettával vigyetek rá 1–2 csepp gyenge kálium-jodid oldatot (világossárga színűre festi a citoplazmát)! A fölös oldatot távolítsátok el szűrőpapírral!
2. Szikével vagy zsilettpengével a hagyma húsos leveléből vágjatok le 3–4 mm széles darabkát, törjétek ketté, majd csipesszel nyúzzátok le az egyik feléről a vékony bőrhártyát! A bőrdarabkát helyezzétek a kálium-jodid tárgylemezen lévő cseppjébe, és a preparáló tűvel simítsátok ki!
3. Helyezzetek száraz fedőlemezt merőlegesen a csepp mellé, és óvatosan engedjétek rá!
4. A kapott mikroszkópos készítményt helyezzétek a mikroszkóp tárgyasztalára, és vizsgáljátok meg gyenge nagyítás mellett!
5. Vizsgáljátok meg a sejtfalat, benne egyes helyeken nyílásokat – pórusokat – láthattok.
6. A készítményt lassan mozgatva a tárgyasztalon, különítsetek el a mikroszkóp látóterében 3–4 sejtet! A mikroszkóp erős nagyítása (20^{x} tárgylencse) mellett keressetek olyan nagy vakuólumokat, amelyek majdnem teljesen kitöltik a sejt térfogatát. Ennek következtében az aranyszínű, szemcsés citoplazma fonálszerűnek tűnik vagy fal menti sáv alakját ölti.
7. A készítmény tárgyasztalon való mozgatása nélkül váltsatok tárgylencsét, erősebb nagyítást alkalmazva!
8. Hasonlítsátok össze a mikroszkópban látott sejteket a szemléltetőkön láthatókkal!
9. Vonjatok le következtetéseket!

2. változat

A munka menete

1. Készítsétek elő a mikroszkópot a használatra!
2. Készítsetek ideiglenes mikroszkópos papucsállatka-készítményt!

[1] A tanulók a tanár útmutatása alapján végzik az anyagi-műszaki lehetőségektől függően

3. A mikroszkóp gyenge nagyítása mellett állandó vagy ideiglenes mikroszkópos készítményen keressétek meg az egyes papucsállatkákat!
4. A mikroszkóp erős nagyítása mellett (lehetőleg tartós mikroszkópos készítményen) keressétek meg, és vizsgáljátok meg a lüktető és emésztő vakuólumokat!
5. Hasonlítsátok össze a mikroszkópban látott sejteket a szemléltető eszközökön ábrázoltakkal!
6. Vonjatok le következtetéseket!

3. változat

A munka menete

1. Vizsgáljátok meg az állati és növényi sejtek elektronmikroszkópos fényképeit!
2. Határozzátok meg, mely egymembrános szervecskék láthatók a mikroszkópban!
3. Jellemezzétek ezeket az organellumokat, és töltsétek ki a táblázatot!

Organellum	Szerkezeti sajátosságok	Funkciók	Mely szervezetek sejtjeiben fordulnak elő
1...			
2...			

4. Vonjatok le következtetéseket!

7. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

KÉTMEMBRÁNOS SEJTSZERVECSKÉK VIZSGÁLATA

Cél: *ismerkedés a kétmembrános organellumok változatosságával.*

Eszközök, anyagok és vizsgálati tárgyak: *átokhínár, tradeszkancia, berkenye, csipkebogyó, paprika, galagonya érett termései, sárgarépa gyökértermése; mikroszkóp, preparáló tűk, szűrőpapír, tárgylemezek és fedőlemezek, szemléltetők, tankönyv.*

1. változat

Vizsgáljátok meg a kloroplasztiszokat az átokhínár sejtjeiben!

A munka menete

1. Tartsátok 30–40 percig az elodeát meleg (+20…25 °C) vízben, erős megvilágítás mellett.
2. Készítsetek időleges mikroszkópos készítményt: vágjatok le egy átokhínárlevelet, helyezzétek a tárgylemezen lévő vízcseppbe. Adjatok hozzá vizes jódoldatot és kálium-jodid oldatot (e célból kevés vízben oldjatok fel 0,5 g kálium-jodidot, adjatok hozzá 1 g jódkristályt, majd egészítsétek ki 100 cm^3-ig az oldat térfogatát)! Fedjétek le az átokhínárlevelet fedőlemezzel!
3. Vizsgáljátok meg a készítményt a mikroszkóp gyenge nagyítása mellett! Figyeljétek meg a kloroplasztiszok színét és alakját a sejtekben!
4. Rajzoljátok le az átokhínárlevél kloroplasztiszokat tartalmazó egy sejtjét! írjátok rá a rajzra azoknak a sejtszervecskéknek az elnevezését, amelyeket megfigyeltetek a mikroszkópban!
5. Vonjatok le következtetéseket!

2. változat

Vizsgáljátok meg a kromoplasztiszokat a csipkebogyó, berkenye, galagonya és paprika érett termésében vagy a sárgarépa gyökértermésében!

A munka menete

1. A tárgylemezt és fedőlemezt alaposan töröljétek meg száraz szalvétával. Pipettával vigyetek a tárgylemezre egy csepp vizet.
2. Preparáló tűvel nyúzzatok le egy darabkát a csipkebogyó (galagonya) terméshéjából, vegyetek a tű végére kevés színes terméshúst, és tegyétek a tárgylemezen lévő vízcseppbe! A tűvel enyhén dörzsöljétek szét a terméshúst, és fedjétek le fedőlemezzel!
3. A mikroszkóp kis nagyítása mellett keressetek olyan helyet, ahol a legkisebb a sejtek sűrűsége, és vizsgáljátok meg a kromoplasztiszokat! Figyeljétek meg a plasztiszok alakját, színét és mennyiségét!
4. A mikroszkóp erősebb nagyítása mellett vizsgáljatok meg egy különálló kromoplasztiszt! Figyeljétek meg a sejt sajátosságait: a mag és a citoplazma észrevétlen maradhat, a sejtfal pedig keskeny, vastagodások nélküli.
5. Rajzoljatok le 2–3 sejtet kromoplasztiszokkal!
6. Ugyanilyen sorrendben készítsetek időleges mikroszkópos készítményt a paprika termésének és a sárgarépa gyökértermésének szövetéből!
7. Hasonlítsátok össze különböző növények kromoplasztiszainak szerkezetét, megjelölve közös és eltérő jegyeiket!
8. Rajzoljatok egymás mellé két különböző növények kromoplasztiszokat tartalmazó sejtjeit, és írjátok a rajzok alá a megfelelő növények nevét!
9. Vonjatok le következtetéseket!

3. változat

Vizsgáljátok meg a leukoplasztiszokat a tradeszkancia levelének bőrhártyájában!

A munka menete

1. Egy tradeszkancialevelet csavarjatok bal kezetek mutatóujjára úgy, hogy a levél rózsaszínű alsó része kívülről legyen!
2. Preparáló tűvel szakítsátok fel egy darabon a levél rózsaszínű sejteket tartalmazó részét, majd csipesszel vegyetek le egy darabka borítószövetet és helyezzétek a tárgylemezen lévő vízcseppbe, adjatok hozzá még 1–2 vízcseppet, fedjétek le fedőlemezzel!
3. Vizsgáljátok meg a mikroszkóp gyenge, majd erős nagyítása mellett a tradeszkancia bőrhártyasejtjeit a kapott ideiglenes készítményen!
4. Figyeljétek meg a sejtmag körül és a citoplazmaszálakon található apró, fénylő testecskéket – a leukoplasztiszokat!
5. Rajzoljatok le leukoplasztiszokat tartalmazó 3–4 levélhártyasejtet, és jelöljétek meg az összetevőiket!
6. Vonjatok le következtetéseket!

8. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A CITOPLAZMA MOZGÁSA A NÖVÉNYI SEJTEKBEN

Cél: *ismerkedés az élő sejtek citoplazmájának tulajdonságaival.*

Eszközök és anyagok: *fénymikroszkópok, tárgylemezek és fedőlemezek, csipeszek, preparáló tűk, szűrőpapír, desztillált víz, nátrium-klorid 9%-os vizes oldata, átokhínárlevél.*

A munka menete

1. A munka kezdete előtt legalább néhány percig tartsátok az átokhínárlevelet szobahőmérséklet mellett napfényen!
2. Készítsétek elő a mikroszkópot a munkához!
3. Készítsetek ideiglenes mikroszkópos készítményt az átokhínár élő sejtjeiből, helyezzétek a tárgylemezen lévő vízcseppbe, majd fedjétek le fedőlemezzel!
4. Vizsgáljátok meg a készítményt gyenge nagyítás mellett, válasszatok ki egy élő sejteket tartalmazó részt! A mikroszkóp erős nagyítása mellett figyeljétek meg a citoplazma és a kloroplasztiszok mozgását (szükség esetén melegítsétek a készítményt +38...40 °C-ra úgy, hogy meleg vizet juttattok a fedőlemez alá)!
5. Vonjatok le következtetéseket!

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg azokat az organellumokat, amelyekre bizonyos fokú autonómia jellemző**: *a) lizoszóma; b) Golgi-készülék; c) mitokondriumok; d) endoplazmás retikulum!*
2. **Jelöljétek meg a riboszómák részét képező vegyületeket:** *a) iRNS; b) tRNS; c) rRNS; d) DNS!*
3. **Nevezzétek meg az organellumokat, amelyeknek kétmembrános felszíni készülékük van:** *a) riboszómák; b) mitokondriumok; c) lizoszómák; d) endoplazmás retikulum!*
4. **!**

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A KÉT MEGFELELŐT!

1. **Mutassátok meg az önregenerációra képes organellumokat:** *a) riboszómák; b) kloroplasztiszok; c) lizoszómák; d) mitokondriumok!*
2. **Nevezzétek meg a DNS-t tartalmazó organellumokat:** *a) riboszómák; b) mitokondriumok; c) lizoszómák; d) kloroplasztiszok!*
3. **Nevezzétek meg a saját riboszómákkal rendelkező organellumokat:** a) *Golgi-készülék; b) mitokondriumok; c) kloroplasztiszok; d) emésztő vakuólumok!*
4. **Határozzátok meg azokat a funkciókat, amelyeket a Golgi-készülék lát el a sejtben:** *a) részt vesz a lizoszómák létrehozásában; b) részt vesz a mitokondriumok kialakításában; c) részt vesz a fehérjék bioszintézisében; d) részt vesz a szerves vegyületek szelektálásában és membránnal való burkolásában!*

III. MEGFELELÉSI FELADATOK

1. **Határozzátok meg az eukarióta sejtek organellumai és szerkezeti sajátosságai közötti megfelelést:**

Az organellum szerkezetének típusa	Organellumok
A Endoplazmás retikulum B Lizoszómák C Golgi-készülék D Mitokondriumok	1 Krisztái vannak 2 Képesek időnként megváltoztatni a térfogatukat és kiüríteni a vízfölösleget 3 Az alapjukat lapos, egymembrános tömlőcskék képezik 4 Emésztőenzimeket tartalmaznak 5 A membránjain riboszómák találhatók

2. **Határozzátok meg egyik plasztisztípus más plasztisztipussá történő lehetséges átalakulásait:**

A plasztiszok típusa	Átmeneti változatok
A Leukoplasztiszok B Kloroplasztiszok C Kromoplasztiszok	1 Leukoplasztisz – kloroplasztisz 2 Kloroplasztisz - kromoplasztisz 3 Kromoplasztisz – kloroplasztisz 4 Nem képesek más plasztiszokká átalakulni

3. **Állapítsátok meg az organellumok és a bennük lévő nukleinsav-molekulák tartalma közötti megfelelést:**

Nukleinsav-tartalom	Organellumok és sejtstruktúrák
A Csak DNS B Csak RNS C Mind DNS, mind RNS	1 Riboszómák 2 Lizoszómák 3 Mitokondriumok 4 Nukleoidok

4. **Határozzátok meg, milyen organellumokból származnak az eukarióta sejtek feltüntetett organellumai:**

Protoorganellumok	Más organellumokból származó organellumok
A Lizoszómák B Endoplazmás retikulum C Golgi-készülék D Leukoplasztiszok	1 Kloroplasztiszok 2 Sejtnedvet tartalmazó vakuólumok 3 Mitokondriumok 4 Emésztő vakuólumok 5 Lüktető vakuólumok

5. **Határozzátok meg, mely struktúrák és vegyületek jellemzőek az egyes organellum-típusokra:**

Organellumtípus	Struktúrák és vegyületek
A Mitokondriumok B Kloroplasztiszok C Golgi-készülék D Mag	1 Tilakoidok 2 Kromatinszálak 3 Centriólumok 4 Kriszták 5 Diktioszómák

IV. KÉRDÉSEK NYITOTT VÁLASZOKKAL

1. *Ismeretes, hogy a prokarióta sejtekből hiányoznak a plasztiszok, mitokondriumok, lizoszómák, Golgi-készülék, endoplazmás retikulum. Hogyan működhetnek ezek a sejtek a felsorolt szervecskék nélkül?*
2. *Miért juttat a mitokondriumok és plasztiszok szerkezetének és tulajdonságainak vizsgálata arra a következtetésre hogy az eukarióta sejtek több prokarióta sejt szimbiózisából születhettek?*
3. *Milyen biológiai jelentősége van annak, hogy egyes az plasztisztípusok átalakulhatnak más típusokká?*
4. *Mi a közös és az eltérő a mitokondriumok és plasztiszok szerkezetében és működésében?*
5. *A lüktető vakuólumok nagyobbrészt miért az édesvizekben élő egysejtű állatokban és moszatokban fordulnak elő? Feleleteteket indokoljátok meg!*

3. TÉMA. A SEJT MINT EGYSÉGES RENDSZER

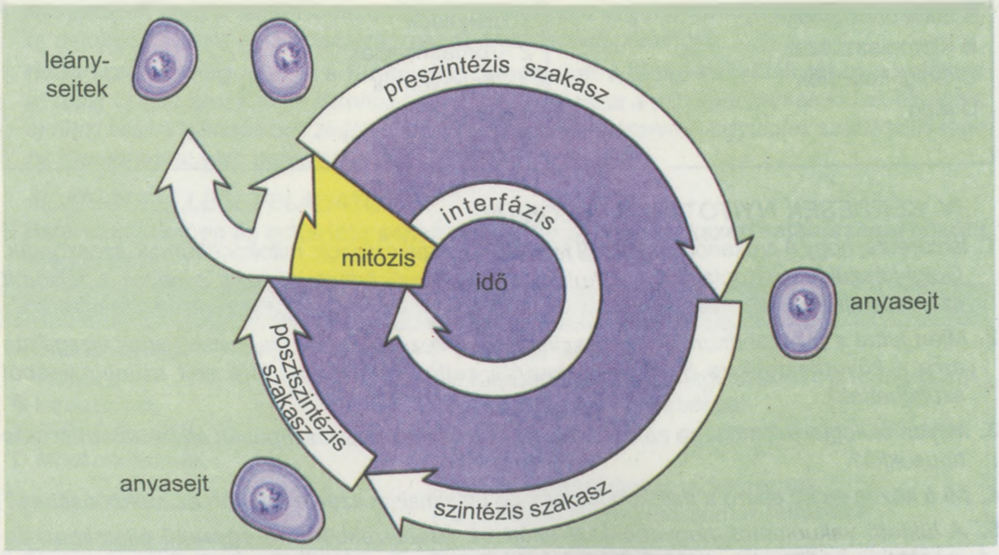
- *az anyagcsere és energiaforgalom sajátosságai az autotróf és heterotróf szervezetek sejtjeiben;*
- *a sejt életciklusa;*
- *a sejtelmélet tételei és jelentősége a biológia fejlődése szempontjából.*

24.§. A SEJTCIKLUS. MITÓZIS

Idézzétek fel! *Mi a faj, a neuronok, a kromatin, a centriólumok, és a centromér?*

Az előző témák tanulása során megtudhattátok, hogy milyen az eukarióta és prokarióta sejtek szerkezete és funkciói általában, s ugyanezeket az ismereteket megtanulhattátok az egyes részeikről, beleértve a szervecskéiket és a zárványaikat. A sejt – egyes részei összehangolt működésének köszönhetően – egységes biológiai rendszerként létezik.

• **Sejtciklus.** Mint már tudjátok, valamennyi sejt osztódással szaporodik. *A sejt létezésének egy osztódás kezdetétől a következő osztódásig vagy az utolsó osztódás kezdetétől a pusztulásig tartó időszakát* ***sejtciklusnak*** *nevezzük* (24.1. ábra). A sejtciklus tartama a különböző szervezeteknél más és más: a baktériumok esetében optimális feltételek mellett 20–30 percig, az eukarióta-sejteknél 10–80 óráig vagy tovább tart (az ázalékállatka például 10–20 óránként osztódik). A sejtciklus a sejtosztódás időszakából és a két sejtosztódás közötti időszakból (interfázis) áll.



24.1. ábra. A sejtciklus általános vázlata

Az ***interfázis*** (lat. *inter* – köztes és gör. *phasis* – megjelenés) a sejt két egymást követő osztódása vagy az utolsó osztódástól a sejt pusztulásáig tartó időszak (például a többsejtű szervezetek szaporodási képességüket elvesztett sejtjei esetében). Az interfázisban a sejt növekszik, megkettőződik benne a DNS, megduplázódik a mitokondriumok, a plasztiszok száma, fehérjék és más szerves vegyületek szintetizálódnak, energia raktározódik makroerg kémiai kötések alakjában. Az interfázisban három egymást követő szakaszt (periódust) különböztetnek meg. Az anyagszintézis folyamatai legintenzívebben az interfázis *szintézis* szakaszban mennek végbe. Ekkor kettőződnek meg a DNS-molekulák, a kromatid, 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: *posztszintézis* szakasz (24.1. ábra). Az interfázis teszi ki a teljes sejtciklus 90%-át. A következő osztódást az idézi elő, hogy a sejt elér egy bizonyos méretet az interfázisban.

Az eukarióta-sejtek alapvető osztódási módja a **mitózis** (gör. *mythos* – fonál) (24.2. ábra). A mitózist a kromoszómák felcsavarodása és a *magorsó* képződése kíséri, amely az anyasejt örökletes anyagának a két leánysejt közötti egyenletes megosztását biztosítja.

• **A mitózis fázisai.** A mitózis négy egymást követő szakaszból: profázisból, metafázisból, anafázisból és telofázisból áll (24.2. ábra). A mitózis tartama néhány perctől 2–3 óráig terjed.

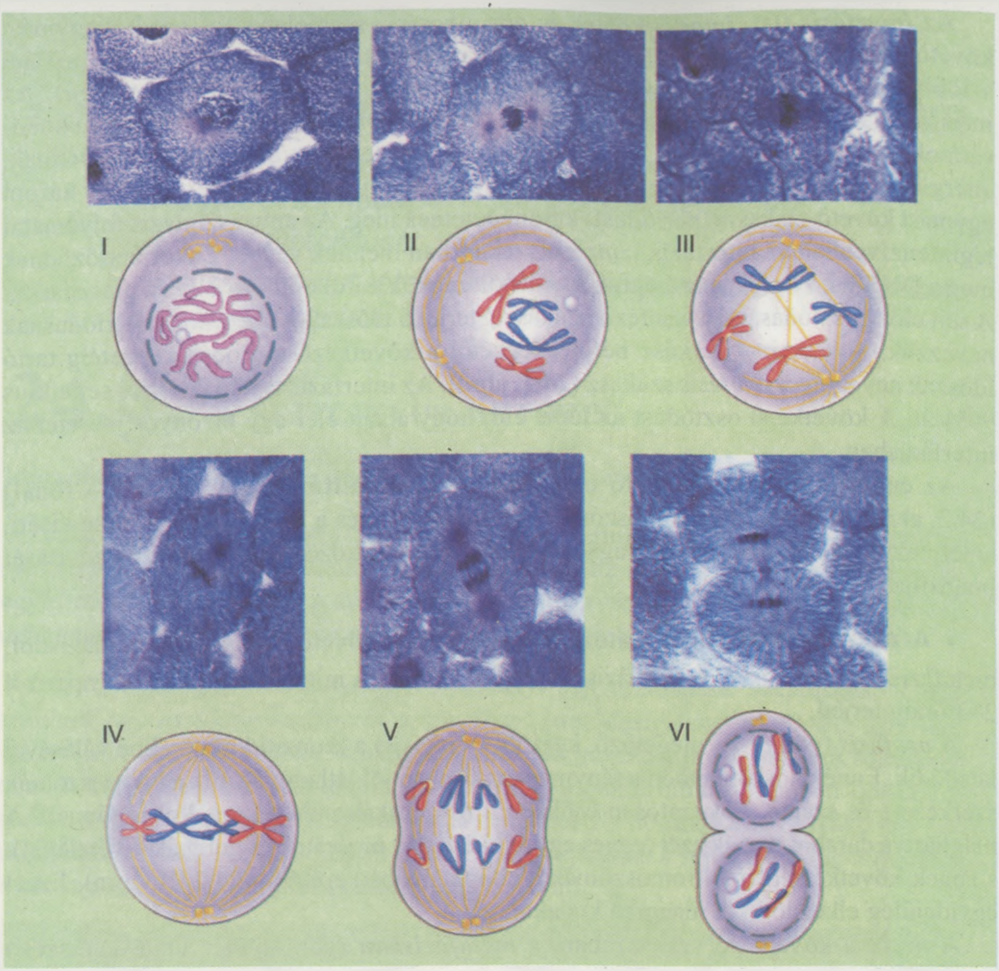
A ***profázis*** (gör. *pro* – megelőző, korábbi és *phasis*) a kromatid tömörebbé válásával kezdődik. Ennek köszönhetően a fénymikroszkópban jól láthatóvá válik a kromoszómák szerkezete és száma. Fokozatosan csökken a magocskák mérete, majd el is tűnnek. A maghártya darabokra esik szét (egyes egysejtű állatok, moszatok és gombák kivételével), s ennek következtében a kromoszómák a citoplazmába kerülnek (24.2. II. ábra). Ezzel egyidejűleg elkezdődik a magorsó kialakulása.

A mitózis következő szakaszában, a ***metafázisban*** (gör. *meta* – után, keresztül) befejeződik a kromoszómák felcsavarodása és a magorsó kialakulása (24.2. III. ábra). A kromoszómák ekkor a sejt központi részében egy síkban „sorakoznak fel". A homológ kromoszómák centromérái majdnem egy vonalba kerülnek (24.2. IV. ábra). Ezzel egyidejűleg az egyes kromoszómák kinetochorjaihoz kapcsolódnak a magorsófonalak.

Az ***anafázis*** (gör. *ana* – vég) a mitózis legrövidebb szakasza (24.2. V. ábra). Ebben a periódusban a kromatidok a sejt ellenkező pólusaihoz húzódnak.

*A **telofázis*** (gör. *telos* – vég) a kromatidok mozgásának megszűnésétől a két leánysejt létrejöttéig tart (24.2. VI. ábra). A telofázis kezdetén a kromoszómák szétcsavarodnak (despiralizálódnak), láthatatlanná válnak a mikroszkópban. Mindkét kromatidcsomó körül maghártya képződik, megjelennek a magocskák és a leánysejtek magjai felveszik az interfázisra jellemző alakjukat. Ennek a fázisnak a végére eltűnik a magorsó és véglegesen kialakul a két leánysejt. A sejt mitotikus osztódásáról a 9. sz. laboratóriumi munka végzése során ismerkedhettek meg.

• **A mitózis biológiai jelentősége.** A mitotikus sejtosztódás biztosítja az örökletes információ pontos átadását az anyasejttől a leánysejteknek tetszőleges számú egymást



24.2. ábra. A mitózis: I. Profázis: a maghártya eltűnése. II. Profázis: a kromoszómák a citoplazmába kerülnek. III. A metafázis kezdete: a magorsófonalak a kinetochorokhoz 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

követő sejtciklus során. Ennek köszönhetően valamennyi leánysejt magjában fennmarad a kromoszómák és a DNS-molekulák állandó mennyisége. Vagyis a mitózis folyamata biztosítja valamely meghatározott fajhoz tartozó szervezetek kariotípusának állandóságát (stabilitását).

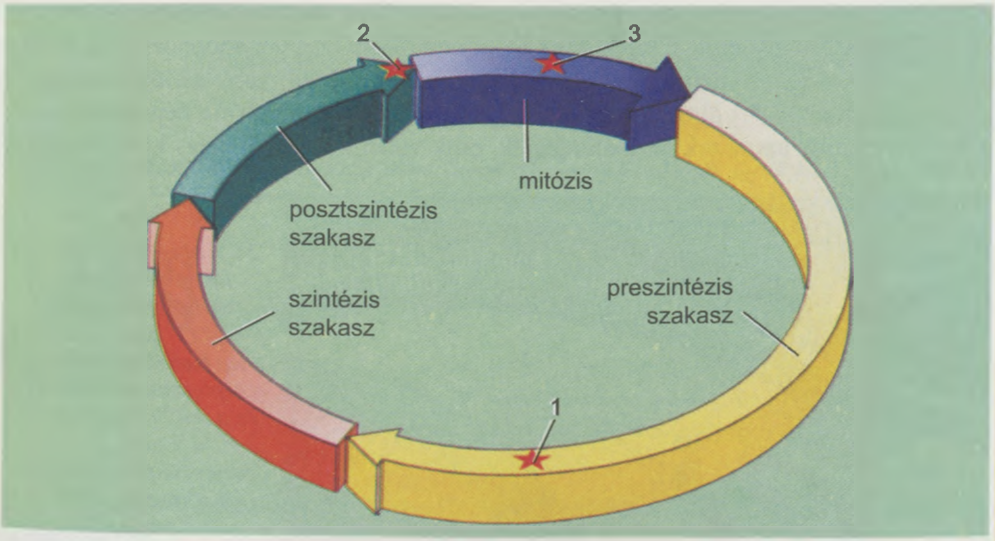
• **A sejt halála.** A sejthalál két típusát különböztetik meg. A sejt pusztulása leggyakrabban a plazmamembrán károsodása (áteresztőképességének a romlása), elsősorban a mag és a mitokondriumok működésének leállását előidéző visszafordíthatatlan változások miatt következik be. Az ilyen folyamatokat ***nekrózisnak*** (gör. *necrosis* – elhalálozás) nevezzük. Rendszerint nagyobb sejtcsoportok halnak el. Nekrózis számos súlyos betegség következtében, például *szívizominfarktus* (egyes szívizomszövetrészek elhalása)

alakul ki. Ezenkívül a nekrózisos szövetrészekben gyulladás alakul ki (például rosszindulatú daganatok esetében).

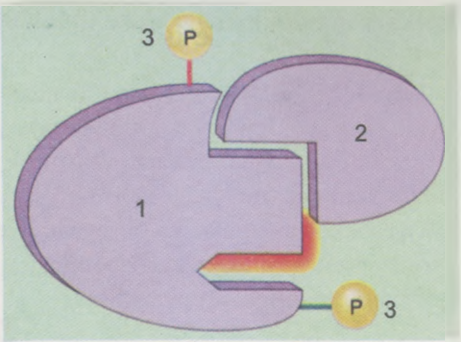
A sejtek fizikai károsodás vagy toxikus vegyületek hatása nélkül is elpusztulhatnak. Ismeretes, hogy egyes sejtek élettartama genetikailag programozott. Az osztódási képességüket elvesztő sejtek öregedése következtében is elhalhatnak (neuronok, eritrociták, rostacsövek). Eközben jelentős változásokon mennek át: tömörré válik a kromatin, a mag részekre esik szét (*fragmentálódik*), csökken a citoplazma térfogata. Ezt a folyamatot ***apopnózisnak*** nevezzük (gör. *apopnosis* – szétesés). Vagyis az apopnózis a sejtek programozott halála, míg a nekrózis a sejtek nem programozott pusztulása.

• **A sejtciklus szabályozása.** A tudósok mostanra megállapították, hogy a sejtciklus minden szakasza humorális szabályozás alatt áll. A sejtciklus fontosabb mozzanatainak enzimes szabályozását az úgynevezett *ellenőrzési pontok* végzik, s hiba esetén ezek leállíthatják a folyamatot. (24.3. ábra). A leállítás oka lehet a tápanyagok hiánya, a növekedés mechanizmus zavara, a DNS-molekulák megkettőződése, a kromatidok különválása és külső hatások.

Az ellenőrzési pont a preszintézis szakasz (G_1/S) végén megállapítja, hogy készen áll-e a sejt a sejtciklus folytatására. Ha sikeresen túljut ezen a szakaszon, akkor a sejt szerves anyagokat szintetizál és növekszik. Az interfázis megfelelő befejeződését, így a DNS pontos megkettőződését az ellenőrzési pont a posztszintézis szakasz (G_2/M) végén ellenőrzi. A DNS-molekulát károsító vagy a kettőződését gátoló tényezők leállíthatják a ciklust ebben a szakaszban. Az ellenőrző pont felel a kromoszómák helyes elhelyezkedéséért a sejt központi részében és a magorsófonalak hozzájuk való kapcsolódásáért a metafázis befejező részében.



24.3. ábra. A sejtciklus három fő ellenőrzési pontja:
1– a preszintézis szakasz végén (G_1/S); 2 – a posztszintézis szakasz vége (G_2/M);
3 – a metafázis befejező részében



24.4. ábra. Az enzim (1) fehérjemolekulájának (2) az ortofoszfátcsoporttal (3) alkotott komplex vegyülete biztosítja a sejtciklus folytatását valamely meghatározott ellenőrzési ponton túl

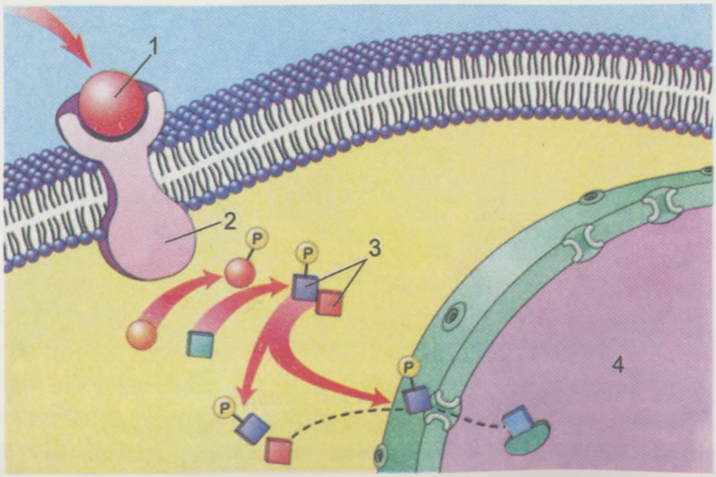
A sejtciklus szabályozását bonyolult molekuláris mechanizmusok biztosítják, közülük a legfontosabb: ortofoszfátcsoportok kapcsolódása (vagy leválása) a speciális fehérjékben lévő bizonyos aminosavakhoz, amitől megváltozik a fehérjék aktivitása (24.4. ábra).

Idézzétek fel, hogy a sejtek plazmamembránjain számos, a növekedési faktorra érzékeny fehérjereceptorok találhatók. Amikor a növekedési faktorok a membránreceptorokhoz kapcsolódnak, akkor felerősödnek a sejtosztódást serkentő jelek.

Több mint 50 növekedési faktorként működő fehérje ismeretes, de a számuk a valóságban kétségtelenül nagyobb. Minden receptor molekularészeinek az alakja alapján ismeri fel a megfelelő növekedési faktort (24.5. ábra). Ha a sejteket megfosztják a megfelelő növekedési faktoroktól, akkor a ciklusuk megreked a preszintézis szakaszban.

Jegyezzétek meg: a sejtciklus szabályozása a specifikus fehérjék és a megfelelő enzimek kölcsönhatásától függ. A sejtek a növekedési faktornak nevezett fehérjéktől is jeleket kapnak, mivel ezek hatással vannak a sejtek osztódására.

• **A rák és a sejtnövekedés ellenőrzése.** A sejtciklus szabályozási zavarával kapcsolatos példa a sejtek féktelen osztódása, ami a rákos (daganatos) megbetegedések jele. A kutatók elkülönítettek egy gént, amely a DNS egységéért felelős enzimre vonatkozó információt hordozza. Ha az ilyen enzim sérült DNS-t talál, akkor leállítja az osztódást és aktiválja a DNS szerkezetét helyreállító enzimeket, s ez után folytatódik a mitózis. Ha nem sikerül a DNS helyreállítása, úgy ez az enzim elindítja az apopnózist. Kiderült, hogy a szóban forgó enzim vagy hiányzik a rákos sejtekből, vagy sérült. A tudósok számos (több mint 50) olyan gént mutattak ki, amelyek a sejtbe való bejutásuk esetén rákossá alakítják azt. Ezek normális gének, csak valamilyen károsodás következtében



24.5. ábra. A növekedési faktorok bejutása a sejtbe: a növekedési faktor (1) kölcsönhatásba lép a plazmamembrán receptormolekulájával (2) és a sejt belsejébe kerül. Ennek az enzimkomplexumnak (3) köszönhetően behatol a magba (4)

ellenőrizetlen sejtburjánzást előidéző rákokozókká (onkogénné) válnak. Az ilyen gének különbözőképpen lépnek kölcsönhatásba a növekedési faktorokkal. Ugyanakkor léteznek olyan gének is, amelyek elnyomják a rákos daganatokat.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Sejtciklus, interfázis, mitózis.***

- A sejt létezésének egy osztódás kezdetétől a következő osztódásig vagy az utolsó osztódás kezdetétől a pusztulásig tartó időszakát sejtciklusnak nevezzük. A sejtciklus a sejtosztódás időszakából és a két sejtosztódás közötti időszakból (interfázisból) áll. Az interfázisban a sejt növekszik, szerves vegyületeket szintetizál és energiát raktároz makroerg kémiai kötések alakjában.
- Az eukarióta-sejtek alapvető osztódási módja a mitózis. A mitózis négy egymást követő szakaszból – profázisból, metafázisból, anafázisból és telofázisból – áll.
- A profázis a kromatid tömörebbé válásával kezdődik, eltűnnek a magocskák és maghártya, kialakul a magorsó. A metafázisban a sejt központi részében helyezkednek el, az egyes kromoszómák kinetochorjaihoz kapcsolódnak a magorsófonalak. Az anafázisban a kromatidok a sejt ellenkező pólusaihoz húzódnak. A telofázis a kromatidok mozgásának megszűnésétől a két leánysejt létrejöttéig tart. A telofázis kezdetén a kromoszómák szétcsavarodnak (despiralizálódnak), maghártya képződik, megjelennek a magocskák, eltűnik a magorsó, megosztódik a citoplazma és kialakul a két leánysejt.
- A mitotikus sejtosztódás biztosítja az örökletes információ pontos átadását az anyasejttől a leánysejteknek az egymást követő sejtciklus során.

A lényegr rövider

Önellenőrző kérdések

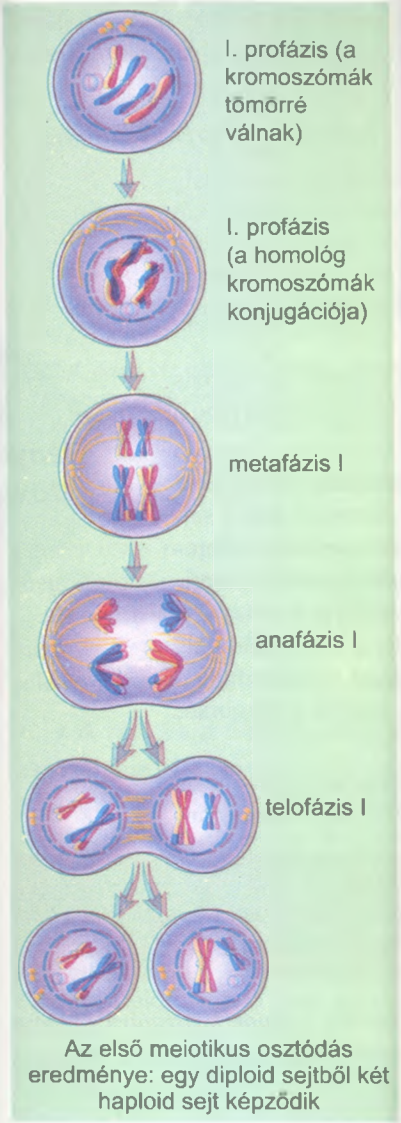
1. *Milyen szakaszokból áll a sejtciklus?* 2. *Mi az interfázis? Mi a jelentősége a sejt létezése szempontjából?* 3. *Mi a mitózis? Milyen fázisokból áll?* 4. *Mi a mitózis biológiai jelentősége?*

Gondolkozzatok el rajta! *Mi a mitózis jelentősége az egyedfejlődés és fajok hosszútávú létezése szempontjából? Feleleteteket indokoljátok meg!*

25.§. A MEIÓZIS

Idézzétek fel! *Miben különböznek egymástól a többsejtű szervezetek ivari és testi sejtjeinek kromoszómakészlete? Milyen kromoszómakészletet neveznek haploidnak, diploidnak és poliploidnak? Mi az interfázis, a gaméta, zigóta, megtermékenyítés, életciklus?*

• **Hogyan képződnek a haploid kromoszómakészlettel rendelkező ivarsejtek?** Már tudjátok, hogy a megtermékenyítés a zömmel haploid kromoszómakészlettel rendelkező hím és a női ivarsejtek összeolvadásával történik. Ilyenkor a két haploid ivarsejt (gaméta) összeolvadása következtében megduplázódik, azaz diploiddá válik a megtermékenyített petesejt, a zigóta kromoszómakészlete. Hogyan



25.1. ábra. Az első meiotikus osztódás

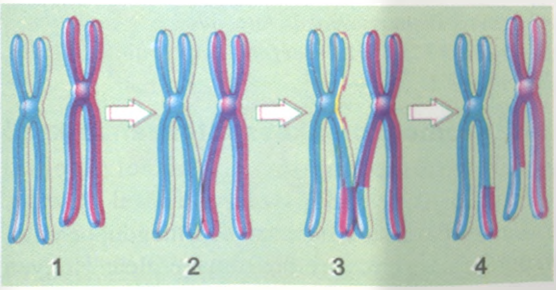
képződnek a haploid sejtek? Kiderítették, hogy létezik egy speciális mechanizmus, amely az eukarióta sejtek osztódásakor a testi sejtek kromoszómaszámához képest a felére csökkenti az ivarsejtek kromoszómakészletét.

• **A meiózis.** A meiózis (gör. *meiosis* – csökkentés) az eukarióta sejtek olyan osztódása, amelynek következtében kromoszómakészletük az eredeti felére csökken. A meiózisban két osztódás követi egymást, közöttük rövid interfázissal vagy e nélkül. Ezen osztódások mindegyike, a mitózishoz hasonlóan, négy szakaszból – profázisból, metafázisból, anafázisból és telofázisból – áll. Az első meiotikus osztódást ***redukciós*** (lat. *reducere* – visszatérni) osztódásnak nevezték el.

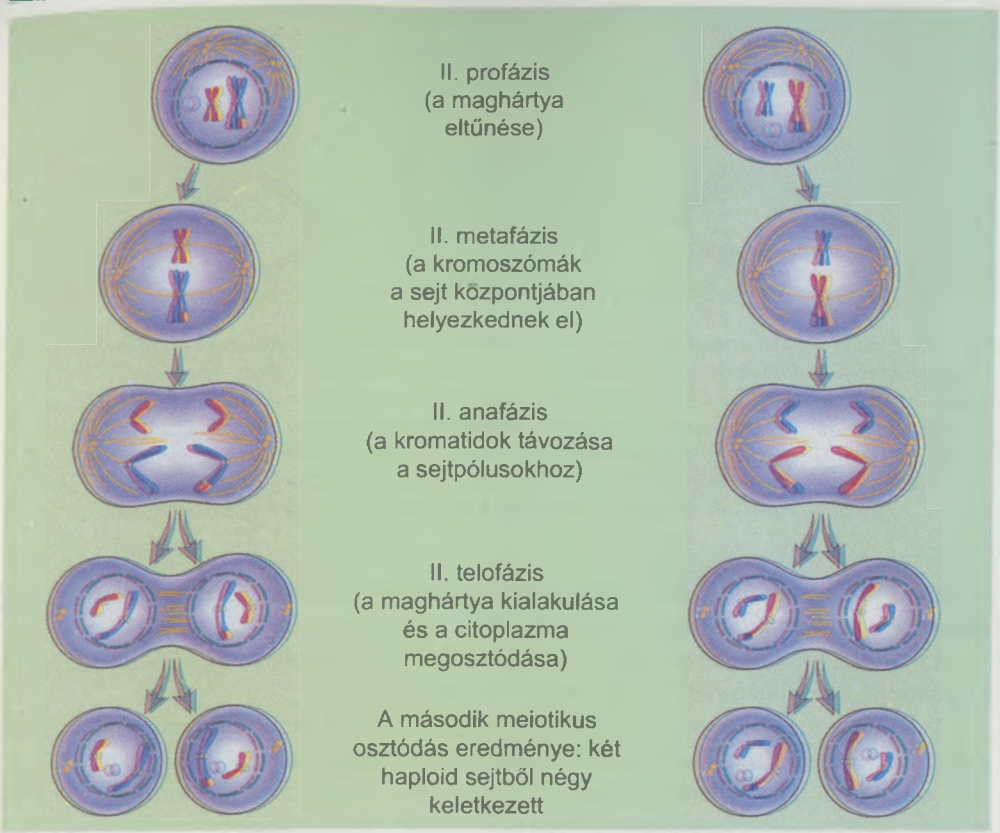
Az **első meiotikus osztódás** profázisában (***I. profázis***) tömörré válnak a kromoszómák, míg végül pálcika alakú struktúrákká alakulnak (25.1. ábra). Ezt követően a homológ kromoszómák közelítenek egymáshoz, mintha összetapadnának (konjugálnának). A konjugáció során ***génkicserélődés*** (***crossing over***) mehet végbe: a homológ kromoszómák meghatározott szakaszai kicserélődhetnek (25.2. ábra). A génkicserélődés eredményeként az örökletes anyag új kombinációi jönnek létre, ezért a homológ kromoszómák örökítőanyag-állománya különböző. Vagyis a génkicserélődés az *örökletes változékonyság* egyik forrása.

Az profázis végén a homológ kromoszómák elkülönülnek egymástól, eltűnnek a magocskák, elbomlik a maghártya és elkezdődik a magorsó kialakulása.

Az első meiotikus osztódás metafázisban (***I. metafázis***) a magorsószálak a kinetochorokhoz rögzülnek. A homológ kromoszómák centromérái



25.2. ábra. A crossing over vázlata: 1 – a homológ kromoszómák közeledése egymáshoz; 2 – a konjugáció után a homológ kromoszómák távolodni kezdenek egymástól, de egyes szakaszaik még egymáshoz tapadnak; 3 – a homológ kromoszómák szakaszainak egymás közötti kicserélődése; 4 – részben eltérő örökletes információkészlettel rendelkező két homológ kromoszóma



25.3. ábra. A második meiotikus osztódás

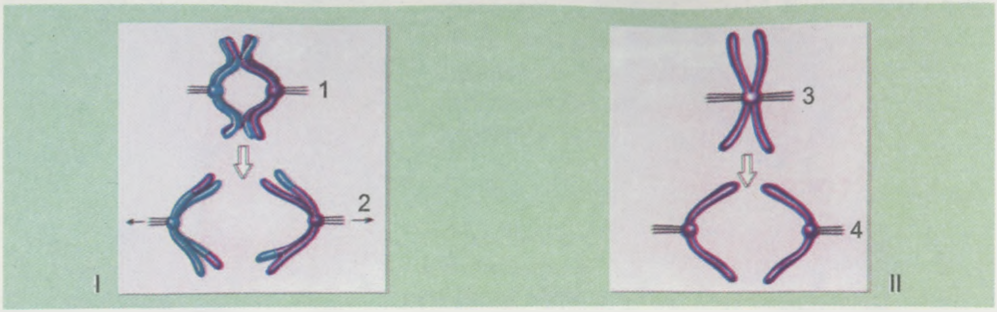
egymással szemközt helyezkednek el, de – a mitózistól eltérően – nem egy vonalban vannak (25.1. ábra).

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 megfeleződött 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***) a leánysejtekben kialakul a maghártya. Az állati és egyes növényi sejtekben a kromoszómák szétcsavarodnak, és megosztódik az anyasejt citoplazmája, vagyis két leánysejt jön létre. A növényfajok többségénél nem fejeződik be a sejtosztódás (a citoplazma nem osztódik meg).

Az első és a második meiotikus sejtosztódások közötti ***interfázis*** rövid vagy hiányzik (mint a növényfajok többségénél); a DNS-molekulák ebben a fázisban nem kettőződnek meg (25.3. ábra).

A **második meiotikus sejtosztódás** profázisában (***II. profázis***) a kromoszómák tömörré válnak, eltűnnek a magocskák, elbomlik a maghártya, a kromoszómák a sejt központi részébe vándorolnak, elkezdődik a magorsó kialakulása (25.3. ábra).



*25.4. ábra. Az első meiotikus osztódás (I) és mitózis (II) metafázisában és anafázisában végbemenő folyamatok összehasonlítása: 1 – a meiózis I. metafázisában, a konjugáció után a homológ kromoszómák kezdenek eltávolodni egymástól; 2 – a meiózis I. anafázisában a homológ kromoszómák a sejtpólusokhoz távoznak; **figyeljétek meg**, hogyan történik közöttük a (más színnel jelölt) szakaszok kicserélődése; 3 – a mitózis metafázisában a magorsófonalak – a meiózis I. metafázisához hasonlóan – a kromoszómák kinetochorjához rögzülnek, de az anafázisban csak az egyes kromatidok húzódnak a különböző pólusokhoz (4)*

A második meiotikus sejtosztódás metafázisában (***II. metafázis***) a kromoszómák tömörebbé válásával és magorsó kialakulásával zárul (25.3. ábra).

A második meiotikus sejtosztódás anafázisában (***II. anafázis***) az egyes kromoszómák kromatidjai különböző pólusokhoz távoznak (25.3. ábra).

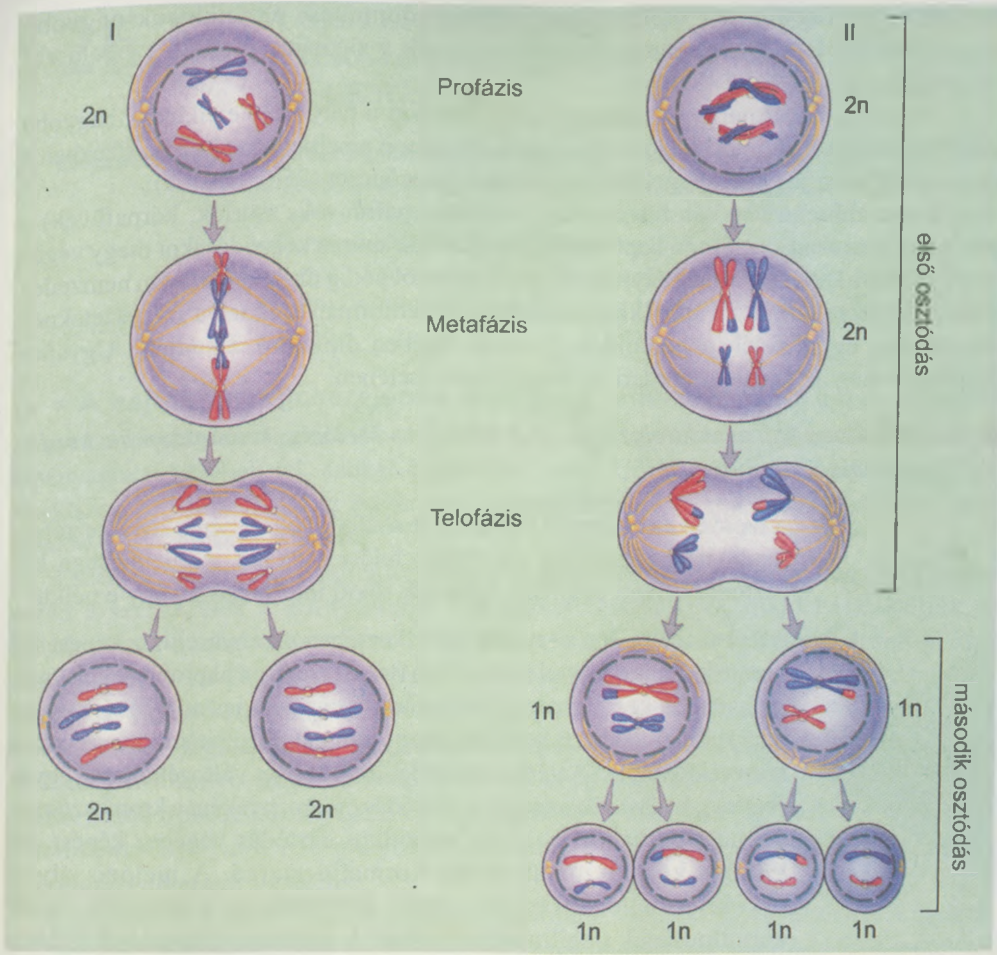
A második meiotikus sejtosztódás telofázisában (***II. telofázis***) a kromoszómák ismét szétcsavarodnak, eltűnik a magorsó, kialakulnak a magocskák és a maghártya. A II. telofázis a citoplazma megosztódásával fejeződik be (25.3. ábra). A második meiotikus osztódás eredményeként a kromoszómák száma nem változik az első meiotikus osztódás végéhez képest, de minden kromoszómában egy kromatid marad.

Vagyis a két egymást követő meiotikus sejtosztódás után a diploid anyasejtből négy haploid leánysejt jön létre, amelyekben mindegyik kromoszóma egy kromatidból áll.

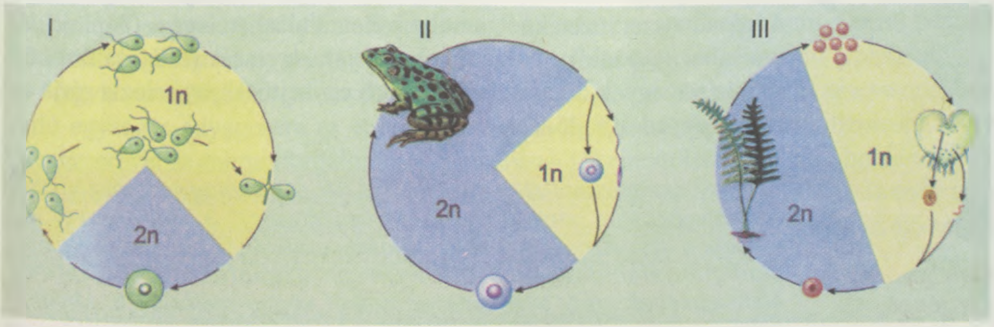
• **A meiózis biológiai jelentősége.** A meiózis olyan mechanizmus, amely fenntartja az ivarosan szaporodó fajok kariotípusának állandóságát. A két meiotikus osztódásnak köszönhetően az ivarsejtek kromoszómaszáma a testi sejtekének a felére csökken. A diploid kromoszómakészlet a megtermékenyítés során, a gaméták összeolvadásával áll helyre.

A meiózis biztosítja a szervezetek örökletes változékonyságát. *Elsősorban* azáltal, 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 örökletes anyag állománya, különböző leánysejtekbe kerülnek (25.4. ábra). A mitotikus és a meiotikus sejtosztódás közötti különbséget a 25.5. ábra szemlélteti. Ezekkel részletesebben a biológiát akadémiai szinten tanulók az 5. sz. gyakorlati munka végzése során ismerkedhetnek meg.

• **A meiózis helye a szervezetek életciklusában.** Valószínűleg megértettétek, hogy az ivarosan szaporodó szervezetek életciklusában mindenképpen lennie kell meiózisnak. A különféle fajoknál azonban a meiotikus osztódás az életciklus különböző szakaszaiban történhet (25.6. ábra). Például az élősködő spórás véglényeknek (malária



25.5. ábra. A mitózis (I) és a meiózis (II) közötti különbségek



25.6. ábra. A magciklusok különböző típusai: I – a chlamydomonas magciklusa (a zigótaosztódás meiózissal kezdődik); II – a béka magciklusa (a meiózis megelőzi a gamétaképződést); III – a páfrány magciklusa (az ivaros nemzedék haploid, az ivartalan – diploid, a meiózis az ivaros nemzedéket adó spórák képződésekor megy végbe)

plazmódium) vagy egyes moszatoknak (chlamydomonas) életciklusuk nagyobb hányadában haploid kromoszómakészletük van, csak a zigótájuk diploid, s ez először meiózissal osztódik (25.6. I. ábra).

A többsejtű állatoknál és az embernél pont fordított a helyzet: életciklusuk nagyobb részében sejtjeik kromoszómakészlete diploid, csupán ivarsejtjeik haploidok. Ezekben a szervezetekben a meiózis megelőzi az ivarsejtek képződését (25.6. II. ábra).

A magasabbrendű spórás növényeknél (mohák, páfrányok, zsurlók, korpafüvek) a meiózis az ivarosan szaporodó haploid nemzedéket adó spórák képződésekor megy végbe (25.6. III. ábra). A megtermékenyített női ivarsejtekből pedig diploid ivartalan nemzedék fejlődik, amely ivartalanul spórákkal szaporodik. Ilyenformán ezeknek a szervezeteknek életciklusuk egyik felében haploidok, a másik felében diploidok a sejtjeik. Ugyanez figyelhető meg az egysejtű tengeri likacsoshéjúak esetében.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Meiózis, kromoszómák konjugációja, crossing over***

A meiózis az eukarióta sejtek olyan osztódása, amelynek következtében kromoszómakészletük az eredeti felére csökken. A meiózisban két osztódás követi egymást, közöttük rövid interfázissal vagy e nélkül.

Az első meiotikus osztódás következtében az anyasejthez képest fél kromoszómakészlettel rendelkező (természetesen haploid) sejtek vagy csak magok képződnek. A konjugáció során génkicserélődés (crossing over) mehet végbe: a homológ kromoszómák meghatározott szakaszai kicserélődhetnek. A génkicserélődés az örökletes változékonyság egyik forrása. A második meiotikus osztódás eredményeként a kromoszómák száma nem változik az első meiotikus osztódás végéhez képest, de minden kromoszómában egy kromatid marad. A meiózis olyan tökéletes mechanizmus, amely az ivarosan szaporodó fajok kariotípusának stabilitását biztosítja. A diploid kromoszómakészlet a gaméták szaporodáskor végbemenő összeolvadásával áll helyre.

A lényegről röviden

A többsejtű állatoknál a meiózis megelőzi az ivarsejtek képződését. Azoknál a szervezeteknél, amelyek életciklusában ivaros (haploid) és ivartalan (diploid) nemzedékek váltják egymást (magasabbrendű spórás növények, likacsoshéjú tengeri egysejtűek), a meiózis zárja az ivaros egyedek fejlődését.

Önellenőrző kérdések

1. *Hány osztódásból áll a meiózis?* 2. *Mi a homológ kromoszómák konjugációja és a génkicserélődés (crossing over)?* 3. *Miért kedvez a meiózis a szervezetek örökletes változékonyságának?* 4. *Mi a meiózis biológiai jelentősége?* 5. *Az ivarosan szaporodó szervezetek életciklusának mely szakaszában mehet végbe meiózis?* 6. *Miben különbözik és miben hasonlít a mitózis és a meiózis?*

Gondolkozzatok el rajta! *Miért nem jellemző a meiózis az ivartalanul szaporodó szervezetekre?*

26.§. A SEJTEK ANYAGCSERÉJÉNEK ÉS ENERGIAÁTALAKÍTÁSÁNAK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

Idézzétek fel! *Mi a metabolizmus és a homeosztázis? Mekkora energiamennyiség szabadul fel fehérje, lipid vagy szénhidrát elbomlásakor? Milyen az ATF szerkezete, és mi a funkciója? Milyen kémiai reakciók mennek végbe az anyagok szintézisekor és bontásakor? Mik az enzimek, az egyszerű és összetett fehérjék? Milyen folyamatokat nevezünk oxidálásnak és redukálásnak? Milyen a mitokondriumok és a lizoszómák szerkezete és funkciói?*

• **A sejtek anyagcseréjének általános jellemzése.** Az egyes sejtek és szervezetek ***nyitott rendszerek***. Ez azt jelenti, hogy csak úgy létezhetnek, ha a környezetből tápanyagokat vesznek fel, azokat átalakítják, majd kiürítik életműködésük termékeit. Ezeknek a folyamatoknak az összességét ***anyagcserének*** vagy ***metabolizmusnak*** (gör. *metabole* – változás) nevezzük.

A szervezetekben egyidejűleg két ellentétes folyamat megy végbe. Az egyik folyamat során a szervezetek a környezetből anyagokat vesznek fel, majd hasznosítják és felhalmozzák azokat a számukra szükséges vegyületek szintéziséhez. *A sejtek és a szervezetek fejlődését, vegyi összetételük pótlását biztosító szintézisreakciók összességét* ***plasztikus anyagcserének*** (gör. *plastos* – képződött) *nevezzük.* Ezeknek a folyamatoknak a fenntartása meghatározott energiamennyiséget igényel. A másik folyamat során a szervezetben bizonyos anyagok elbomlanak. Ezt a folyamatot energiafejlődés kíséri, amely a többi között a plasztikus anyagcsere megvalósításában hasznosul. *Az összetett vegyületek lebontására irányuló, energia felszabadulását eredményező reakciók összességét* ***energiaforgalomnak*** *nevezzük.*

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. Intenzív testi munka vagy táplálékhiány esetén, valamint öregedéskor a bomlási folyamatok vannak túlsúlyban. Ha a tömeg- és energiaveszteséget nem sikerül pótolni fokozott táplálkozással, akkor a szervezet fokozatosan kimerül, és végül elpusztul.

Vagyis az energiaforgalom és a plasztikus anyagcsere része az élő szervezetekben zajló egységes anyagcsere és energiaátalakulási folyamatnak, a metabolizmusnak. Az anyagcserével és energiaforgalommal kapcsolatos folyamatok biztosítják a homeosztázis fenntartását a környezet változó feltételei közepette. A homeosztázis fenntartása elengedhetetlen feltétele bármilyen biológiai rendszer normális működésének az élő anyag sejtessel kezdődő és biogeocönotikussal záródó szerveződési szintjén.

• **Autotróf, heterotróp és mixotróf szervezetek.** A Föld élőlényeinek alapvető energiaforrása a napfény. A szervezetek a napfény felhasználásával közvetlenül vagy közvetett módon elégítik ki összes energiaigényüket.

Emlékezhettek rá, hogy azokat a szervezeteket, amelyek szervetlen anyagokból szerves anyagokat tudnak szintetizálni, ***autotrófoknak*** (gör. *autos* – egyedül, *trophe* – élelem,

táplálkozás) nevezzük. A környezetből elnyelt fényenergiát ezek a szervezetek arra használják, hogy biztosítsák életfolyamataik energiaszükségletét, vagy a szintetizált vegyületek kémiai kötéseiben tárolják. Az autotróf fajok többsége, a zöld növények, a kékbaktériumok, egyes egysejtű állatok (például a páncélos ostorosok) és baktériumok fényenergiát, főként napenergiát használnak fel. Egyes baktériumok – nitrifikáló és kénbaktériumok – a szerves vegyületek szervetlenekből való szintéziséhez az exoterm kémiai reakciók során fejlődő energiát használják.

A gombák, az állatok és a baktériumok többsége ***heterotróf*** (gör. *heteros* – más). Számukra energiaforrásként a más szervezetek által szintetizált szerves vegyületek szolgálnak, amelyeket a táplálékkal, vagyis az élő szervezeteknek, ezek maradványainak vagy élettevékenységük termékeinek elfogyasztásával vesznek fel. ***Mixotrófoknak*** (gör. *mixis* – keverés) nevezzük a kevert táplálkozási típusú szervezeteket (harmatfű, fagyöngy, chlamydomonas, zöld eugléna). Az ilyen szervezetek nemcsak arra képesek, hogy szervetlen vegyületekből szerveseket szintetizáljanak, hanem kész szerves anyagokat is el tudnak fogyasztani. Emlékezhettek rá, hogy a harmatfű tud fotoszintetizálni, miközben apró gerinctelen állatokkal, főként rovarokkal is táplálkozik. Ez a növény nitrogénben szegény lápos talajokon honos. A nitrogénvegyületeket a befogott rovarokból nyeri.

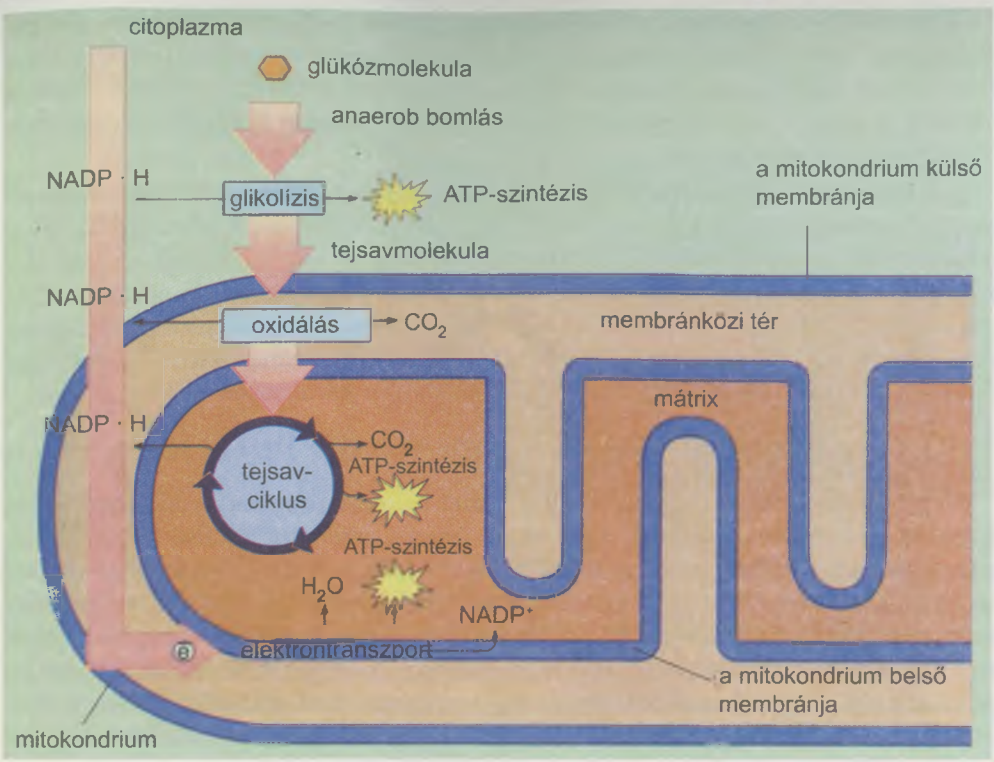
• **Az energiaforgalom és szakaszai.** A biológiai rendszerekben az energia különböző formákban létezik, amelyek átalakulhatnak egymásba. Az élőlények az energiát a legkülönfélébb folyamatok fenntartásához használják, amelyek lehetnek kémiai (szerves anyagok szintézise), elektromos (ingerülettovábbítás az idegrostban), hő- (állandó testhőmérséklet fenntartása) és fényjelenségek (a kémiai kötések energiájának átalakítása egyes mikroorganizmusok, rovarok, mélyvízi halak fényenergiájává).

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 adenozintrifoszforsav (ATP).

Az energiaforgalom három egymást követő – előkészítő, anaerob és aerob – szakaszban megy végbe.

• **Az energiaforgalom előkészítő szakasza.** Az energiaforgalom kezdeti, ***előkészítő*** szakasza valamennyi szervezet sejtjeinek citoplazmájában, míg a többsejtű állatoknál és az embernél az emésztőszervrendszer üregeiben valósul meg. Az előkészítő szakaszban a szerves makromolekulák enzimek hatására monomerekre, azaz a fehérjék aminosavakra, a zsírok glicerinre és zsírsavakra, a poliszacharidok monoszacharidokra, a nukleinsavak pedig nukleotidokra hasadnak. Ezeket a folyamatokat energiafejlődés kíséri ugyan, de az így képződő, nem jelentős mennyiségű energia hő formájában szétszóródik. Ezt a hőt a szervezetek saját testhőmérsékletük fenntartására használhatják.

• **Az energiaforgalom anaerob szakasza.** Az energiaforgalom oxigén nélküli szakasza a sejtben megy végbe. Ezt ***anaerob*** (gör. *an* – tiltást jelentő szó és *aer* – levegő) szakasznak nevezik, mivel a megelőző szakaszban képződött monomerek további többlépcsős hasadássorozaton mennek át oxigén részvétele nélkül.



26.1. ábra. Az energiaforgalom anaerob és aerob szakasza

Az anaerob bontás vagy anaerob légzés az energiaátalakítás és az ATP magas energiatartalmú kémiai kötéseiben való energiatárolás legegyszerűbb formája. Egyes mikroorganizmusok és gerinctelen állatok (leginkább 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 glükózmolekula ***glikolízises*** (gör. *glikis* – édes és *lisis* – oldás) bontása. A glikolízis során a glükózmolekula ($C_6H_{12}O_6$) két tejsavmolekulára ($C_3H_6O_3$) hasad (26.1. ábra). A glikolízis összesített egyenlete a következő:

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2ADP \rightarrow 2C_3H_6O_3 + 2ATP + 2H_2O$$

A további átalakulások során piroszőlősav ($C_3H_4O_3$) szintetizálódik. Ez a vegyület a következő *aerob szakasz* reakcióiban vesz részt.

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 kötéseiben, a többi hő formájában szétszóródik. Ez azzal magyarázható, hogy a glokolízis végtermékei sok kémiailag 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) további enzimes átalakulásokon mennek át oxigén jelenlétében. A glikolízis köztes termékei különböző vegyületek bioszintézisében vesznek részt.

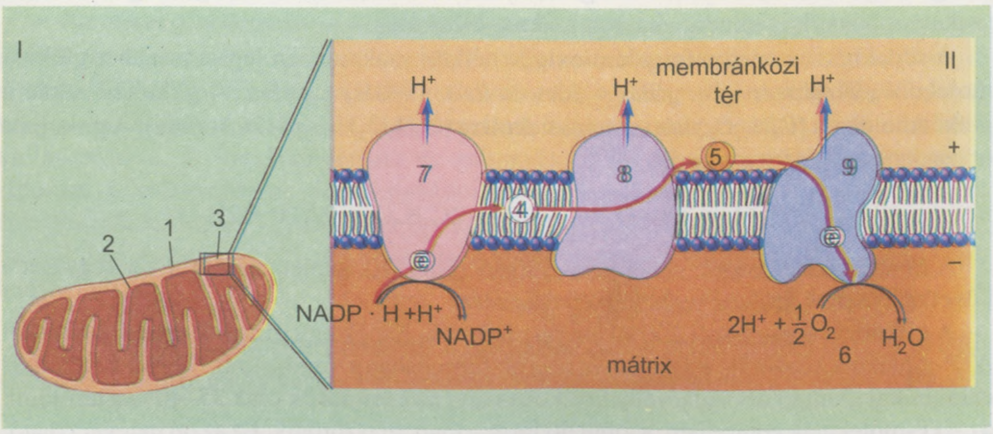
• **Az energiaforgalom aerob szakasza.** Az energiaforgalom aerob szakasza (aerob légzés) a mitokondriumokban megy végbe (26.1. ábra). Ezt enzimek közreműködésével lezajló redoxi reakciók kísérik. Nekik köszönhetően az előző, anaerob szakaszban képződött szerves vegyületek végtermékekké: szén-dioxiddá CO_2 és vízzé H_2O oxidálódnak. A szervezet ennek folytán jut az életműködéséhez szükséges energia jelentős részéhez. Ennek az energiának a nagy része az ATP-molekulák kémiai kötéseiben tárolódik. Az aerob szakasz értelemszerűen csak oxigén jelenlétében valósulhat meg.

$$2C_3H_6O_3 + 6O_2 + 36H_3PO_4 + 36ADP \rightarrow 6CO_2 + 38H_2O + 36ATP$$

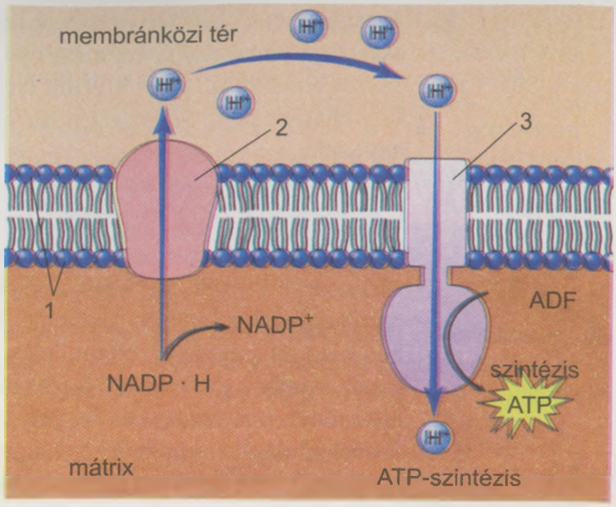
Figyelmesen nézzétek meg a 26.2. ábrát. Annak baloldali részében (I) mitokondriumot láthattok metszetben. A téglalap azt a részét takarja, amelyben a külső (1), belső (2) membrán és a membránközi tér (3) található. Az ábra jobboldali részében (II) az elektrontranszport belső mitokondrium-membránhoz kapcsolódó folyamatának (transzportfehérjék képződése) vázlata látható. A NADP · H jelöléssel szereplő vegyület egy speciális enzim közreműködésével oxidálódik, és ennek során elektronok ($\bar{e}$) és protonok (H^+) szabadulnak fel. Az energiával rendelkező elektronokat ($\bar{e}$) mobil transzportáló fehérjék (4) szállítják a membrán külső felszínére. Ott az elektronokat a továbbszállításukat végző speciális fehérjemolekulák (5) veszik fel.

A NADP teljes neve (nem kell megjegyezni) nikotin-amid-adenin-dinukleotit. Ez a vegyület a sejtek metabolizmusának redoxi reakcióit biztosító sok enzim alkotóeleme.

Kövessük nyomon az elektronok mozgásának további irányát. Mint már észrevehettétek, az elektronok visszatérnek a mitokondriumok belsejébe. Ott víz képződésével (6) kölcsönhatásba lépnek a protonokkal (H^+) és az oxigénnel. Most



26.2. ábra. Az elektronok transzportláncolatának működési vázlata



26.3. ábra. Az ATP-szintetáz enzim molekula biztosítja az ATP szintézisét az energiaforgalom aerob szakaszában: 1 – a mitokondrium belső membránja; 2 – a mitokondrium membránközi terébe H^+ ionokat szállító fehérjemolekula; 3 – az ATP-szóma, amelynek az összetételében ATP-szintetáz található

keressétek meg az ábrán azt a három fehérjemolekulát, amelyek részét képezik a mitokondriumok belső membránjának (ezeket a 7, 8, 9 számok jelölik). Ezek a molekulák a felszabaduló energia egy részét a hidrogénionoknak (H^+) a mitokondrium membránközi terébe (3) történő pumpálására használják fel. Ezáltal létrejön a H^+ ionok koncentrációkülönbsége a mitokondrium belső membránjának két oldalán (*gondolkodjatok el azon, hol lesz magasabb az ionkoncentráció*).

A mitokondrium belső membránjának külső felületén pozitív töltés koncentrálódik, alsó felülete mentén negatív töltés halmozódik fel. Ez a negatív töltés mintegy vonzza a protonokat és a mátrixba való visszatérésre készteti őket. A mitokondriumok mátrixába visszatért protonok nagyobb része diffúzióval az ATP-szintetáz enzim molekulájában lévő csatornán halad át (26.3. ábra). Ez az enzim felel az ATP-molekulák szintéziséért. A hidrogénionoknak (H^+) a mitokondriumok mátrixába történő visszatérése során energia szabadul fel, amely ATP-molekulák ADP-ből és ortofoszforsavból történő szintézisére fordítódik.

Az energiaforgalom aerob szakaszában lezajló reakciók eredményeként szén-dioxid-molekulák képződnek.

A glükózból a glikolízis során képződött tejsav- vagy piroszőlősav-molekulák teljes oxidációja vízzé H_2O és szén-dioxiddá CO_2 akkora mennyiségű energia fejlődésével jár, ami 36 ATP-molekula képződéséhez elegendő. Ezeknek az átalakulása során körülbelül 2800 kJ energia képződik, amiből az ATP-molekulák kémiai kötéseiben kb. 55% tárolódik, 45% pedig hő alakjában szétszóródik.

Már tudjátok, hogy az energiaforgalom anaerob szakaszában egy molekula glükózból két ATP-molekula képződik. Egy glükózmolekula teljes hasadása során fejlődő energia 38 ATP-molekula képződéséhez elegendő. Az energiaforgalom a végtermékek (szén-dioxid és víz) szervezetből való kiürülésével fejeződik be.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Plasztikus anyagcsere és energiaforgalom, autotrófok, heterotrófok, mixotrófok, glikolízis.***

- Az egyes sejtek és szervezetek nyitott rendszerek. Ez azt jelenti, hogy csak úgy létezhetnek, ha a környezetből tápanyagokat vesznek fel, azokat átalakítják, majd kiürítik életműködésük termékeit. Ezeknek a folyamatoknak az összességét anyagcserének vagy metabolizmusnak nevezzük.
- A metabolizmust két folyamat – a plasztikus anyagcsere és energiaforgalom – biztosítja. A sejtek és a szervezetek fejlődését, vegyi összetételük pótlását biztosító szintézisreakciók összességét plasztikus anyagcserének nevezzük. Ezeknek a folyamatoknak a fenntartása meghatározott energiamennyiséget igényel. A másik folyamat során a szervezetben bizonyos anyagok elbomlanak. Ezt a folyamatot energiafejlődés kíséri, amely a többi között a plasztikus anyagcsere megvalósításában hasznosul. Az összetett vegyületek lebontására irányuló, energia felszabadulását eredményező reakciók összességét energiaforgalomnak nevezzük. Az anyagcserével és energiaforgalommal kapcsolatos kiegyensúlyozott folyamatok biztosítják az élő rendszer homeosztázisának fenntartását a környezet változó feltételei közepette.
- Azokat a szervezeteket, amelyek szervetlen anyagokból szerves anyagokat tudnak szintetizálni, autotrófoknak nevezzük. A heterotrófok energiaforrásként a más szervezetek által szintetizált szerves vegyületeket használják fel. A mixotrófok kevert táplálkozási típusú szervezetek: nemcsak arra képesek, hogy szervetlen vegyületekből szerveseket szintetizáljanak, hanem kész szerves anyagokat is el tudnak fogyasztani.

A ...nyegről ...röviden

- Az energiaforgalom három egymást követő – előkészítő, anaerob és aerob – szakaszban megy végbe. Az energiaforgalom előkészítő szakaszában a szerves makromolekulák enzimek hatására hasadnak. Ezeket a folyamatokat energiafejlődés kíséri ugyan, de az így képződő, nem jelentős mennyiségű energia hő formájában szétszóródik. Az energiaforgalom oxigén nélküli, anaerob szakasza a sejtben megy végbe.
- A megelőző szakaszban képződött monomerek további többlépcsős hasadássorozaton mennek át oxigén részvétele nélkül. Az energiaforgalom oxigén nélküli szakaszának lényege a glükózmolekula ($C_6H_{12}O_6$) két tejsavmolekulára történő bontása (glikolízise). A glikolízis során közel 200 kJ energia fejlődik, ennek 35–40%-a az ATP-molekulák makroerg kötéseiben tárolódik.
- Az energiaforgalom aerob szakasza a mitokondriumokban megy végbe, ezek belső membránjaiban ATP szintetizálódik. A redoxi reakciók nyomán az előző, anaerob szakaszban képződött szerves vegyületek végtermékekké: szén-dioxiddá CO_2 és vízzé H_2O oxidálódnak. A tejsavmolekulák teljes oxidációja akkora mennyiségű energia fejlődésével jár, ami 38 ATP-molekula képződéséhez elegendő. Ezeknek az átalakulása során az energia 55%-a tárolódik, 45%-a pedig hő alakjában szétszóródik. Egy glükózmolekula teljes hasadása során fejlődő energia 38 ATP-molekula képződéséhez elegendő.

Önellenőrző kérdések

1. Milyen folyamatokat nevezünk metabolizmusnak, plasztikus anyagcserének és energiaforgalomnak? 2. Milyen szervezeteket nevezünk autotrófoknak, mixotrófoknak és heterotrófoknak? 3. Milyen energiaforrásokat használnak az autotróf szervezetek? 4. Milyen szerepet játszik az ATP az energiaforgalommal kapcsolatos folyamatokban? 5. Hány szakaszban valósul meg az energiaforgalom? Nevezzétek meg ezeket! 6. Jellemezzétek az energiaforgalom előkészítő szakaszát! 7. Milyen folyamatok mennek végbe az energiaforgalom anaerob szakaszában? 8. Milyen feltételek mellett valósul meg az energiaforgalom aerob szakasza? 9. Összesen hány ATP-molekula szintetizálódik az energiaforgalom anaerob és aerob szakaszában?

Gondolkozzatok el rajta!

1. Miért nem lenne lehetséges az élet energiaátalakulás nélkül? 2. Mi az oka annak, hogy energia fejlődik a szerves vegyületek oxidációjakor? 3. Miért hatékonyabb energetikailag a szerves vegyületek oxigén jelenlétében végbemenő hasadása, mint oxigén nélkül?

27.§. PLASZTIKUS ANYAGCSERE. A FEHÉRJÉK ÉS NUKLEINSAVAK BIOSZINTÉZISE

Idézzétek fel!

Milyen a fehérjék felépítése? Mely aminosavakat nevezzük pótolhatóknak, és melyeket pótolhatatlanoknak? Mely fehérjék teljes értékűek, és melyek nem teljes értékűek? Milyen a nukleinsavak és a riboszómák szerkezete? Mi a gén és a mutáció?

• **A plasztikus anyagcsere általános jellemzése.** Már tudjátok, hogy plasztikus anyagcserén a biokémiai szintézis-reakciók összességét értjük. E reakciók következtében azokból a vegyületekből, amelyek bekerülnek a sejtbe, ott a számára szükséges anyagok képződnek. A plasztikus anyagcsere alapvető folyamatai: a fehérjék, szénhidrátok, lipidek, nukleinsavak szintézise.

• **A fehérjék bioszintézise.** Megkülönböztetnek pótolható és pótolhatatlan aminosavakat. A pótolható aminosavak az emberi és az állati szervezetben képződnek, míg a pótolhatatlanok csakis a táplálékkal vehetők fel. A táplálékban lévő fehérjék az emésztőszervekben megemésztődve a vékonybélből felszívódnak a vérbe, majd a sejtekbe jutnak, ahol az adott szervezetre nézve specifikus fehérjék szintetizálódnak. A pótolható aminosavak szintéziséhez az állatok és a gombák nitrogéntartalmú vegyületeket használnak fel. A növények minden szükséges aminosavat szintetizálni tudnak, amihez nitrogénvegyületeket használnak. Egyes mikroorganizmusok minden szükséges aminosavat elő tudnak állítani, míg mások csak némelyiket. A 20 alapvető aminosav mindegyikének szintézise bonyolult, többlépcsős folyamat, amit sok enzim katalizál.

Már tudjátok, hogy az élő szervezetekben sok különböző fehérje képződik. A szerkezetükre vonatkozó valamennyi információt a sejt őrzi és adja tovább az utódoknak. Az örökletes információ egységes tárolását valamennyi élő szervezet esetében ***genetikai kódnak*** nevezzük. Ez nem egyéb, mint a nukleotidok meghatározott sorrendje a nukleinsav-molekulákban. A nukleotidok egymásutánisága határozza meg az aminosavmaradékok beépítésének sorrendjét a polipeptidszálban annak szintézise során.

A tudósok kiderítették, hogy a polipeptidszál minden aminosavát nukleotidhármasok, úgynevezett ***tripletek*** meghatározott sorrendje kódolja. Az RNS négy különböző nukleotidja **64** kombinációt ($4^3 = 64$), azaz **64** különböző tripletet képezhet. Mivel csak 20 alapvető aminosav létezik, ezért feltételezhető, hogy egy-egy aminosavat több

különböző triplet kódolhat (ld. a 27.1. táblázatot). Megállapították, hogy a fő aminosavak legtöbbjét (20-ból 18-at) több (2–6) triplet kódol, s közülük csak kettőt kódol egy triplet. Ennek a ténynek fontos biológiai jelentősége van, mivel fokozza ***a genetikai kód megbízhatóságát***, vagyis egy nitrátbázis-maradék másikkal történő véletlen kicserélődését egy bizonyos tripletben nem mindig kísérik változások a fehérjék elsődleges szerkezetében. Figyeljétek meg: mivel a fehérje szerkezetére vonatkozó információt a DNS-molekulától a fehérjemolekula szintézisének helyére az iRNS-molekula szállítja, a genetikai kód leolvasása is róla történik. A 27.1. táblázatban a leucin (LEU) aminosavat kódoló tripletek láthatók. Feltételezzük, hogy bizonyos iRNS-molekulában ezt az aminosavat CUU triplet kódolja. Mutáció következtében ebben a tripletben az utolsó U nukleotidot más, például A nukleotid helyettesíthet. De a képződő CUA triplet ugyanazt a leucin aminosavat kódolja.

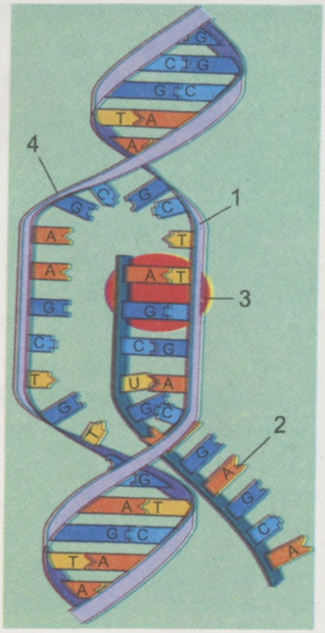
27.1. táblázat

GENETIKAI KÓD

Első bázis	Második bázis				Harmadik bázis
	U	C	A	G	
U	PHE	SER	TYR	CYS	U
	PHE	SER	TYR	CYS	C
	LEU	SER	-	-	A
	LEU	SER	-	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	THR	ASN	SER	U
	ILE	THR	ASN	SER	C
	ILE	THR	LYZ	ARG	A
	MET	THR	LYZ	ARG	G
G	VAL	ALA	ASP	GLY	U
	VAL	ALA	ASP	GLY	C
	VAL	ALA	GLU	GLY	A
	VAL	ALA	GLU	GLY	G

Megjegyzés. A táblázatban (nem kell megjegyeznetek) a következő aminosavak kódolása látható: alanin (ALA), arginin (ARG), aszparagin (ASN), aszparaginsav (ASP), cisztein (CYS), hisztidin (HYS), glicin (GLY), glutamin (GLN), glutaminsav (GLU), izoleicin (ILE), leicin (LEI), lizin (LYS), metionin (MET), prolin (PRO), szerin (SER), tirozin (TYR), treonin (THR), triptofán (TRY), fenilalanin (FEN), valin (VAL).

Ezzel a táblázattal meghatározható, hogy milyen aminosavat kódol az RNS-molekula egy meghatározott tripletje. A triplet első nukleotidját a bal oszlopból, a másodikat a felső sorból, a harmadikat a jobb oszlopból vesszük. E vonalak metszéspontjában található a keresett aminosavra vonatkozó információ.



27.1. ábra. A transzkripció folyamata: a komplementaritási elv szerint az egyik DNS-molekulaszálon (1) szintetizálódik az iRNS-molekula (2). A szintézist az RNS-polimeráz (3) enzim biztosítja. A másik DNS-szál (4) ekkor inaktív marad

A genetikai kód további tulajdonsága, hogy ***mindegyik triplet csak egy meghatározott aminosavat kódol***. A genetikai kód ***univerzális***, azaz valamennyi szervezet esetében egységes, a baktériumoktól az emberig.

Kiderítették, hogy a genetikai kód esetében ***nincs átfedés***. A fehérjemolekula szintézise során az iRNS tripleteinek leolvasása egymás után történik. Ekkor a szomszédos tripletek nem fedik át egymást és nincs közöttük hézag.

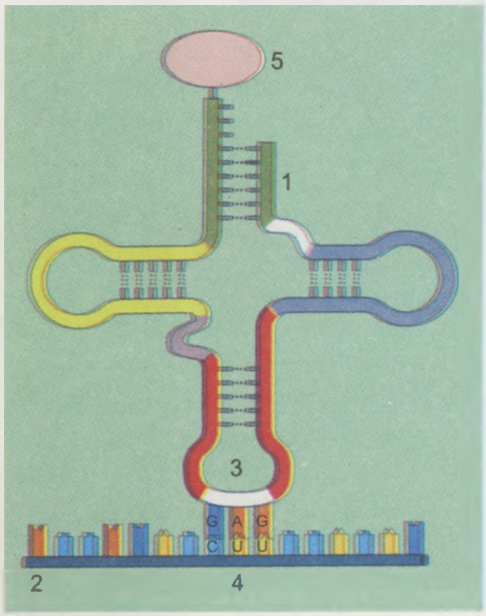
Idézzétek fel, hogy a ***gén*** – *nukleotidok meghatározott sorrendje a nukleinsav-molekulában!* A genetikai kódban van három olyan triplet (UAA, UAG, UGA), amelyek mindegyike jelzést ad a polipeptidlánc szintézisének befejezésére, míg az AUG triplet ennek a folyamatnak a kezdetét határozza meg (*a 27.1. táblázat felhasználásával határozzátok meg azt az aminosavat, amelyet ez a triplet kódol*).

A fehérje-bioszintézis mechanizmusát a XX. sz. 50-es éveiben tárták fel. A folyamatban több szakasz különíthető el.

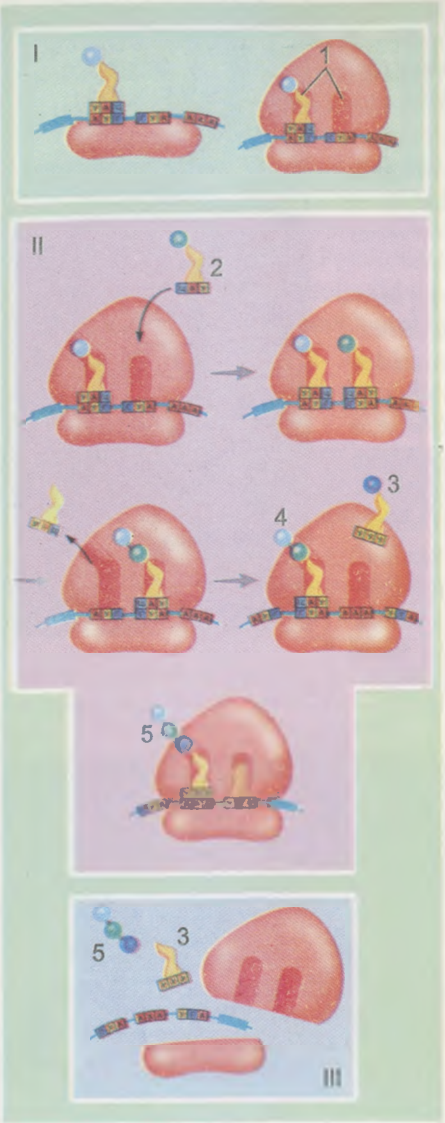
• A fehérje-bioszintézis szakaszai.

A fehérjék bioszintézisének első szakasza, a ***transzkripció*** (lat. *transcriptio* – átírás) (27.1. ábra). Ekkor egy különleges enzim, az RNS-polimeráz különválasztja az egyik kromoszóma DNS-ének kettős spirálját, és az egyik szálon, a komplementaritás elvének megfelelően, szintetizálódik az iRNS-molekula. Vagyis az iRNS-molekula az adott DNS-szakasz pontos mása. A transzkripciót követően az iRNS-molekula a sejtmagból a citoplazmába távozik.

A fehérje-bioszintézis következő szakaszában, a ***transzlációban*** (lat. *translatio* – átadás) az iRNS szekvenciája a szintetizált fehérje aminosav-maradékainak szekvenciájára fordítódik le. Kezdetben a 20 aminosav mindegyike a citoplazmában meghatározott tRNS-molekulához kapcsolódik (27.2. ábra). Ezt a műveletet az ***aminosavak aktivációjának*** nevezzük. Az iRNS előbb a riboszómával, később a meghatározott tRNS-molekulához kötődő aminosav-maradékkal kapcsolódik össze. Ez a komplexum készen áll a fehérjemolekula szintézisére.



27.2. ábra. A tRNS-molekula (1) és az iRNS-molekula (2) kölcsönhatása. A tRNS-molekula antikodonja (3) kölcsönhatásba lép az iRNS-molekula kodonjával (4); 5 – a tRNS-molekula által szállított aminosav



27.3. ábra. A fehérje-bioszintézis szakaszai: I – iniciáció; II – elongáció; III – a fehérjemolekula szintézisének befejeződése

Á fehérjeszintézis következő szakaszaiban a polipeptidszál annak köszönhetően hosszabbodik, hogy az aminosav-maradékok egymás után kapcsolódnak össze egymással peptidkötések segítségével.

Amint emlékezhettek, a tRNS-molekula egyik vége mintegy hurkot képez. Mindegyik tRNS-molekulának ezen a végén nukleotidtriplet (antikodon) található, amely meghatározza, hogy milyen aminosavat szállít. Ez komplementer párt képez az iRNS megfelelő tripletjével (kodonjával). Az aminosav-maradék eközben a tRNS-molekula ellenkező részéhez kapcsolódik (11.4. ábra).

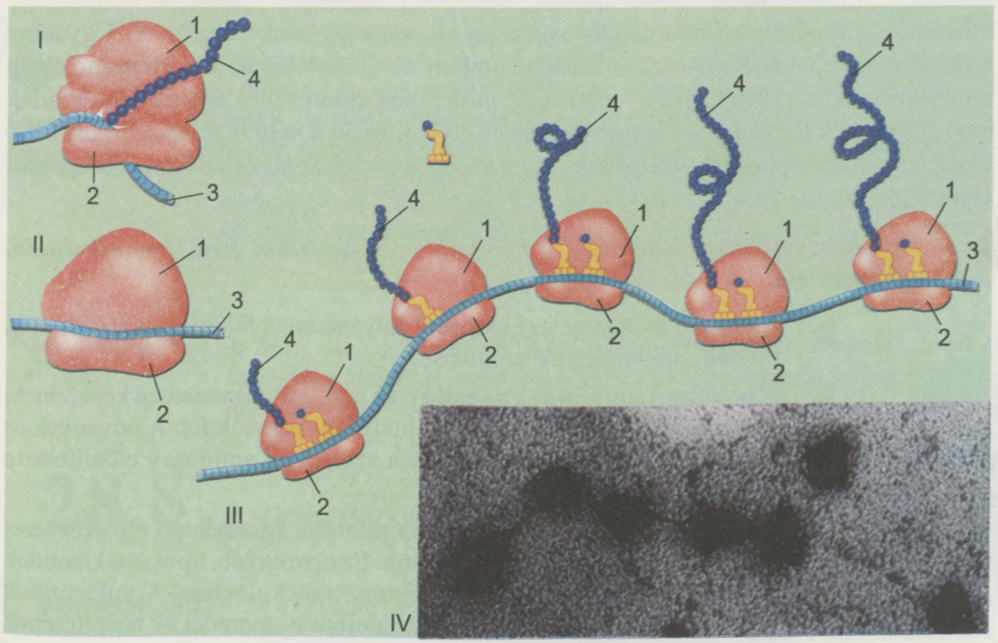
A fehérjemolekula szintézise során a fonálszerű iRNS-molekula a riboszóma két alegysége közé kerül (27.3. ábra). Eközben folyik a genetikai információ leolvasása és a szintetizálódó fehérjéhez kapcsolódnak az aminosav-maradékok a riboszóma speciális részében, a ***funkcionális központban***. Az utóbbi mérete két triplet hosszának felel meg, ezért egyidejűleg az iRNS két szomszédos tripletje tartózkodhat benne. A funkcionális központ egyik részében a tRNS antikodon azonosítja az i RNS kodonját, miközben a másik részben az aminosav megszabadul a tRNS-től.

Figyelmesen nézzétek meg a 27.3 ábrát. Kezdetben az úgynevezett *iniciációs* folyamat indul be, amikor a riboszóma kis alegysége az iRNS-hez kapcsolódik és a kodonja (AUG) a tRNS antikodonjával (UAC) lép kölcsönhatásba. Ekkor a riboszóma nagy alegysége a kis alegységhez (I) kapcsolódik. Figyeljétek meg a riboszóma funkcionális központját (1), amelyben egyidejűleg két tRNS-molekula lehet. A továbbiakban indul be magának a polipeptidláncnak a szintézise, más szóval: az *elongációja* (II). A riboszóma funkcionális központját eléri a második tRNS-molekula (2). Az antikodonja (CAU) kölcsönhatásba lép az iRNS kodonnal (GUA). A tRNS első molekulája elhagyja a riboszóma funkcionális központját. Két aminosav-maradék peptidkötéssel dipeptiddé (4) alakul. A riboszóma tesz egy lépést, amely egy tripletnek felel meg. A levált riboszóma funkcionális központját eléri a harmadik tRNS-molekula (3). A riboszóma még egy lépést tesz. Ekkor a harmadik tRNS-molekula antikodonja (UUU) kölcsönhatásba lép az AAA kodonnal. A

szintetizálódó fehérjemolekula már három aminosav-maradékból (5) áll. Figyeljétek meg: a riboszóma funkcionális központjának második részéből hiányzik a tRNS-molekula. Ez annak tudható be, hogy ott a fehérjemolekula szintézisének leállítására vonatkozó jelzést adó UGA iRNS-triplet található. A fehérjemolekula (III) bioszintézise akkor fejeződik be, amikor a riboszómák kis és nagy alegysége szétválik és elhagyja az iRNS-molekulát. Ezzel egyidejűleg leválnak a tRNS-molekulák (3) és a szintetizálódott fehérjemolekula (5). (***Feladat.*** *A 27.1. táblázat segítségével derítsétek ki, milyen aminosav-maradékokból áll a szintetizált fehérjemolekula!*)

Amikor a riboszóma az iRNS-molekulán előrelép, a helyét elfoglalja a második, harmadik, negyedik stb. riboszóma, és folytatódik az újabb fehérjemolekulák szintézise. Az iRNS-molekulán egyidejűleg tartózkodó riboszómáknak a száma határozza meg annak hosszát. Az iRNS-molekulák által összefogott riboszómakészletet *poliriboszómának* – röviden: *poliszómának* – nevezzük (27.4. ábra). Ilyenformán egy poliszómán egyidejűleg valamely fehérje több molekulája szintetizálódik.

A befejező szakaszban a szintetizált fehérje elnyeri természetes térszerkezetét. Különleges enzimek hatására leválnak róla a fölösleges aminosav-maradékok, beépülnek a nem fehérje jellegű foszfát-, karboxil- és egyéb csoportok, kapcsolódnak a szénhidrátok, lipidek stb. Csak ezeknek a folyamatoknak a befejeződése után válik a fehérjemolekula funkcionálisan aktívvá.



27.4. ábra. A poliriboszóma szerkezete és funkciója. I. Oldalnézet. Figyeljétek meg a riboszómák nagy (1) és kis (2) alegységeinek, az iRNS-molekulák (3) és a szintetizálódó fehérjemolekulák (4) elhelyezkedését. II. Elölnézet. III. Az iRNS-molekula által összefogott riboszómák poliriboszómát (poliszómát) alkotnak. IV. Poliriboszóma elektronmikroszkópos fényképe

A fehérjeszintézis energiaigényes. Ez az energia az ATP-molekula hasadásakor szabadul fel.

• **A nukleinsavak bioszintézise.** Szinte minden élő szervezet, egyes mikroorganizmusokat leszámítva, képesek nukleotidokat szintetizálni folyamatos enzimreakciók révén. A nukleinsavak nukleotidjainak előnukleotidjai az aminosavak. A nukleinsavak hasadásakor a nitrát-bázisok jelentős része nem bomlik összetevőire, hanem újból hasznosul a nukleotidok szintézisében.

A különböző nukleinsavtípusok különböző módon képződnek. A DNS bioszintézise a DNS-molekulának azon a tulajdonságán alapul, hogy képes önmagát megkettőzni. Ennek következtében a DNS leánymolekulái az anyamolekulák pontos másai lesznek.

Mindegyik RNS-típus (iRNS, tRNS, rRNS) a komplementaritás elvének megfelelően szintetizálódik a DNS-molekulákon. Ezeket a reakciókat ugyancsak megfelelő enzimek biztosítják. Először az RNS előmolekulái szintetizálódnak, amelyek idővel funkcionálisan aktív molekulákká válnak.

• **A mátrix szintézis sajátosságai.** Amint már észrevehettétek, a biológiai rendszerekre a biokémiai reakciók különleges típusa jellemző, amikor az egyik vegyület molekulája alapul szolgál a másik molekulájának szintéziséhez. Így a DNS-molekula más DNS-molekulák, különböző típusú RNS-molekulák szintézisének, az iRNS-molekula pedig fehérjemolekulák szintézisének az alapját képezi. Ezeket a folyamatokat ***mátrix szintézis-reakcióknak*** nevezzük, mivel azokra az ipari folyamatokra emlékeztetnek, amikor egy matrica vagy sablon segítségével sok részegységet gyártanak. Például egy matrica vagy öntőforma révén nagyon sok árucímke vagy pénzérme készíthető. Ugyanígy történik a mátrix szintézis-reakciók során, amikor az új molekulák a matrica-molekula pontos másai: a szintetizálódó monomer molekulák pontosan a matrica-molekulák monomerjeinek megfelelően helyezkednek el. Ilyenformán *a mátrix szintézis-reakciók a biológiai rendszerek egyik fő tulajdonságának, az önreprodukciós képességnek az alapját képezik.*

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Genetikai kód, transzkripció, transzláció.***

A lényegről röviden

- A plasztikus anyagcsere alapvető folyamatai: a fehérjék, szénhidrátok, lipidek, nukleinsavak szintézise.
- A pótolható aminosavak az emberi és az állati szervezetben képződnek, míg a pótolhatatlanok csakis a táplálékkal vehetők fel. A növények és egyes mikroorganizmusok minden szükséges aminosav előállítására képesek.
- Az örökletes információ egységes tárolását valamennyi élő szervezet esetében genetikai kódnak nevezzük. Ez nem egyéb, mint a nukleotidok meghatározott sorrendje a nukleinsav-molekulákban. A nukleotidok egymásutánisága határozza meg az aminosav-maradékok beépítésének sorrendjét a polipeptidszálban annak szintézise során.
- A genetikai kód tulajdonsága: tripletekből áll (egy triplet csak egy aminosavat kódol, de az aminosavak többségét több triplet kódolja); a genetikai kódban olyan tripletek vannak, amelyek jelzést adnak a fehérjemolekula szintézisének elkezdéséhez vagy befejezéséhez.

- A fehérjék bioszintézisének első szakasza a transzkripció: az iRNS-molekula szintézise a DNS-molekulán a magban. A következő szakaszban, a transzlációban az iRNS szekvenciája a szintetizált fehérje aminosav-maradékainak szekvenciájára fordítódik le. Kezdetben a 20 aminosav mindegyike a citoplazmában meghatározott tRNS-molekulához kapcsolódik. Az iRNS előbb a riboszómával, később a meghatározott tRNS-molekulához kötődő aminosav-maradékkal kapcsolódik össze. A fehérjeszintézis következő szakaszaiban a polipeptidszál annak köszönhetően hosszabbodik, hogy az aminosav-maradékok egymás után kapcsolódnak össze egymással peptidkötések segítségével.
- A szintézis akkor áll le, amikor a riboszóma eléri azt a tripletet, amelyik a polipeptidlánc szintézisének befejezését jelzi. A befejező szakaszban a szintetizált fehérje elnyeri természetes térszerkezetét.
- A DNS bioszintézise a DNS-molekulának azon a tulajdonságán alapul, hogy képes önmagát megkettőzni. Ennek következtében a DNS leánymolekulái az anyamolekulák pontos másai lesznek. Mindegyik RNS-típus (iRNS, tRNS, rRNS) a komplementaritás elvének megfelelően szintetizálódik a DNS-molekulákon.

Önellenőrző kérdések

1. Milyen szerepet játszik a DNS a fehérje-bioszintézisben? 2. Mi a genetikai kód, és milyenek a tulajdonságai? 3. Melyek a fehérje-bioszintézis fő szakaszai? 4. Milyen szerepet játszanak a riboszómák a fehérje-bioszintézisben? 5. Hogyan valósul meg a DNS-molekulában kódolt genetikai információ a fehérjemolekulák bioszintézise során? 6. Mi a biológiai jelentősége annak a ténynek, hogy a fehérjeösszetételben lévő aminosavak zömét nem egy, hanem több triplet kódolja? 7. Mi a különbség a DNS és RNS bioszintézisének folyamatai között? 8. Milyen reakciókat sorolnak a mátrix szintézis-reakciókhoz?

Gondolkozzatok el rajta!

1. Miért csak az interfázis idején replikálódik a DNS-molekula? 2. Mi a biológiai jelentősége annak, hogy az iRNS-molekulán egyidejűleg nem egy, hanem több (olykor 20) riboszóma található?

28.§. KEMOSZINTÉZIS ÉS FOTOSZINTÉZIS

Idézzétek fel!

Mi a klorofill? Milyen szerepet játszik a fotoszintézis a bioszférában? Milyen sajátosságai vannak a prokarióta sejteknek? Milyen a kloroplasztiszok szerkezete? Mik a tilakoidok? Mik a protonok és elektronok?

• **Az autotróf szervezetek változatossága.** Már tudjátok, hogy az autotróf szervezetek, amikor szerves anyagokat állítanak elő szervetlenekből, különböző energiaforrásokat használhatnak fel.

• **Kemoszintézis. A kemoszintézis** olyan autotróf táplálkozási forma, amikor a szervezetek a kémiai reakciók energiáját használják fel szerves vegyületek képzéséhez szervetlen anyagokból. A kemotróf szervezetekhez tartoznak egyes baktériumcsoportok: nitrifikáló vagy nitrogénkötő baktériumok, vasbaktériumok és színtelen kénbaktériumok. A kemoszintézis folyamatát 1887-ben fedezte fel Sz. M. Vinogradszkij (1856–1953) kiváló orosz mikrobiológus.

A *nitrifikáló baktériumok* folyamatosan oxidálják az ammóniát nitritekké, majd nitrátokká. A *vasbaktériumok* úgy jutnak energiához, hogy a vas kétvegyértékű vegyületeit háromvegyértékűekké oxidálják. A *színtelen kénbaktériumok* kénhidrogént és más kénvegyületeket oxidálnak kénsavvá.

Milyen szerepe van a kemotróf szervezeteknek a természetben? A kemotrófok mindenekelőtt a kémiai elemeket alakítják át az ökoszisztémák biogeokémiai anyagkörforgásában. **Felidézzük:** a ***biogeokémiai anyagkörforgás*** *a kémiai elemek és vegyületek kicserélődése a bioszféra különböző alkotórészei között a különféle szervezetek ciklikus jellegű életműködése következtében.* A bioszférában a kémiai elemek átalakulásainak zömében a csak kemotróf szervezetek vesznek részt.

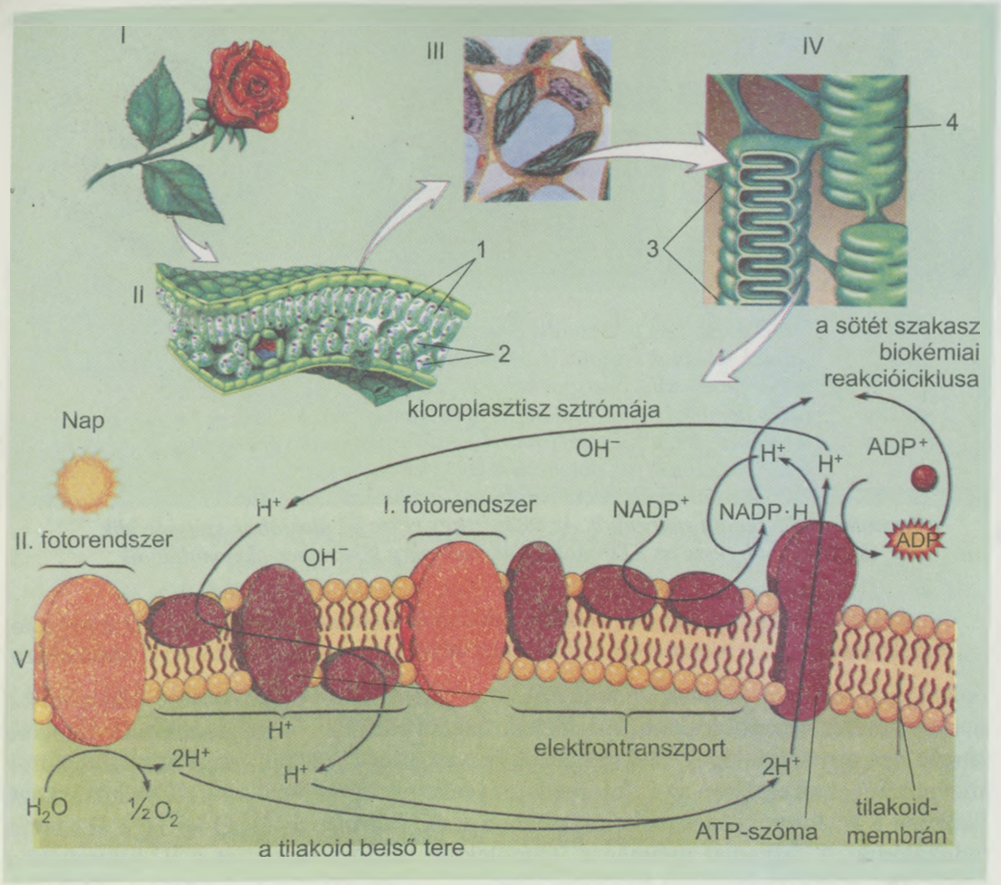
• **Fotoszintézis** az a folyamat, amikor szervetlen vegyületekből szervesek képződnek annak köszönhetően, hogy a fényenergia kémiai kötések energiájává alakul át. Az autotróf szervezetek többsége *fototróf*, ebbe a körbe tartoznak a zöld növények, egyes egysejtű állatok (növényi ostorosok) és a prokarióták (kékbaktériumok, bíborbaktériumok és zöldbaktériumok). Emlékezhettek rá, hogy a növényi sejtekben a fotoszintézis a kloroplasztiszokban megy végbe, amelyek fotoszintetizáló *klorofill* pigmentet tartalmaznak. Szerkezetét tekintve a klorofill a hemoglobin hem elemére emlékeztet, de az előbbiben vas helyett magnézium található.

A fotoszintézis olyan biokémiai reakciósorozaton alapul, amelyekre az jellemző, hogy az elektronok az elektronleadó vegyületekről az elektronfelvevő anyagokra mennek át szénhidrátok képződése és az atmoszférába távozó molekuláris oxigén fejlődése közben.

A zöld növények és a kékbaktériumok fotoszintézisének folyamatában két, első (I) és második (II) fotorendszer vesz részt (28.1. ábra). ***Fotorendszernek*** nevezzük azt a sajátságos struktúrával (reakcióközponttal) rendelkező pigmentrendszert, amelyben a fényenergia a szintetizált vegyületek kémiai kötésének energiájává alakul. A *reakcióközpont* összetételét klorofill-molekulák és elektronok leadására és felvételére képes vegyületek képezik. A reakcióközpontban a fényenergia a fotoszintézis fényfázisának további biokémiai folyamatai mennek végbe.

A térben elkülönülő két fotoszisztémát elektrontovábbítási rendszer kapcsolja össze. A fotoszintézis folyamatába fokozatosan kapcsolódik be először az I., majd a II. fotorendszer (28.1. ábra).

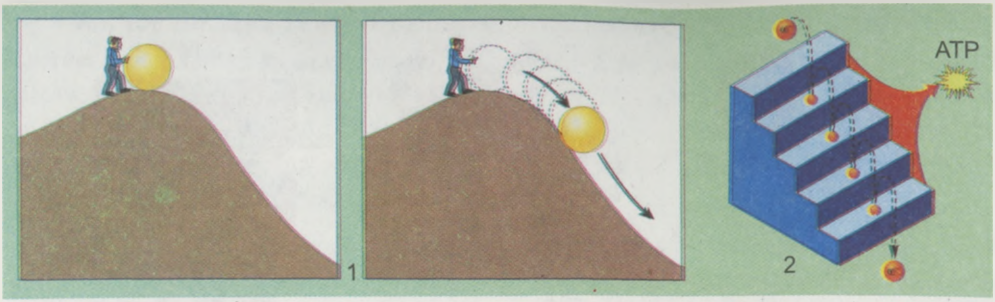
A fotoszintézis folyamatában két szakaszt: a fény- és a sötét szakaszt különböztetik meg. A ***fényszakaszban*** a reakciók a kloroplasztiszok különleges struktúráiban, a tilakoidokban csak fényen mennek végbe (28.1. ábra).



28.1. ábra. A fotoszintézisben részt vevő struktúrák: I – fotoszintetizáló növény; II – levéllemezmetszet; figyeljétek meg a kloroplasztiszokat tartalmazó oszlopos (1) és szivacsos (2) sejteket; III – a növényi sejt belső felépítése; IV – a kloroplasztisz szerkezeti elemei: tilakoidok (4) és gránumok (3); V – elektrontovábbítási folyamat a fotoszintézis során

A fotoszintézis azzal kezdődik, hogy a fényenergiát elnyeli az I. fotorendszer pigmentje. Ezt követően az a reakcióközpontba továbbítódik, ahol gerjesztett állapotba hozza a klorofill-molekula egy elektronját. Az elektronhordozó molekulák ezt az elektront a tilakoid membránjának külső felületére szállítják. Ez az elektron így tesz szert meghatározott mennyiségű energiára (28.2. ábra), ahhoz hasonlóan, ahogyan az ember potenciális energiát ad a könek, amikor felemeli, s a kő azt leadja esése közben.

Az I. fotorendszerben a „gerjesztett" elektron kölcsönhatásba léphet egy különleges szerves vegyület, a $NADP^+$ hidrogénjének protonjaival, NADP · H vegyületté redukálva azt. Ez az anyag vesz részt a fotoszintézis sötét szakaszának reakcióiban. Más esetben a gerjesztett elektron az előző energiaszintjére történő visszatérése közben redukálhatja az I. fotorendszert, betöltve az ott keletkezett „elekronlyukat".



28.2. ábra. 1. A potenciális energia kinetikus energiává való átalakulásának vázlata. A domb tetejére való feljuttatásával az ember potenciális energiát közöl a gömbnek. Amikor legurul a dombról, leadja ezt az energiát, amely szétszóródik. 2. Ugyanez történik az elektronnal: amikor magasabb energetikai szintre jut, potenciális energiára tesz szert. Amikor az elektrontovábbítási láncban alacsonyabb szintre kerül, leadja energiáját. Az energia egy része hő alakjában szétszóródik, de a nagyobb része az ATP-molekulák makroerg kötéseiben akkumulálódik

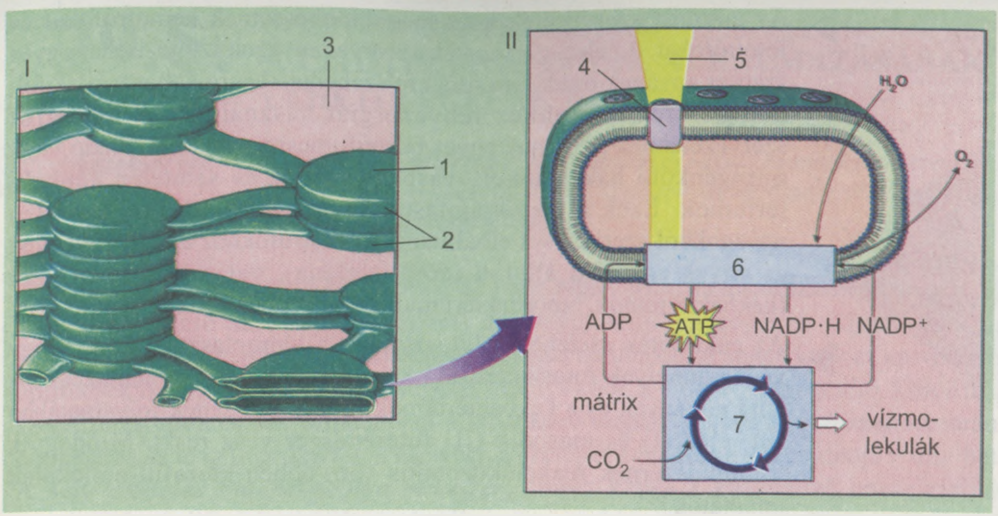
A NADP teljes elnevezése – nikotin-amid-adenin-dinukleotid-foszfát. Ez a vegyület a sejtmetabolizmus redoxi reakcióiban részt vevő számos összetett enzim alkotórésze.

Hasonló folyamatok játszódnak le a II. fotorendszerben. A „gerjesztett" elektronok a II. fotorendszer reakcióközpontjából az elektronközvetítő-láncon magasabb energiaszintre jutnak. Ott egy különleges, elektronakceptor vegyület veszi fel, majd más akceptorok közvetítésével az elektron az I. fotorendszer reakcióközpontjába kerül, és redukálja azt. Eközben a II. fotorendszer reakcióközpontja a ***víz hidrolízise*** $H_2O \rightarrow H^+ + H^-$ révén redukálódik. A folyamat nyomán a vízmolekula leadja elektronját a II. fotorendszer reakcióközpontjának. A vízmolekula hasadása következtében protonok (H^+) és molekuláris oxigén képződik. Ez az oxigén az atmoszférába távozik.

Az elektronok szállítása a fényreakciókban tulajdonképpen úgy történik, hogy a hidrogénionok a tilakoidok külső membránfelületéről a belsőre vándorolnak. E folyamatok következtében a tilakoidok membránjain potenciálkülönbség jön létre oly módon, hogy a membrán külső felületén negatív elektromos töltés, a belsőn pedig pozitív töltés halmozódik fel. Ezenkívül a membrán két oldalán a hidrogénionok koncentrációjában is különbség jön létre.

A tilakoidok membránjában, akárcsak a mitokondriumok belső membránjában, különleges, az ATP-molekulák szintézisében közreműködő enzimrendszer található. Ez úgy lehetséges, hogy a H^+ ionok az ATP szintézisét biztosító enzim molekulájában lévő csatornácskán a tilakoidmembrán belső felületéről a külsőre jutnak. Eközben meghatározott mennyiségű energia fejlődik (28.3. ábra).

A fotoszintézis ***sötét szakaszának*** reakciói a kloroplasztiszok sztrómájában zajlanak fény nélkül, a nap huszonnégy órájában. Ezek azzal kezdődnek, hogy egy bizonyos vegyület (ribulóz-bifoszfát) megköti a CO_2 molekulát. Egy sor egymást követő biokémiai reakció eredményeként különleges enzimek közreműködésével elraktározható monoszacharidok (köztük glükózmolekulák) képződnek. E folyamatok mindegyike az ATP kémiai kötéseiben akkumulálódott energiát fogyaszt. A sötét fázis reakcióiban



28.3. ábra. I. A kloroplasztisz belső szerkezete: 1 – gránumokba (2) rendeződő tilakoidok; 3 – keményítőt tároló sztróma. II. A tilakoidokban végbemenő fotoszintézis folyamatok: 4 – fotorendszer; 5 – napfény; 6 – a világos fázis reakciói; 7 – a sötét fázis reakciói

NADP · H is felhasználódik. Hat CO_2 molekula glükózmolekulává ($C_6H_{12}O_6$) történő átalakulására 18 ATP molekula és 12 NADP · H molekula fordítódik. Specifikus enzimek közreműködésével végbemenő több egymást követő reakció eredményeként glükóz és más monoszacharidok képződnek:

$$6\,CO_2 + 24\,H \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O$$

Később a monoszacharidból poliszacharidok, például egyebek mellett keményítő, cellulóz képződik.

•A fotoszintézis jelentősége a bioszféra létezése szempontjából. A fotoszintézisnek köszönhető, hogy a fotoszintetizáló szervezetek befogják a Napból 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. Erre elsőként K. A. Tyimirjazev orosz tudós mutatott rá, megalapozva a ***zöld növények kozmikus jelentőségének tételét.*** A zöld növények és a kékbaktériumok azzal, hogy szén-dioxidot vesznek fel és oxigént választanak ki, fenntartják a légkör stabil gázösszetételét.

A fotoszintézisnek köszönhetően a Földön évente közel 150 milliárd tonna szénhidrát és az összes élőlény légzéséhez szolgáló több mint 200 milliárd tonna gáznemű oxigén képződik. Ezenkívül a kozmikus sugárzás hatására az oxigén ózonná (O_3) alakul, ami a légkört védő ózonpajzsot képezi. Az ózonpajzs elnyeli a bolygónkon élő összes élőlényre pusztítóan ható rövidhullámú ultraibolya sugarakat.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Fototróf és kemotróf szervezetek, kemoszintézis, a fotoszintézis fény- és sötét szakasza, ózonréteg.***

A fényegről röviden

- Az autotróf szervezetek közt megkülönböztetnek kemotrófokat és fototrófokat. Az első szervezetek a szerves anyagok szintéziséhez egyes szerves anyagok oxidálása során felszabaduló energiát használják fel, míg az utóbbiak ehhez fényenergiát használnak. A kemotróf szervezetekhez tartoznak egyes baktériumcsoportok: nitrifikáló vagy nitrogénkötő baktériumok, vasbaktériumok és színtelen kénbaktériumok. Ezek a megvilágítástól függetlenül tudnak szervetlen anyagokból szerveseket előállítani. A fototrófokhoz a zöld növények és egyes egysejtű állatok (zöld eugléna), valamint prokarióták (kékbaktériumok, bíborbaktériumok, zöld kénbaktériumok) tartoznak.
- Az eukarióták esetében a fotoszintézis a kloroplasztiszokban megy végbe, amelyek fotoszintetizáló klorofill pigmentet tartalmaznak. A zöld növények és a kékbaktériumok fotoszintézisének folyamatában két, első (I) és második (II) fotorendszer vesz részt. Mindegyik fotorendszernek reakcióközpontja van, ebben klorofill-molekulák találhatók.
- A fotoszintézis folyamatában két szakaszt: a fény- és a sötét szakaszt különböztetik meg. A fényszakaszban a reakciók a kloroplasztiszok különleges struktúráiban, a tilakoidokban csak fényen mennek végbe. A sötét szakasz folyamatai fény nélkül is végbemehetnek.
- A fényszakasz fő folyamatai: a fénykvantumok befogása a klorofill-molekulák által; a víz fotolízise; molekuláris oxigén kiválasztása és a NADP különleges vegyület redukálása.
- A fotoszintézis sötét szakaszának reakciói a kloroplasztiszok sztrómájában zajlanak fény nélkül. A CO_2 molekula megkötése és az ATP energiájának felhasználásával, egy sor egymást követő biokémiai reakció eredményeként monoszacharidok, köztük glükóz képződik.
- A fotoszintézisnek köszönhető, hogy a fotoszintetizáló szervezetek befogják a Napból 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. A zöld növények és a kékbaktériumok azzal, hogy szén-dioxidot vesznek fel és oxigént választanak ki, fenntartják a légkör stabil gázösszetételét. A kozmikus sugárzás hatására az oxigén ózonná (O_3) alakul, ami a légkört védő ózonpajzsot képezi.

Önellenőrző kérdések

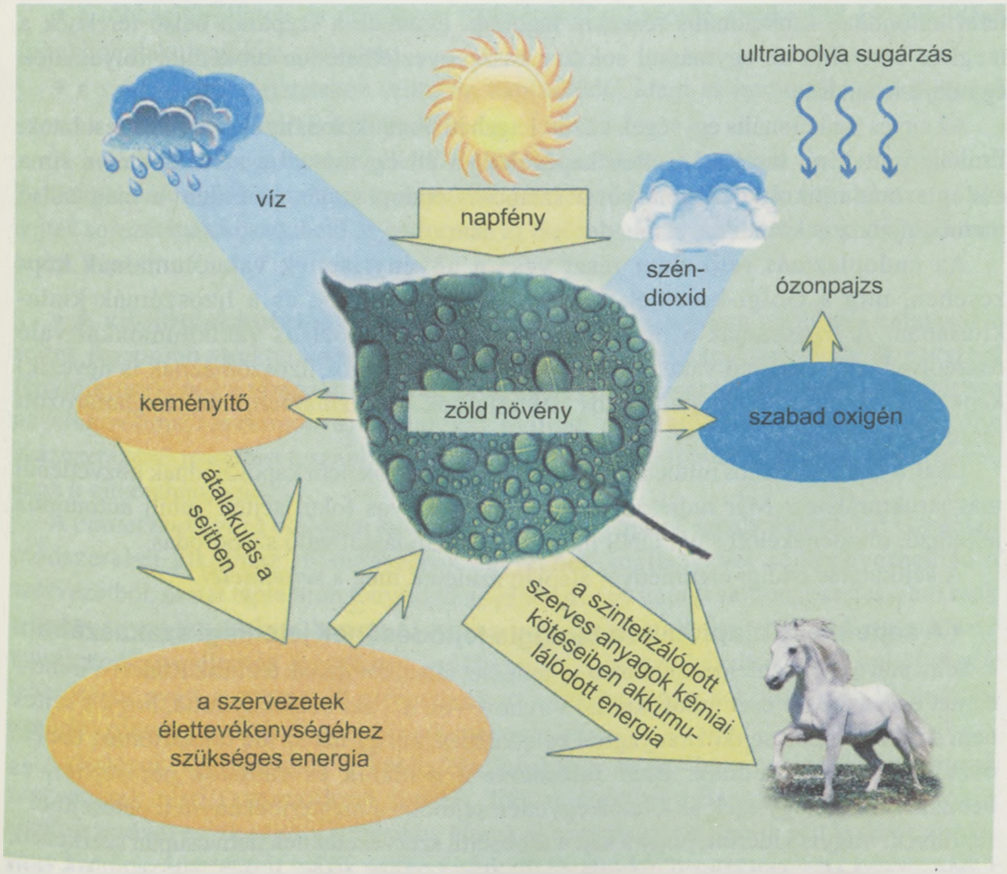
1. Mik a fototróf és a kemotróf szervezetek? 2. Milyen fizikai-kémiai feltételek között valósul meg a fotoszintézis? 3. Milyen szervezetekre jellemző a kemoszintézis? 4. Milyen biológiai jelentősége van a kemoszintézisnek? 5. Hogyan megy végbe a fotoszintézis? 6. Mi történik a fotoszintézis fényszakaszában? 7. Milyen feltételek szükségesek a fotoszintézis sötét szakaszának lezajlásához? 8. Miért nem létezhetne bioszféra zöld növények nélkül?

Gondolkozzatok el rajta! *Mi a hasonló és az eltérő a kemoszintézis és a fotoszintézis folyamatában?*

29.§. MODERN SEJTELMÉLET. A CITOTECHNOLÓGIÁK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI ÉS TÁVLATAI

Idézzétek fel! *Mi a közös, és mi az eltérő a prokarióta és eukarióta sejtek szerkezetében? Milyen mesterséges vegetatív szaporítási módszert alkalmaznak a növényfajták szelekciójában?*

• **A sejt mint integrált biológiai rendszer.** Már megismerkedtetek a sejtnek mint minden élő szervezet szerkezeti és funkcionális egységének felépítésbeli és életműködési sajátosságaival. Most összegezzük a tanultakat. A sejtek azok az univerzális építőkockák (az élő anyag egységei), amelyekből a Földet benépesítő különféle szervezetek épülnek fel. Minden sejt a következő alapelemekből áll: plazmamembrán, citoplazma és mag (a prokarióták esetében a szerepét a magzóna – a nukleoid – tölti be). A sejt *tökéletes bioenergetikai rendszer*, amely képes a különböző energiafajták átalakítására (a kémiai energiát mechanikai energiává és elektromos energiává változatja) (29.1. ábra).



29.1. ábra. A különböző energiafajták kölcsönös átalakulásai a sejtben, vázlatosan

A sejt *információs rendszer*, amelyben tárolódik a saját szerkezetére és élettevékenységre és a többsejtű szervezet egészére vonatkozó örökletes információ. Megdöbbentő az információ tárolásának tömörsége, amelyet még a mai, korszerű számítástechnikának sem sikerült elérnie. Képzeljétek el, hogy az emberi petesejt $6 \cdot 10^{-12}$ g DNS-e kódolja a szervezet összes fehérjének tulajdonságait! A sejtben különleges struktúrák gondoskodnak az örökletes információ fehérjeszintézis útján történő megvalósításáról. Vagyis minden egyes szerv sajátságos *vegyi gyárként* működik, amelyben minden másodpercben számtalan összehangolt biokémiai folyamat megy végbe.

A sejtekre jellemző az *önszabályozás*: képesek a kémiai összetételük és tulajdonságaik (homeosztázis) viszonylagos stabilitásának fenntartására, függetlenül a külső környezet feltételeinek változásaitól. A sejtek képesek osztódással vagy bimbózással történő *önreprodukcióra*.

A sejtekre jellemző az *ingerelhetőség*: képesek a különböző hatások érzékelésére és a rájuk történő megfelelő reagálásra. Emlékezhettek rá, hogy ezt a funkciót a sejtmembrán jelző fehérjéi végzik. A sejtekre mint biológiai rendszerekre *egységesség* – a sejten belüli struktúrák önszabályozásnak köszönhető kölcsönhatása – jellemző.

Az eukarióta sejtekben létezik a sejten belüli membránok rendszere, amelyek a belső teret különböző funkcionális részekre tagolják. Ezeknek a szeparált belső tereknek a megléte biztosítja az egymással sokszor összeegyeztethetetlen biokémiai folyamatok egyidejű lezajlását.

Az egyes funkcionális egységek között létezhetnek funkcionális és térbeli kapcsolatok. Emlékezhettek rá, hogy közvetlen kapcsolatban áll egymással a szemcsés és a sima endoplazmás retikulum. Ezenkívül a szemcsés endoplazmás retikulum a mag külső membránjához is kötődik.

Az endoplazmás retikulum részt vesz a növényi sejtek vakuólumainak képzésében, míg a Golgi-készülék – a lüktető vakuólumok és a lizoszómák kialakításában. A lizoszómák a pinocitózisos vagy fagocitózisos vakuólumokkal való összeolvadással emésztő vakuólumokat (ezeket másodlagos lizoszómáknak is nevezik) képeznek. A pino- és fagocitózisos vakuólumok a plazmamembrán meghatározott részeiből képződnek.

Csak a kétmembrános mitochondriumok és plasztiszok nem kapcsolódnak közvetlenül más struktúrákhoz. Már tudjátok, hogy rájuk bizonyos fokú, sejten belüli autonómia jellemző, mindenekelőtt saját DNS megléte és osztódással való szaporodás.

A sejtkutatás eddigi eredményei alapján született meg a ***sejtelmélet***.

• A sejtelmélet alaptételei a biológia fejlődésének jelenlegi szakaszában.

T. Schwann és M. Schleiden mellett a sejtelmélet társalkotójának tekintik Rudolf Virchow német és Karl Baer észt tudósokat is. Virchow volt az, aki bebizonyította, hogy a sejtek nem strukturálatlan sejtközi anyagból keletkeznek, ahogy azt az idő tájt tartották, hanem osztódással szaporodnak. Baer felfedezte a madarak és emlősök petesejtjét, és bebizonyította, hogy ezek az állatok egyetlen sejtből – a megtermékenyített petesejtből – fejlődnek. Vagyis kiderült, hogy a sejt a többsejtű szervezeteknek nem csupán szerkezeti, hanem fejlődési egysége is. Az is bebizonyosodott, hogy a sejtközi anyag a sejt tevékenységének a terméke.

A citológia fejlődésének jelenlegi szakaszában a sejtelmélet a következő alaptételekből áll:

- minden szervezet egy vagy több sejtből áll. Vagyis a sejt valamennyi élő szervezet szerkezeti és fejlődési alapegysége;
- valamennyi egysejtű és többsejtű szervezet sejtjeinek hasonló az eredete, szerkezete, kémiai összetétele, alapvető életfolyamatai;
- minden új sejt csak az anyasejt osztódásának eredményeként képződik, azaz a sejt a szaporodás alapegysége;
- a többsejtű szervezetek egyetlen sejtből fejlődnek ki, vagyis a sejt a fejlődés alapegysége;
- a sejtek tartalmazzák a szervezetek meghatározott faja életciklusának megvalósulásához és nemzedékváltásához szükséges örökletes információt;
- a sejtekre jellemző az ingerelhetőség: azaz képesek arra, hogy felfogják a környezeti hatásokat és megfelelő módon reagáljanak rájuk;
- az egyetlen sejtből fejlődő többsejtű szervezetek különböző sejttípusai és szövetei a sejtek szakosodása következtében alakulnak ki a szervezetek egyedfejlődése során;
- a többsejtű állatok és növények többségénél a hasonló szerkezetű és működésű sejtekből alakulnak ki a szövetek;
- a szövetekből egymáshoz szorosan kapcsolódó, idegi és humorális szabályozású szervek és szervrendszerek fejlődnek ki.

A sejtelmélet megalkotása jelentős mértékben hatott a biológia egész fejlődésére. Érthetővé vált ugyanis, hogy a szervezetek létezése és nemzedékeik váltakozása az élő sejtek sorozatának köszönhető. Ilyenformán az élet folyamatosságának alapját bolygónkon a sejt képezi.

- **A citológiai kutatások modern irányzatai.** A modern citológiai kutatások a sejtek legapróbb struktúráinak és organellumainak vizsgálatára irányulnak. A korszerű fénymikroszkópok a vizsgálati tárgyak 3000-szeres nagyítását teszik lehetővé, miközben az elektronmikroszkópok új távlatokat nyitnak a kutatók előtt azzal, hogy több százezerszeres nagyítást tesznek lehetővé. Másfelől, egyre jobban fejlődik a sejtsebészet, azaz a citotechnológia.

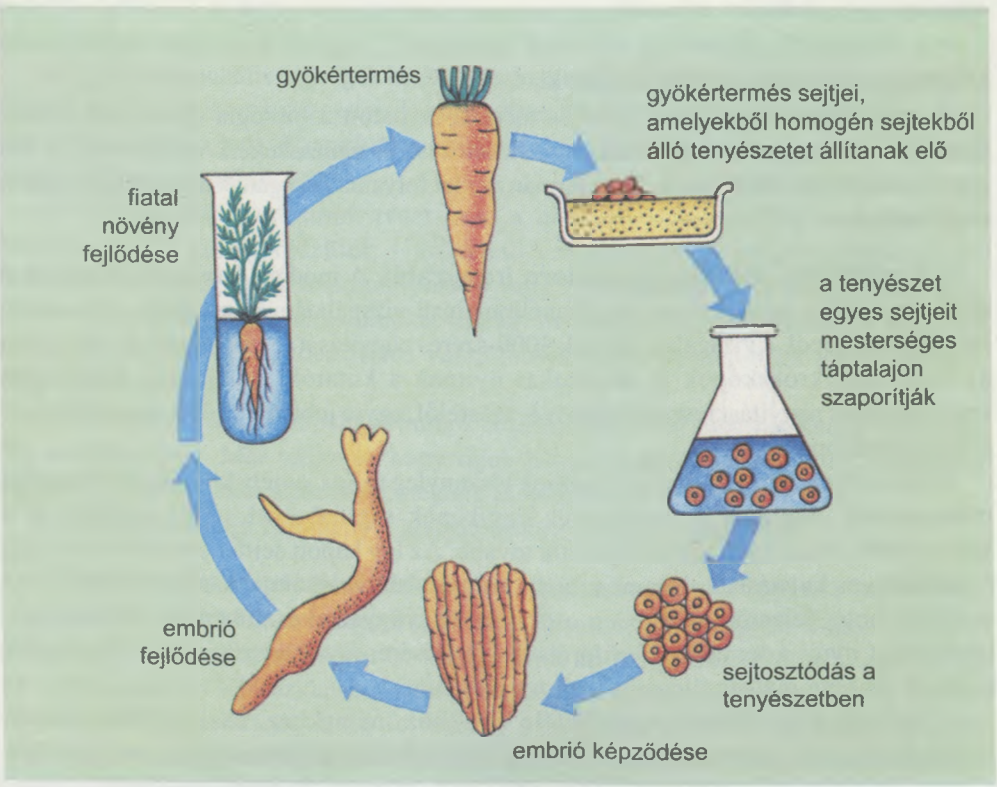
A *citotechnológia* a biológiai kutatások viszonylag új ága, amely különböző vizsgálati módszereket alkalmaz. E módszerek egyikének segítségével sejtet nyernek ki a szervezetből, és azt táptalajon tenyésztik tovább. Az így kapott sejttenyészetek nem csak a tudományos kutatásban, hanem az ipari termelésben is alkalmazhatók. Ez a módszer amellett, hogy jelentős mértékben csökkenti a gyógyszerkészítmények önköltségét, lehetőséget nyújt a természeti erőforrások kímélésére, így a készítmények kivonására szolgáló ginseng gyökér állományának megóvására.

A tudósok hibridizálják a különféle fajokhoz, nemekhez, családokhoz tartozó szervezetek testi (szomatikus) sejtjeit. Ekkor elektronmikroszkópos technológia alkalmazásával egyik sejtből a másikba ültetik át a sejtmagokat; egyik sejt kromoszómáit vagy kromoszómarészeit másik sejtbe viszik át. Ily módon mesterségesen „keresztezik" olyan szervezetek genetikai anyagát (emberét egérével, emberét sárgarépáéval, tyúkét

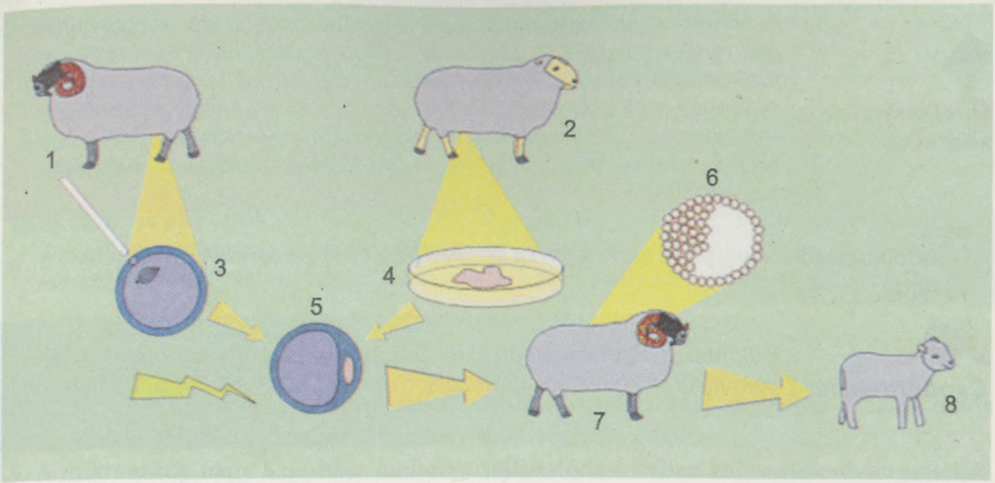
élesztőével), amelyekét egyéb módon nem lehetne egyesíteni. A nem ivari sejtek hibridizációja lehetővé teszi olyan készítmények előállítását, amelyek fokozzák a szervezetek fertőzésekkel szembeni ellenálló képességét, és csökkentik egyes rosszindulatú daganatok méretét. Például egészséges és rákos sejtek hibridizációjával daganat elleni antitesteket termelő hibrid sejttenyészetek állíthatók elő.

Korábban már szó volt a szervezetek klónozásáról. *Klónnak* a közös őstől nem ivari úton nyert, genetikailag azonos sejtek vagy egyedek halmazát nevezzük. Mivel minden nem ivari sejt az egész többsejtű szervezetre jellemző genetikai örökletes információt tartalmaz, ezért lehetőség van arra, hogy egyetlen sejtből nagy számban állítsanak elő egyforma örökletes tulajdonságokkal rendelkező szervezeteket (29.2. ábra).

Az állatok klónozása csak az utóbbi évtizedekben kezdődött. Az ilyen klónozás lényege az, hogy megtermékenyítetlen petesejtből eltávolítják a magot és a helyére ugyanannak az egyednek a szomatikus sejtjéből vett diploid magot ültetnek be. Az így kapott mesterséges „zigótát" az adott faj nőstényének méhébe helyezik, ahol kifejlődik az embrió. Ez a módszer lehetővé teszi, hogy kiváló minőségű egyedektől korlátlan számú, genetikailag pontos másolatnak számító utódhoz jussanak. A tudósok különböző fajok egyedeit klónozták (legismertebb a Dolly nevű bárány) (29.3. ábra).



29.2. ábra. Sárgarépa növesztése néhány gyökérterméssejtből mesterséges táptalajon



29.3. ábra. Klónozási módszerek: 1 – citoplazmadonor; 2 – szomatikus sejtdonor; 3 – mageltávolítás; 4 – tejmirigysejt; 5 – elektromos áram hatása; 6 – osztódásba kezdett petesejt; 7 – pótanya; 8 – a klónozás eredménye: Dolly bárány

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Sejtelmélet, citotechnológiák, klón, klónozás.***

A sejtek:
- a szervezetek alapvető szerkezeti-funkcionális egységei;
- egyik energiafajtát másikká átalakítani képes bioenergetikai rendszerek;
- örökletes információt tároló információs rendszerek;
- metabolikus rendszerek, amelyekben egyidejűleg sok egymással összehangolt biokémiai folyamat megy végbe.

A sejtekre jellemző:
- az önszabályozás; képesek a környezet változásaitól függetlenül viszonylag stabilan tartani belső környezetüket és fizikai-kémiai állapotukat (homeosztázis);
- az önreprodukció és az örökletes információ átadása az utódoknak, aminek köszönhetően tartósan fennmaradhat az élet bolygónkon;
- az ingerelhetőség: képesek felfogni a különböző ingereket és megfelelő módon reagálni rájuk.

A sejtekre mint integrált biológiai rendszerekre a belső struktúrák kölcsönhatása jellemző. Az eukarióta sejtekben létezik a sejten belüli membránok rendszere, amelyek a belső teret különböző funkcionális részekre tagolják. Ezeknek a szeparált belső tereknek a megléte biztosítja az egymással sokszor összeegyeztethetetlen biokémiai folyamatok egyidejű lezajlását.

A sejtkutatás eddigi eredményei alapján született meg a sejtelmélet.

A lényegről röviden

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen tulajdonságaik vannak a sejteknek mint önálló, integrált biológiai rendszereknek?* 2. *Miben áll a főbb sejtalkotók közötti térbeli és funkcionális kapcsolatok lényege?* 3. *Hogyan kell értelmezni a „sejt egységes membránrendszere" kifejezést? Milyen biológiai jelentősége van ennek a jelenségnek?* 4. *Ki fogalmazta meg először a sejtelméletet?* 5. *Melyek a sejtelmélet alaptételei a biológia mai fejlődési szakaszában?*

Gondolkozzatok el rajta! *Hogyan és miért hatott a sejtelmélet a biológia további fejlődésére?*

Csoportfeladat *Különböző információforrások felhasználásával készítsetek közös bemutatót a citotechnológia legújabb vívmányainak lehetséges távlatairól!*

LABORATÓRIUMI GYAKORLAT

9. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A KROMOSZÓMÁK SZERKEZETE

(ezt a munkát célszerű *A sejt általános felépítése. Felszíni készülék. Mag* című téma elsajátítása után végezni)

Cél: *a kromoszómák felismerése szemléltetőkön, állandó mikroszkópos készítményeken, mikroszkópos fényképeken.*

Eszközök és anyagok: *fénymikroszkópok, tárgylemezek és fedőlemezek, nem vérszívó Chyronimus szúnyoglárva nyálmirigyéből készült állandó mikropreparátum, preparáló tűk, csipeszek, a szúnyoglárva nyálmirigysejtjeinek kromoszómáiról készült mikroszkópos felvételek.*

A munka menete

1. Készítsétek elő a mikroszkópot a munkához!
2. A mikroszkóp gyenge nagyítása mellett keressétek meg az állandó preparátumon a szúnyoglárva nyálmirigysejtjeit! Állandó mikroszkópos készítmény híján készítsetek ideiglenes preparátumot: távolítsátok el csipesszel a tárgylemezre helyezett szúnyoglárva két első ízét! Különítsétek el az apró, ovális, fehér nyálmirigyeket az előzőleg szétlapított lárvából, és a kifolyó vörös színű folyadékkal, a hemolimfával együtt fedjétek le fedőlemezzel!
3. A mikroszkóp erős nagyítása mellett vizsgáljátok meg a szúnyoglárva nyálmirigysejtjeinek csíkozott, helyenként „duzzanatos" vonalakra emlékeztető óriáskromoszómáit! A szúnyoglárvának nyolc kromoszómája van, ám a nyálmirigysejtekben úgy látszik, mintha csak négy lenne, mivel a homológ kromoszómák párosával vannak összekapcsolódva.
4. Hasonlítsátok össze a látottakat a szúnyoglárva nyálmirigysejtjeinek kromoszómáról készült mikroszkópos fényképpel!
5. Vonjatok le következtetéseket!

10. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

MITOTIKUS SEJTOSZTÓDÁS

Cél: *a sejt élettevékenységének megfigyelése és a mitotikus sejtosztódás fázisainak felismerése szemléltetőkön, állandó mikroszkópos készítményeken és mikroszkópos fényképeken.*

Eszközök és anyagok: *fénymikroszkópok, hagyma vagy más növény gyökérsejtjeiből készült állandó preparátumok, amelyek a mitotikus sejtosztódás különböző stádiumait tükrözik, a mitotikus sejtosztódás különböző stádiumait ábrázoló mikroszkópos fényképfelvételek.*

A munka menete

1. Készítsétek elő a mikroszkópot a munkához!
2. A mikroszkóp gyenge nagyítása mellett keressétek meg a hagymagyökér-preparátumon a gyökérsüveget, az osztódási és a nyúlási övet!
3. A mikroszkóp nagy nagyítása mellett a sejtosztódási övben keressetek olyan sejteket, amelyek az interfázis (vastag falú szögletes sejtek), a profázis (kromoszómák a sejt központi részében), a metafázis (magorsó, kromoszómák és két kromatida a sejt központi részében), az anafázis (kromoszómák a pólusoknál), a telofázis (szétcsavarodott kromoszómák, magburok és befűződés a leánysejtek között) állapotában találhatók!
4. Hasonlítsátok össze a látottakat a mitotikus sejtosztódás különböző stádiumairól készült mikroszkópos felvételekkel!
5. Vonjatok le következtetéseket!

5. SZ. GYAKORLATI MUNKA

A MITÓZIS ÉS A MEIÓZIS ÖSSZEHASONLÍTÁSA

(a biológiát akadémiai szinten tanulók végzik)

Cél: *az elméleti tananyag tanulása során megszerzett ismeretek rögzítése. A mitotikus és meiotikus sejtosztódás különböző fázisainak felismerése szemléltetőkön és mikroszkópos fényképfelvételeken.*

Eszközök és anyagok: *a mitózis és meiózis valamennyi fázisát szemléltető vázlatok és mikroszkópos fényképfelvételek, mitotikus és meiotikus mikropreparátumok.*

A munka menete

1. Figyelmesen vizsgáljátok meg a vázlatokat és mikroszkopikus fényképfelvételeket!
2. Helyezzétek helyes sorrendbe a mitózis megfelelő stádiumait ábrázoló vázlatokat és mikroszkópos fényképfelvételeket, idézzétek fel, milyen események zajlanak le az egyes fázisokban!
3. Ismételjétek meg ugyanezt a meiózis első és második osztódásának megfelelő fázisait ábrázoló vázlatokkal és mikroszkópos fényképfelvételekkel!
4. Egymás után hasonlítsátok össze a mitózis és az első meiotikus sejtosztódás meghatározott fázisaiban végbemenő folyamatokat!
5. Végezzétek el ugyanezt a mitózis és a második meiotikus sejtosztódás meghatározott fázisai esetében!

6. Vonjatok le következtetéseket az alábbi táblázat kitöltésével:

Fázis	Mitózis	1. Meiotikus osztódás	Közös és eltérő
Profázis Metafázis Anafázis Telofázis			
Fázis	**Mitózis**	**2. Meiotikus osztódás**	**Közös és eltérő**
Profázis Metafázis Anafázis Telofázis			

6. SZ. GYAKORLATI MUNKA

TRANSZLÁCIÓVAL KAPCSOLATOS ALAPFELADATOK MEGOLDÁSA

(a biológiát akadémiai szinten tanulók végzik)

Cél: *molekuláris biológiával kapcsolatos alapfeladatok megoldásának elsajátítása.*

1. feladat. A DNS-molekula egyik szála a következő nukleotid-maradékokból áll:

TAC GAA CGC ATG CGA TCC

Határozzátok meg, milyen sorrendben fognak érkezni a

CGA UCC GAA ATG UAC CGC

antikodonokból álló tRNS-molekulák a riboszóma funkcionális központjába!

Megoldási minta

A komplementaritási elv alapján megállapítjuk az alábbi DNS-szakaszon szintetizálódott iRNS molekula-szekvenciáját:

AUG CUU GCG UAC GCU AGG

Tehát a riboszóma funkcionális központjába érkező tRNS-molekulák szekvenciája a következő lesz:

UAC antikodonú tRNS, GAA antikodonú tRNS, CGC antikodonú tRNS, CGA antikodonú tRNS, UCC antikodonú tRNS.

2. feladat. A DNS-molekula szakasza a következő összetételű:

ATA GTC CGA GTA TCC

TAT CAG GTC CAT AGG

Határozzátok meg, hogy e DNS-molekula két szála közül melyiket kódolja az alábbi aminosav-maradékokból álló polipeptid:

izoleicin – valin – arginin – valin – szerin!

Megoldási minta

A *Genetikai kód* című táblázat felhasználásával meghatározzuk az alábbi polipeptid szintéziséhez mátrixul szolgáló iRNS-molekula nukleotid-maradékainak szekvenciáit:

AUA – GUC – CGA – GUA – UCC

Meghatározzuk, a DNS-molekula melyik szála szolgált mátrixul a következő iRNS-molekula számára: TAT CAG GTC CAT AGG!

3. feladat. A DNS-molekula szála a mutációig a nukleotid-maradékok alábbi szekvenciájából állt:
AAA AAT TGG CAG TTG
A mutáció után a szál a következő alakot öltötte:
AAA AAT TGG CAT TTG
1. A DNS-molekula mutáció előtti és utáni szerkezetének összehasonlításával állapítsátok meg, melyik triplet módosult!
2. Határozzátok meg a DNS-szál által a mutáció előtt és után kódolt polipeptidek szerkezetét!
3. Vonjatok le következtetéseket!

4. feladat. Az egyik DNS-molekulaszál nukleotid-maradékainak szekvenciája a következő:
TAC GAC ACG GCG ATT TAC AGG CGG TCG ACT
Határozzátok meg, hány polipeptid-molekulát kódol a szekvencia!

5. feladat. A polipeptid-molekula aminosav-maradékainak szekvenciája a következő: aszparagin – izoleicin – prolin – treonin – valin – cisztein.
Figyelembe véve, hogy az alapvető aminosavak többségét több triplet kódolja, határozzátok meg azon nukleotid-maradékok szekvenciájának lehetséges változatait, amelyek ezt a polipeptidet kódolhatják!

6. feladat. Milyen aminosav-szekvenciát kódol az iRNS következő nukleotid-szekvenciája: GCUGCAUAAACCUGACAGCUA? Milyen lesz az aminosav-szekvencia, ha mutáció következtében ebből a molekulából kiesik a második nukleotid?

7. feladat. A DNS-molekulának a következő a nukleotid-szekvenciája: TCG GAA ACG TAA CAG GTA CAT TAT. Milyen sorrendben érkeznek az aminosavakat szállító tRNS-molekulák a fehérjemolekulák szintézisében részt vevő riboszómához?

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg azt a folyamatot, amely során végbemegy a kromoszómák konjugációja:** *a) mitózis; b) első meiotikus osztódás; c) második meiotikus osztódás; d) sejtsarjazás (bimbózás)!*
2. **Határozzátok meg, hány ATP-molekula szintetizálódik az energiaátalakulás anaerob szakaszában:** *a) 1 molekula; b) 2 molekula; c) 4 molekula; d) 36 molekula; e) ATP-molekula nem szintetizálódik!*
3. **Határozzátok meg, hány ATP-molekula szintetizálódik az energiaátalakulás aerob szakaszában:** *a) 1 molekula; b) 2 molekula; c) 4 molekula; d) 36 molekula; e) ATP-molekula nem szintetizálódik!*
4. **Mutassátok meg, hogy a fotoszintézis folyamatában mikor szintetizálódnak az ATP-molekulák:** *a) a sötét szakaszban; b) a fényszakaszban; c) ATP-molekula nem szintetizálódik!*
5. **Válasszátok ki a „transzkripció" kifejezés helyes jelentését:** *a) információ-átírás a DNS-molekulából az iRNS-molekulába; b) aminosav-maradékok szállítása a fehérjeszintézis helyére; c) aminosav-maradékok összekapcsolódása polipeptidlánccá; d) fehérjeaktiválódás!*
6. **Határozzátok meg, mely organellumok membránjain történik a fehérjeszintézis:** *a) Golgi-készülék; b) lizoszóma; c) emésztő vakulólum; d) szemcsés endoplazmás retikulum; e) sima endoplazmás retikulum!*

7. **Mutassátok meg, hol megy végbe az energiaátalakulás aerob szakasza:** *a) mitokondriumok; b) kloroplasztiszok; c) Golgi-készülék; d) lizoszómák; e) szemcsés endoplazmás retikulum!*

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A KÉT MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg azokat a folyamatokat, amelyek során ATP-molekulák szintetizálódnak:** *a) a fotoszintézis fényszakasza; b) a fotoszintézis sötét szakasza; c) transzláció; d) az energiaforgalom előkészítő szakasza; d) az energiaforgalom anaerob szakasza!*
2. **Mutassátok meg azokat a biokémiai folyamatokat, amelyek a plasztikus anyagcseréhez tartoznak:** *a) DNS-kettőződés; b) szerves vegyületek oxidációja; c) szervetlen vegyületek oxidációja; d) lipidek bioszintézise!*
3. **Jelöljétek meg azokat a biokémiai folyamatokat, amelyek az energiaforgalomhoz tartoznak:** *a) fotoszintézis; b) szerves vegyületek oxidációja; c) kemoszintézis; d) szerves vegyületek anaerob lebontása!*
4. **Mutassatok rá, mely elektronok redukálják az I. fotorendszert:** *a) a II. fotorendszerből származó elektronok; b) a saját energiaszintjükre visszatérő tulajdon elektronok; c) a vízmolekula bontása során keletkező elektronok; d) a hidrogénatomok hasadása során keletkező elektronok!*
5. **Nevezzétek meg, mely folyamatok során képződik a szén-dioxid:** *a) az energiaforgalom aerob szakasza; b) a fotoszintézis fényszakasza; c) a fotoszintézis sötét szakasza; d) aerob légzés!*
6. **Jelöljétek meg, mely folyamatok során kettőződik meg a DNS-molekulák száma a sejtben:** *a) a mitózis profázisa; b) az első meiotikus osztódás metafázisa; c) a két mitotikus osztódás interfázisa; d) gaméták összeolvadása!*

III. MEGFELELÉSI FELADATOK

1. **Állapítsátok meg a megfelelést az energiaforgalom szakaszai és az e szakaszokban képződő ATP-molekulák számát:**

Az energiaforgalom szakaszai	A szintetizálódott ATP-molekulák
A Előkészítő B Anaerob C Aerob	1 38 molekula 2 36 molekula 3 2 molekula 4 Nem szintetizálódnak ATP-molekulák

2. **Állapítsátok meg a megfelelést a biokémiai folyamatok és lefolyásuk helye között:**

Biokémiai folyamatok	A lefolyás helye
A Fotoszintézis fényszakasza B Tejsavszakasz C DNS-megkettőződés	1 Szemcsés endoplazmás retikulum 2 Mag 3 Mitokondriumok 4 Tilakoidok

3. **Állapítsátok meg a megfelelést a szervezetben végbemenő folyamatok és a meghatározásuk között:**

Folyamatok	Meghatározás
A Disszimiláció B Asszimiláció C Transzláció D Transzkripció	1 A sejtek struktúráinak és szöveteinek megújítására irányuló biokémiai folyamatok összessége; 2 Az összetett szerves vegyületek bontására irányuló biokémiai folyamatok összessége; 3 A fehérjemolekula specifikus struktúrára tesz szert; 4 Fehérjemolekula-szintézis a mátrixon: az iRNS-molekulában, a genetikai kódnak megfelelően; 5 Az iRNS-molekula bioszintézise a DNS-molekulán

4. Állapítsátok meg a megfelelést a fehérjemolekula bioszintézisének szakaszai és az ezekben a szakaszokban végbemenő folyamatok között:

Folyamatok	A fehérjemolekula bioszintézisének szakaszai
A Információ-átírás a DNS-molekuláról az iRNS-molekulába B Aminosavak kapcsolódása a megfelelő tRNS-molekulákhoz C Komplexumok képződése iRNS-molekulákból, riboszómákból és tRNS-ből D Az iRNS-molekula nukleotid-szekvenciájának lefordítása a szintetizálódó fehérjemolekula aminosav-maradékainak szekvenciájává	1 Iniciáció 2 Termináció 3 Transzkripció 4 Transzláció 5 Aktiváció

5. Állapítsátok meg a megfelelést a mitózis fázisai és az ezekben a fázisokban végbemenő folyamatok között:

Mitózisfázisok	Folyamatok
A Profázis B Metafázis C Anafázis D Telofázis	1 Homológ kromoszómák konjugációja 2 Kromatidok szétválása 3 A kromoszómák elhelyezkedése a sejt központjában 4 Maghártya kialakulása 5 A magocskák eltűnése

6. Állapítsátok meg a megfelelést a meiózis fázisai és az ezekben a fázisokban végbemenő folyamatok között:

Meiózisfázisok	Folyamatok
A I. profázis B II. metafázis C I. anafázis D II. telofázis	1 Crossing over 2 Kromatidok szétválása 3 Homológ kromoszómák szétválása 4 Magorsófonalak kapcsolódása a centromérához 5 Magocskák kialakulása

IV. KÉRDÉSEK NYITOTT VÁLASZOKKAL

1. *A sejtosztódás során miért tűnik el a maghártya? Válaszotokat indokoljátok meg!*
2. *Előfordul-e meiotikus sejtosztódás ivartalanul szaporodó szervezetekben? Válaszotokat indokoljátok meg!*
3. *Hogyan megy végbe az anyagcsere a sejt és környezete között? Válaszotokat indokoljátok meg!*
4. *Ismeretes, hogy a kolhicin alkaloid roncsolja a magorsófonalakat és ezzel akadályozza a kromoszómák megosztódását a leánysejtek között. Hatással van-e ez a vegyület a kékbaktériumsejtek osztódására? Válaszotokat indokoljátok meg!*
5. *Létezik-e egységes membránrendszer a prokarióták sejtjeiben? Válaszotokat indokoljátok meg!*
6. *A kálium-cianid az emberre nézve halálos méreg, amely megszünteti a mitokondriumok belső membránjában lévő légzési enzimek láncának egyes elemeit. Mivel magyarázható annak az embernek a halála, aki ettől a vegyülettől szenvedett mérgezést?*

III. FEJEZET. AZ ÉLET SZERVEZETI SZERVEZŐDÉSI SZINTJE

1. TÉMA AZ ÉLET NEM SEJTES FORMÁI

- *a vírusok szerkezeti és életműködésbeli sajátosságai, helyük a szerves világ rendszerében;*
- *a vírusok szerepe a természetben és az ember életében;*
- *a vírusos fertőzések megelőzése és gyógyítása;*
- *prionok és prionbetegségek.*

30.§. A VÍRUSOK SZERKEZETE, KÉMIAI ÖSSZETÉTELE ÉS TULAJDONSÁGAI

Idézzétek fel! *Mi a közös és az eltérő az élő és élettelen természet alkotórészeiben? Milyen jellegzetes sajátosságai vannak az élőnek? Milyen az élő szervezetek szerkezeti és funkcionális alapegységeinek számító sejtek szerkezete és funkciói? Milyen az elektronmikroszkóp működései elve? Mi a vakcina (oltóanyag) és a védőoltás?*

• **A vírusokról.** Valószínűleg mindegyiketeknek volt már legalább egy vírusos betegsége, például influenzája. A betegség kórokozóját azonban még senki nem látta, hiszen a vírusrészecskék, a *virionok* méretei annyira kicsik (15–300 nm[1]), hogy csak elektronmikroszkópban láthatók. A vírusok a prokarióta és eukarióta sejtek parazitái, a gazdasejten kívül a virionok az élet semmilyen jelét nem mutatják. Szaporodásukhoz a gazdasejt anyagait és energiaforrásait használják. A vírus és a gazdasejt kölcsönhatása következtében gyakran fejlődnek ki betegségek.

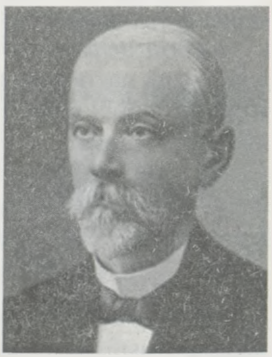
A vírusok szerkezetét és funkcióit, tulajdonságaikat, terjedésük módját, a vírusos megbetegedések kezelésének és megelőzésének módszereit a ***virológia*** tudománya vizsgálja.

[1]Nanométer (nm) – a méter milliárdod részének (10^{-9}) megfelelő hosszmértékegység

30.1. ábra. A vírusos fertőzésről szóló első forrás az ókori Görögország fővárosa, Memphis egyik házában talált domborművön (i. e. 3500. év)

• **A vírusok felfedezése.** A vírusos fertőzéssel kapcsolatos első forrást egy ókori görög domborművön találták meg. Ezen egy olyan pap látható, aki a gyermekbénulás (poliomyelitis) tüneteit mutatja (30.1. ábra). V. Ramszesz fáraó múmiájának vizsgálatával sikerült megállapítani, hogy az uralkodó vírusos fertőzés – himlő – következtében halt meg időszámításunk előtt 1143-ban. A bőrén erre a betegségre jellemző fekélyek láthatók.

A himlő évezredeken át pusztította a Föld lakosságát. A fertőző betegség csak az elmúlt évezredben mintegy 300–500 millió áldozatot szedett. 1796-ban nagy jelentőségű esemény történt, amelynek köszönhetően a következő évszázadokban sikerült kidolgozni és bolygóléptékben megvalósítani a betegség megelőzését szolgáló intézkedéseket, mindenekelőtt a védőoltást. Már az ókori Kínában ismerték a himlő megelőzésének módszerét: a betegek fekélyeiből vett gennyel kezeltek egészséges embereket. Ennek következtében egyes esetekben a betegség csak könnyű formában jelentkezett, és a kezelt egyén állandó immunitásra tett szert, míg voltak esetek, amikor a kialakuló betegség halált okozott. Edward Jenner (1749–1823) angol orvos arra a következtetésre jutott, hogy a himlő elleni védőoltás hatékonysága attól függ, mennyire van legyengítve a kórokozó tenyészete. Egy nyolcéves kisfiú bőrén ejtett sebbe tehénhimlővel fertőzött fejőnő fekélyéből vett váladékot juttatott. A himlőben soha nem szenvedett fiú bőrének azon a helyén, ahol a védőoltást bejuttatták a szervezetébe, két hét alatt gyógyuló kis fekély alakult ki. Másfél hónap múlva Jenner ugyanennek a kisfiúnak himlős beteg fekélyéből vett váladékot tartalmazó oltást adott be, de a gyerekben nem fejlődött ki betegség. Jenner sikerének oka abban állt, hogy a tehénhimlő könnyű formában zajlik, a virionok alkalmazkodnak a gazda – a tehén – szervezetéhez, ezért nem okoznak súlyos megbetegedést az emberi szervezetben, de ahhoz elegendő erejük van, hogy antitesteket termeljenek a vérében.



30.2. ábra. Dmitrij Joszifovics Ivanovszkij, a virológia tudományának megalapozója

1885-ben Louis Pasteur (1822–1895), ismert francia tudós első ízben próbálta ki emberen a veszettség elleni oltóanyagot. Védőoltást adott be egy gyereknek, akit veszett kutya harapott meg, megmentve ezzel az életét. Akkor még nem fedezték fel a vírusokat, mégis ő vezette be a ***vírus*** (lat. *virus* – méreg) – és Jenner emlékére – a védőoltást jelentő ***vakcina*** (lat. *vacca* – tehén) elnevezést. Kidolgozta a védőoltás alkalmazásának alapját.

A vírusok létezését elsőként egy orosz tudós, Dmitrij Joszifovics Ivanovszkij (1864–1920) fedezte fel 1892-ben. A kutató a dohánymozaik-betegség okát vizsgálta, amikor baktériumszűrővel akarta elkülöníteni a kórokozót. Azt azonban még a legkisebb pórusátmérőjű kerámiaszűrővel sem sikerült megfogni. A beteg növény levének szűrlete továbbra is

megbetegítette az egészséges növényeket. A tudós ebből arra következtetett, hogy léteznie kell a baktériumoknál kisebb méretű – akkor természetesen még ismeretlen – szervezetnek. Az akkor már ismert kórokozóktól eltérően a vírusokat nem sikerült szerves táptalajokon laboratóriumban szaporítani.

1898-ban a tudósok megállapították, hogy a szarvasmarha száj- és körömfájás betegségét kiváltó kórokozó ugyancsak átmegy a baktériumszűrőn. Kiderült, hogy az ilyen lények nemcsak a növényekben, hanem az állatokban is megbetegedéseket idézhetnek elő. 1901-ben bebizonyosodott, hogy a sárgaláz nevű fertőző betegséget kétszárnyú rovarok – szúnyogok – terjesztik. 1915-ben felfedezték a baktériumsejtekben élősködő vírusokat, a ***bakteriofágokat*** (baktériumfaló vírusokat).

Sokéves vizsgálatok alapján a vírusok következő tulajdonságait állapították meg:

- nem sejtes szerkezet;
- obligát parazitizmus a prokarióta és eukarióta sejtekben (a kórokozó csak meghatározott feltételek között létezhet);.
- saját anyagcsere hiánya;
- az életműködés megnyilvánulásainak hiánya a gazdasejten kívül.
- a gazdaszervezet sejtszervecskéinek új vírusrészecskék szintézisére való felhasználása.

A vírusok sok sajátossága (a sejtes szerkezet, metabolizmus, növekedés hiánya, kristályosodási képesség) nem jellemző más szervezetekre. Azonban a vírusok az összes élőlényre jellemző szerves vegyületekből épülnek fel, szimbiotikus kapcsolatba lépnek a sejtekkel (parazitizmus), jellemző rájuk az öröklődés és a változékonyság, a megfelelő élettér. Ez arról tanúskodik, hogy a vírusok a bioszféra élő részéhez tartoznak.

- **A vírusok eredetére vonatkozó elméletek.** Jelenleg nem létezik egységes elmélet a vírusok származását illetően. A tudósok ebben a tekintetben három elméletet vizsgálnak.

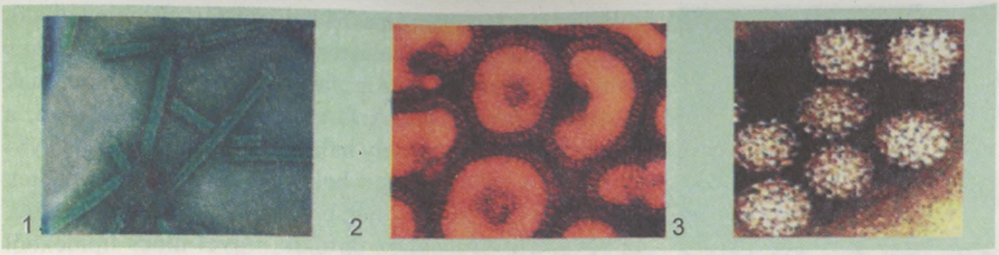
A *regresszív evolúció* elmélete szerint a vírusok organellumaik nagyobb részét elvesztett sejtekből jöttek létre. (*Idézzétek fel: vannak olyan feltételezések, amelyek szerint hasonló módon keletkeztek a prokarióta sejtekből a kloroplasztiszok és a mitokondriumok!*). Sajnos nincsenek meggyőző bizonyítékok ennek az elméletnek az igazolására.

A *párhuzamos evolúció* elméletének megfelelően a vírusok egykor a sejtektől függetlenül, azok energiaátalakítási és fehérjeszintézis kapacitásainak felhasználásával jöttek létre. Az utóbbi időben a tudósok többsége hajlik ennek az elméletnek az elfogadására, mivel mellette több bizonyíték szól, mindenekelőtt az RNS evolúcióját illetően.

Az „*őrült gének*" elmélete szerint, amelyet James Watson *(idézzétek fel, mivel járult hozzá a biológia fejlődéséhez)* jegyez, a vírusok a sejt örökletes anyagának önálló életre kelt szakaszai. Megjegyezzük, hogy eddig nem sikerült meggyőző bizonyítékokat szerezni ennek a hipotézisnek sem az alátámasztására, sem az elvetésére.

- **A vírusok szerkezete.** A fertőzött sejt belsejében rendszerint nem találhatók meg a vírusrészecskék, mivel az alkotóelemeik (fehérjék, nukleinsavak) a sejt metabolizmusában vesznek részt, azaz zajlik a vírus nukleinsavainak replikációja, transzkripciója, transzlációja, a vírusfehérjék szintézise. A sejten kívüli külső környezetben a vírusok részecskék – virionok – alakjában fordulnak elő.

Szerkezetüktől függően a vírusokat egyszerűekre és összetettekre osztják.



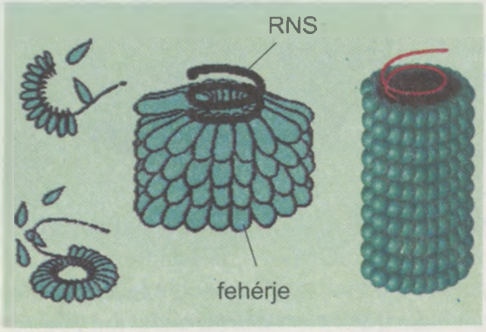
30.3. ábra. A vírusok elektronmikroszkópos ábrázolása: 1 – dohánymozaik- vírus; 2 – influenzavírus (összetett vírus, jól látható a külső membránja); 3 – papillómavírus (1 és 3 – egyszerű vírusok, a burkaiknak nincs külső membránjuk)

Az ***egyszerű vírusok*** nukleinsav-molekulája (DNS vagy RNS) csak fehérjemolekulákkal van burkolva (ezek száma több tíztől több ezerig változhat).

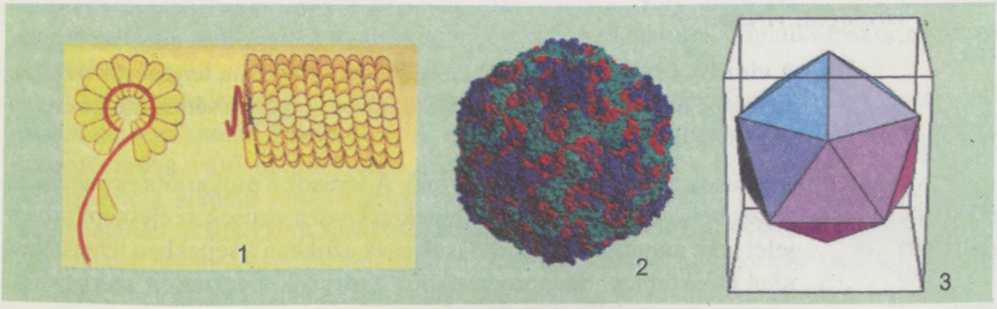
Az ***összetett vírusok*** a virionok képződése során saját fehérjéikkel kiegészítve magukba építik a sejt plazmamembránjának egy részét, és külső burokként használják (30.3. ábra).

A vírusrészecske összetételében csak egyféle nukleinsavtípus – vagy DNS vagy RNS – lehet. A nukleinsav-molekulák a vírusok genetikai információját hordozzák. Figyeljétek meg: ha a prokarióta és eukarióta sejtekben a DNS kétszálas, az RNS pedig egyszálas, akkor a vírusok esetében mindkét nukleinsavtípus egyszálas és kétszálas lehet.

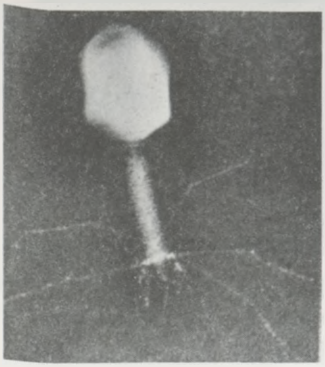
A vírusok prokarióta és eukarióta sejtekétől eltérő fontos egyedi sajátossága, hogy *önszerveződéssel* tudnak virionokat képezni (30.4. ábra). Az egyszerű vírusok túlnyomó többsége szimmetrikus struktúrákat képezve világos sorrendbe szerveződik (30.5. ábra). A vírusfajtól függően a virion ikozaéderes (poliomyelitis vírus), spirális (dohánymozaik-vírus) vagy vegyes (bakteriofág) szimmetriájú lehet. (Az ikozaéder 20 élű



30.4. ábra. A dohánymozaik-vírus önszerveződése



30.5. ábra. A dohánymozaik virionjának spirális szimmetriája (1); a poliomyelitis virionjának ikozaéderes szimmetriája (2); az ikozaéder szimmetrikus mértani alakja (3)

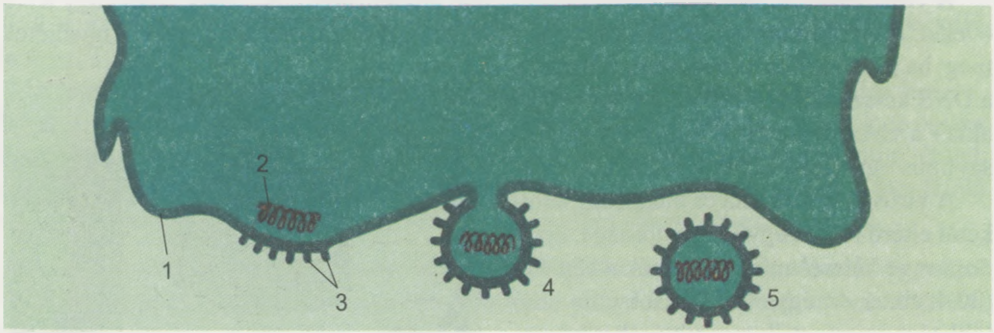


30.5. ábra. A T4 bakteriofág virionjának elektronmikroszkópos fényképfelvétele

poliéder.) A 30.6. ábrán a T4 bakteriofág virionja látható, amelynek DNS-molekulát tartalmazó „feje" ikozaéderes szimmetria szerint, míg a „farka" spirális szimmetriának megfelelően épül fel. A farokrészt fehérjeburok fedi, a belsejében üreges tengely halad végig, amelyen át a DNS-molekula a baktériumsejt belsejébe spriccel. Figyeljétek meg, hogy ez a bakteriofág, bonyolult szerkezete ellenére, az egyszerű vírusokhoz tartozik, mivel nincs lipidekből és szénhidrátokból álló külső burka.

Az egyszerű vírusok a fertőzött sejtből rendszerint a vírusenzim által károsított plazmamembránon keresztül vagy sejtroncsolás (apoptózis) következtében ürülnek ki. Az összetett vírusok virionjai a sejtet annak plazmamembrán-részecskéibe ágyazva hagyják el. Ezt a folyamatot sarjadzásnak (bimbózásnak) nevezik (30.7. ábra).

A vírusok az élő természet és a szervezetek speciális, ***Vira*** elnevezésű csoportjába tartoznak.



30.7. ábra. Az összetett virionok távozása a sejtből sarjadzással:
1 – a sejt plazmamembránja; 2 – nukleokapszid (az összetett vírus belső fehérjeburka);
3 – a sejt plazmamembránjába beépült felületi vírusfehérjék;
4 – sarjadzás a plazmamembránon át; 5 – érett vírusrészecske

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Egyszerű és összetett vírusok, virológia, virion.***

A lényegről röviden

- A vírusok szerkezetét és funkcióit, tulajdonságaikat, terjedésük módját, a vírusos megbetegedések kezelésének és megelőzésének módszereit a virológia tudománya vizsgálja.
- A vírusok az élet nem sejtes formái. A vírusok a prokarióta és eukarióta sejtek belső parazitái. A gazdasejteken kívül a vírusok az élet semmilyen jelét nem mutatják. Szaporodásuk csak azokban a sejtekben lehetséges, ahol élősködnek. Szaporodásukhoz a vírusok a gazdasejt szerkezetét, szerves anyagait és energiáját használja.
- Minden vírusrészecske (virion) egyetlen egy- vagy kétszálú DNS- és RNS-molekulából és burokból áll. A vírusrészecskék burkának tulaj-

donságaitól és kémiai összetételétől függően a vírusokat egyszerűekre és összetettekre osztják. Az egyszerű vírusok burka csak fehérjékből áll, az összetettek burkában lipidek és szénhidrátok is vannak. A tudósok a vírusokat az élő természet külön csoportjába, a Vira országba sorolják.

Önellenőrző kérdések

1. Milyen tudomány vizsgálja a vírusokat? 2. Hogyan fedezték fel a vírusokat? 3. Milyen sajátosságai vannak a vírusrészecskéknek? Milyen vírusokat nevezünk egyszerűeknek és összetetteknek? 4. Miben különböznek a vírusok nukleinsavai a prokarióta és eukarióta szervezetek nukleinsavaitól? 5. Mi a virion?

Gondolkozzatok el rajta!

A vírusrészecskék szerkezete sokkal egyszerűbb, mint a prokarióta és eukarióta sejteké. Megjelenhettek-e a vírusok korábban, mint a sejtes szerkezetű szervezetek?

31.§. A VÍRUSOK SZAPORODÁSA. A VÍRUS ÉS A SEJT KÖLCSÖNHATÁSÁNAK FŐBB SZAKASZAI

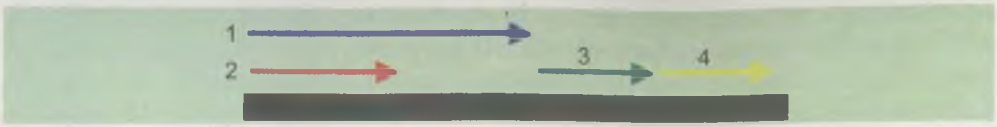
Idézzétek fel!

Hogyan szaporodnak a sejtek? Mi a replikáció, transzkripció, transzláció? Mi a mutáció? Milyen sajátosságaik vannak a bakteriofágoknak?

Mint már tudjátok, a vírusok a sejtek belsejében élnek és nem képesek önálló anyagcsere és energiaforgalom lebonyolítására. A vírusokra jellemző, hogy szelektív módon jutnak be olyan prokarióta és eukarióta sejtekbe, amelyekben kedvező feltételek vannak a szaporodásukhoz. A virionok sejtekbe történő behatolásának elég sok módja van, ami a gazdafajok felszíni készülékének sajátosságaitól függ.

• **Növényi vírusok.** A növényi sejteket a plazmamembránon kívül szilárd és vastag sejtfal is borítja, amely még a vírusok számára is áthatolhatatlan. A virionok a növényi sejtbe csak a sejtfal sérült részein át juthatnak be. Például a dohánymozaik ismert vírusa az új gazdasejtekbe a levéllemez vagy a gyökérszőrök horzsolásain át hatol be. Ugyanakkor a növényi vírusok többsége más úton jut a gazdasejtek belsejébe: ehhez az őket terjesztő, növényi nedvekkel táplálkozó, s ehhez a sejtek falát átszúró különböző rovarokat (levéltetvek) vagy gyűrűs férgeket használják fel. A növényi nedvekkel együtt a virusrészecskék bekerülnek a kártevők szervezetébe. Egy ideig keringenek a kártevő szervezetében, míg végül a nyálmirigyeiben halmozódnak fel. Táplálkozáskor a kártevő a nyálával együtt a vírusokat is növényi sejtekbe fecskendezi.

A DNS-t tartalmazó vírusok genetikai információja a molekuláról az iRNS molekulába íródik át, s ez utóbbi bekapcsolódik a gazdasejt fehérjeszintézisébe. A vírus RNS-e a citoplazmába való bejutás után azonnal a riboszómába kerül, ahol az örökletes információja alapján vírusfehérjék szintetizálódnak. A vírus előtt azonban látszólag áthághatatlan akadályként tornyosul, hogy az új leányvírusrészek számára ugyanilyen egyszálas RNS-molekulákat kell szintetizálni. De a sejtből hiányoznak azok az enzimek, amelyek biztosítani tudják az információ átírását egyik RNS-ről a másikra. Ugyanakkor kiderül, hogy a vírus RNS-ének összetételében két olyan gén található, amelyek speciális enzimet kódolnak. Ennek révén az információ közvetlenül átíródik egyik RNS-molekuláról a másikra a vírusrészecskék szintézise során.

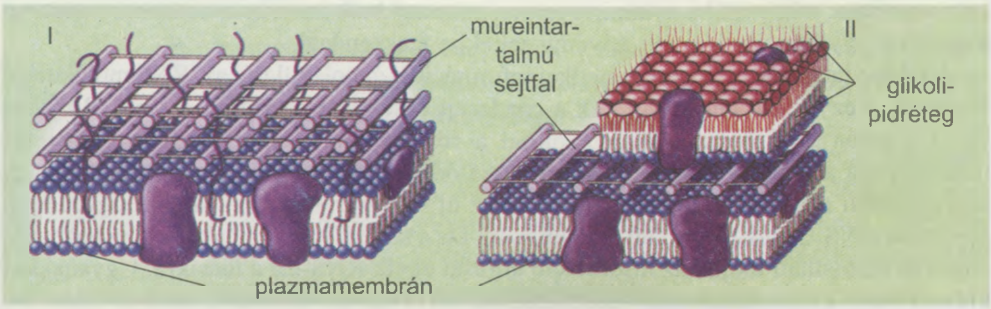


31.1. ábra. A dohánymozaik-vírus örökletes anyagának szerkezete. Négy gén egymáshoz viszonyított elhelyezkedése látható: 1, 2 – az enzimfehérjéket kódolják; 3 – a mozgató fehérjét kódolja; 4 – a strukturális fehérjét kódolja

A vírusfehérjék többfélék lehetnek. Egyesek közülük enzimek, amelyek a vírus RNS-molekulák vagy DNS-molekulák önreplikációját biztosítják, míg mások az újonnan képződött vírusrészecskék burkának szerkezeti fehérjéi. Az új vírusrészecskék szintézise a sejt energiaforrásainak és „építőanyagainak" (aminosavainak és nukleotidjainak) a felhasználásával történik. Ennek eredményeként a sejt citoplazmájában sok vírusfehérje- és nukleinsav-molekula halmozódik fel: Belőlük a későbbiekben önszerveződéssel új vírusrészecskék épülnek. A folyamat olyan, mint a futószalagos autó-összeszerelés. A sejt bizonyos részeiben a szerkezeti fehérjékből készülnek a vírusburok-kezdemények. Ezek mindegyikéhez hozzákapcsolódnak a vírus genóm nukleinsav-molekulái. Így jönnek létre a teljes értékű virionok.

Áttekintettük azokat a folyamatokat, amelyek a fertőzött sejt belsejében mennek végbe. De hogyan terjed a vírusfertőzés a növényben, és miként fejlődik ki a betegség? A kutatók alaposan megvizsgálták a dohánymozaik-vírusnak a gazdanövény sejtjei és szervei közötti terjedésére vonatkozó törvényszerűségeit. Kiderült, hogy a vírusok a szomszédos sejteket a sejtfalakon áthatoló plazmodezmák felhasználásával fertőzik meg. Megállapították, hogy a dohánymozaik-vírus RNS-e speciális *mozgató fehérjét* kódol (31.1. ábra). Ez összekapcsolódik a vírus RNS-évél és a plazmodezmán át a szomszédos, egészséges sejt citoplazmájába szállítja azt. A növények különböző szerveibe a vírusrészecskék a tápanyagok rostacsöveken való áramlása révén jutnak.

Nem szabad elfelejteni, hogy a genetikai információ RNS formájában való rögzítése növeli a spontán mutációk előfordulásának lehetőségét, mivel az információ egyik RNS-molekulából a másikra való átírásának megbízhatósága mintegy három nagyságrenddel kisebb, mintha a DNS-molekuláról iRNS-molekulába történne: a hibalehetőség az előbbi esetben ezerszer nagyobb. Ennek következtében nagyon gyorsan változik az RNS-tartalmú



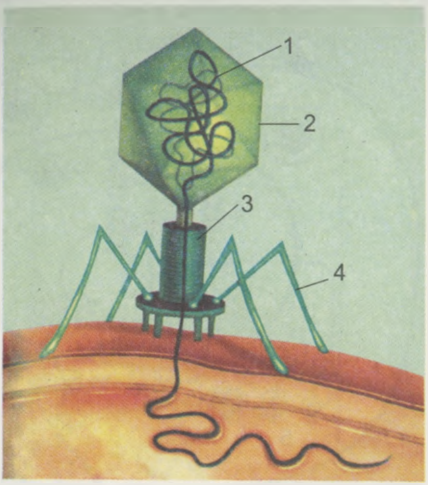
31.2. ábra. A Gram-pozitív (I) és Gram-negatív (II) baktériumok sejtfalainak összehasonlítása

vírusok genetikai információja. Így jönnek létre a genetikailag inhomogén víruspopulációk.

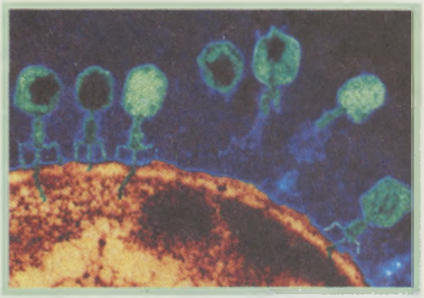
• **Baktériumvírusok vagy bakteriofágok.** A baktériumsejtet megbízható „erődfal" – a növényekénél és gombákénál összetettebb szerkezetű sejtfal – védi a külső környezet káros hatásaival szemben (31.2. ábra). Ezért a bakteriofágok részecskéinek a prokarióta gazdasejtekbe való behatolásának különleges a folyamata.

Megvizsgáljuk ezt a folyamatot a már ismert T4 bakteriofág példáján (31.3. ábra). Faroknyúlványának a végéhez hat, receptorokban végződő fehérjeszál tapad. A baktérium gazdasejt felszínén (a T4 bakteriofág a kólibaktériumra „szakosodott") glikoproteidek (így nevezik a fehérjék szénhidrátokkal alkotott vegyületeit) vannak, s ezekhez kapcsolódnak a vírusreceptorok. Ezt követően a bakteriofág a sejtfalhoz szorítja faroknyúlványát és a sejt citoplazmájába fecskendezi kétszálas DNS-molekuláját (31.3., 31.4. ábrák).

Igen rövid idő alatt (20–40 perc) a fertőzött sejtben nagy mennyiségű szerkezeti vírusfehérje és DNS-másolat halmozódik fel. Az önszerveződést követően a baktérium citoplazmájában mintegy 100 új vírusrészecske képződik. A vírusok speciális enzimjei belülről feloldják a sejtfalat, és a virionok kikerülnek a külső környezetbe. A T4 bakteriofág genetikai anyaga közel 150 génből áll.

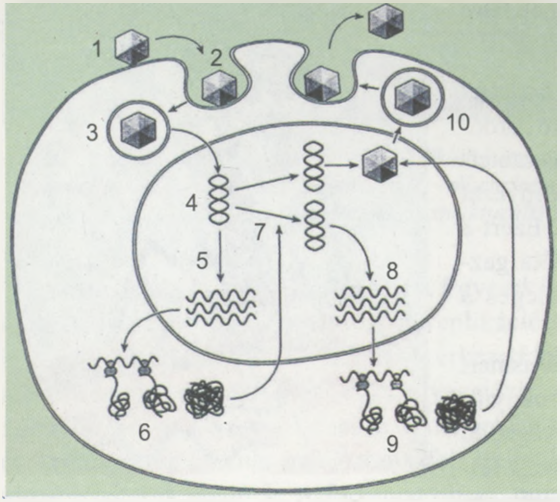


31.3. ábra. A T4 bakteriofág vázlatos szerkezete: 1 – kétszálas DNS-molekula alakú genóm; 2 – fej; 3 – faroknyúlvány tokkal; 4 – fehérjeszálak



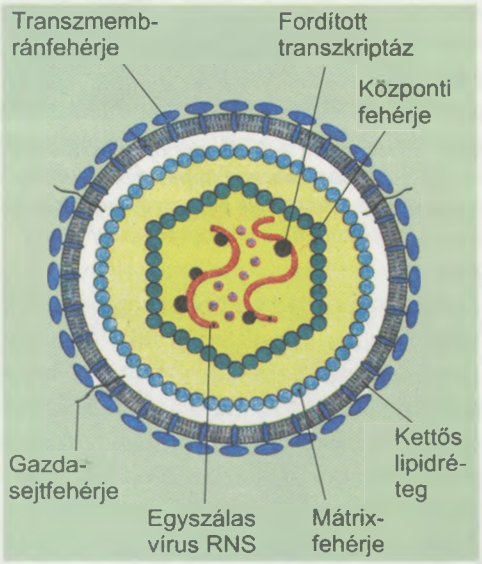
31.4. ábra. A T4 bakteriofág DNS-ének a baktériumsejt citoplazmájába való fecskendezésének pillanatát megörökítő elektronmikroszkópos fényképfelvétel

• **Emberi és állati vírusok.** Két példán, mégpedig a poliomyelitis és az emberi szerzett immunhiány vírusának példáján megvizsgáljuk az emberi és állati vírusok szaporodásának sajátosságait. Az első egyszerű, a második összetett vírus. A poliomyelitis vírusnak a vírusrészecske felszínén elhelyezkedő specifikus receptorai vannak. Azt követően, hogy a vírusrészecske a rá fogékony sejt plazmamembránjához tapadt, hólyagocskát képezve beletüremkedik. Ez a hólyagocska szállítja a vírust a szemcsés plazmamembránhoz, ahol a vírus RNS-e szabaddá válik és megkezdődik a vírusfehérjék szintézise. A poliomyelitis vírus RNS új molekulái a sejtmagban szintetizálódnak, amely ennek következtében elroncsolódik. Nagy mennyiségű vírus RNS-molekula ürül ki a sejtmagból, és az önszerveződés folyamatában új vírusrészecskék képződnek. A virionok a sejten kívüli térbe kerülnek a plazmamembrán roncsolódása után (31.5. ábra).



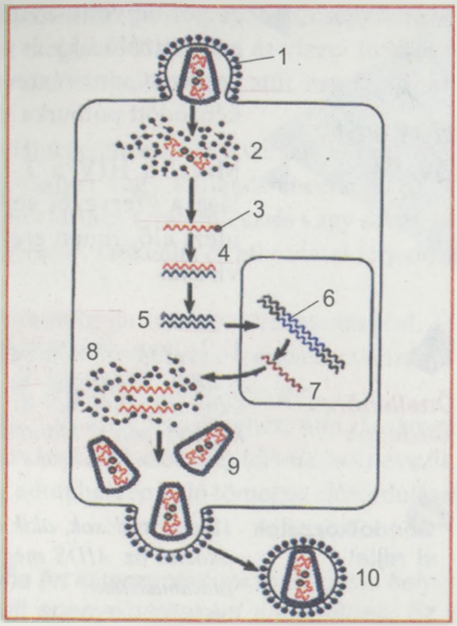
31.5. ábra. A poliomyelitis vírus életciklusa: 1 – az érzékeny sejthez való tapadás; 2 – a sejtmembrán betüremkedése a citoplazmába; 3 – hólyagocska képződése; 4 – a vírus RNS behatolása a magba; 5 – a vírus RNS transzkripciója; 6 – az iRNS transzlációja; 7 – a vírus genóm replikációja; 8 – a vírus szerkezeti fehérjéinek szintézise; 9 – a vírus önszerveződése; 10 – a virionok „kirajzása" a fertőzött sejtből

Az ***emberi szerzett immunhiány vírusa (HIV)*** példáján megismeritek az összetett vírusrészecskék kialakulását. Azonban először ennek a vírusnak a főbb sajátosságaival ismerkedünk meg. Amint a 31.6. ábrán látható, a vírusrészecske két egyforma, fehérjetokkal burkolt egyszálas RNS-molekulából áll. Ezenkívül van még egy burka, amely tulajdonképpen a gazdasejt membránjának része. Ez lipidekből és poliszacharidokból, valamint a vírus fehérjereceptoraiból áll; a virion összetételében specifikus enzim (fordított transzkriptáz) található, amely biztosítja a genetikai információ átírását a vírus RNS-molekuláról a gazdasejt DNS-molekulájába.



31.6. ábra. Az emberi szerzett immunhiány vírus (HIV) vázlatos szerkezete

• **Hogyan szaporodik az emberi immunhiány vírus?** A felszíni fehérjék segítségével a HIV virion meghatározza az érzékeny sejteket (ezek rendszerint a T-limfociták) és rátapad a felületükre. Ennek a kölcsönhatásnak a következtében a virion felszíni membránja összeolvad a sejt plazmamembránjával, a központi része pedig bekerül a citoplazmába (31.7. ábra), ahol végbemegy a kétszálas DNS mátrix szintézise. A következő szakaszban a sejtmagba szállítódik és ott beépül az egyik kromoszómába. Ezt követően a vírus DNS hosszú ideig együtt létezhet passzív állapotban (úgynevezett provírusként) a kromoszómával, azaz nem valósítja meg saját genetikai információját. Az immunhiány vírusával fertőzött embereket a



31.7. ábra. Az emberi immunhiány vírusának életciklusa: 1 – a HIV rátapadása az érzékeny sejtre és behatolása a belsejébe; 2 – a vírus „levetkőztetése"; 3–4 – a vírus genómjának fordított transzkriptáza; 5 – kétszálas vírus DNS képződése; 6 – a vírus genómjának beépülése a sejt genómjába; 7–8 – az iRNS és a vírusfehérjék szintézise; 9 – a vírus önszerveződése és sarjadzása; 10 – az új vírusok kiürülése a sejtből

betegségnek ebben a stádiumában HIV-vírust hordozónak nevezzük.

Azonban a sejt belsejében lévő meghatározott tényezők hatására a vírus DNS-e aktiválódhat, azaz megkezdődik a HIV-fehérjék transzkripciója és szintézise. Ezek a fehérjék a citoplazmában halmozódnak fel. A vírus külső tokjának képződéséért felelős fehérjék behatolnak a citoplazmamembránba, és olyan szakaszokat hoznak létre, amelyek az összetett vírusrészecskék külső burkát fogják alkotni (31.7. ábra). Egy fertőzött sejtben egyidejűleg közel száz új vírusrészecske szintetizálódhat. Ha ezek egyidejűleg sarjadzanak ki a plazmamembránból, a sejt elpusztul. Mivel a HIV a T-limfocitákat károsítja, ezek pusztulása az immunsejtek hiányát idézi elő a szervezetben. Innen ered az elnevezés: emberi immunhiány vírus. Idézzük fel, hogy ez a vírus halálos betegséget okoz, amelyet ***emberi szerzett immunhiányos tünetegyüttesnek (AIDS[1])*** neveznek.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Bakteriofág, emberi immunhiány vírus (HIV), emberi szerzett immunhiányos tünetegyüttes (AIDS).***

- A vírusok a növényi sejtbe csak a sejtfal sérült részein át vagy külső hatásra, például gerinctelen vírushordozó állatok (rovarok gyűrűsférgek) szájszerveiből juthatnak be. A szomszédos sejtek a plazmodezmán keresztül fertőződnek meg.
- A vírus sejtbe való bejutását követően abban vírusfehérjék szintetizálódnak, amelyek közül egyesek a vírus nukleinsavainak szaporodását biztosító enzimekként, mások az új vírusrészecskék burkának fehérjekomponenseiként szolgálnak.
- A bakteriofágok a prokarióta gazdasejteket a baktériumsejtfal glikoproteidjeihez kapcsolódó receptorok segítségével találják meg.

A lényegr rövidei

[1] AIDS – Acquired Immune Deficiency Syndrome

A lényegről röviden

- A poliomyelitis vírusa RNS-molekulából (a gazdasejt magjában szintetizálódik) és fehérjeburokból áll. Az emberi immunhiány összetett vírusrészecskéjének (virionja) a gazdasejt membránjából képződött pótburka van.
- Mivel a HIV a T-limfocitákat károsítja, az utóbbiak pusztulása a szervezet sejtimmunitását biztosító tényezők csökkenését idézi elő. Innen ered a vírus elnevezése – az emberi immunhiány vírusa.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen sajátosságai vannak a növényi és a gombavírusok szaporodásának?* 2. *Milyen sajátosságai vannak a bakteriofágok szaporodásának?* 3. *Mit tudtok az egyszerű és összetett virionok képződéséről? Mondjatok példákat!*

Gondolkozzatok el rajta!

Vannak tudósok, akik tagadják, hogy az emberi immunhiány vírus, a HIV okozná az AIDS megbetegedést. Hogyan lehetne ezt megcáfolni vagy alátámasztani?

32.§. A VÍRUSOK SZEREPE A TERMÉSZETBEN ÉS AZ EMBER ÉLETÉBEN. AZ EMBEREK ÉS ÁLLATOK VÍRUSOS FERTŐZÉSEI

Idézzétek fel!

Mi a parazitizmus és a fertőzés? A kórokozókkal való fertőződés milyen módjait ismeritek? Mi a vírushordozó? Milyen szervezetek lehetnek vírushordozók?

• **A vírusok bioszférában való előfordulásának sajátosságai.** Már tudjuk, hogy a vírusok a különféle prokarióta és eukarióta fajok sejten belüli parazitái. Ezért a vírusok elterjedtségét a bioszférában az iránt fogékony szervezetek élőhelyének kiterjedtsége határozza meg.

Bizonyos vírusoknak mindig van meghatározott fajú gazdaköre. Érdekes, hogy a növények vírusai nem fertőznek meg embereket, állatokat és baktériumokat, a baktériumok vírusai pedig nem fertőznek növényeket és állatokat, míg az emberi és az állati vírusok ártalmatlanok a növényekre és a baktériumokra nézve.

Másrészt, az egyazon fajhoz tartozó szervezetek, például az ember többféle vírussal fertőződhet; ezek a vírusok különböző szövetek és szervek sejtjeiben élősködhetnek, egyebek mellett a légzőszerveket, emésztőszerveket, bőrt támadják meg. Egyes vírusfertőzések ugyanakkor csak az emberre (hepatitis B, HIV) vagy bizonyos állat- (száj- és körömfájás, kutyapestis), növény-, gomba-, vagy baktériumfajokra jellemzők. Ismeretesek viszont olyan vírusok, amelyek széles körben fertőzik meg a gazdaszervezeteket, például közösek az ember és a háziállatok esetében (kullancs-encephalitis, veszettség, sárgaláz).

A virusok alkalmazkodása az élősködő életmódhoz a gazdaszervezetek hatékony fertőzésének módjaiban nyilvánul meg. Megvizsgáljuk, hogyan terjed rá a vírusfertőzés

az emberre. A légzőszerveket megbetegítő kórokozók virionjai a levegőben, cseppfertőzés útján terjednek (influenza); az emésztőszerveket megtámadók étellel és vízzel fertőznek (hepatitis A[1]); a testtakarót megbetegítők a nyálkahártyákon keresztül hatolnak be a szervezetbe (herpesz, himlő, papillóma).

A virionok terjesztői gyakran a különféle ízeltlábúak, elsősorban a vérszívó szúnyogok (sárgaláz, a nyugat-nílusi láz) és a kullancsok (tajgai vagy kullancs-encephalitis). A fertőzés oka lehet az egészségügyi előírások be nem tartása vérátömlesztés vagy sebészeti beavatkozások során (hepatitis B, HIV). Egyes vírusok szexuális érintkezéssel terjednek (herpesz, HIV, hepatitis C).

A vírusok szervezetbe való bekerülése nem mindig jár betegség kialakulásával. Ez attól függ, mennyire érzékeny a gazdaszervezet, milyen immunrendszerének az állapota, a vírusrészecskék koncentrációja és ***patogenitása*** (***megbetegítőképessége***).

Elég gyakran alakulnak ki kedvező feltételek a vírusok terjedéséhez, ami járványos fertőzést idéz elő (influenza, skarlát, AIDS). A járványt szakszóval ***epidémiának*** nevezik, a görög eredetű kifejezés valamely betegség egy adott helyen való tömeges előfordulását jelöli.

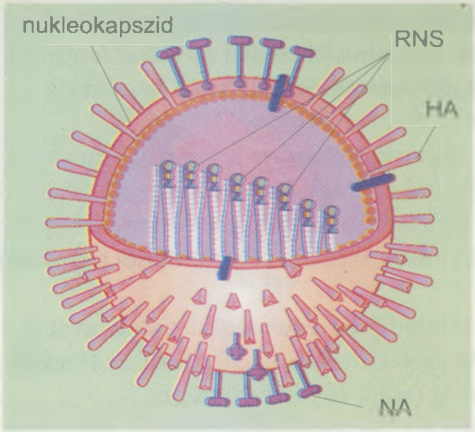
Megemlítendő, hogy az emberiséget valaha ért katasztrófák sorában fontos helyen áll az 1918-ban kitört influenzajárvány, amit spanyolnáthaként emlegetnek. Ez a járvány több mint 50 millió emberéletet követelt (összehasonlításul: a második világháború hat éve során is közel 50 millió volt a halálos áldozatok száma).

A tudományt, amely a járványok lefolyásának törvényszerűségeit, a fertőző betegségek kitörésének és terjedésének okait kutatja és a megszerzett ismereteket a leküzdésük érdekében alkalmazza, ***epidemiológiának*** vagy ***járványtannak*** nevezzük. A járványtan fejlődéséhez jelentős mértékben hozzájárult D. K. Zabolotnij, ismert ukrán tudós. A járványtan alaptétele szerint járvány csak akkor tör ki és terjed, ha ehhez adottak a következő elsődleges tényezők: a fertőző forrás megléte, a fertőzés terjedési mechanizmusának működése, a gazdaszervezetként szolgáló népesség nagyfokú érzékenysége a fertőzéssel szemben. Ha ezek közül akárcsak egy tényezőt kiiktatunk, akkor a járvány terjedése megszakad. Épp ezen alapulnak a fertőző betegségek megelőzésének módszerei.

A megelőző intézkedések helyes alkalmazása érdekében a betegség kórokozójának pontos meghatározására (diagnosztizálására) van szükség. Az ilyen diagnózis lehetővé teszi a vírus biológiájának megértését, közte terjedési módját, az egyes sejteket vagy szerveket károsító képességét, a megelőzés hatékony módszerének meghatározását. A járványügyi folyamat fejlődését két olyan vírussal, az influenzával és az emberi immunhiánnyal kapcsolatos konkrét példákon vizsgáljuk meg, amelyek tulajdonságaikat illetően jelentős mértékben különböznek egymástól.

• **Influenzavírus.** Az influenza vírusa az összetett vírusokhoz tartozik (*idézzétek fel, milyen sajátosságaik vannak*). Genetikai információja nyolc egyszálas RNS-molekulában van kódolva (32.1. ábra).

[1] Hepatitis – májgyulladás

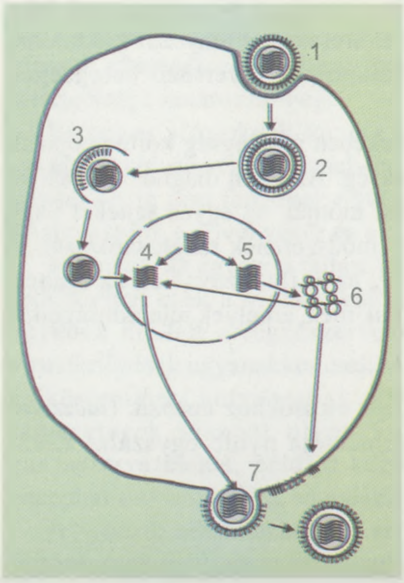


32.1. ábra. Az influenzavírus vázlatos szerkezete: NA és HA – felszíni fehérjék

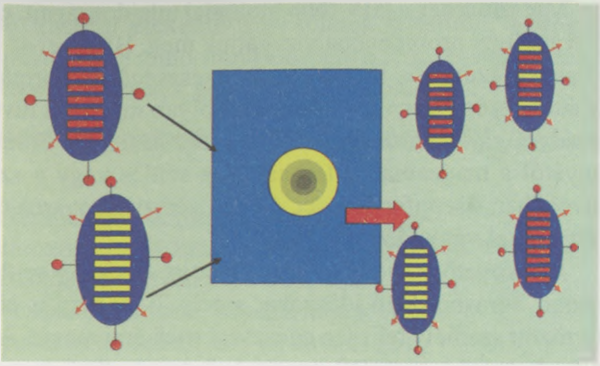
Az influenzavírus levegő útján, cseppfertőzéssel terjed, és a felső légutak nyálkahártyáját károsítja. Molekula-receptoraikkal (*keressétek meg ezeket a 32.1. ábrán*) a hámsejtekhez tapadnak, és a vírus RNS-se a citoplazmán keresztül a magba hatol. A sejtben megtörténik a vírus önszerveződése, amit a sejtstruktúrák roncsolódása és a vírusrészecskék sejtközi térbe történő kiürülése kísér (32.2. ábra). Amikor ilyen sejtekből sok van a hámszövetben, akkor jelentkeznek a fertőzés tünetei. Ha a szervezetben felhalmozódnak a roncsolódott sejtrészecskék, akkor köhögés, lázas állapot jelentkezik. A vírusrészecskék a köhögéssel a külvilágba nyálcseppekkel kikerülve az egészséges emberek nyálkahártyájára kerülnek. Ezáltal kezdetét veheti az influenzajárvány, ami leggyakrabban ősszel és télen fordul elő (*gondolkodjatok el azon, hogy miért*).

Miért betegednek meg az emberek majdnem évente influenzában? Az immunrendszernek meg kellene védenie a szervezetet ezzel a vírussal szemben, de ez mégsem így történik. A kérdésre, hogy miért, a válasz egyszerű: minden évben, amikor elkezdődik az influenzajárvány, az emberek rendszerint új vírussal találják magukat szemben, amelynek a korábbiakhoz képest megváltozott a genetikai információja (mutáción ment át). Ezért nem tudja a szervezetünk legyőzni az influenzát okozó vírust.

Hogyan keletkeznek a módosult genetikai információt hordozó mutáns vírusok? Mindenekelőtt nem szabad elfelejteni, hogy a vírus RNS-e magától is megváltozhat (a genetikai információ átírása során bekövetkező hibák nyomán). A fő ok azonban az, hogy az emberi influenzát okozó vírusok szerkezete és sajátosságai hasonlítanak a vadon élő madarak és a sertések influenzáját kiváltó kórokozókéira. Létezik olyan tudományos feltételezés, hogy az emberi populációba a madaraktól került be az influenzavírus. Ezt látszik alátámasztani az a tény, hogy a madárinfluenza virionjának burkában 25 felszíni



32.2. ábra. Az influenzavírus életciklusa: 1 – a vírus kapcsolódása az érzékeny sejthez; 2 – vírust tartalmazó endoszóma (hólyagocska) képződése; 3 – membránok összeolvadása és a vírus RNS-ének bejutása a citoplazmába; 4 – a vírus RNS-ének behatolása a sejtmagba; 5 – a vírus RNS-ének transzkripciója és replikációja; 6 – a vírus szerkezeti fehérjéinek szintetizálódása és a virionok önszerveződése; 7 – a virionok kiürülése a sejtből

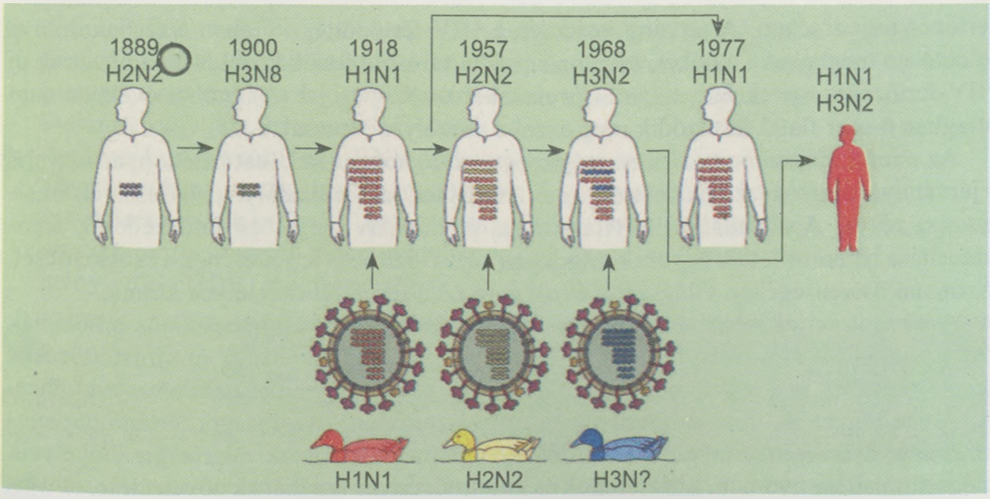


32.3. ábra. Különböző törzsekhez tartozó influenzavírusok RNS-molekularészeinek kicserélődése: 8 vörös és 8 sárga csík – két eltérő törzs RNS-elemei

fehérjetípust mutattak ki, miközben a sertés- és emberi influenza kórokozójában közülük csak néhányat találtak. A világközvéleményt azért nyugtalanítja a „madárinfluenza" embereket megbetegítő esetleges járványa, mert ennek a kórokozónak a virionjában olyan fehérjét találtak, amelyet korábban nem mutattak ki a H5N1 emberi vírus burkában.

Hogyan tesz szert új jegyekre a vírus? Ugyanabba a sejtbe gyakran nem egy, hanem két vagy több törzshöz tartozó vírus jut be. Ezek kicserélhetik egymás között egy vagy több RNS-szakaszukat (32.3. ábra). Ilyen módon keletkeznek az új, korábban ismeretlen tulajdonságokkal rendelkező vírusok. Azt feltételezik, hogy így jött létre az 1918-as spanyolnátha járványt előidéző influenzavírus is (32.4. ábra).

• **Az emberi immunhiány vírusa (HIV).** A HIV halálosan veszélyes betegség, a szerzett immunhiányos tünetegyüttes – angol rövidítéssel: AIDS – kifejlődését okozza. (AIDS kialakulhat néhány más okból kifolyólag is, amikor az immunrendszer nem képes reagálni a különböző betegségek szervezetbe bejutott kórokozóira.) A HIV kórokozóját 1983-ban fedezték fel a párizsi Pasteur Intézet tudósai, Francoise Barré-Sinoussi és Luc Montagnier, amiért 2008-ban orvosi Nobel-díjat kaptak.



32.4. ábra. Az emberi influenzavírus egymás után következő törzsei (evolúciója)

Már ismeritek a HIV főbb biológiai tulajdonságait, ezért most az AIDS-szel kapcsolatos járványügyi problémákat vizsgáljuk meg. HIV-vel az emberek HIV-fertőzött személlyel létesített szexuális kapcsolat, az egészségügyi normák megsértésével történő vérátömlesztés, gyógyszer vagy kábítószer olyan injekciós tűvel való beadása során fertőződnek, amelyet előtte vírushordozó személy használt. Emellett a vírus átadódhat a fertőzött anyától a magzatnak a terhesség, a szülés vagy a szoptatás során. A HIV nem terjed levegőben, cseppfertőzéssel, étellel, vérszívó rovarok és kullancsok csípésével, használati tárgyakkal vagy kézfogással.

Azt követően, hogy a vírus bejut az érzékeny sejtbe, elkezdődik a HIV-fertőzés lappangó, vírushordozó időszaka, amely 7–10 évig is elhúzódhat. Ebben az időszakban a fertőzött személy teljesen egészségesnek érzi magát. Azonban előbb vagy utóbb megjelenik a betegség, az AIDS, amely 1–3 évig tarthat, és mindig halállal végződik. Mostanáig egyetlen olyan esetet sem jegyeztek fel, amikor HIV-fertőzésből valaki meggyógyult volna. Ez azzal magyarázható, hogy a HIV saját genetikai információját kétszálas DNS alakjában beépíti a sejt kromoszómájába. A sejt és a szervezet ezt követően örökös vírushordozóvá válik. Mivel a vírus az immunrendszer sejtjeit, köztük a T-limfocitákat és a makrofágokat károsítja, az AIDS kifejlődésekor tömegesen pusztulnak el a fertőzött sejtek. Ilyenformán az immunrendszer nem hatástalanítja a különböző betegségek kórokozóit. Ezért a beteg nem az immunhiány vírusától hal meg, hanem egyéb olyan fertőzésektől (például szájpenész gombától), amelyek kórokozóit a szervezet immunrendszere normális körülmények között elnyomja. Az elmúlt 25 év során az emberi immunhiány vírusa elterjedt a különböző országok, köztük Ukrajna lakosságán belül, és az AIDS ***pandémiás*** (világjárványos) jelleget öltött, és érinti a Föld országainak többségét.

Az AIDS pandémia egyedi jelenségnek számít az emberiség történetében a fertőzés terjedésének léptékét és a következmények nagyságát tekintve. 1981-től, az első eset feljegyzésétől kezdődően, az AIDS 20 millió ember halálát okozta, és a világban további 44 millió a HIV-fertőzöttek száma. Az AIDS megbetegedések számának növekedése gyakran nem jelezhető előre, mivel helyenként változik a vírus fertőzésének módja. Például Ukrajnában korábban a HIV-fertőzés az injekciós fecskendőket használó kábítószeresek körében terjedt, míg újabban a heteroszexuális nemi kapcsolatok dominálnak a fertőzés terjedésében. A járvány kezdetén a HIV-fertőzöttek körében a férfiak aránya jelentősen meghaladta a nőkét, míg manapság a vírushordozók közel 50%-a nő, és az új HIV-fertőzéses esetek fele a 15–24 évesek korcsoportjára jut. Az utóbbi években napi átlagban 6 ezer fiatal fertőződik meg ezzel a veszélyes vírussal.

Az elmúlt időszakban az emberiség megtanulta, hogyan szállhat hatékonyan szembe a járvánnyal új gyógyszerek bevezetése és a vírus terjedését akadályozó módszerek alkalmazása révén. A társadalom felvilágosítása és intenzív megelőző intézkedések foganatosítása lehetővé tették egyes országokban a HIV-fertőzés terjedésének csökkentését. Azonban összességében világszerte évről évre nő a fertőzött személyek száma.

A vírusok terjedésével és a vírusbetegségek járványtanával kapcsolatos problémák összegezéseként elmondható, hogy az ember vezető szerepet játszik új vírusfertőzések megjelenésében és a régiek megbetegítőképességének (patogenitásának) növekedésében. Az olyan tényezők, mint az emberek és élelmiszerek nagy távolságra történő tömeges szállítása, a levegőszennyezés, az erdők kivágása, a vadállatok migrációja élőhelyeik megsemmisítése nyomán, a háziállatok és kultúrnövények areáljának növekedése, ugyanazoknak a mezőgazdasági kultúráknak bizonyos területen való tartós termesztése, a vérát-

ömlesztés szabályainak megsértése, alkalmi szexuális kapcsolatok létesítése, a drogok használata, a nagyvárosok féktelen növekedése mind-mind elősegíti a fertőzések terjedését az emberi közösségeken belül és kedvez a vírusok genetikai módosulásának.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Megbetegítőképesség, járványtan, pandémia.***

A vírusok elterjedtségét a bioszférában az iránttuk érzékeny szervezetek élőhelyének kiterjedtsége határozza meg. Bizonyos vírusoknak mindig van meghatározott fajú gazdakörre. A növények vírusai nem fertőznek meg embereket, állatokat és baktériumokat, a baktériumok vírusai pedig nem fertőznek növényeket és állatokat, míg az emberi és az állati vírusok ártalmatlanok a növényekre és a baktériumokra nézve.

Az ugyanahhoz a fajhoz tartozó szervezetek többféle vírussal fertőződhetnek, ezek különböző szövetek és szervek sejtjeiben élősködhetnek. Egyes vírusfertőzések csak az emberre vagy bizonyos állat-, növény-, gomba-, vagy baktériumfajokra jellemzők. Ismeretesek viszont olyan vírusok, amelyek széles körben fertőzik meg a gazdaszervezeteket, például közösek az ember és a háziállatok esetében (kullancs-encephalitis, veszettség, sárgaláz).

A lényegre rövide

A vírusok alkalmazkodása az élősködő életmódhoz a gazdaszervezetek hatékony fertőzésének módjaiban nyilvánul meg. A légzőszerveket megbetegítő kórokozók virionjai a levegőben, cseppfertőzés útján terjednek (influenza); az emésztőszerveket megtámadók étellel és vízzel fertőznek (hepatitis A); a testtakarót megbetegítők a nyálkahártyákon keresztül hatolnak be a szervezetbe (herpesz, himlő, papillóma). A virionok terjesztői gyakran a különféle ízeltlábúak, elsősorban a vérszívó szúnyogok (sárgaláz) és a kullancsok (kullancs-encephalitis). A fertőzés oka lehet az egészségügyi előírások be nem tartása vérátömlesztés vagy sebészeti beavatkozások során (hepatitis B, HIV). Egyes vírusok szexuális érintkezéssel terjednek (herpesz, HIV, hepatitis C).

A tudományt, amely a járványok lefolyásának törvényszerűségeit, a fertőző betegségek kitörésének és terjedésének okait kutatja és a megszerzett ismereteket a leküzdésük érdekében alkalmazza, epidemiológiának vagy járványtannak nevezzük.

A vírusok mutációk vagy RNS-szakaszaik egymás közötti cseréje következtében genetikailag módosulhatnak. Ez a sajátosságuk kedvez új vírusrészecskék és fertőző betegségek, például a halálos betegséget, szerzett immunhiányos tünetegyüttest (AIDS) okozó emberi immunhiány vírusa (HIV) megjelenésének.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen módjait ismeritek az emberek, állatok és növények vírusokkal való fertőzésének a természetben?* 2. *A vírusfertőzések megelőzésének milyen módszereit ismeritek?* 3. *Hogyan fejlődik ki a járvány?* 4. *Melyek az influenzavírus és a HIV fő tulajdonságai?*

Gondolkozzatok el rajta! *Miért a világ szegény országaiban van a legtöbb HIV-fertőzött?*

33.§. A VÍRUSFERTŐZÉSEK MEGELŐZÉSE ÉS GYÓGYÍTÁSA

Idézzétek fel! *Milyen az emberi immunrendszer? Az immunitás milyen típusait ismeritek? Mi a védőoltás (vakcina), és milyen célból alkalmazzák? Mi a lizocim, az interferon, a makrofágok?*

• A vírusfertőzések megelőzése. A vírusfertőzések jelentős károkat okoznak az emberek egészségében, komoly veszteségeket idéznek elő az állattenyésztésben, növénytermesztésben és a mikrobiológiai iparban. A virológusok ezért keresik a módját, miként lehetne hatékonyan megelőzni és gyógyítani a különböző szervezetek vírusok által okozott megbetegedéseit. Mivel a vírusok sejten belüli paraziták, mostanáig nem sikerül olyan hatékony gyógyszereket kifejleszteni ellenük, amelyekkel le lehetne küzdeni a kórokozókat a gazdaszervezet minden sejtjének egyidejű veszélyeztetése nélkül. Következésképpen, jelenleg a vírusellenes stratégia fő iránya a vírusfertőzések megelőzése. A megelőzés módszerei és eszközei három csoportra oszthatók:

• a kórokozó terjedési forrásának megszüntetésére irányuló intézkedések (például a betegek elkülönítése) foganatosítása;

• a kórokozónak a fertőzött személyről az egészségesek emberekre való átterjedését lehetővé tévő mechanizmus megszakítására irányuló intézkedések foganatosítása: védőmaszk használata, tisztálkodási és tisztítószerek, a vírusokat terjesztő vérszívó rovarok elleni készítmények alkalmazása;

• a lakosság fertőzéssel szembeni védetté tételére irányuló intézkedések (tömeges védőoltás) alkalmazása.

Már tudjátok, hogy E. Jenner himlő elleni vakcinájának a felfedezése és L. Pasteur kísérletei után lehetővé vált a lakosság tömeges beoltása (vakcinálása). Ennek köszönhetően sikerül jelentős mértékben visszaszorítani az egyes vírusos megbetegedéseket. 1981-ben az Egészségügyi Világszervezet (WHO) bejelentette, hogy az átfogó védőoltásoknak és egyéb megelőző intézkedések foganatosításának köszönhetően a feketehimlő eltűnt a bioszférából, vagyis ez a betegség megszűnt fenyegetni az emberiséget.

• A vírusfertőzésekkel szembeni ellenállóképesség kialakulásának mechanizmusa. Ha a szervezetet valamely vírus legyengített, inaktív tenyészetével oltják be, akkor aktiválódik az immunrendszere és készen áll arra, hogy szembeszálljon ennek a vírusnak a magas fokú megbetegítőképességgel rendelkező törzsével.

Kiderítjük, hogyan alakul ki az emberi szervezetben az immunitás, amikor a vérbe például tehénhimlő vírusából készült vakcinát juttatnak. Amikor a vírus megjelenik a szervezetben, a fehérvérsejtek (limfociták) egyes típusai olyannak ismerik fel a felszíni fehérjéit, mint amelyek nem jellemzőek, idegenek, vagyis *antigének* az emberi szervezet számára. Válaszul a speciális B-limfociták különleges fehérjéket, *antitesteket* – immunoglobulinokat – termelnek, amelyek semlegesítik az antigéneket. Az antitestek különleges mechanizmust, az *immunemlékezetet* hozzák működésbe. Ez abban nyilvánul meg, hogy ha valamely antigén ismételten bejut a szervezetbe, akkor gyorsan nagy mennyiségű, a betegség kifejlődését megakadályozó antitest képződik ellene.

Megállapították, hogy az emberre nézve halálos himlővírus nagyon hasonló a tehénhimlővírushoz, így a felszíni fehérjéik gyakorlatilag egyformák. Ha tehénhimlővírust

juttatnak az emberi szervezetbe védőoltás részeként, akkor olyan antitestek képződnek benne, amelyek hatékonyan leküzdik az emberi himlő vírusait. Vagyis az immunemlékezetnek köszönhetően az ember védetté vált a himlőmegbetegedésekkel szemben. Valamennyi korszerű antivirális szer a következő mechanizmus szerint működik: a szervezetbe legyengített vírusokat vagy vírusfehérjéket juttatnak, amelyekre válaszul antitestek termelődnek és immunemlékezet alakul ki. Vagyis a védőoltás ellenállóvá teszi a szervezetet az adott vírussal szemben sok évre vagy az egész életre.

33.1. ábra. A gyermekbénulás (poliomyelitis) rokkantságot okoz

Az immunizációnak köszönhetően az emberiség gyakorlatilag megszabadult még egy súlyos fertőző betegségtől, a gyermekbénulástól. A múlt század közepéig ez a betegség az egyik legveszélyesebb kórnak számított, mivel a fertőző virionok a bélcsatornán át jutottak be az emberi szervezetbe, majd megtámadták a neuronokat. A fertőzött embernél bénulás alakult ki, mert az idegimpulzusok nem tudtak eljutni a vázizmokhoz (33.1. ábra). Ahogy a 33.2. ábrán látható, a védőoltások harminc éven át történő alkalmazása gyakorlatilag megszüntette a gyermekbénulás előfordulását. Manapság hatékony védőoltás áll rendelkezésre a sárgaláz, a veszettség, a kullancs-encephalitis, a kanyaró és sok más betegség vírusa ellen. A hepatitis B vírus elleni vakcina egyidejűleg egyes daganatos megbetegedések megelőzésére is szolgál, mivel ez a vírus idézi elő a máj rosszindulatú daganatát.

A tudósok és orvosok, ismerve az influenzavírus biológiai tulajdonságait, hatékony módszereket alkalmaznak a fertőzés terjedésének megelőzése érdekében. Ilyen intézkedés a betegek elkülönítése (az influenzás fertőzés klinikai tüneteinek megjelenése után),

33.2. ábra. A gyermekbénulásos esetek előfordulási gyakorisága az utóbbi évtizedekben

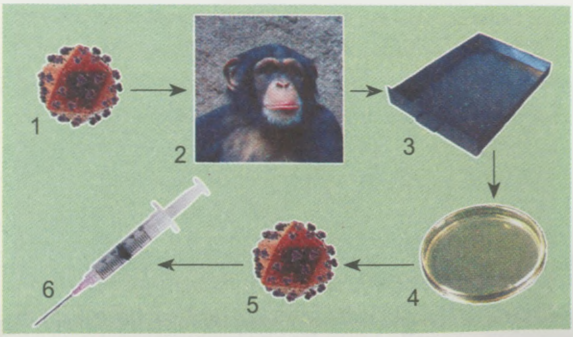
tömegrendezvények megtartásának tiltása, védőmaszkok alkalmazása a virionok levegő útján, nyálcseppekkel való terjedési kockázatának csökkentése érdekében. Az influenzavírus magas fokú változékonysága miatt mostanáig nem sikerül hatékony védőoltást kifejleszteni a különböző változatai ellen, jóllehet gyakran oltják be a lakosságot az influenzavírus várható törzse ellen.

Azonban az emberi immunhiány vírusának példája azt mutatja, hogy az influenzavírus terjedésének megelőzésére alkalmazott módszerek nem hatékonyak a HIV/AIDS járvány esetében. A gyermekbénulás és a kanyaró elleni hatékony védőoltáshoz hasonló vakcina egyelőre nem létezik az emberi immunhiány vírusa ellen. Ez azzal magyarázható, hogy a HIV genetikai anyagában óriási a módosulások száma. Tehát a HIV-fertőzéssel szembeni leghatékonyabb védelem az egészséges életmód folytatása. Ez elsősorban azt jelenti, hogy tartózkodni kell a rendszertelen nemi kapcsolatok létesítésétől és a kábítószerek használatától, mert a vírus jelenleg ezen az úton terjed a fiatalok körében.

Vagyis immunitás akkor fejlődik ki, amikor a szervezet kigyógyult a fertőzéses megbetegedésből vagy mesterségesen antigénnek – vakcinával – oltották be. Az ilyen típusú immunitást ***specifikusnak*** vagy ***szerzettnel*** nevezzük. Az immunitás lehet ***nem specifikus***, azaz ***veleszületett*** vagy természetes. Ez a humorális (lizocim, interferon) és sejtes (limfociták, makrofágok) tényezőkön alapul. A nem specifikus immunitás bármilyen törzshöz tartozó vírussal szemben felveszi a küzdelmet, ahogy az elnevezése is mutatja. Rendszerint a rövid lappangási idejű fertőzések esetében, amikor még nem jelentkeznek a tünetek, a nem specifikus immunitás jelenti a fő akadályt a betegség kifejlődése előtt.

A specifikus immunitás létrehozása céljából többféle vakcinát alkalmaznak. *Élőnek* nevezik az olyan vakcinát, amely a szervezet sejtjeibe való behatolási képességüket megtartó, de patogenitásukat vesztett vírusrészecskéket tartalmaz (33.3. ábra). *Inaktív* az a vakcina, amelynek összetételében toxikus anyagokkal (például formalinnal) vagy röntgensugarakkal kezelt, elölt vírusok vannak; az ilyen vírusok nukleinsava nem alkalmas genetikai információjának a replikációjára. Az *alegység* vakcinák összetételében nem egész vírusrészecskék találhatók, hanem csak egyes vírusfehérjék. Vagyis minden vakcina esetében a gazdaszervezet által antigénként azonosított, a megfelelő antitestek termelését stimuláló vírusfehérjék találhatók.

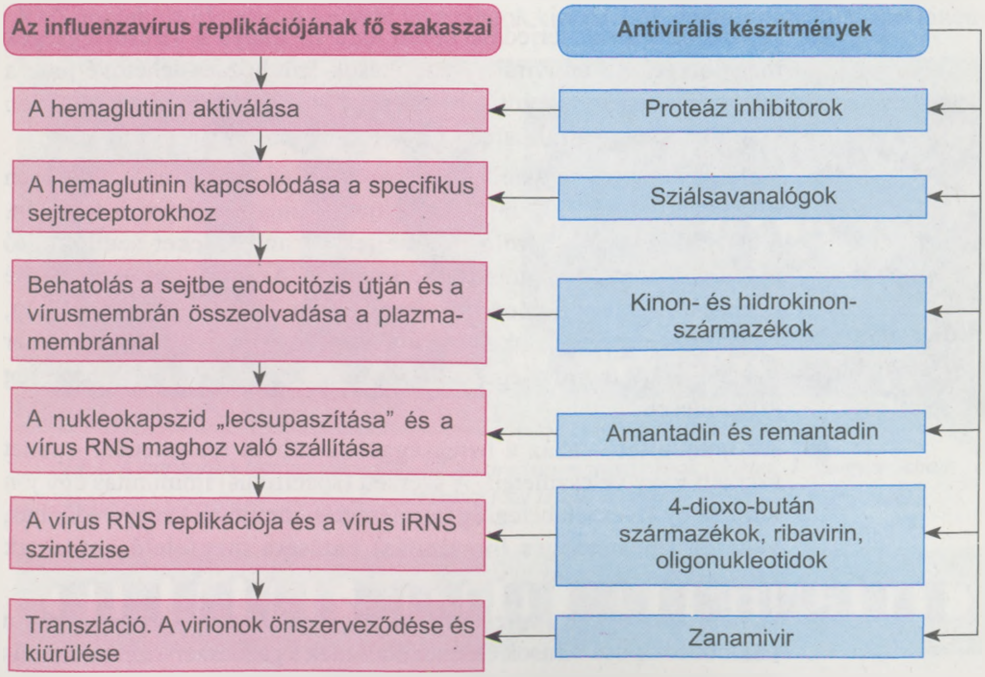
A jövő ma még csak kidolgozás alatt álló védőoltása a *szintetikus* (az antigénjeiket kémiai eljárással szintetizálják) és a *DNS-vakcina*. A DNS-vakcinával a szervezetbe kétszálas DNS-szakaszként juttatják be az antigénre vonatkozó genetikai információt; ennek köszönhetően az antigén az emberi szervezet sejtjeiben szintetizálódik.



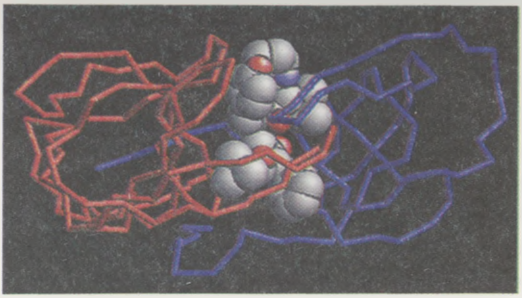
33.3. ábra. Az élő vakcina előállításának vázlata: 1 – patogén vírus; 2 – a majom újraismételt fertőzéssorozata; 3 – sejttenyészet nyerése; 4 – a majom kontrollfertőzése a vírus aktivitásának ellenőrzése végett; 5 – a vírus elkülönítése és tisztítása; 6 – készítmény előállítása

A vakcinák összetételében a hosszú eltarthatóságukat biztosító tartósítószerek, a szervezet immunválaszát felerősítő anyagok és pufferoldat van. Országunkban kötelező a gyermekek egyes vírusbetegségek (hepatitis B, poliomyelitis, kanyaró, bárányhimlő, mumpsz) elleni beoltása. Gyakori, hogy nem az egész lakosságot oltják be valamilyen fertőzés ellen, hanem csak a népességnek azt a részét, amelynél a legnagyobb a fertőződés kockázata. Például a kullancs-encephalitis ellen csak azokat oltják be, akiknek a munkája az erdőhöz, a természethez kötődik (erdészek, geológusok, vadászok). Sárgaláz ellen az Afrika vagy Latin-Amerika egyes országaiba utazó turistákat oltják be. ***Jegyezzétek meg:*** egyes vírusfertőzések kórokozói ellen kötelező a védőoltás, míg a többi esetében csak a fertőződés kockázata esetén.

• **Antivirális gyógyszerek.** Ha a szervezet immunrendszere nem képes ellenállni a vírusfertőzésnek, akkor jelentkezik a betegség. Majdnem mindegyik baktérium- és gombabetegség specifikus gyógyszerekkel (antibiotikumokkal, gombaölő szerekkel) gyógyítható. Azonban a vírusfertőzések kórokozóival ezek a gyógyszerkészítmények nem eléggé hatékonyak. A vírusfertőzések leküzdésére vagy természetes anyagokat (például interferont), vagy a hatásukat tekintve a természetes anyagokhoz közeli szintetikus készítményeket használnak. Az interferon elnyomja a legtöbb vírus szaporodását a gazdaszervezet sejtjeiben. Antivirális gyógyszerek készítése igen nehéz feladat, mert ezeknek úgy kell leküzdeniük a fertőző kórokozót, hogy közben nem befolyásolják a sejtek szerkezetét és anyagcseréjét. Jelenleg sok hatékony készítmény áll rendelkezésre, amelyek a vírusok életműködésének különböző szakaszaira hatnak. Ismerkedjetek meg a legelterjedtebb antivirális készítmények fő célpontjaival (nem kell megjegyeznetek) (33.4. ábra).



33.4. ábra. Az antivirális készítmények fő célpontjai az influenzavírus példáján



33.5. ábra. A HIV-enzim (proteáz) aktív központjának modellje és inhibitora: vörös és kék vonalak – a proteáz két alegysége, fehér molekula – az aktív központhoz kapcsolódó inhibitor

A hatékony antivirális készítmények előállítása felé tett fontos lépés volt a vírusenzimeket gátló anyagok (*inhibitorok*) kémiai szintézise. Az ilyen készítmények kizárólag a vírus fehérjeenzimjének aktív központjához kötődnek és gátolják a működését. Az emberi immunhiány vírusának fehérjeszintézisét biztosító enzimet gátló anyag alkalmazása lehetővé tette a betegek életének sok évvel való meghosszabbítását (ezért az ilyen modern gyógyszerek a nagy hatékonyságú antiretrovirális terápia – HAART – elnevezést kapták).

A modern tudomány fejlődése, a szintéziskémia, a virológia és a bioinformatika vívmányainak egyesítése felcsillantja magas hatásfokú (a HIV-proteáz inhibitorához hasonló) antivirális készítmények rövid időn belüli előállításának reményét (33.5. ábra).

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Specifikus és nem specifikus immunitás, inhibitor.***

A lényegről röviden

- A vírusfertőzések terjedése elleni harc fő iránya a vírusbetegségek megelőzése. Az antivirális védőoltások létrehozása lehetővé tette a lakosság tömeges beoltását vírusfertőzések ellen. Ez jelentősen csökkentette egyes vírusfertőzések terjedését.
- Amikor a vírus megjelenik a szervezetben, az immunrendszer idegen testekként (antigénekként) azonosítja virionjainak felszíni fehérjéit. Válaszul a vírusbehatolásra a sejtek az antigéneket semlegesítő antitesteket (immunoglobulint) termelnek. Az antitestek működésbe hozzák az immunemlékezet mechanizmusát. Ez abban nyilvánul meg, hogy amikor a szervezetbe ismételten bekerül valamely antigén, akkor gyorsan nagy mennyiségű antitest képződik, ami gátolja a betegség kifejlődését.
- Az immunitás – azaz a betegséggel szembeni rezisztencia – lehet szerzett vagy veleszületett. A szerzett (specifikus) immunitás úgy jön létre, hogy átvészelt betegség (természetes immunitás) vagy védőoltás, vakcina (mesterséges immunitás) hatására megfelelő antitestek képződnek.
- A nem specifikus (veleszületett vagy természetes) immunitás a különböző típusú vírusok életműködésének a gazdaszervezet humorális (interferon, lizocim) és sejtes (limfociták, makrofágok) faktorai által történő elfojtásán alapul.

Önellenőrző kérdések

1. *Mi a vírusfertőzések megelőzésének a lényege?* **2.** *Milyen szerepe van a védőoltásnak a vírusfertőzések elleni harcban?* **3.** *Milyen antivirális vakcinákat ismertek?* **4.** *Minek köszönhetően tudják a vírusok megkerülni a gazdaszervezet védőmechanizmusait?* **5.** *Az immunitás milyen típusai védenek a vírusfertőzésekkel szemben?* **6.** *Mit tudtok az antivirális gyógyszerekről?*

Gondolkozzatok el rajta! *Mi a közös és az eltérő a vírus- és a baktériumfertőzésekben?*

34.§. VIROIDOK ÉS PRIONOK

Idézzétek fel! *Hogyan történik a genetikai információ továbbadása és megvalósulása a vírusok esetében?*

Megismertétek a vírusok szerkezetének és életműködésének sajátosságait, az élet sejtes formáitól eltérő tulajdonságait. Azonban az élet nem sejtes formáihoz tartoznak a viroidok és a prionok, amelyeknek a felépítése még a vírusokénál is egyszerűbb. Ezek a fertőző részecskék képesek az önreprodukcióra. Mi különbözteti meg a viroidokat és a prionokat a vírusoktól?

• **Viroidok.** A viroidokat 1971-ben fedezte fel Theodor Diener, aki a burgonya orsósgumójúság elnevezésű betegségét vizsgálta (34.1. ábra). A kutató legnagyobb csodálkozására a megtisztított kórokozó biokémiai vizsgálata során az a fehérjékre jellemző semmilyen tulajdonságot nem mutatott. Kiderült, hogy a betegséget egyszálas RNS-molekula okozza. A további viszgálatok kiderítették, hogy a molekula zárt láncú és

34.1. A burgonya fertőző viroidok okozta orsósgumójúságának tünetei: 1 – a gumókban; 2 – a növény föld feletti részén

34.2. A viroid vázlatos molekulaszerkezete: 1 – az egyszálas RNS komplementer szakaszai; 2 – az egyszálas RNS nem komplementer szakaszai

375 nukleotidból áll (34.2. ábra). Ez az RNS egyetlen fehérjét sem kódol, mivel a gazdaszervezet sejtjeiben önreprodukálódik. ***Jegyezzétek meg: a viroidok** – kismolekulájú, saját fehérjéket nem kódoló, egyszálas RNS-molekulákból álló fertőző részecskék.*

Jelenleg viroidok által okozott több növénybetegség ismert (a citrusfélék exocortis betegsége, a kókuszpálmák cadang-cadang fertőzése, az avocado fekete csíkossága). Érdekes, hogy viroidokat kizárólag növényekben találtak: emberben, állatokban és baktériumokban hasonló kórokozókat nem mutattak ki. A viroidok egyik növényről a másikra mechanikus sérüléseken át terjednek. A fertőzött sejtben a részecske a magba vagy a kloroplasztiszba kerül, ahol az RNS-polimeráz enzimet használja fel saját molekuláinak a reprodukálására. A betegség tünetei a viroid RNS-molekuláinak a fertőzött sejtben kóros (patológiai[1]) folyamatokat elindító intenzív reprodukciója nyomán jelentkeznek.

• **Prionok.** A prionok (ang. *proteinaceous infectious particle* – fertőző fehérjerészecskék) – az emberek és állatok idegrendszerét megbetegítő fehérjerészecskék. A prionok okozta fertőzést lassú lefolyás, de a tünetek töretlen fejlődése jellemzi, ami mindig a gazdaszervezet halálával végződik.

Az állatok lassú fertőzéses megbetegedéseit az ember több mint 300 éve ismeri. Ilyen betegség például a birkák súrlókórja, a kergemarhakór. Emberben a lassú fertőzést Charlton Gajdusek fedezte fel, aki a XX. sz. 60-as éveiben az új-guineai fore törzsben előforduló kuru betegséget kutatta (a kuru helyi nyelven „nevető halált" jelent). Ennek a betegségnek nagyon hosszú ideig, néhány hónaptól több évtizedig tart a lappangási ideje. Gajdusek bebizonyította, hogy ennek a fertőző betegségnek a kórokozójával a helyiek a rituális kannibalizmus[2] során, a többi között a beteg ember agyvelejének elfogyasztásával fertőződnek meg. A beteg emberekből és birkákból egy különleges fehérjét különítettek el, ami a „prion" nevet kapta. Kiderült, hogy a betegséget ennek a fehérjének a szervezetbe jutása idézi elő.

A prionok a szervezetben fertőződés vagy öröklődés, vagy bármilyen külső tényező hatása nélkül, spontán kialakulás következtében jelennek meg. Az emberben és az

34.3. ábra. 1. Normális sejtfehérje (világos színű) prion fehérjévé (sötét színű) történő átalakulása különleges szálak (fibrillumok) létrejöttével. 2. Fibrillumok

[1] Patológia a gör. *patos* – fájdalom, szenvedés és *logos* – tudomány

[2] Kannibalizmus – emberevés

34.4. ábra. A Creutzfeldt-Jacob-szindróma kórokozójának egyik terjedési útja: 1 – a táplálékkal a szarvasmarhába kerül; 2 – állatról állatra terjed az ürülékkel; 3 – a táplálékkal az emberbe jut; 4 – az agyféltekék károsodása

állatokban a prionokhoz közeli, DNS-ben kódolt fehérjét mutattak ki. Vagyis *a **prion** – különleges alakú természetes fehérje.* A 34.3. ábrán a prion fehérje kialakulása látható. Más sejtbe kerülve a prion a normális fehérjét magához hasonló fertőző formájúvá alakítja. Érdekes, hogy eközben a sejtfehérje aminosav-szekvenciája nem változik, csak a harmadlagos szerkezete módosul. A fehérje prion alakja kristályok és fonalak – fibrillumok – alakjában halmozódhat fel a sejtben, s ez okozza a kóros elváltozásokat. Ez a folyamat elsősorban az agy neuronjaiban megy végbe, amelynek következtében szivacsos encephalopathia (agyvelőgyulladás) alakul ki.

Jelenleg a különböző emlősfajokban csak egy priontulajdonságú fehérjét találtak. Az embernél a prionok olyan lassú lefolyású fertőzéseket okoznak, mint a kuru, Creutzfeldt-Jacob-szindróma, Gerstmann-Straussler betegség. Az állatok esetében leírták a birkák és kecskék súrlókórját, a szivacsos agysorvadást (kergemarhakórt) és a tyúkok, macskák, szarvasok agyvelőbetegségeit.

Az emberre nézve legveszélyesebb a Creutzfeldt-Jacob-szindróma, amelynek a példáján végigkövethető a prionfertőzés terjedése. A betegségnek többféle változata létezik. A családi variánsát a természetes fehérjét kódoló génmódosulások idézik elő, ezért a prion öröklődik, amit az elnevezése is jelez. A betegség iatrogén (orvosi) formáját az okozza, hogy fertőzött személy szöveteit vagy szerveit ültetik át más betegbe. Sporadikus alakja a normális fehérje spontán módon bekövetkező prionfehérjévé való átalakulása nyomán jön létre. A betegség egy másik formája úgy alakul ki, hogy az ember prionnal fertőzött marhaagyvelőt fogyaszt (34.4. ábra).

Prionfehérjéket az élesztőkben is kimutattak.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Viroidok, prionok.***

A lényegről röviden

- A virológia a vírusokon kívül kutatja az élet olyan nem sejtes fertőző formáit is, mint a viroidok és a prionok.
- A viroidok – egyszálas, gyűrű alakú, fehérjéket nem kódoló RNS-molekulákból álló fertőző részecskék. A növényekben fertőző betegségeket okoznak, amelyek mechanikus sérülések útján terjednek. A fertőzött sejtben a viroid a magban vagy a kloroplasztiszban az RNS-polimeráz sejtenzimet használja saját molekuláinak az önreprodukciójához.
- A prionok fertőző fehérjerészecskék, lassú lefolyású, a gazdaszervezet halálával végződő fertőző betegségeket idéznek elő az idegrendszerben.
- A prionok a szervezetben fertőzés, öröklődés vagy bármilyen külső hatás nélküli spontán keletkezés következtében jelennek meg.
- Az emberi és állati szervezetben a DNS-ben kódolt, prionhoz közeli fehérjét mutattak ki. A prion a természetes fehérje speciális alakja.

Önellenőrző kérdések

1. Mik a viroidok? Az élőlények mely törzseihez tartozó fajokban élősködnek? 2. Mi a közös és az eltérő az eukarióták és a viroidok RNS-szerkezetében? 3. Hogyan hatolnak be a viroidok a növényi szervezetekbe? 4. Mik a prionok? 5. Mi okozza a prionbetegségek kialakulását? 6. Milyen fajok szervezeteiben élősködnek a prionok? 7. Hogyan terjed a prionfertőzés?

Gondolkozzatok el rajta!

A viroidok, prionok és vírusok összehasonlításával határozzátok meg, mi bennük a közös és az eltérő!

Csoportfeladat

Különböző információforrások felhasználásával részletesen ismerkedjetek meg az olyan elterjedt vírusos betegségek életciklusával, mint amilyen az influenza és a HIV/AIDS! Rögzítsétek a HIV/AIDS és más vírusfertőzések megelőzésének módszereiről szerzett ismereteiteket azok csoporton belüli megvitatásával!

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg azt a tudományt, amely a vírusok szerkezetét és tulajdonságait, egyik gazdaszervezetről a másikra való terjedését, a vírusfertőzések gyógyítását és megelőzését vizsgálja:** *a) biotechnológia; b) citológia; c) biokémia; d) virológia!*
2. **Nevezzétek meg az egyszerű vírusok összetételében lévő vegyületeket:** *a) fehérje és nukleinsav; b) csak nukleinsav; c) fehérje, nukleinsav és lipidek; d) fehérje, nukleinsav és szénhidrát!*
3. **A vírusok a következő módon szaporodnak:** *a) partenogenezissel; b) ivarosan; c) önszerveződéssel; d) sarjadzással.*
4. **Jelöljétek meg annak a tudósnak a nevét, aki felfedezte a vírusokat:** *a) E. Jenner; b) L. Pasteur; c) D. Ivanovszkij; d) J. Watson!*
5. **Jelöljétek meg azokat a tulajdonságokat, amelyek alapján a vírusokat az élőlényekhez sorolják:** *a) a saját fehérje-szintetizáló struktúra hiánya; b) kristályosodási lehetőség; c) saját örökletes anyag megléte; d) organellumok megléte!*

6. **A vírusrészecskék összetételébe a következők tartoznak:** *a) csak DNS; b) csak RNS; c) vagy DNS, vagy RNS; d) mind DNS, mind RNS.*

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A KÉT MEGFELELŐT!

1. **Jelöljétek meg, melyek a DNS-tartalmú vírusok:** *a) T4 bakteriofág; b) dohánymozaik-vírus; c) emberi immunhiány vírus; d) herpesz vírus!*
2. **Nevezzétek meg az összetett vírusokat:** *a) A típusú influenzavírus; b) dohánymozaik-vírus; c) poliomyelitis vírus; d) emberi immunhiány vírus!*
3. **Jelöljétek meg azokat a vírusokat, amelyeket állatok (rovarok, kullancsok vagy gyűrűsférgek) terjesztenek:** *a) influenzavírus; b) dohánymozaik-vírus; c) kullancs-encephalitis; d) herpesz vírus!*
4. **Nevezzétek meg az életnek azokat a formáit, amelyek csak fehérjékből vagy nukleinsav-molekulákból állnak:** *a) bakteriofágok; b) viroidok; c) prionok; d) parvovírusok!*
5. **Nevezzétek meg az emberi sejtekben élősködő vírusokat:** *a) uborkamozaik-vírus; b) kullancs-encephalitis vírus; c) dohánymozaik-vírus; d) herpesz vírus!*
6. **Nevezzétek meg azokat a vegyületeket, amelyek előfordulhatnak az összetett vírusok burkában:** *a) DNS; b) lipidek; c) RNS; d) szénhidrátok!*

III. MEGFELELÉSI FELADATOK

1. **Hasonlítsátok össze a prionokra, vírusokra, a prokarióta és eukarióta sejtekre jellemző jegyeket:**

Biológiai rendszerek	Jegyek
A Vírusok B Prionok C Prokarióta sejt D Eukarióta sejt	1 Csak nukleinsav-molekulából állnak 2 Csak nukleoidot tartalmaznak 3 Endoplazmás retikulumot tartalmaznak 4 Fehérjékből és nukleinsav-molekulákból (DNS-ből vagy RNS-ből) állnak 5 Csak fehérje-molekulákból állnak

2. **Hasonlítsátok össze a prionok, viroidok, egyszerű és összetett vírusok szerveződésének sajátosságait:**

Biológiai rendszerek	Jegyek
A Egyszerű vírusok B Összetett vírusok C Prionok D Viroidok	1 Csak fehérje-molekulából állnak 2 Fehérje- és nukleinsav-molekulákból állnak 3 Csak nukleinsav-molekulából állnak 4 Fehérje-, lipid-, szénhidrát- és nukleinsav-molekulákból állnak

IV. KÉRDÉSEK NYITOTT VÁLASSZAL

1. *Lehettek-e a vírusok az életnek a Földön elsőként megjelent formái? Válaszotokat indokoljátok meg!*
2. *Miért csak a gazdasejtben lehetséges a vírusok szaporodása?*
3. *Miért nem sikerült eddig sok vírusfertőzés esetében hatékony vakcinát létrehozni?*
4. *Milyen lehetséges következményekkel járhat, ha egy sejten belül két vagy többféle vírus élősködik?*
5. *Miért van hosszú lappangási idejük a prion-megbetegedéseknek?*
6. *Létrejöhettek-e a viroidok a vírusrészecskék egyszerűbbé válása folytán?*
7. *Milyen intézkedésekkel lehetne felszámolni bolygónkon a HIV-fertőzést? Lehetséges-e ez egyáltalán?*

2. TÉMA EGYSEJTŰ SZERVEZETEK

- az egysejtű prokarióta és eukarióta szervezetek felépítésének és életműködésének sajátosságai;
- a prokarióták és az egysejtű eukarióták közötti különbségek;
- telepes egysejtű szervezetek;
- az egysejtű szervezetek szerepe a természetben;
- az egysejtű szervezetek jelentősége az ember és a gazdaság szempontjából;
- a mikrobiológiai ipar jelentősége az ember számára.

35.§. A PROKARIÓTA SZERVEZETEK FELÉPÍTÉSÉNEK ÉS ÉLETFOLYAMATAINAK SAJÁTOSSÁGAI

Idézzétek fel! *Milyenek a prokarióta sejtek és miben különböznek az eukarióták sejtjeitől? Mi a sejtosztódás és a sejtsarjadzás? Mi a különbség az autotróf és a heterotróf, valamint a mixotróf szervezetek között? Mi a szimbiózis és melyek a formái? Mi a fotoszintézis és a kemoszintézis?*

• **A prokarióták változatossága.** Mint már tudjátok, a prokarióták jellegzetes sajátosságai sejtes felépítésük sajátosságaival azonosak. Nincs magjuk, hiányoznak belőlük a plasztiszok, mitokondriumok, Golgi-készülék, endoplazmás retikulum, lizoszómák.

A **prokarióták** – egysejtű vagy telepes szervezetek, a méreteik nem haladják meg a 10–20 µm-t. Kizárólag ivartalanul szaporodnak (egyes képviselői esetében ismert az örökletes információ konjugációs cseréje). A prokarióták és egysejtű eukarióták kis méreteik miatt csak fény- vagy elektronmikroszkóppal vizsgálhatók. Ezeket a szervezeteket ezért ***mikroorganizmusoknak*** nevezik, a tudomány pedig, amely a vizsgálatukkal foglalkozik, a ***mikrobiológia*** nevet kapta.

A prokarióták csoportjával (35.1. vázlat) már megismerkedtetek a 23. §-ban.

35.1. vázlat. A prokarióta szervezetek osztályozása

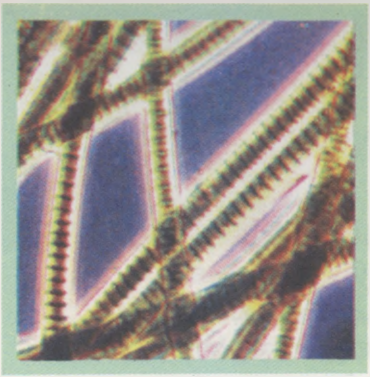
35.1. ábra. 1. Forró vizű források több mint + 100 °C-os hőmérséklettel – termofil archebaktériuok élőhelyei; 2., 3 – termofil baktériumok elektronmikroszkópos fényképfelvételei

A ***archebaktériumok országa*** – a mikroorganizmusok olyan csoportja, amely szerkezetében és életfolyamataikat illetően különbözik a többi prokariótától, a valódi baktériumoktól. Más a sejtfaluk szerkezete, némileg eltér plazmamembránjuk kémiai összetétele. Ugyanakkor az archebaktériumok örökletes anyaguknak ugyanolyanok a sajátosságaik, mint az eubaktériumoké (például egyes nukleotid-szekvenciák, exonok és intronok megléte a génekben). A sejtfal szerkezeti sajátosságai lehetővé teszik egyes archebaktériumok számára, hogy szélsőséges feltételek között létezzenek. Egyes fajaik például +85...+105 °C hőmérsékletű forró vizű forrásokban élnek (35.1. ábra)

Az archebaktériumok között vannak mind heterotróf, mind autotróf fajok, amelyek képesek fotoszintézis és kemoszintézis folytatására. Érdekességszámba mennek a fémképző baktériumok. Ezek a túl nedves talajok levegő nélküli helyein, mocsaras részein, víztárolók, víztisztítók iszapjában, a kérődző állatok recegyomrában élnek. Egyes országokban az ilyen baktériumokat biogáz szerves hulladékokból történő, ipari mértékű előállítására használják.

Az ***eubaktériumok*** vagy ***valódi baktériumok*** országához különféle sejtformájú (35.2. ábra) és életműködésű, közel 30 ezer fajt számláló prokarióták tartoznak. Ismeretesek sejtes és telepes (sztreptokokkuszok, sztafilokokkuszok) formáik. Közülük egyesek mozdulatlanok, mások ostorokkal, nyálkaelválasztás révén mozognak. Egyes baktériumok meglehetősen gyorsan mozognak; ismeretesek olyan sejtek, amelyek másodpercenként saját átmérőjük húszszorosának megfelelő távolságokat képesek megtenni.

35.2. ábra. A baktériumok különböző sejtformái: 1 – spirillium (pálcika alakú sejt, spirál alakú sejt); 2 – bacillus sejtek füzére (pálcika alak); 3 – sztreptokokkusz-telep (gömb alakú baktériumsejtek – kokkuszok)



35.3. ábra. Fonalas kékbaktérium (Oscillatoria nem)

Különleges helyet foglalnak el a valódi baktériumok között a több mint 2 ezer fajt számláló *kékbaktériumok* (35.3. ábra). Hosszú ideig ezeket a prokariótákat – abból kifolyólag, hogy a moszatokhoz és magasabbrendű növényekhez hasonlóan klorofill segítségével fotoszintetizálnak és oxigént választanak ki – a növényekhez sorolták kékmoszatok néven. Azonban a kékbaktériumok sejtfala a prokariótákra jellemző mureint tartalmaz. A fal külső részén pektinekből és részben összehúzódásra képes fehérjékből álló réteg található. A mag hiányzik. A plazmamembrán betüremkedései révén a sejtben elszórtan fotoszintetizáló készüléket tartalmazó tilakoidok találhatók.

A kékbaktériumok zömmel édesvizekben és a talajban élnek, egyesek közülük a tengerek lakói; ismeretesek olyan fajaik, amelyek szoros együttélési kapcsolatra (szimbiózis) léphetnek más szervezetekkel, például gombákkal együtt a zuzmók részeit képezhetik, és előfordulnak a kovamoszatok sejtjeiben. Egyes sejtjeik és telepeik különböző színűek lehetnek a kékeszöldtől – innen származik a korábbi elnevezésük – a vörösön át a feketéig. Az ilyen színezet annak köszönhető, hogy a sejtekben egyidejűleg van jelen a klorofill és más, élénk színű pigmentek.

• **A prokarióták életfolyamatainak sajátosságai. Táplálkozás.** A prokarióták között, mint ismeretes vannak heterotrófok (szaprotrófok, paraziták, mutualisták, kommenzalisták) és autotrófok (fototrófok és kemotrófok). A valódi baktériumok sorában kevés a fototróf szervezet: a zöld- és bíborbaktérium. Ezeknek a sejtjei különböző színűek: vörösek, narancssárgák, zöldek a speciális pigmenteknek köszönhetően. Elektrondonorként a fotoszintetizáló pigmentek redukálásához – a kékbaktériumoktól eltérően – nem vizet, hanem olyan vegyületeket és anyagokat használnak, mint a H_2S, H_2 és bizonyos szerves anyagok. Ebből kifolyólag a bakteriális fotoszintézis során nem történik oxigénkiválasztás.

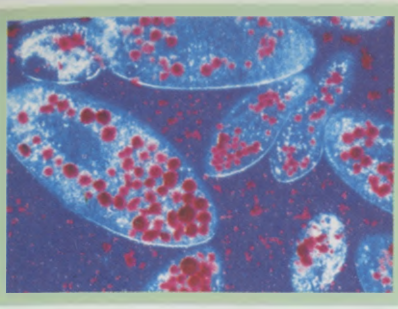
A kemotrófokhoz tartoznak a nitrifikáló baktériumok, vasbaktériumok, a színtelen kénbaktériumok. Már szó volt róla, hogy a kemoszintézis energiaellátásához ezek a baktériumok bizonyos szervetlen anyagokat oxidálnak, például az ammóniát (NH_3) salétromsav sóivá (HNO_2) – nitritekké; a nitriteket nitrátokká (a salétromsav HNO_3 sóivá); a különböző kénvegyületeket szulfátokká; a kétvegyértékű vasat (Fe^{2+}) háromvegyértékű vassá (Fe^{3+}).

A heterotróf baktériumok között vannak **szaprotrófok** – a táplálkozásukhoz különböző elhalt szerveket és más szervezetek élettevékenységének termékeit felhasználó szervezetek. Hozzájuk tartoznak a rothasztó, erjesztő baktériumok. Meg kell jegyezni, hogy a természetben nem létezik olyan szerves anyag, amelyet a baktériumok ne tudnának elbontani.

A baktériumok különböző szimbiózisformákban vehetnek részt. A különféle parazita fajok megbetegítik az embereket, állatokat, növényeket és gombákat. Ugyanakkor az, hogy a mutualista baktériumok az eukarióta szervezetben élnek, mindkét partner számára hasznos. Idézzétek fel a prokarióta és eukarióta szervezetek kölcsönösen előnyös

kapcsolatait: a gümőbaktériumok és a pillangósvirágúak együttélését, a növényevő állatok emésztőszerveiben lakó baktériumokat, a kólibaktériumot az ember bélrenszerében.

A szimbiózis érdekes példája figyelhető meg a Paramecium nemzetségbe tartozó papucsállatka és egyes baktériumfajok között (35.4. ábra). A gazdasejtben ezek a baktériumok olyan toxikus anyagot termelnek, amelyek a környezetbe kiválasztva megölik az ugyanehhez a fajhoz tartozó papucsállatkákat. Azok a papucsállatkák pusztulnak el, amelyekben nincs szimbionta baktérium, mert fogékonnyá válnak a méregre.



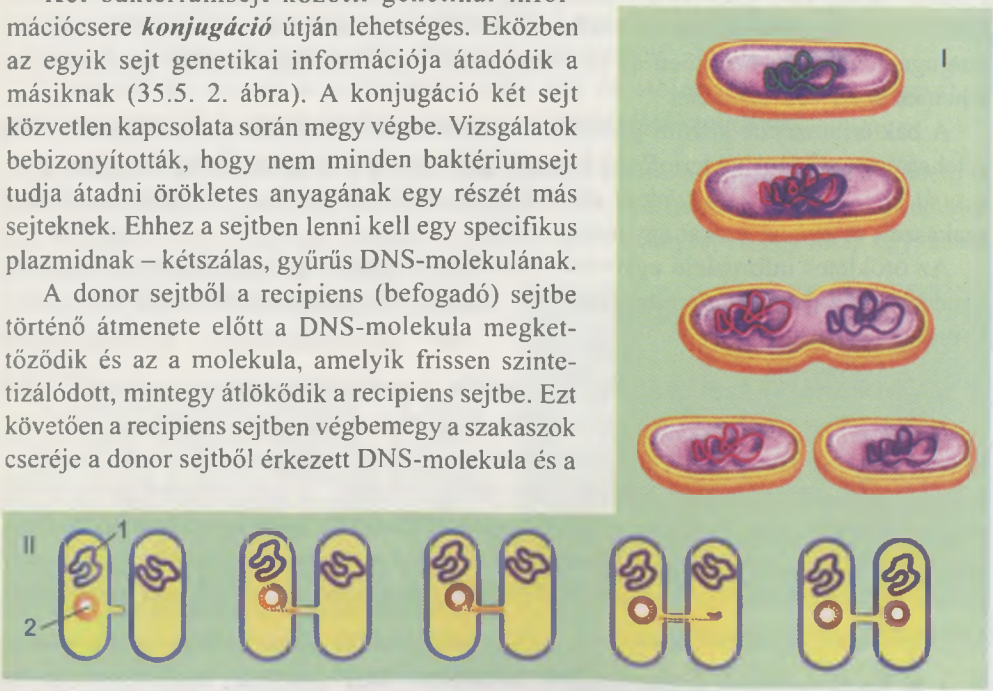
35.4. ábra. Egysejtű eukarióták: papucsállatkák (Paramecium nemzetség) szimbionta baktériummal

Légzés. Egyes prokarióta fajokra aerob, azaz légköri oxigént használó légzés jellemző, míg mások anaerob módon (oxigén nélkül) lélegeznek. Az anaerob baktériumfajok különböző típusú – tejsavas, vajsavas stb. – erjedést tudnak előidézni.

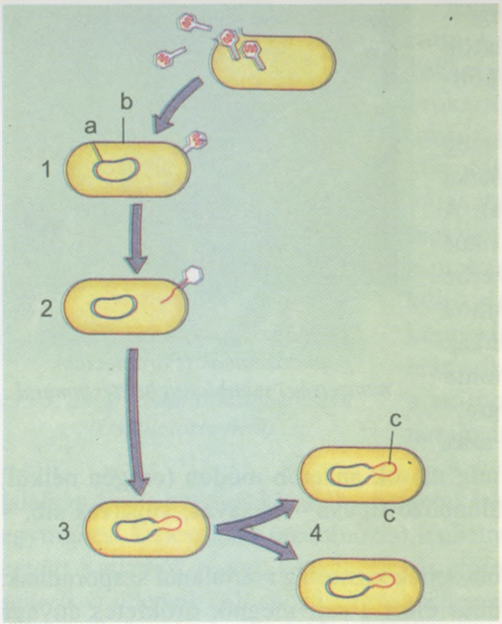
A prokarióták szaporodása. A prokarióta sejtek kizárólag ivartalanul szaporodnak: osztódással, ritkábban sarjadzással. Osztódás előtt a sejt megnő, örökletes anyaga (DNS-molekulája) megkettőződik és egyenlő mértékben megoszlik a leánysejtek között. Ilyen formán az anyasejt osztódása nyomán keletkezett mindegyik leánysejt örökletes anyagként egy-egy gyűrűs DNS-molekulát kap (35.5. 1. ábra).

Két baktériumsejt közötti genetikai információcsere ***konjugáció*** útján lehetséges. Eközben az egyik sejt genetikai információja átadódik a másiknak (35.5. 2. ábra). A konjugáció két sejt közvetlen kapcsolata során megy végbe. Vizsgálatok bebizonyították, hogy nem minden baktériumsejt tudja átadni örökletes anyagának egy részét más sejteknek. Ehhez a sejtben lenni kell egy specifikus plazmidnak – kétszálas, gyűrűs DNS-molekulának.

A donor sejtből a recipiens (befogadó) sejtbe történő átmenete előtt a DNS-molekula megkettőződik és az a molekula, amelyik frissen szintetizálódott, mintegy átlökődik a recipiens sejtbe. Ezt követően a recipiens sejtben végbemegy a szakaszok cseréje a donor sejtből érkezett DNS-molekula és a



35.5. ábra. I – a baktériumsejt osztódásának szakaszai; II – a baktérium-konjugáció folyamata (1 – a magvezet DNS-e; 2 – plazmid)



35.6. ábra. A baktériumok örökletes információja a bakteriofág vírusok közreműködésével módosulhat (a – DNS-molekula a magövezetben; b – sejtfal; c – a bakteriofág baktériumsejtbe beépült örökletes információja): 1 – a bakteriofág a baktérium sejtfalához tapad; 2 – a bakteriofág DNS-molekulája behatol a sejtbe; 3 – a bakteriofág DNS-e beépül a baktérium DNS-ébe; 4 – a baktérium osztódásakor a leánysejtek az anyasejt DNS-ével együtt megkapják a bakteriofág örökletes információjának egy részét

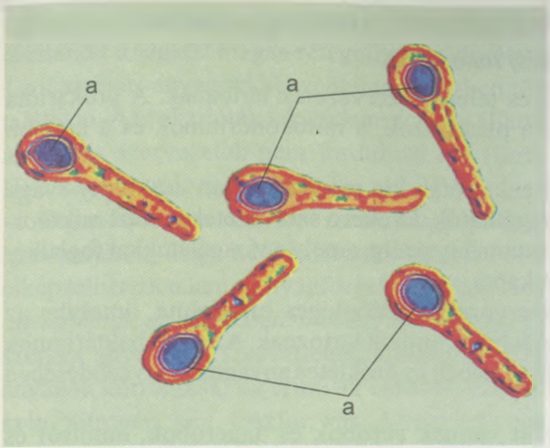
recipiens sejt magövezetének DNS-molekulája között. A konjugáció folyamata növeli a prokarióta szervezetek alkalmazkodó képességét a környezet feltételeinek változásaihoz. Például, ha egy közegben olyan baktériumsejtek találhatók, amelyek egy része rezisztens, másik része fogékony bizonyos antibiotikumot illetően, akkor bizonyos idő elteltével a konjugációnak köszönhetően az antibiotikumra fogékony baktériumok rezisztenciára tehetnek szert vele szemben.

A baktériumsejtek közötti genetikai információcsere közvetlen érintkezésük nélkül is lehetséges, például bakteriofágok közreműködésével (35.6. ábra). Ezeknek a vírusoknak a saját DNS-e a megkettőződése során beépíti egyik baktérium DNS-molekulájának a szakaszait és átviszi azokat egy másik sejtbe.

Az örökletes információ egymástól távol lévő sejtekbe is átadódhat a sejtek között vándorló, oldódó DNS-ek közvetítésével. Ez a folyamat a ***transzformáció*** elnevezést kapta.

• **A prokarióták szaporodási stratégiája.** A prokariótákat gyors ütemű szaporodás (a sejtek kedvező körülmények között 20–30 percenként osztódnak) és növekedés jellemzi. Ez kiegyensúlyozza a jelentéktelen méretű és tömegű minden egyes szervezetet, elősegítve a környezet erőforrásainak hatékonyabb felhasználását. A más mikroorganizmusok részéről megnyilvánuló konkurencia csökkentését szolgálja, hogy egyes prokarióta fajok biológiailag aktív anyagokat választanak el. Például a tejsavbaktériumok olyan szintre növelik a közeg savasságát (csökkentik pH értékét), amelyben megszűnik más baktériumok szaporodása és növekedése.

• **A kedvezőtlen létfeltételek túlélése.** Már tudjátok, hogy kedvezőtlen létfeltételek beálltakor sok prokarióta faj ***spórákat képez*** (35.7. ábra). A spórában csökken a citoplazma víztartalma, és megszűnik minden élettevékenység. A spórák ellenállók a



35.7. ábra. A Clostridium nemzetségbe tartozó baktérium belsejében képződött spórák (a)

35.8. ábra. Valódi baktériumok telepe

magas hőmérsékletek, ionizáló sugárzás, toxikus kémiai anyagok hatásával szemben. Kedvező körülmények közé kerülve a spórák „kicsíráznak", azaz a baktériumsejt elhagyja a spóratokot. Ily módon a prokarióták spórái nem a szaporodás formája, csak az életképesség megőrzését szolgálja kedvezőtlen létfeltételek közepette.

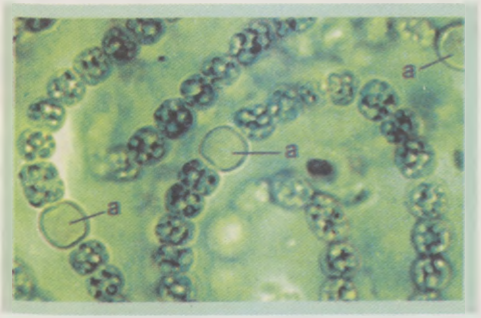
Egyes baktériumok ***betokozódhatnak***, ami azt jelenti, hogy a sejtet tömör burok veszi körül. A prokarióták cisztái (tokjai) ellenállók a radioaktív sugárzás és a kiszáradás hatásaival szemben, de nem tudnak ellenállni a hevítésnek.

A spórák és ciszták a prokarióták szél, víz és élőlények általi terjedését, a gazdaszervezetekkel szembeni fertőzőképesség megőrzését szolgálják.

• **Telepes prokarióták.** A prokarióták különböző alakú telepeket képezhetnek. A prokarióták telepei egymáshoz kapcsolódó sejtek csoportját jelenti (35.8. ábra). A telepek úgy is létrejöhetnek, hogy az anyasejt osztódása után a leánysejtek egy ideig egymással összeköttetésben maradnak füzért, fürtöt, csomót képezve. A baktériumtelepeket különleges tok – nyálkakapszula – burkolhatja.

A kékbaktériumok esetében – a valós baktériumok telepeitől eltérően – a szomszédos sejtek a sejtfal nyílásain kinyúló citoplazmahidakkal kapcsolódnak egymáshoz.

Ezenkívül a kékbaktériumok esetében elterjedt jelenség a sejtdifferenciáció, például olyan speciális sejtek előfordulása, amelyek a légköri nitrogén megkötésére képes pótburokkal vannak körülvéve (35.9. ábra).



35.9. ábra. Fonalas kékbaktérium (Anabena nemzetség). Figyeljétek meg a légköri nitrogén megkötésére képes kiegészítő burokkal körülvett különleges sejteket (a)

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Mikroorganizmusok, mikrobiológia, konjugáció, spóraképződés, tokozódás.***

A prokariótákhoz egysejtű és telepes szervezetek tartoznak. A prokarióta sejtekből hiányzik a mag, a plasztiszok, a mitokondriumok és a legtöbb organellum.

A prokarióták és egysejtű eukarióták kis méreteik miatt csak fény- vagy elektronmikroszkóppal vizsgálhatók. Ezeket a szervezeteket ezért mikroorganizmusoknak nevezik, a tudomány pedig, amely a vizsgálatukkal foglalkozik, a mikrobiológia nevet kapta.

A prokarióták – az élő szervezetek különleges birodalma, amelybe az archebaktériumok és a valódi baktériumok tartoznak. Az archebaktériumok a valódiaktól sejtfaluk szerkezetében és örökletes anyaguk szerveződésében különböznek.

Az archebaktérumok között vannak aerobok és anaerobok, autotróf és heterotróf fajok.

A valódi baktériumok országába a baktériumok és a kékbaktériumok tartoznak. Az archebaktériumoktól eltérően sejtfaluk összetételében különleges vegyület, murein található.

A valódi baktériumok között vannak heterotrófok (szaprotrófok, paraziták, mutualista fajok, kommenzalisták). A fototrófok – zöldbaktériumok, bíbor kén- és nem kénbaktériumok, kékbaktériumok. A kemotrófokhoz nitrifikáló baktériumok, vasbaktériumok, színtelen kénbaktériumok sorolhatók.

A prokarióták sejtjei csak ivartalanul szaporodnak: kettéosztódással, ritkábban sarjadzással. Egyes fajaiknál konjugációs úton kicserélődik az örökletes információ. A prokariótákra gyors ütemű szaporodás jellemző (kedvező körülmények között a sejtjeik 20–30 percenként osztódnak).

Kedvezőtlen körülmények beálltakor egyes fajok spórákat képeznek vagy betokozódnak. A spórák és a ciszták a prokarióták terjedését szolgálják szél, víz, élő szervezetek segítségével és gazdaszervezetek fertőzésével.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen szervezeteket nevezünk prokariótáknak?* 2. *Milyen csoportok különíthetők el a prokarióták birodalmában?* 3. *Miben különböznek egymástól az archebaktériumok és a valódi baktériumok?* 4. *Milyen szerkezeti sajátosságaik vannak a kékbaktériumoknak?* 5. *Milyen táplálkozási forma jellemző a prokariótákra?* 6. *Milyen típusú légzés figyelhető meg a prokariótáknál?* 7. *A prokarióták milyen szaporodási módjait ismeritek?* 8. *Milyen biológiai jelentősége van a prokarióták spóraképzésének és betokozódásának?*

Gondolkozzatok el rajta! *Miért nincs oxigén-kiválasztás a bakteriális fotoszintézis során?*

36.§. A PROKARIÓTÁK SZEREPE A TERMÉSZETBEN ÉS AZ EMBER ÉLETÉBEN

Idézzétek fel! *Mi a biotechnológia? A gazdaság mely ágazataiban alkalmazzák az erjedés különböző típusait? Mi az ökoszisztéma, bioszféra, anyagkörforgás? Mik az antibiotikumok, a kártevők elleni harc biológiai módszerei?*

• **A prokarióták szerepe a bioszférában.** Már szó volt róla, hogy a prokarióták különböző fajai mindenütt előfordulnak bolygónkon, ahol csak létezik élet. A

mikroorganizmusok a talajban, vizekben, más élő szervezetekben élnek, sporáikat és cisztáikat a légkör magas rétegeiben is kimutatták. Például 1 g nedves termőtalajban és 1 ml szerves anyagokkal szennyezett vízben több millió baktériumsejt és kékbaktérium található. A prokarióták képesek arra, hogy állandó jelleggel olyan helyeken is megéljenek, ahol más szervezetek nem fordulnak elő (forró vizű források, több kilométer mélyen lévő kőolajhordozó rétegek).

Elgondolkodtatok-e már azon, hogy prokarióták nélkül nem létezhetne bioszféra? Már tudjátok, hogy a bioszférának mint a Föld egységes ökoszisztémájának a létezése elképzelhetetlen lenne anyagforgalom nélkül. **Idézzétek fel:** *az anyagforgalom – a kémiai anyagoknak az ökoszisztémák élő (élőlények) és élettelen részei között folyó cseréje.* A szerves anyagokat szervetlenekre bontó prokarióták nélkül nem valósulhatna meg az anyagok körforgása. Ez érinti az élő szervezetek számára olyan fontos anyagokat, mint a szén, nitrogén, kén, foszfor, vas. A szerves vegyületek lebontása közben a baktériumok nagy mennyiségű, a fotoszintézishez nélkülözhetetlen CO_2 gázt termelnek.

A prokarióták közreműködésével a különféle szerves vegyületekből képződnek a talaj legtermékenyebb rétegének (humusz) az anyagai. A kékbaktériumok oxigénnel (O_2) dúsítják a talajt és a vizeket.

A prokarióták egészségügyi szerepe abban rejlik, hogy az elhalt szervezetek és az élettevékenység termékeinek elbontásával megtisztítják bolygónk felszínét ezektől a maradványoktól. A prokarióták részt vesznek a vizek öntisztulási folyamatában: mivel szerves anyagokkal táplálkoznak, csökkentik azok mennyiségét a vízben és az iszapban.

A kemoszintetizáló baktériumok közel 4 milliárd éve tartó működésének köszönhetően a földkéregben vasérclelőhelyek, kénlelőhelyek és más hasznos ásványok lelőhelyei jöttek létre. A földben lévő legfontosabb energiahordozók – kőolaj és földgáz – készletei, amint a tudósok feltételezik, nem létezhetnének bizonyos baktériumcsoportok tevékenysége nélkül.

Egyes nitrifikáló – szabad és gümő – baktériumok meg tudják kötni a légköri nitrogént és be tudják építeni azt azokba a szerves vegyületekbe, mindenekelőtt fehérjékbe, amelyeket szintetizálnak. A csíra gyökérszőrein keresztül a gümőbaktériumok bejutnak a gyökér szöveteibe, ahol speciális anyagot választanak el, és ettől a gyökérsejtek gümőt képezve burjánoznak (36.1. ábra). Ezek a baktériumok nitrogénnel látják el a növényt, amelytől szerves anyagokat, elsősorban cukrokat kapnak.

36.1. ábra. Gümők a bab gyökerein

A páros patájú kérődzők (szarvasmarhák, birkák, kecskék) recegyomrában élő baktériumok cukrokká bontják le a cellulózt, mivel az állatok nem termelnek ehhez szükséges enzimeket.

A kékbaktériumok a gombákkal szimbiózisban képezik a zuzmókat. A baktériumok termelik a gomba számára a szerves anyagokat, míg a gomba látja el a kékbaktériumokat vízzel és ásványi anyagokkal, egyúttal megteremtve a fotoszintézis feltételeit.

36.2. ábra. Gerinctelen mélyvízi vestimentifera állatok

Mélytengeri óceáni árkokban a földkéregből gyakran mérgező gázok – kénhidrogén és metán – szivárognak a vízbe. Azonban ezeket azonnal elnyelik a fenéken élő féregszerű, tudományosan *vestimentiferáknak* nevezett, emésztőszervek nélküli állatok (36.2. ábra). Ezeknek az állatoknak a testében különleges, kemotróf baktériumokkal telt szervek találhatók, amelyek oxidálják a jelzett vegyületeket. A vér állandó jelleggel oxigént, kénhidrogént vagy metánt szállít a baktériumoknak, míg a prokariótáktól az állatok a szöveteik építéséhez és táplálásához szükséges, szintetizált szerves anyagokat kapnak. A vestimentiferákkal a mélyvízi rákok, halak és más állatok táplálkoznak. A tengerfenéken sajátos ökoszisztémák találhatók, amelyeken belül a producensek szerepét a kemotróf baktériumok és a heterotróf állatok mutuális komplexuma játssza.

• **A prokarióták szerepe az ember életében és a gazdaságban.** Az emberi bélrendszerben mindig jelen vannak bizonyos baktériumfajok (kólibaktérium). Ezek segítik az emésztést és vitaminokat (B_6, B_{12}, K) szintetizálnak, gátolják a kórokozó mikroorganizmusok szaporodását.

Már szó volt róla, hogy az erjedést előidéző prokariótákat az ember ősidők óta felhasználja gazdasági célból különböző anyagok – tejtermékek (vaj, sajt, joghurt), szerves savak, savanyúságok, takarmányok – előállítására. A prokarióták a biotechnológia természetes objektumai.

*A **biotechnológia** – az élő szervezetek vagy biológiai folyamatok ipari, mezőgazdasági, vagy egyéb célú felhasználási módszereinek kidolgozásával foglalkozó tudományágazat. A biotechnológusok különböző szervezetek szelekciójával, új vírus- és prokariótatörzsek kifejlesztésével foglalkoznak.*

*A **törzs** – vírusok vagy mikroorganizmusok rendszerint meghatározott objektumból elkülönített vagy mesterséges mutációval előállított egyes sejtek szaporításával nyert mesterséges populációja (tenyészete, kultúrája).*

A biotechológia egyik fontos irányzata a gyógyszeriparhoz kötődik, a feladata: gyógyszerkészítmények kifejlesztése és termelése. A különböző baktériumfajokat és mikroszkopikus gombákat antibiotikumok, vitaminok, hormonok, enzimek előállítására használják. A korszerű eljárások lehetővé teszik az eukrióták bizonyos vegyületek szintetizálásáért felelős génjeinek beültetését baktériumsejtekbe. Baktériumok örökletes anyagába például inzulin, növekedési hormon, interferonfehérjék termelését kódoló géneket ültettek be.

A biotechnológiai folyamatokat a környezet – talajok, vizek, szennyvizek – háztartási és ipari szennyezésektől való tisztítására is alkalmazzák. A biológiai tisztítási módszerek a szaprofita baktériumoknak a szerves vegyületeket bontó tulajdonságain alapulnak. A

szelekciós tevékenységnek köszönhetően sikerült olyan mikroorganizmus-törzset előállítani, amely képes az ipari hulladékok elbontására. Egyes baktériumfajok szelektív módon tudnak elnyelni a környezetből és saját sejtjeikben felhalmozni gazdasági szempontból értékes anyagokat. Különleges biotechnológiai eljárásokkal ezeket a vegyületeket ki tudják nyerni és meg tudják tisztítani.

Bizonyos mikroorganizmus-törzsekből nyert spórakészítmények (biológiai preparátumok) ügyes felhasználásával a környezet károsítása nélkül csökkenthető a kártevő állat- és növényfajok egyedszáma.

• **Sok prokarióta káros az emberi egészségre és a gazdaságra nézve.** A kékbaktériumok tömeges elszaporodása a gyorsan melegedő sekély édesvizekben, a többi között a víztárolókban, a hő- és atomerőművek víztározóiban, a halastavakban a víz „virágzását" idézi elő, zavarossá téve azt (36.3. ábra). A kékbaktériumok mérgező anyagokat választanak el a vízbe, s ezzel a vizek lakóinak tömeges pusztulását idézik elő. Az ilyen víz nem alkalmas fogyasztásra, a benne való fürdőzés mérgezést, allergiás megbetegedéseket okozhat.

A baktériumok között szép számmal vannak élősködő fajok, amelyek az emberi, állati és növényi szervezetekben megtelepedve különféle, gyakran halálos kimenetelű betegségeket okoznak. A kórokozó baktériumok gyorsan szaporodnak, élettevékenységük termékeivel mérgezik a gazdaszervezetet. Ez a szervezet károsodását, sőt halálát idézi elő. A növények baktériumok által károsított szervein foltok vagy duzzanatok jelennek meg, amelyek rothadásnak indulhatnak és elpusztulhatnak.

Az ember legismertebb baktériumfertőzései: a mandulagyulladás, vérhas, tébécé, kolera, tífusz, skarlát. Az állatok esetében elsősorban a lépfene és a brucellózis említendő. A baktériumfertőzéseket antibiotikumokkal és gyógyszérumokkal kezelik.

Veszélyt jelentenek az emberek és állatok egészségére a rendszerint állóvizekben előforduló leptospirózis baktériumok. A leptospirózissal való fertőződés az embernél és az állatoknál görcsös lázzal járó állapotot idéz elő, sőt halált is okozhat. Azokban a víztározókban, amelyekben leptospirózis baktériumokat találtak, tilos a fürdés és a belőlük vett víz bárminemű gazdasági célú felhasználása.

A gazdaszervezetekbe a mikroorganizmusok a következő módon hatolnak be:

– az emésztőcsatornán át a táplálékkal vagy elfogyasztott folyadékkal jutnak be a szalmonella, hastífusz. vérhas, kolera és pestis baktériumok;

– a légutakon át hatolnak a szervezetbe a tuberkulózis, mandulagyulladás, tüdőgyulladás, diftéria és pestis kórokozói;

– a sérült bőrfelületen át kerülnek a szervezetbe a bőrt és a körmöket károsító baktériumok;

36.3. ábra. A víz kékbaktériumok által okozott „virágzása". Ez a jelenség veszélyezteti a vizek lakóit és az ember egészségét

– szexuális érintkezés során fertőz a szifilisz (vérbaj), gonorrea (tripper), chlamydomonas és más nemi betegségek kórokozói;

– kórokozókat terjesztenek a vérszívó rovarok és kullancsok. A pestis kórokozóját a patkányokon élősködő bolhák, a hastífuszét az emberi tetvek terjesztik. A házi légy a testfelületén és a bélrendszerében viszi át a vérhas, szalmonella, tuberkulózis baktériumait a szeméttárolókból és más hasonló helyekről az élelmiszerekre.

Egyes baktériumfajok az élelmiszerek romlását idézik elő, fogyasztásra alkalmatlanná, sőt mérgezővé téve azokat. A botulizmus baktériuma különböző konzervekben, halkészítményekben, kolbászfélékben szaporodhat, miközben sem külalakban, sem ízben nem okoz bennük különösebb változást. Spórái még 5 órás forralástól sem pusztulnak el, és sok évig megőrizhetik életképességüket a talajban és vizekben. A toxinja súlyos mérgezést (botulizmust) okoz; mindenekelőtt az idegrendszert és az izmokat támadja meg, a hang elvesztését idézi elő, szédülést, látás-, emésztési és légzési zavarokat okoz. Ha a betegnek nem adnak be idejében a baktériummérget semlegesítő gyógyszerumot vagy *ellenmérget* (*antidotont*), beállhat a halál. Ezért az élelmiszerek tartósítása során szigorúan be kell tartani a pasztörizálás és sterilizálás szabályait.

Sterilizálásnak *(csírátlanításnak) nevezzük a mikroorganizmusok és spóráik teljes megsemmisítésének a folyamatát. A sterilizálást +100 °C-on vagy még magasabb hőmérsékleten végzik. Sterilizálásra ultraibolya sugarakat, ultrahangot és kémiai anyagokat is használnak.*

Pasztörizálást *élelmiszerek (tejtermékek, sör, gyümölcslevek) tartósítása céljából végeznek. A tartósítandó élelmiszereket hőkezelésnek vetik alá +60...70 °C-on fél órán át, majd gyorsan lehűtik őket. A folyamatot három napon át végzik. Ennek következtében a mikroorganizmusok spórái, amelyek az előző kezelés során képződhettek, a következő hőmegmunkáláskor elpusztulnak. Ezt a technológiát Louis Pasteur (1822–1895) ismert francia vegyész és mikrobiológus javasolta, ezért a tiszteletére nevezték el.*

Az emberi és állati emésztőszervek veszélyes megbetegedése a szalmonella-baktériumok által okozott *szalmonellózis*. A szalmonella-baktériumok huzamos ideig megőrzik életképességüket a környezetben és az élelmiszerekben.

• **A fertőző betegségek megelőzése.** A kórokozó baktériumok terjedésének megakadályozása céljából a beteg embereket és állatokat el kell különíteni az egészségesektől a teljes gyógyulásukig és szervezetüknek a kórokozóktól való teljes megtisztulásáig. Ezt az intézkedést ***karanténnak*** nevezzük. A baktériumfertőzések megelőzésének másik módszere a védőoltások alkalmazása. Védőoltással előzik meg a diftériát és a tetanuszt. A beteg embereket és állatokat antibakteriális készítményekkel, köztük gyógyszerumokkal kezelik.

A ***megelőző*** *vagy* ***profilaktikai intézkedéseknek*** *a betegségek elkerülésére és az egészség megőrzésére kell irányulniuk. Ilyen intézkedés a kórokozó mikroorganizmusokat terjesztő rovarok és kullancsok elleni harc.*

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Törzs, sterilizáció, pasztörizálás, karantén, megelőzés.***

- A bioszférában a szaprofita baktériumok a szervezetek maradványait és élettevékenységük termékeit szervetlen anyagokká bontják le. Ezzel biztosítják az anyagok körforgását a természetben, fenntartják a talajok termékenységét, beleértve a humuszréteget. A prokarióták részt vesznek a vizek öntisztulásában: szerves anyagokkal táplálkoznak, ezért csökkentik azok tartalmát a vízben és iszapban. A nitrifikáló baktériumok nitráttartalmú vegyületekkel dúsítják a talajt, a kékbaktériumok – mint fő fotoszintetizáló szervezetek – oxigénnel dúsítják a vizeket.
- A baktériumok tevékenységének köszönhetően keletkeztek a vasérc- és kőolajlelőhelyek.
- Az erjedést előidéző prokariótákat az ember ősidők óta felhasználja gazdasági célból különböző anyagok – tejtermékek (vaj, sajt, joghurt), szerves savak, savanyúságok, takarmányok – előállítására. A prokarióták a biotechnológia természetes objektumai. A biotechnológia – az élő szervezetek vagy biológiai folyamatok ipari vagy mezőgazdasági, vagy egyéb célú, például a környezet ipari és háztartási hulladékoktól való megtisztításával, a kártevők elleni biológiai harccal kapcsolatos – felhasználási módszereinek kidolgozásával foglalkozó tudományágazat.
- Sok prokarióta káros az emberi egészségre és a gazdaságra nézve. A kékbaktériumok tömeges elszaporodása a víztározókban a víz „virágzását" idézi elő, mérgező anyagokat választva el a vízbe, amivel a vizek lakóinak tömeges pusztulását okozza.
- A baktériumok között szép számmal vannak élősködő fajok, amelyek az emberi, állati és növényi szervezetekben megtelepedve különféle betegségeket okoznak. A szaprofita baktériumok az élelmiszerek megromlását idézik elő és mérgező anyagokat termelnek.

A lényegr rövide

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen célból alkalmazza az ember a prokariótákat a gazdaságban?* 2. *Miért előnyösebb a kártevők elleni vegyszeres védekezésnél a biológiai módszerek alkalmazása?* 3. *Mi a biotechnológia?* 4. *Milyen szerepet játszanak a mikroorganizmusok a talajok termékenységének biztosításában?* 5. *Miben áll a légköri nitrogén megkötésére képes nitrifikáló talajprokarióták jelentősége?* 6. *Mi a víz virágzása és mi a jelentősége?* 7. *Az ember és a háziállatok milyen megbetegedéseit idézik elő baktériumok?*

Gondolkozzatok el rajta! *Milyen szerepet játszanak a prokarióták a kőzetek képződésében és a légkör állandó gázösszetételének fenntartásában?*

37.§. AZ EGYSEJTŰ EUKARIÓTÁK SZERVEZŐDÉSÉNEK SAJÁTOSSÁGAI

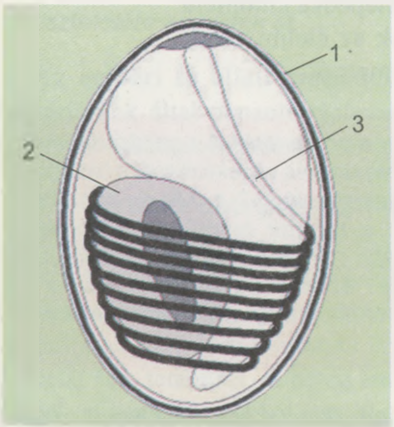
Idézzétek fel! *Milyen rendszertani csoportok tartoznak az egysejtű eukariótákhoz? Mi a mitózis és a meiózis? Milyen az eukarióta sejt membrán feletti és membrán alatti struktúráinak szerkezete?*

1866-ban a kiváló német biológus, Ernst Haeckel a többsejtű állatok és növények mellett harmadikként elkülönítette a **Protiszták** (gör. *protistos* – legelső) (**Véglények**) országát. Ebbe az országba besorolta az összes egysejtű szervezetet. Manapság a tudósok egy része ezt az elnevezést a zömmel egysejtű eukarióta egysejtűek – állatok, növények, gombák – nem szövetes szerveződési szintjének (hiányoznak a speciális sejtek és élettevékenységük termékei által alkotott szövetek) jelölésére alkalmazzák.

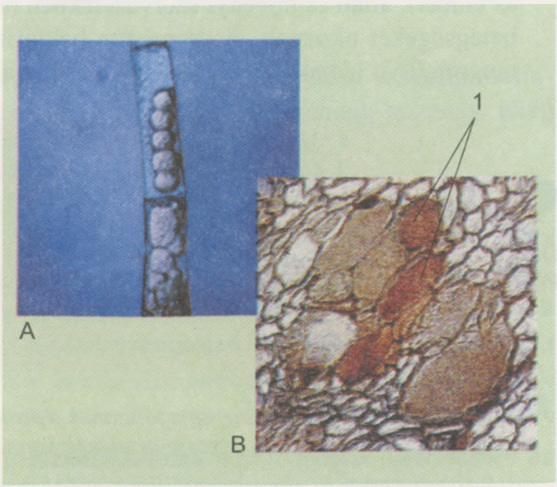
Olykor az egysejtű szervezetek valamely országhoz való tartozása – a többsejtűektől eltérően – csak alapos vizsgálattal állapítható meg. Például a parazita eukarióták speciális csoportját, a kisspórásokat (Microsporidium) sokáig egysejtű állatoknak tekintették. Ez a parazita spóráival fertőzi meg a gazdaszervezetet (különféle állatokat, ritkábban embert) (37.1. ábra). A spórák tokjában a gombák sejtfalára jellemző kitint mutattak ki; a mai tudósok egy része ezért a gombákhoz sorolja a kisspórásokat.

Az euglénákat egyes tudósok állatoknak, mások moszatoknak tekintik. E vízi eukariótafajok között ismeretesek fotoszintetizáló és heterotróf, közte parazita szervezetek.

A nyálkagombák (37.2. ábra) a növények parazitái, a citoplazmájukat csak plazmamembrán burkolja. Egyes kutatók az állatokhoz, mások a gombákhoz sorolják őket.



37.1. ábra. Az egysejtű parazita eukarióták – a kisspórások – spórája: 1 – kitint tartalmazó spóratok; 2 – amöboid embrió maggal; 3 – csövecske, amelyen át az amöboid embrió a spórából távozik



37.2. ábra. A Voronin (A) és Plasmodiophora (B) nemzetségbe tartozó nyálkagombák: A – moszatsejtekben lévő paraziták; B – káposztagyökér metszete (1 – a parazita cisztáit tartalmazó, túlburjánzott gyökérsejtek

• Az egysejtű eukarióta szervezetek sejtszerveződésének sajátosságai.

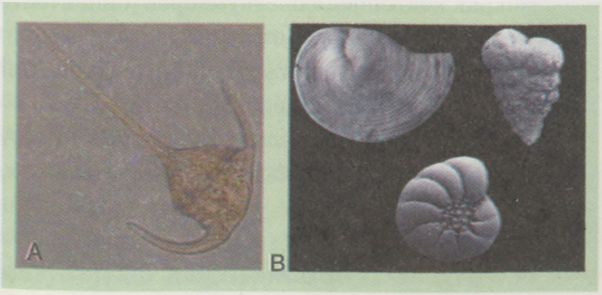
Már szó volt róla, hogy az eukarióták sejtjének van magja (rendszerint egy, de néha a magok száma eléri a több százat, sőt több ezret is), jóllehet egyesek (a magasabbrendű növények rostacsöves sejtjei, az emlősök eritrocitái) érésük során elveszítik magjukat. Az eukarióták sejtjeinek citoplazmája különféle organellumokat tartalmaz, amelyek közül többet (mitokondriumok, plasztiszok) két vagy egy (endoplazmás retikulum, Golgi-készülék, vakuólumok) membrán burkol. Az eukarióta sejtek mitózissal vagy meiózissal osztódnak.

A protiszták különböző csoportjainak sejtjeinél a felszíni készülék nem mindig egyforma. A moszatoknál és a gombáknál a sejtek külső rétege tömör sejtfal, amely gátolja állábak kialakulását. A moszatok sejtfala elsősorban poliszacharidokból (cellulózból és pektinből) áll. A gombák sejtfalának összetételében még nitrogéntartalmú poliszacharid – kitin – is van. Az egysejtű állatok egy részének sejtjeit glikokalixos plazmamembrán fedi. Ez az amőbákéhoz hasonló állábakat tud képezni. Más fajok esetében a sejtnek állandó az alakja annak köszönhetően, hogy tömör membrán alatti citoplazmarétegük – pellikulájuk – van (ázalékállatkák, eugléna), amely egyes esetekben különleges szilárdságra tesz szert, azaz sajátságos páncéllá alakul (37.3, A ábra).

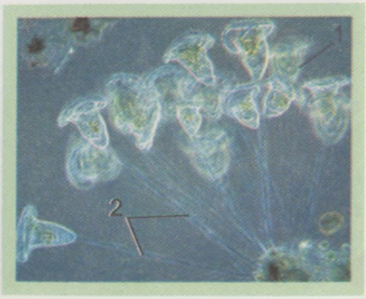
Sok egysejtű állatnak, mint például a likacsoshéjúaknak a sejtjei védő kagylóhéjba vannak ágyazva (37.3, B ábra). A kagylóhéjak alapját az állat sejtje által kiválasztott szerves anyagok képezik; a kagylóhéjak gyakran ásványi vegyületekkel vannak átitatva vagy rájuk ragadt homokszemekkel, vagy mint a szivacsok esetében, tűkkel vagy más idegen anyagokkal vannak borítva.

Majdnem minden egysejtű állat plazmamembránja alatt kontraktilis (összehúzódásra képes) rostok rétege található, amely az amőboid formáknál a legfejlettebb. Ezek teszik lehetővé, hogy a sejtek megváltoztassák az alakjukat, bekebelezzenek szilárd táplálékrészecskéket vagy helyet változtassanak. A csillókoszorúsoknak (37.4. ábra) speciális kontraktilis száruk van, amellyel a sejt a szubsztrátumhoz rögzül.

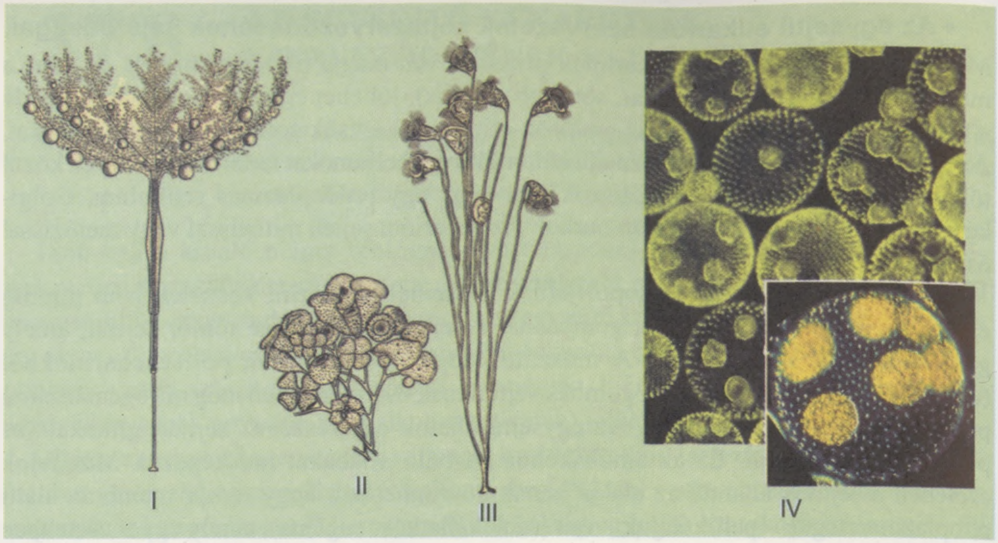
Az egysejtű és többsejtű eukarióták magkészülékei különbözhetnek egymástól. Az ázalékállatkáknak és a likacsoshéjúaknak kétféle magjuk van: vegetatív – amely a fehérjebioszintézis és más anyagcsere-folyamatok szabályozásáért felel a sejtben, a generatív – az örökletes információt tárolja és továbbadja a leánysejteknek a szaporodás során.



37.3. ábra. Egysejtű eukarióták – vízlakók: A – édesvízi páncélos ostoros (Cerarium nemzetség); B – tengeri likacsoshéjúak kagylója



37.4. ábra. Csillókoszorúsok telepe: 1 – sejt; 2 – szár



37.5. ábra. Ázalékállatkák (Zootamnium nemzetség) (I), Carchesium (II) és Campanela (III) és zöldmoszat (Volvox nemzetség) telepei

A fotoszintetizáló egysejtű fajokban különböző kombinációkban találhatók a pigmentek: **a**, **b** és **c** klorofill, karotinok, xantofillok. A xantofillok különböző színeket kölcsönöznek a kloroplasztiszoknak: vöröset (vörösmoszatok), barnát vagy sötétbarnát (kovamoszatok).

• **Telepes egysejtű eukarióták.** Jóllehet több azonos vagy különböző típusú sejtből állnak, mégis zömmel nincs összehangolva a működésük a többiekével (37.5. ábra). A telepek sejtszáma idővel változhat vagy állandó marad (például mint a volvox esetében). Telepeket alkothatnak egyes ázalékállatkák, sugárállatkák, élesztőgombák. A sejtek egymás közötti kapcsolatát a telepen belül citoplazmahidak (volvox) vagy nyálkaburok biztosíthatja.

A volvox telepének vegetatív sejtjei között nagyobb méretűek is előfordulhatnak. Ezek ivartalanul szaporodnak: az osztódásuknak köszönhetően leánytelepek jönnek létre, amelyek idővel leválnak az anyatelep testéről, és a külvilágba távoznak.

Az ázalékállatkák telepei bokor alakot ölthetnek, az ágak csúcsain helyezkednek el az egyes egyedek (37.5. ábra). Például a Zootamnium nemzetség telepe pálma alakú, 8–9 levéllel, amelyek mindegyikén több tíz apró és 1–2 nagyobb méretű egyed található. A nagy egyedek leválnak a telepekről, bizonyos ideig a csillóik segítségével úszkálnak, majd letelepednek a szubtrátumon és új telepeket képeznek.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Protiszták.***

Az egysejtű eukarióták teste egy sejtből áll, amely egyúttal önálló szervezet. Az egysejtű és szövet nélküli többsejtű eukarióta szervezetek (növények, gombák, állatok) a „protiszták" gyűjtőnevet kapták.

- A protiszták különböző csoportjainak sejtjeinél a felszíni készülék nem mindig egyforma: a moszatoknál és a gombáknál a sejtek külső rétege tömör sejtfal, amely gátolja állábak kialakulását. A moszatok sejtfala elsősorban poliszacharidokból (cellulózból és pektinből) áll. Az egysejtű állatok sejtjeit plazmamembrán fedi, ez állábakat tud képezni, más fajok esetében a sejtnek állandó az alakja a tömör membrán alatti citoplazmarétegnek (pellikula) köszönhetően.
- Az egysejtű telepes fajok között vannak olyan fajok, amelyek egy vagy több sejttípusból állnak; ez a differenciálódás a szaporodással vagy terjedéssel kapcsolatos.

A lénye rövi

Önellenőrző kérdések

1. Miben különböznek az egysejtű és a többsejtű eukarióták? 2. Milyen sajátosságokkal rendelkezik a különböző protisztacsoportok sejtburkának szerkezete? 3. Mely szervezetek esetében differenciáltak a sejtmagok vegetatívakra és generatívakra? 4. Miben különböznek a telepes és a többsejtű eukarióta szervezetek?

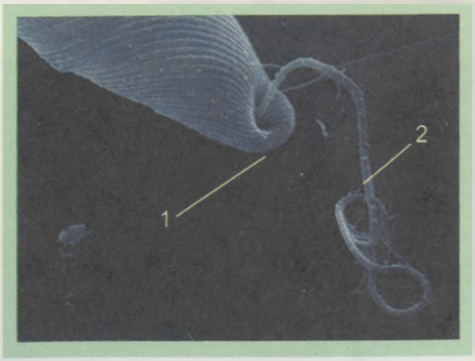
Gondolkozzatok el rajta! *Miért bonyolultabb szerkezetű általában véve az egysejtű eukarióta lény, mint a többsejtű szervezet bármilyen külön-külön vett sejtje?*

38.§. AZ EGYSEJTŰ EUKARIÓTÁK ÉLETMŰKÖDÉSI FOLYAMATAINAK SAJÁTOSSÁGAI

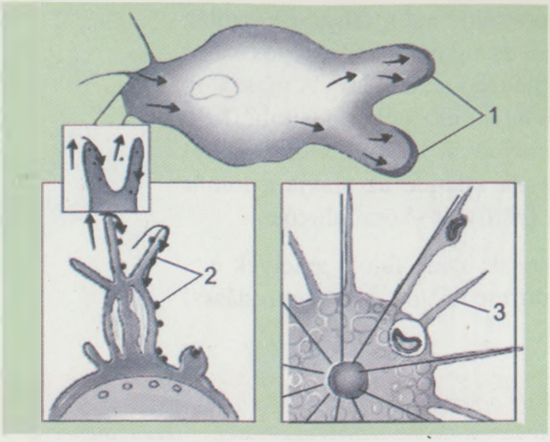
Idézzétek fel! *Milyen az ostorok és a csillók szerkezete? Milyen szervezeteket neveznek autotrófoknak, mixotrófoknak és heterotrófoknak? Milyen a plazmamembrán szerkezete és funkciói?*

• **A protiszták mozgását** speciális organellumok – ostorok, csillók vagy állábak – biztosítják (38.1. ábra). A mozgáson kívül az ostorok és a csillók más funkciókat is ellátnak. Előfordul, hogy az ostorok – szárat képezve – a szubtrátumhoz való rögzítésre szolgálnak (37.4. ábra). Az ostorok és csillók állandóan áramoltatják a sejt körül a vizet a benne lévő táplálékrészecskékkel, és biztosítják ezáltal a sejtfelszín megtisztítását az idegen anyagrészecskéktől.

Az amöboid mozgás ideiglenes kinövések – állábak – révén történik. Ezeknek különböző alakjuk lehet, olykor



38.1. ábra. A zöld euglénа hosszú ostora (szkennelő elektronmikroszkóppal készült fényképfelvétel): 1 – bemélyedés az ostor eredethelyén (2)



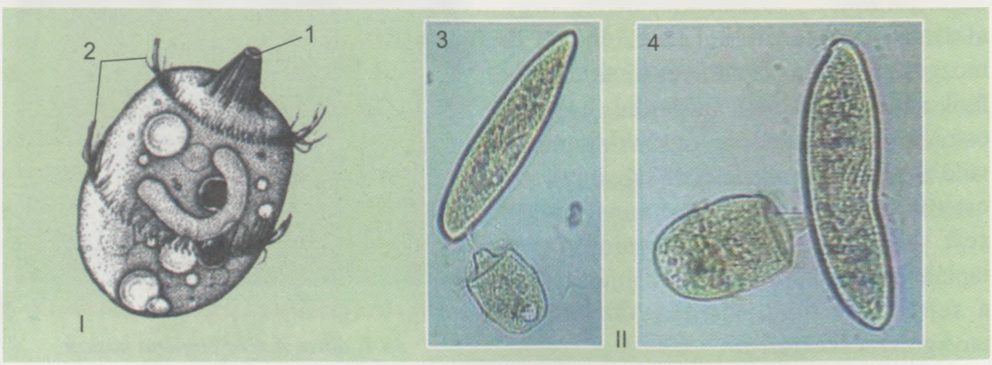
38.2. ábra. Állábtípusok (a citoplazma mozgásirányát nyilak jelölik): 1 – szélesek, gömbölyű végekkel; 2 – egymással összeolvadni képes vékonyak; így jön létre a sejt körüli fogóháló; 3 – elágazások nélküli vékonyak

38.3. ábra. Gregarina – ízeltlábúak egysejtű parazitája

összeolvadhatnak egymással egyes szakaszokon vagy a táplálékrészecskék befogására szolgáló fogóhálót képezhetnek (38.2. ábra).

Sikló mozgás csak néhány protisztacsoportra jellemző, köztük a különleges egysejtű gregarinákra (38.3. ábra), kovamoszatokra és néhány más szervezetre. A gregarinák sikló mozgása a sejtfelületükön lévő hosszanti lebenyek hullámzásának köszönhetően jön létre, míg a kovamoszatok esetében ezt a sejtfelületükről egy irányban lefolyó nyálka okozza.

• **Az egysejtű eukarióták táplálkozása.** A protiszták táplálkozási formájukat tekintve autotrófok, heterotrófok és mixotrófok. A heterotrófok a táplálékrészecskéket



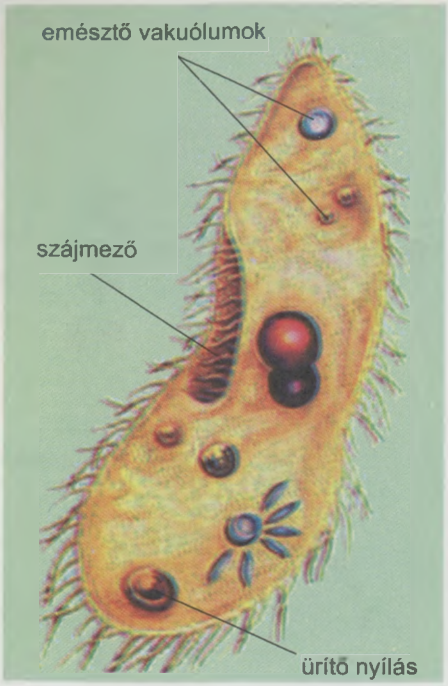
38.4. ábra. I. Ragadozó didinium ázalékállatka: 1 – a zsákmány testébe fúródó ormány a szájnyílással; 2 – a didinium úszáshoz használt csillóövei; II. Didinium (3, 4) papucsállatka a zsákmány tartalmának kiszívása közben

pinocitózissal vagy fagocitózissal kebelezik be (*idézzétek fel, hogyan jönnek létre az emésztő vakuólumok*). A fagocitózis egyik változata a zsákmány tartalmának kiszívása a ragadozó ostorosok vagy ázalékállatkák által (38.4. ábra).

Sok egysejtű szervezetnek a viselkedése bonyolult, ami a táplálék keresésével és megragadásával kapcsolatos. Ennek a lényege az, hogy a sejtfelületükön lévő receptor-molekulákkal felismerik a táplálékforrás (másik sejt, szervesanyag-részecske) kémiai anyagait.

Az autotróf (a moszatok többsége) és mixitróf (eugléna, chlamydomonas) protisták fotoszintetizálók. Tartalék tápanyagként keményítőt (zöldmoszatok) és chrizalaminarint (kovamoszatok) tárolnak. A heterotrófok glikogén poliszacharidot halmoznak fel.

A megemésztetlen szilárd részecskéket az amőboid szervezetek sejtfelületük bármely részén kiüríthetik magukból, míg az alaktartók (papucsállatka) a megemésztetlen részecskéket a speciális szerkezetű ürítő nyíláson át üríti ki (38.5. ábra).



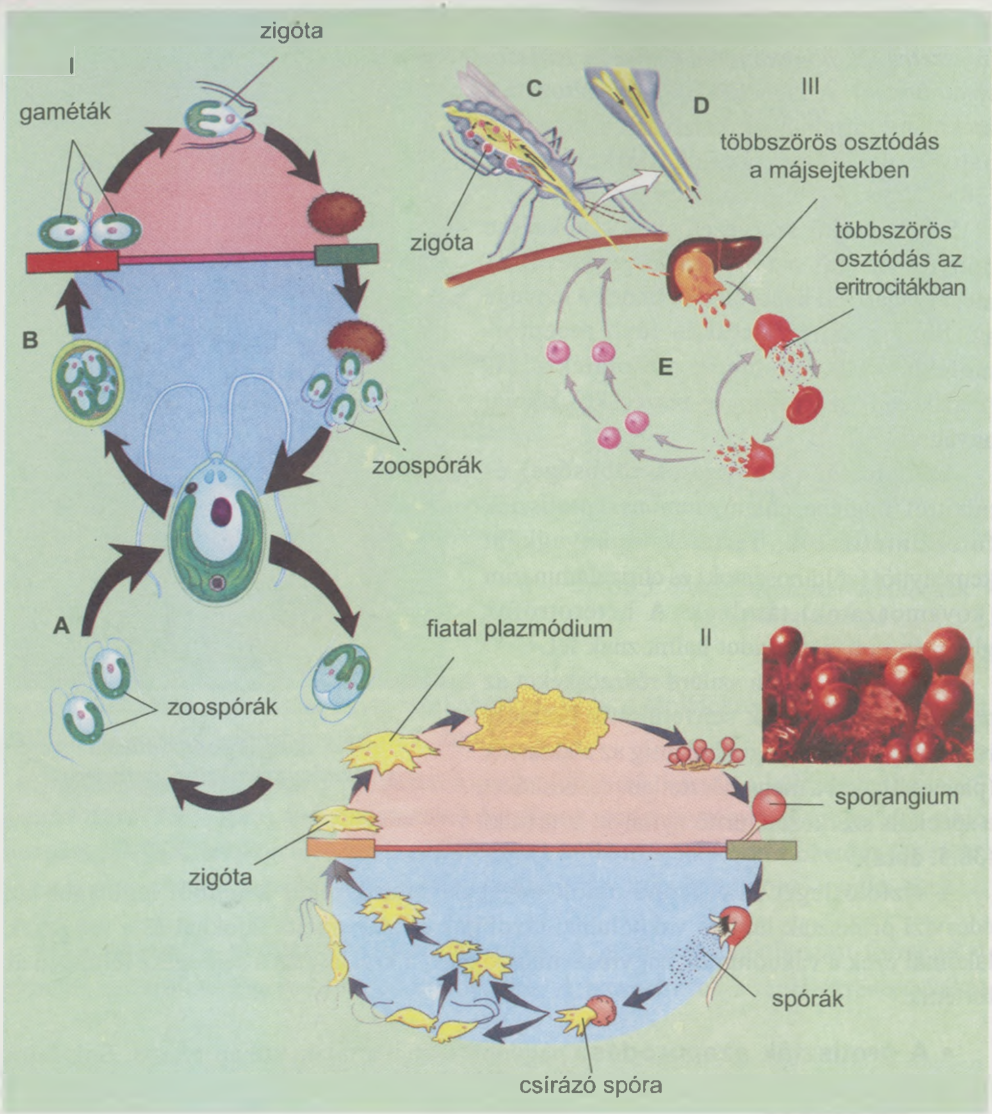
38.5. ábra. A papucsállatka emésztőszervecskéinek rendszere

A vízfölösleget és a benne oldott anyagcseretermékeket a sejtből leginkább az édesvízi protisták lüktető vakuólumai távolítják el. A parazita fajoknál és a sós vizek lakóinál ezek a vakuólumok nagyrészt hiányoznak, a kiválasztás a sejt egész felületén át történik.

• **A protisták szaporodása** nagyobbrészt ivartalan, ritkán ivaros. Sok fajra összetett életciklus (likacsoshéjúak, malária plazmódium) jellemző a különböző szaporodásformákkal rendelkező nemzedékek váltásának köszönhetően.

A protisták ivartalan szaporodása mitotikus osztódással történik. Egyes esetekben a mitózis során a maghártya megmarad, a mag fele-fele arányban két részre fűződik azt követően, hogy a kromoszómák a pólusokhoz vándorolnak (például az amőbáknál és sok ostorosnál).

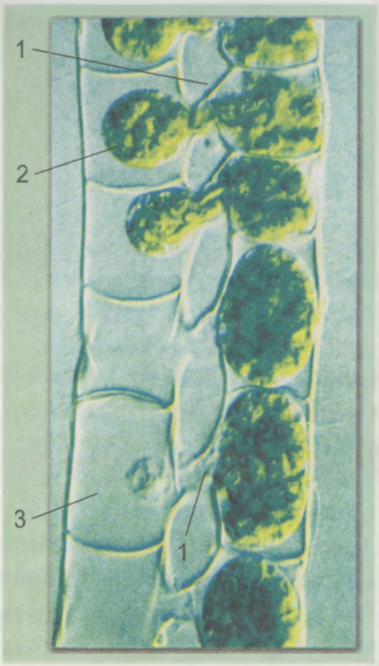
A protisták ivartalan szaporodása két fele-fele arányban történő osztódással (proteus amőba, zöld eugléna, papucsállatka), többszörös osztódással (malária plazmódium), sarjadzással (egyes ázalékállatkák) vagy mozgékony (zoospórák), vagy inaktív (moszatok, gombák) spórákkal mehet végbe. Sarjadzáskor a nagy anyasejttől egy vagy több apró leánysejt különül el. Többszörös osztódás következtében a sejtmag többszörös osztódáson megy keresztül, majd később a leánymagok köré citoplazmarész szerveződik, és így több tíz vagy több száz leánysejt képződik (likacsoshéjúak).



38.6. ábra. I. A chlamydomonas szaporodása: ivartalan (A) és ivaros (B). II. Nyálkás spórások szaporodása. III. A malária fejlődési ciklusa: B – ivartalan nemzedékek az emberi szervezetben; C – ivaros szaporodás és az ivartalan nemzedékek fejlődése a szúnyog szervezetében; D – a szúnyog nyálmirigyeiből mozgékony sejtek jutnak az ember vérébe

A protiszták ivaros szaporodásának folyamata ivarsejtek, azaz gaméták összeolvadása és konjugáció révén valósul meg. Egyes fajoknál (chlamydomonas, likacsoshéjúak) minden gaméta egyforma, másoknál (malária plazmódium, volvox) a női és hím ivarsejtek különböznek egymástól (38.6. ábra).

A konjugáció ismeretes az ázalékállatkáknál, a moszatoknál és a gombáknál. A konjugáció során két ázalékállatka sejtjei kicserélik vándorló magjaikat. A spirogyra



38.7. ábra. A spyrogira konjugációja: 1 – két sejt közötti citoplazmahidak; 2– egyik sejt tartalma átmegy a másikba zigótát képezve; 3 – levetett sejtburok

fonalas moszat egyes fonálsejtjei között citoplazmahidak képződnek, amelyeken át az egyik sejt tartalma átmegy a másikba zigótát képezve (38.7. ábra). A későbbiekben a zigótából csírázással új fonálsejt képződik.

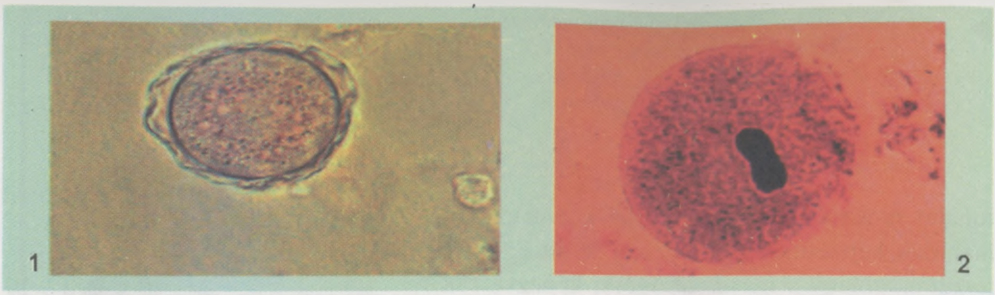
• **Az egysejtű eukarióták viselkedése.** Más szervezetekhez hasonlóan a protisztákra is jellemző az *ingerelhetőség*, vagyis az a képesség, hogy érzékelik a környezet ingereit és megfelelő módon válaszolnak rájuk. A protiszták mozgási reakcióit taxisoknak nevezzük. A ***taxisok*** (gör. *taxis* – elhelyezés) a szervezeteknek az inger felé tartó (*pozitív taxis*) és az ingertől távolodó (*negatív taxis*) irányított mozgásai. A zöld euglénа vagy a chlamydomonas például a fényforrás irányába mozog a speciális fényérzékelő képződményének, a szemfoltnak köszönhetően.

• **A protiszták élőhelyhez való alkalmazkodása.** A különféle közegekben való létezést a protiszták számára a környezeti tényezőkhöz való különböző alkalmazkodások (adaptációk) megléte teszi lehetővé. Például a vizekben élő protiszták kagylóhéján, a belső sejtvázának falán vagy páncélján különféle kinövések: tövisek, sugarasan elhelyezkedő tűk (egyes likacsoshéjúak és sugárállatkák) találhatók, amelyek növelik a sejt felületét, és egyúttal csökkenti annak súlyát. A vízben való szabad mozgást segíti elő a vékony állábak által képzett háló (sugárállatkák) vagy a citoplazmában található zsírzárványok (sugárállatkák, páncélos ostorosok).

A helyhez kötött életmódot folytató protisztáknak olyan képződményeik vannak, amelyekkel a szubsztrátumhoz rögzülnek, mint ahogy a csillókoszorúsok teszik a nyelükkel (37.4. ábra).

A vízzel telt talajkapillárisokban való létezés szintén kihat a protiszták felépítésére. A talajprotiszták sejtmérete 5–10-szer kisebb, mint a hozzájuk közel álló, édesvizekben és tengerekben honos fajoké. A sejtjeik gyakran laposak, egyszerű szerkezetűek.

Betokozódás. A száraz időszakokat és a hideg időjárási viszonyokat az egysejtű állatok nyugalmi állapotban, cisztákként vészelik át. A cisztaképződés (betokozódás) folyamata során a sejt szerkezete jelentősen megváltozhat. Például az ázalékállatoknál betokozódáskor eltűnnek az aktív életmóddal kapcsolatos struktúrák (csillók, vakuólumok, táplálékfogó szervecskék), víztelenedik és tömörré válik a citoplazma, a sejt körül legkevesebb két védőburok – tok – képződik (38.8. ábra). Ezeknek a burkoknak igen csekély az áteresztőképessége, az életképességét ciszta alakban hónapokig és évekig



38.8. ábra. Amőbaciszta (1) és ázalékállatka (2)

megőrző sejtet mind a mechanikus, mind a kémiai károsító hatásoktól védik. A ciszták elősegítik a protiszták széllel, vízzel és élőlények közvetítésével történő terjedését.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Betokozódás, taxisok.***

A lényegről röviden

- A protiszták mozgását ostorok, csillók, állábak, a sejt felszínének hullámmozgása vagy irányított nyálkalefolyás biztosítja.
- A protiszták táplálkozási formájukat tekintve autotrófok, heterotrófok és mixotrófok. A megemésztetlen szilárd részecskéket az amöboid szervezetek sejtfelületük bármely részén kiüríthetik magukból, míg az alaktartók (papucsállatka) a megemésztetlen részecskéket a speciális szerkezetű ürítő nyíláson át távolítja el. A vízfölösleg és a benne oldott anyagcseretermékeket a sejtből leginkább az édesvízi protiszták lüktető vakuólumai távolítják el. A parazita fajoknál és a sós vizek lakóinál ezek a vakuólumok nagyrészt hiányoznak.
- A protiszták ivartalan szaporodása két fele-fele arányban történő osztódással, többszörös osztódással, sarjadzással, mozgékony vagy inaktív spórákkal mehet végbe. A protiszták ivaros szaporodásának folyamata ivarsejtek, azaz gaméták összeolvadása révén valósul meg. Egyes fajokra összetett, eltérő szaporodásmódú nemzedékek váltakozásával kapcsolatos életciklus jellemző. A kedvezőtlen viszonyok túlélése céljából spórákat (moszatok, gombák) vagy cisztákat (egysejtű állatok) képeznek.
- A protisztákra jellemző az ingerelhetőség, vagyis az a képesség, hogy érzékelik a környezet ingereit és megfelelő módon válaszolnak rájuk. A protiszták mozgási reakcióit taxisoknak nevezzük.

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen mozgásformák figyelhetők meg a protisztáknál? Ezeket milyen organellumok végzik?* 2. *Hogyan ürülnek ki a táplálékmaradékok és az anyagcsere végtermékei a protiszták sejtjeiből?* 3. *Hogyan szaporodnak a protiszták?* 4. *Mi a konjugáció?* 5. *Milyen a biológiai jelentősége? Hogyan vészelik át a protiszták a kedvezőtlen viszonyokat?*

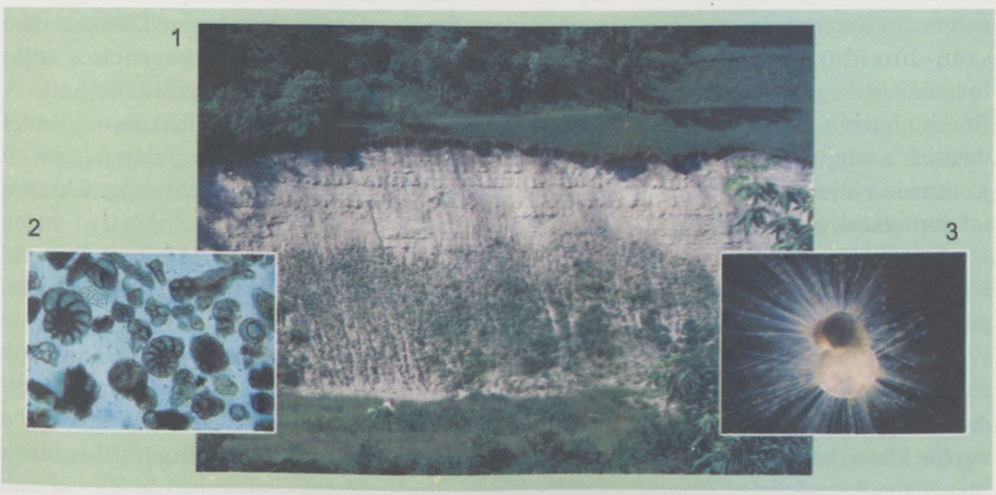
Gondolkozzatok el rajta! *Mi a közös és az eltérő a prokarióták és az egysejtű eukarióták szaporodásában?*

39.§. A PROTISZTÁK SZEREPE A TERMÉSZETBEN ÉS A GAZDASÁGBAN

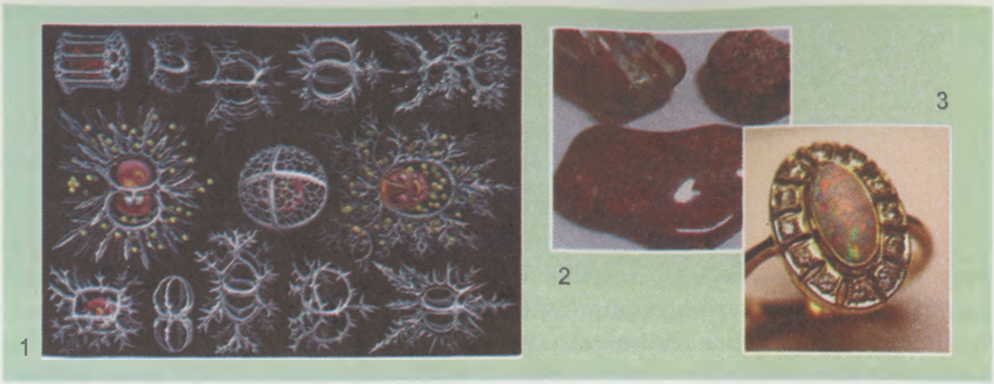
Idézzétek fel! *Mit értünk a kártevők elleni harc biológiai módszerein? Mik a vezető hasznos ásványok? Mi a szimbiózis és a mutuális kölcsönös kapcsolat? Mik az antibiotikumok és a vitaminok?*

• **A protiszták szerepe a természetben.** Az ásványi anyagokból felépülő kagylóhéjjal (likacsoshéjúak), páncéllal (kovamoszat) vagy sejten belüli ásványi vázzal (sugárállatkák) rendelkező egysejtű eukarióták fontos szerepet játszanak a kőzetképzésben. A sejtburkukban (korolina vörösmoszat) vagy kagylóhéjukban (likacsoshéjúak) kalcium-karbonátot tartalmazó szervezetek maradványaiból több százmillió év során jelentős mészkő- és krétalelőhelyek képződtek (39.1. ábra). A hegyképződési folyamatok következtében a tengerfenék a mészkőrétegekkel együtt felemelkedett és a szárazföld része lett. Így keletkeztek a krétamagaslatok és egész hegyláncolatok, mint amilyenek a Pireneusok, az Alpok, a Himalája. Az elhalt kovamoszatok SiO_2 vegyületből álló páncélja a tengerfenékre ülepedve az évmilliók során *diatomit* nevű üledékes kőzetet képezett. Ezeket a készleteket dinamit robbanószer előállítására használják. Sok sugárállat belső váza szintén SiO_2 vegyületből áll. Ezekből a vázakból az évmilliók során *radiolarit* nevű kőzet keletkezett. Ilyen kőzetből áll a karib-tengeri Barbados-sziget, és az olyan féldrágaköveket is ezek a kőzetek képezik, mint amilyen a jáspis, opál, kalcedon (39.3. ábra).

A likacsoshéjúak és kovamoszatok üledékes kőzetekben jól megmaradó ásatag maradványait az ember ***vezérlő kövületekként*** alkalmazza. Mivel mindegyik földtörténeti kornak az említett élőlények meghatározott fajösszetétele felelt meg, ez lehetővé teszi a különböző kőzetek keletkezési idejének a megállapítását. A kutatók az ilyen kövületeket a különböző földtörténeti korokban keletkezett ásványok lelőhelyeinek felkutatására alkalmazzák.



39.1. ábra. Krétahalmok Podolban (1); likacsoshéjúak kagylóhéja (2); a kagylóhéjak nyílásaiból állábak nyúlnak ki (3)



39.2. ábra. A sugárállatkák vázlatának változatossága (1) (E. Haeckel által a XIX. sz. 60-as éveiben készített kép); jáspis (2); opálköves ékszer (3)

A vízlakó autotróf szervezetek jelentős mennyiségű szerves anyagot szintetizálnak, amelyeket más szervezetek fogyaszthatnak el. Ezenkívül a fotoszintézis folyamatában ezek jelentős mennyiségű oxigént választanak el, amivel hozzájárulnak a bioszféra állandó gázösszetételének a fenntartásához. A szerves vegyületek oldatainak elnyelésére képes egysejtű eukarióták részt vesznek a víztárolók öntisztulásában.

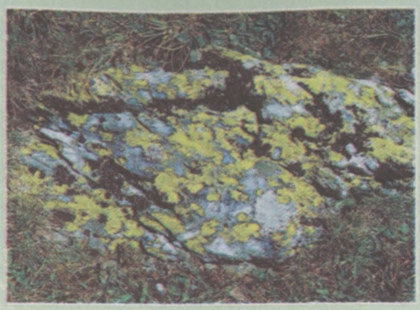
A protiszták faji összetétele alapján meghatározható a víztározó vizének egészségügyi állapota. Például a vörös eugléna a tiszta vizet, míg a zöld eugléna a szerves anyagokat tartalmazó vizeket kedveli. Emlékezhettek rá, hogy a vizek tisztaságának meghatározására a prokariótákat, például a kólibaktériumot alkalmazzák. A környezet állapotának a szervezetek faji összetételének segítségével történő minősítését ***biológiai indikációnak*** (***bioindikációnak***) nevezzük.

Fontos szerepet játszanak a talajok termékenyégének biztosításában az egysejtű eukarióták. A gombák ásványi anyagokká bontják le a zöld növényeket fogyasztó szervezetek maradványait. Eközben nagy mennyiségű, a fotoszintézishez nélkülözhetetlen szén-dioxidot választanak ki. Ezenkívül a talajgombák részt vesznek a talaj termékenységét biztosító humuszréteg szerves anyagainak szintézisében. A fotoszintetizáló talajmoszatok nagy mennyiségű szerves anyagot termelnek és oxigénnel dúsítják a talajt. A talajmoszatok tömeges szaporodása, az úgynevezett „talajvirágzás" a jó termés előjele. Ez a jelenség általában tavasszal és ősszel figyelhető meg. Ekkor a talajmoszatok tömege eléri az 1500 kg/ha mennyiséget.

A talajban és vizekben honos protiszták más szervezetek táplálékául szolgálnak. Közülük egyeseket, például az ázalékállatkákat az ember lárvák és halivadékok táplálása céljából szaporítja.

Sok protisztafaj különböző formában szimbiózisra léphetnek más szervezetekkel. Sok esetben ez az együttélés mutualista jellegű. Mindannyian hallottunk a korallzátonyokról. A korallpolipok szilárd külső mészkővázának a képződéséhez arra van szükség, hogy a sejtjeikben bizonyos moszatfajok telepedjenek meg (39.3. ábra). Moszatok megtelepedhetnek más többsejtű állatok – hidrák, örvényférgek – sejtjeiben is. A moszatok oxigénnel és általuk szintetizált szerves anyagokkal látják el az állatok sejtjeit, cserébe menedékhelyet és a fotoszintézishez szükséges szervetlen anyagokat kapnak.

39.3. A korallpolipok váza a moszatsejtekkel alkotott szimbiózisuknak köszönhetően keletkezik



A

B

39.4. ábra. A zuzmók köveken (A – leveles zuzmó) és fatörzseken (B – kéregzuzmó) nőnek

Egyes rovarok, például a termeszek és csótányok bélrendszerében feltétlenül előfordulnak különleges sokostoros egysejtű állatok. Ezek olyan enzimeket termelnek, amelyek elbontják a cellulózt, míg ők maguk menedékhelyhez és táplálékhoz jutnak a rovarok szervezetében. A növényevő kérődző állatok gyomrában különböző ázalékállatkák élnek, amelyek össztömege elérheti a több kilogrammot is. Ezek az ázalékállatkák az ugyanott élő baktériumokkal táplálkoznak, a gazdaszervezetet nem károsítják, s annak különösebb hasznot sem hajtanak.

Az egysejtű moszatok gombákkal szimbiózisban zuzmókat képeznek (39.4. ábra). Ezek a gomba táplálására szolgáló szerves anyagokat szintetizálnak, míg a gomba a moszatsejteket a fotoszintézishez szükséges vízzel és ásványi anyagokkal látja el.

• **A protiszták szerepe a gazdaságban és az ember életében.** A mikroszkopikus gombák különböző fajait az ember antibiotikumok, vitaminok, alkoholos erjesztéssel nyerhető termékek ipari mértékű előállítására használja.

Az első antibiotikumot, a penicillint a Penicillin nemzetségbe tartozó penészgombából állították elő. Idézzük fel, hogy *az **antibiotikumok** – biológiailag aktív anyagok, kis mennyiségük elnyomja bizonyos mikroorganizmusok fejlődését vagy gátolja a rosszindulatú daganatok sejtjeinek fejlődését.* Ezeknek a vegyületeknek a hatásmechanizmusa abban nyilvánul meg, hogy egyes vegyületeik (például a penicillin) megakadályozzák a biológiai membránok felszíni készülékeinek a képződését és megbontják a biológiai membránok egységes szerkezetét, míg mások gátolják a mikroorganizmusok fehérje- és aminosav-szintézisét (tetraciklin). Az antibiotikumok különféle mikroorganizmusoknak a termékei. A természetes antibiotikumokon kívül léteznek mesterségesen, vegyi szintézissel, mikrobiológiai üzemekben előállított antibiotikumok is.

Az antibiotikumok csak igen nagy körültekintéssel, az orvos által előírt adagokban és módon alkalmazhatók. A kórokozó mikroorganizmusok elég gyorsan ellenállókká válnak ezekkel a gyógyszerekkel szemben; ezért a tudósok folyamatosan igyekeznek kiválasztani azokat a mikróbatörzseket, amelyek baktérium- és vírusellenes anyagokat termelnek, hogy újabb és hatékonyabb antibiotikumokat állíthassanak belőlük elő.

Az élesztőgombákat a sütőiparban, borászatban, sörgyártásban, tejiparban alkalmazzák. Egyes protisztafajokat ipari és kommunális szennyvizek tisztítására, a kártékony fajok, például a vérszívó rovarok elleni küzdelemben mint biológiai eszközöket használnak.

Az egysejtű eukarióták kárt okozhatnak az emberek egészségében és a gazdaságban egyaránt. A penészgombák az élelmiszerek romlását okozzák.

Az élősködő protiszták az emberi, állati és növényi szervezetekben megtelepedve különböző ***fertőző*** és ***invazív betegségeket*** idéznek elő. A fertőző betegségek kórokozói a vírusok, baktériumok, gombák, az invazív fertőzéseké – állatok. A gazdaszervezetbe a parazita protiszták az emésztőszerveken keresztül jutnak be a táplálékkal és a vízzel (vérhasamőbák). A macskákról a bőr sérülésein vagy az emésztőszerveken keresztül egysejtű állatok – toxoplazmózisok – juthatnak be az emberi szervezetbe. A toxoplazmózis különösen veszélyes fertőzés a terhes nők számára, mivel a beteg anya a kórokozókat a méhlepényen át továbbadhatja a magzatnak. A betegség a nyirokcsomókat, izmokat, az idegrendszert, a látási szerveket károsítja.

Az ember orrüregébe a vízinövényekben gazdag édesvizekben való fürdőzéskor szabadon mozgó amőbák kerülhetnek. Ezek idővel az agykéreg sejtjeibe kerülve tömeges szaporodásba kezdenek és halállal is végződhető agyvelőgyulladást okoznak.

A testfelület sérülésein át egysejtű élősködő gombák kerülhetnek a szervezetbe, amelyek megtámadják a bőrt, a körmöket és a hajat. A kóbor kutyák és macskák a hajas bőrfelületet károsító gombafertőzést terjeszthetnek. Szexuális érintkezéssel terjednek az élősködő egysejtű állatok (trichomonas) és gombák okozta fertőzések.

A hajas fejbőrt megtámadó gombás fertőzést, amely a szőrzeten kívül a körmöket is károsítja, a Trichofiton nemzetségbe tartozó parazita gombafajok okozzák. A gombaspórák a beteggel, annak öltözékével, személyes tárgyaival, háziállataival való érintkezéssel fertőznek. A fertőzött fejbőrön a haj töredezetté, röviddé válik, mintha le lenne nyírva. A bőrön foltosságot, lehulló pikkelyesedést okoz. A fertőzött helyeken gyulladásos gócok keletkeznek, amelyek elgennyesednek. Ez a fertőzés gyakran támadja meg az iskoláskorú gyermekeket.

A parazita egysejtű állatok az ember és a gerinces állatok szervezetébe a vérszívó rovarok vagy kullancsok csípése által jutnak be (39.5. ábra). A maláriaszúnyogok terjesztik a malária kórokozóit, a cecelégy az álomkór kórokozóinak, a kutyák, szarvasmarhák,

39.5. ábra. Vérszívó rovarok és kullancs – az emberek és gerinces állatok invazív fertőzéseinek kórokozóit terjesztik: 1 – púposszúnyog; 2 – szúnyog; 3 – kullancs

ritkábban az emberek vérét szívó kullancsok a *piroplazmózis* kórokozóinak a terjesztői. A piroplazmózis vérszegénységet és halált okozhat.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Vezérlő kövületek, a környezet állapotának biológiai indikációja.***

- Az ásványi anyagokból felépülő kagylóhéjjal, páncéllal vagy sejten belüli ásványi vázzal rendelkező egysejtű eukarióták fontos szerepet játszanak a kőzetek – mészkő, kréta, diatomit, radiolarit – képzésében.
- A protiszták ásatag maradványait vezérlő kövületekként alkalmazzák az üledékes kőzetek korának meghatározásánál.
- Az autotróf protiszták jelentős mennyiségű szerves anyagot szintetizálnak, amelyeket más szervezetek fogyaszthatnak el és sok oxigént választanak el, amivel hozzájárulnak a bioszféra állandó gázösszetételének fenntartásához.
- A szerves vegyületek oldatainak elnyelésére képes protiszták részt vesznek a víztárolók öntisztulásában. A protiszták faji összetétele alapján meghatározható a víztározó vizének egészségügyi állapota. A környezet állapotának a szervezetek faji összetételének segítségével történő minősítését biológiai indikációnak (bioindikációnak) nevezzük.
- A protiszták fontos szerepet játszanak a talajok termékenyégének biztosításában. A talajgombák részt vesznek a talaj termékenységét biztosító humuszréteg szerves anyagainak szintézisében. A talajban és vizekben honos protiszták más szervezetek táplálékául szolgálnak. Közülük egyeseket, például az ázalékállatkákat az ember lárvák és halivadékok táplálása céljából szaporítja. Egyes fajaikat az ipari és kommunális szennyvizek tisztítására, valamint a káros fajok, köztük a vérszívó szúnyogok elleni biológiai küzdelem céljából alkalmaznak.
- A mikroszkopikus gombák egyes fajait az ember antibiotikumok, vitaminok, alkoholosan erjesztett termékek ipari méretű előállítására használja.
- Egyes protisztafajok kárt okozhatnak az emberek egészségében és a gazdaságban egyaránt. Sok gombafaj az élelmiszerek romlását idézi elő, toxikus vegyületeket termel. Az élősködő protiszták az emberi, állati és növényi szervezetekben megtelepedve különböző fertőző és inváziós betegségeket idéznek elő.

Önellenőrző kérdések

1. Milyen szerepet játszanak a protiszták az üledékes kőzetek képződésében? 2. Milyen szervezeteket neveznek vezérlő kövületeknek? Ezeket hol alkalmazzák? 3. Milyen szerepet játszanak a protiszták a talajképzésben? 4. Mit jelöl a környezet állapotának biológiai indikációja meghatározás? 5. Milyen sajátosságai vannak a protiszták más szervezetekkel folytatott szimbiózisának? 6. Milyen protisztákat alkalmaz az ember gyógyszerkészítmények és élelmiszerek előállítására? 7. Milyen emberi, állati és növénybetegségeket okoznak a protiszták?

Gondolkozzatok el rajta! *Mit jelez az édesvizű víztározókban a plankton heterotróf protiszták nagy mennyisége?*

LABORATÓRIUMI GYAKORLAT

5. SZ. GYAKORLATI MUNKA

A VÍRUSOK ÉS BAKTÉRIUMOK OKOZTA BETEGSÉGEK TÜNETEINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Cél: *a vírusok és baktériumok okozta betegségek tüneteinek felismerése a beteg embernél.*

A munka menete

1. Hasonlítsátok össze a mandulagyulladás és a diftéria tüneteit!
2. Derítsétek ki a fertőzés okát, forrását és terjedésének módját!
3. Hasonlítsátok össze az influenza és a heveny felső légúti vírusos fertőzés tüneteit!
4. Derítsétek ki a fertőzés okát, forrását és terjedésének módját!
5. Mutassatok rá a vírusok és baktériumok okozta betegségek gyógyításának és megelőzésének fő módszereire!
6. Vonjatok le következtetéseket a bakteriális és vírusos megbetegedések tüneteinek hasonlóságát és különbözőségét illetően!

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg, milyen módszerrel határozható meg a környezet egészségügyi állapota:** *a) összehasonlító-leíró; b) biológiai indikáció; c) matematikai-statisztikai; d) elektronmikroszkópos vizsgálati!*
2. **Jelöljétek meg, milyen biológiai rendszerek vannak a szerveződés szervezeti szintjén:** *a) prionok; b) élesztőgombák; c) vírusok; d) viroidok!*
3. **Határozzátok meg, mi az ingerelhetőség:** *a) a szervezetek fotoszintetizáló képessége; b) a szervezeteknek az a képessége, hogy érzékelik a külső és belső környezet hatásait és megfelelő választ adnak rájuk; c) a szervezetek anyagcsere-termékek kiválasztásával kapcsolatos képessége; d) a szervezetek szaporodási képessége!*
4. **Nevezzétek meg a szervezeteknek a környezeti ingerre adott, az ingerforrás irányába vagy attól elfelé tartó mozgásban megnyilvánuló reakcióját:** *a) taxisok; b) tropizmusok; c) nasztiák; d) nutációk!*
5. **Mutassatok rá a prokarióta és az eukarióta sejtek különbségeire:** *a) sejtfal hiánya; b) plazmamembrán hiánya; c) mitokondriumok hiánya; d) riboszómák hiánya!*
6. **Nevezzétek meg a prokarióta és eukarióta sejtekre egyaránt jellemző organellumokat:** *a) mag; b) mitokondriumok; c) riboszómák; d) endoplazmás retikulum!*

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A KÉT MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg a telepalkotó egysejtűeket:** *a) protiszták; b) szivacsok; c) kékbaktériumok; d) barnamoszatok!*
2. **Nevezzétek meg azokat a mikroorganizmusokat, amelyek mutualista kapcsolatot alakíthatnak ki a gazdaszervezettel:** *a) gümőbaktériumok; b) bíborbaktériumok; c) kérődzők recegyomor-baktériumai; d) botulizmus-bacillusok!*
3. **Nevezzétek meg a prokariótákban előforduló organellumokat:** *a) lizoszómák; b) lüktető vakuólumok; c) gázvakuólumok; d) riboszómák!*
4. **Jelöljétek meg a prokarióta szervezeteket:** *a) sztafilokokkuszok; b) prionok; c) vírusok; b) kékbaktériumok!*

5. **Mutassátok meg, milyen folyamatok végrehajtására képesek a kékbaktériumok:** *a) fotoszintézis; b) ostoros mozgás; c) nitrogén megkötése a légkörből; d) fagocitózis!*

6. **Nevezzétek meg a baktériumspórák funkcióit:** *a) szaporodás; b) fehérjeszintézis; c) kedvezőtlen környezeti viszonyok túlélése; d) terjedés!*

III. MEGFELELÉSI FELADATOK

1. **Határozzátok meg a sejtszervecskék és -struktúrák megfelelését azoknak a szervezetcsoportoknak, amelyeknek a sejtjeiben előfordulnak:**

Szervezetek csoportja	Organellumok és struktúrák
A Zöldmoszatok B Kékbaktériumok C Amoeba proteus D Ázalékállatok sejtjei	1 Állábak 2 Kloroplasztiszok 3 Nukleoid 4 Vegetatív és generatív magok 5 Vakuólumok sejtnedvvel

2. **Jelöljétek meg, milyen táplálkozási típusok felelnek meg az egysejtű eukarióta szervezetek felsorolt fajainak:**

Emésztéstípus	Szervezetek
A Autotrófok B Mixotrófok C Heterotrófok	1 Zöld eugléna 2 Amoeba proteus 3 Kólibaktérium 4 Volvox

3. **Állapítsátok meg a megfelelést a prokarióta csoportok és jellemző tulajdonságaik között:**

Prokarióta csoportok	Jegyek
A Gümőbaktériumok B Kékbaktériumok C Zöldbaktériumok D Nitrifikáló baktériumok	1 Élősködő életmód 2 Kemoszintetizáló képesség 3 Fotoszintézis oxigén-kiválasztással 4 Fotoszintézis oxigén kiválasztása nélkül 5 A légköri nitrogén megkötésének képessége

IV. KÉRDÉSEK NYITOTT VÁLASSZAL

1. *Miért válnak parazitává az emberi vagy állati szervezetbe bekerülve egyes szabadon élő protisztafajok?*
2. *Miért változatosabbak az egysejtű protiszták organellumai, mint a többsejtű eukarióták sejtszervecskéi?*
3. *Miért csak az eukarióták között vannak valódi többsejtű szervezetek?*

3. TÉMA. TÖBBSEJTŰ SZERVEZETEK

- *a többsejtű szervezetek felépítése és funkciói;*
- *a többsejtű szervezetek szabályozó rendszerei;*
- *telepes többsejtű szervezetek.*

40.§. TÖBBSEJTŰ EUKARIÓTÁK

Idézzétek fel! *Az élőlények mely országához tartoznak a többsejtű szervezetek? Mi a vegetatív szaporodás? Az élet milyen szerveződési szintjeit ismeritek? Milyen sajátosságai vannak a növényi, gomba- és állati sejtek szerkezetének?*

• **Az eukarióták országa.** Korábban már vizsgáltuk az egysejtű eukarióták szerveződésének sajátosságait. A többsejtű eukarióták az élőlények következő három országának egyikébe tartoznak: növények, gombák, állatok. Minden többsejtű eukarióta az élő anyag szervezet organizációs szintjén van. A leíró-összehasonlító vizsgálati módszer alkalmazásának megkönnyítése végett a tudósok néha megkülönböztetnek szöveti és szervi szerveződési szintet. A valódi szerveződési szintektől eltérően ezeknek a fokoknak nincsenek anyagcserével és energiaátalakulással kapcsolatos specifikus jellegzetességeik, nem alkalmasak az autonóm létezésre a természeti környezetben.

40.1. ábra. Mixotróf növények: 1 – növényevő harmatfű; 2 – félparazita növény (fagyöngy)

• **Növényország.** Mint emlékeztek, a növényi sejteket a plazmamembrán fölött található tömör sejtfal veszi körül. Az összetételében különféle poliszacharidok, mindenekelőtt cellulóz található. A szomszédos növényi sejtek közötti kapcsolatok a plazmodezmák révén valósulnak meg. A növényi sejtek citoplazmája gyakran tartalmaz sejtnedvet tartalmazó vakuólumokat és plasztiszokat. A klorofill meglétének köszönhetően a növények többsége fotoszintetizáló, vagyis autotróf típusú a táplálkozása. A növényevő (harmatfű, trópusi kancsóka; 40.1. 1. ábra) vagy a félparazita (fagyöngy; 40.1. 2. ábra) növények a mixotrófokhoz tartoznak. Ezek a növények tudnak fotoszintetizálni, de emellett fogyasztják a rovarok szerves anyagait (rovarevő növények) vagy a gazdanövény szerves anyagokat tartalmazó nedveit (fagyöngy). Egyes parazita növények (például a kónya

vicsorgó, aranka; 40.2. ábra) heterotrófok; nincs klorofilljuk, kizárólag szerves vegyületekkel táplálkoznak.

A fotoszintézisnek köszönhetően a növényi sejtek citoplazmájában poliszacharidok, mindenekelőtt keményítő raktározódik el. A klorofillon kívül a növényi sejtek gyakran tartalmaznak sárga, vörös vagy barna pigmenteket (xantofillt, antociánt), amelyek megfelelő színt kölcsönöznek a sejteknek.

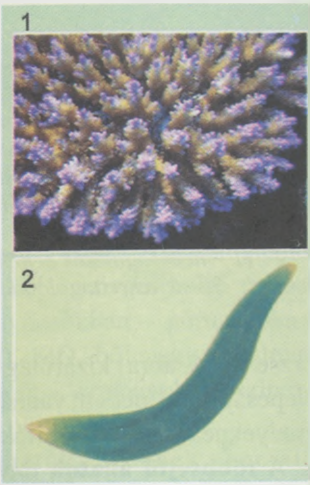
40.2. ábra. Kónya vicsorgó – parazita heterotróf növény

• **Gombaország.** A gombák országa heterotróf szervezeteket foglal magában, köztük ismert szaprofitákkal, szimbiotróf és parazita fajokkal. *Szimbiotrófoknak nevezzük* azokat a szervezeteket, amelyeknek a táplálkozása más, velük mutualista kapcsolatban álló fajok egyedeitől függ (40.3. ábra). A gombák sejtfalának az összetételében, más poliszcharidok mellett, nitrogéntartalmú kitin poliszacharid is található. A citoplazmájukban nincs sejtközpont (*idézzétek fel a szerkezetét és funkcióit*). A citoplazmában tárolódik a glikogén poliszacharid, a vakuólumokban pedig a fehérjeszemcsék raktározódnak. A nitrogéntartalmú vegyületek anyagcseretermékе a karbamid. A gombák termőtestében és micéliumában gyakran több sejttípus megtalálható, de hiányoznak a valódi szövetek.

40.3. ábra. Mikorrhiza – kalapos gomba és növényi gyökérrendszer szimbiózisa

• **Állatország.** A többsejtű állatok kizárólag heterotrófok, jóllehet közülük egyeseknek a sejtjeiben szimbionta moszatok találhatók, amelyeknek köszönhetően zöld a színük (például egyes szivacsok, hidrák, örvényférgek; 40.4. ábra). A többsejtű állatok izomzatuk révén aktívan mozognak.

Az állati sejteknek nincs tömör faluk, a plazmamembrán fölött csak egy vékony, rugalmas glikokalix réteg található. A tömör sejtfal hiányának köszönhetően bizonyos sejttípusok képesek a fagocitózisra. A gombákhoz hasonlóan a többsejtű állatokban is a glikogén az elraktározott poliszacharid.



40.4. ábra. Állatok, amelyek sejtjeiben moszatok találhatók: 1 – korallpolipok (Acropora nemzetség); 2 – örvényféreg

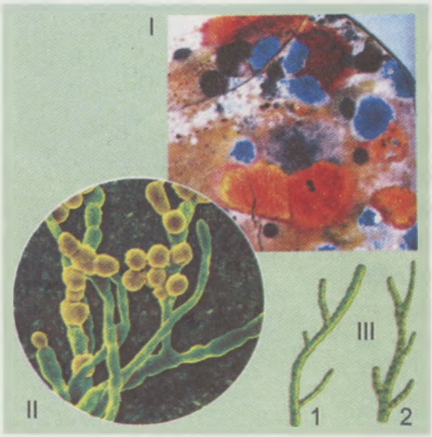
• **A többsejtű eukarióták szerveződésének sajátosságai.** Már szó volt róla, hogy a többsejtű szervezetek minden sejtje csak bizonyos funkciók végzésére alkalmas. Ennek megfelelően a sejtek különböző típusai szerkezetükben különböznek egymástól, vagyis differenciáltak. Ezért a többsejtű szervezet egységes biológiai rendszerként való működése megköveteli minden sejtjének összehangolt

tevékenységét. A többsejtű eukarióták életfolyamatainak (emésztés, légzés, kiválasztás, ingerelhetőség) különféle megnyilvánulásai csak részben valósulnak meg sejtszinten, zömük a szövetek együttműködésének köszönhetően a szervek és szervrendszerek szintjén jelentkezik.

A többsejtű szervezeteket egyedfejlődés (***ontogenezis***) jellemzi, amely a megtermékenyítéstől a halálig tart. Az ontogenezis embrionális és posztembrionális fejlődési periódusokból áll.

A többsejtűek között, akár az egysejtűek esetében, előfordulnak ***telepes szervezetek***. Ezek a vegetatív szaporodásnak köszönhetően jönnek létre, amikor leánynemzedékek egyedei kapcsolatban maradnak az anyateleppel (például a korallpolipok telepei).

• **Nem szövetes többsejtű szervezetek.** A többsejtű gombák, moszatok és egyes állatok (például szivacsok) nem rendelkeznek kifejezett szövetekkel, mert a sejtjeik között gyenge az együttműködés. A külső sejtréteg takarót képez, amely elhatárolja a szervezet belső közegét a külvilágtól.

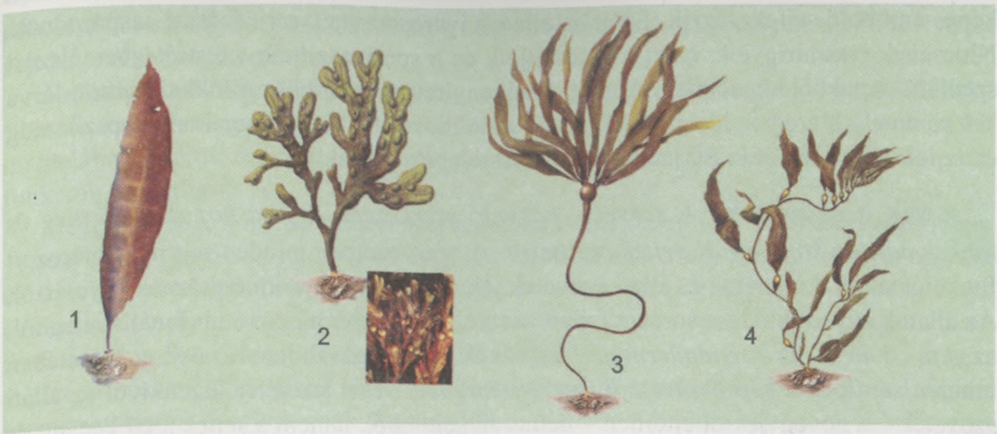


40.5. ábra. A gombák mint a heterotróf szervezetek országa: I – penészgomba micéliuma kenyér szubtrátumon; II – penészgomba hifái, a csúcsain spórák képződnek; III – gombahifák (1 – nem tagolódik sejtekre; 2 – sejtekre tagolódik)

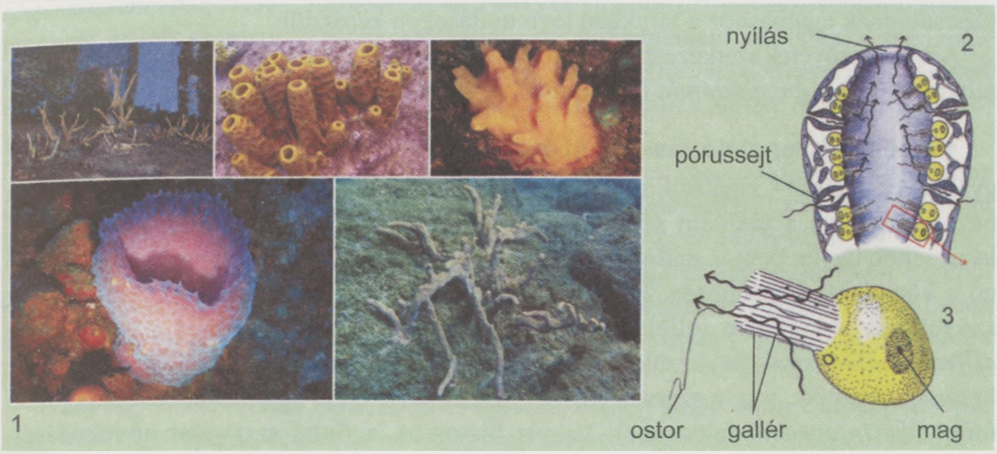
A **többsejtű gombák** teste egymás után elhelyezkedő, fonalakat – ***hifákat*** – képező sejtekből áll. A hifákra csúcsnövekedés oldalirányú leágazás jellemző. A gombafonalak összességét ***micéliumnak*** nevezzük (40.5. ábra). A hifák tulajdonsága a gyors növekedés: vannak olyan gombák, amelyeknek a micéliuma egy nap leforgása alatt több tíz métert nőnek. A micélium egy része a tápláló közegben található (szubsztrátummicélium), ezen nő a gomba, míg a másik része a felszínen van (légmicélium). A légmicéliumból képződnek a spórás szaporodást szolgáló úgynevezett termőtestek. Az összes gomba heterotróf szervezet.

A **többsejtű moszatok** teste ***lemez*** vagy ***telep***. A moszatok különböző csoportjai a bennük lévő pigmentek mennyisége, a kloroplasztiszok szerkezete, a fotoszintézis termékei, a mitokondriumok szerkezeti sajátosságai szerint különböznek egymástól. A barnamoszatok törzse (40.6. ábra) kizárólag többsejtű fajokból áll. A zöldmoszatok közt, az egysejtű és telepes formák mellett, vannak ismert valódi többsejtűek (chara) és úgynevezett fonalasak, amelyeknek a teste – a hifákhoz hasonlóan – egymás után elhelyezkedő fonalakból áll.

A **többsejtű állatok** több ezer vízi fajának nincsenek szövetei, ezeket a szivacsok törzse egyesíti (40.7. ábra). Tömlőszerű testük falból és vízzel telt, a külvilággal nagy nyílással összekötött belső üregből áll. Ezen keresztül távoznak az állat testéből a vízzel együtt a megemésztetlen táplálékmaradványok. A testfalat kívülről és belülről egymáshoz szorosan illeszkedő sejtekből álló réteg borítja. A testfal nagy részét rendszertelenül



40.6. ábra. Barnamoszatok a Laminaria nemzetségből (1), fucus (2), macrocystis (3), nereocystis (4)



40.7. ábra. Szivacsok – szövet nélküli többsejtű állatok (1); a szivacs vázlatos szerkezete (2); ostoros gallérsejt (3)

elhelyezkedő, többféle típusú sejtek és sejtközi anyag képezi; ebben támasztóelemek (váz), üreg- és csatornarendszer van, amelyben a víz kívülről a szivacs belső terének irányában mozog. Ezek a csatornák kisméretű, speciális nyílásokban – pórusokban – végződnek. A vázat kemény, $CaCO_2$-ből (mészszivacsok), SiO_2-ből vagy rugalmas, szaruszerű rostokból álló tűk képezik; a két utóbbi alkotóelem – egymást kiegészítve – gyakran ugyanabban a szervezetben fordul elő.

A csatornákban úgynevezett galléros sejtek találhatók, ezeknek speciális képződménnyel („gallérral") körülvett ostoruk van. Az ostorok lengése áramoltatja a vizet az állat testében; ugyancsak az ostorok terelik be a táplálékrészecskéket – ezek rendszerint különböző egysejtű szervezetek – a gallér alá, ahol az állábak befogják őket. A szivacsok emésztése kizárólag sejten belüli. A sejten belüli emésztést fagocitózisra

képes amöboid sejtek végzik. Ezek az állatok ivarosan vagy sarjadzással szaporodnak. Nincsenek ivarmirigyeik, ezért a petesejtjeik és a spermasejtjeik a testrétegben elszórt speciális sejtekből képződnek. A megtermékenyített petesejtből csillókkal borított lárva kel ki, amely bizonyos ideig úszkál, majd különböző víz alatti tárgyakon telepszik meg és fejlett egyeddé válik. Sarjadzással szivacstelepek jönnek létre.

• **Mik a szövetek?** A ***szövet*** – *hasonló szerkezetű, egymáshoz szerkezetileg és funkcionálisan kapcsolódó sejtek rendszere.* A szervezetben minden sejt meghatározott funkciót lát el. A növényi és állati szövetek jelentős mértékben különböznek egymástól. Az állatok egyedfejlődése során a fejlett szervezet szövetei három embrionális rétegből, az ***ekto-***, a ***mezo-*** és az ***endodermából*** fejlődnek ki; a magasabbrendű növények esetében minden sejttípus a ***képzőszövetből*** (***merisztémából***) veszi kezdetét. Ezenkívül az állati szövetek – a növényiektől eltérően – nemcsak sejtekből, hanem a sejtek által képzett és elválasztott sejtközi anyagból is állnak. A folyékony szövetek (vér) sejtjei a sejtközi anyagban találhatók. A növényeknél a meghatározott szövethez tartozó szomszédos sejtek falai között gyakran légudvarok vannak. A növényi sejtek citoplazma-hidakkal kapcsolódnak egymáshoz a falukban lévő nyílásokon keresztül.

Az állati szövetek szerkezetét és funkcióit a ***hisztológia*** (gör. *hystos* – szövet), a növényi szövetekét a ***növényanatómia*** (gör. *anatome* – metszeni) tanulmányozza.

• **A sejtdifferenciálódás és a szövetképzés jelensége.** A többsejtű szervezetek gyakran egy sejttől – zigótától, spórától – veszik kezdetüket. Ennek a sejtnek a DNS-ében be van kódolva a majdani szervezetre vonatkozó összes örökletes információ. A leánysejtek ugyan pontos másolatai az anyasejtnek, azonban minden egyes osztódással nő a köztük lévő különbség. Idővel úgy változnak, hogy valamely szerv valamelyik szövetének a sejtjeire jellemző tulajdonságokat vesznek fel. Ezt a folyamatot ***differenciálódásnak*** nevezzük. A kifejlett szervezetben az elhalt sejteket hozzájuk hasonlók pótolják, míg a szervek és szövetek minden sejtje egymással összehangoltan működik (***integráció*** jelensége). Vagyis bizonyos, a fiatal szervezet növekedését, fejlődését és a kifejlett szervezet stabilitását biztosító **kölcsönhatás van a sejtek között**. Mi tudható az ilyen kölcsönhatásokról?

A tudósok megállapították, hogy a zigóta osztódásának korai szakaszában az embrió egyes sejtjei hatással vannak más sejtekre. Ezt a jelenséget ***embrionális kölcsönhatásnak*** (***embrionális indukciónak***) nevezzük. Részleteiben ezt máig nem vizsgálták. Bebizonyították viszont, hogy egyes embrionális sejtek (*organizátorok*) a többi sejt differenciálódását vezérlő bizonyos anyagokat választanak el. Ezek a sejtek, miközben saját genomjuknak csak egyes részeit valósítják meg, hámsejtekké, idegsejtekké, izomsejtekké alakulnak. Fontos szerepet játszanak a differenciálódásban az úgynevezett őssejtek, amelyek osztódása során az egyik leánysejt az organizátor szerepét játssza, míg a másik differenciálódik (az „őssejt" kifejezést 1909-ben O. Makszimov (1874–1928) javasolta).

Az őssejtek az ember és a gerinces állatok különböző szöveteinek (belső közeg szövetei és hámszövet) speciális helyein találhatók. Képesek a szaporodásra, miközben jellemző rájuk az önfenntartás: az osztódás után a leánysejtek egyike megmarad őssejtnek, a másik

idővel differenciálódik. Ezek határozzák meg a regenerációs képességet, azaz a szervezet sejtösszetételének megújulását.

Az őssejteknek sok sajátosságuk van, amelyek megkülönböztetik őket a többi sejttől. Először, korlátlan számú lehet az osztódásuk. Másodszor, szervezetbe juttatott őssejtek megtalálják a sérült részeket, ott maradnak és biztosítják a sejtösszetétel és az elveszett funkciók megújítását is.

Megjegyzendő, hogy az emberi szervezetben kevés őssejt van: az emberi embrióban 10 ezer sejtre egy őssejt jut, míg 60 éves kor fölött az emberben 5–8 millióra jut egy. Ha az őssejtek elvesztik tulajdonságaikat, akkor a szervezet óhatatlanul elpusztul. Az életmentéshez donoroktól (*idézzétek fel, kik a donorok*) vett őssejteket kell bejuttatni az ilyen szervezetbe, például vörös csontvelő átültetésével.

Az emlősök embriójának őssejtjeiből mindenféle sejttípus képződhet. A kifejlett szervezetben az őssejtek csak fenntartják a differenciálódott sejteknek a szervezet megfelelő szintű életműködéséhez szükséges mennyiségét.

• **Mi a szerv?** *A szerv – a szervezet meghatározott szerkezeti és funkcionális tulajdonságokkal rendelkező része.* Természetesen a szervek különböző típusú szövetekből állnak, amelyek között azonban az egyik szövettípus dominál (például a szívben a szívizomszövet). A szervezeten belül közös funkciókat végző szerveket ***szervrendszereknek*** nevezzük. A többsejtű állatok zöménél megkülönböztetnek fejlett emésztő-, légző-, ideg-, keringési és ivarszervrendszereket.

Egy meghatározott szervrendszert alkotó szervek a térben kapcsolódhatnak egymáshoz (például az emésztő- vagy a légzőszervek), de lehetnek „elszórtan" csak funkcionálisan kapcsolódva egymáshoz (például a belsőelválasztású mirigyek rendszere).

A különböző rendszerekbe tartozó szervek meghatározott feladat végrehajtása céljából kialakuló időleges egyesülését ***funkcionális szervrendszernek*** nevezzük. Futás közben egymással összehangoltan működnek a támasztó-, mozgás-, légző-, keringési és idegrendszer.

A többsejtű szervezetek (nem ivaros, vegetatív, ivaros) szaporodást biztosító szerveit ***szaporító*** vagy ***reprodukciós*** (lat. *re* – megújulást, ismétlődést jelentő előtag és *producto* – létrehozok) szerveknek nevezzük, a többi szerv más életműködési funkciókat – anyagcsere, mozgás, növekedés – lát el. A növények szaporítószerveit ***generatív*** szerveknek nevezik.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Telepes szervezetek, szövet, szerv, szervrendszer, funkcionális szervrendszer.***

- A többsejtű eukarióták a szervezetek három országának – növények, gombák, állatok – valamelyikéhez tartoznak.
- A többsejtű szervezetek minden sejtje csak bizonyos funkciók végzésére alkalmas. Ennek megfelelően a sejtek különböző típusai szerkezetükben különböznek egymástól, vagyis osztódássorozattal differenciálódnak. Ezért a többsejtű szervezet egységes biológiai rendszerként való működése megköveteli minden sejtjének összehangolt tevékenységét. A többsejtű szervezeteket egyedfejlődés

(ontogenezis) jellemzi. Az ősszejtektől ered valamennyi differenciált sejt az ontogenezis teljes idejében.

A lényegről röviden

- A telepes szervezetek vegetatív úton szaporodnak, a leánysejtek nemzedékének egyedei kapcsolatban maradnak az anyasejttel.
- A többsejtű gombák, moszatok és egyes állatok (például szivacsok) többé-kevésbé differenciált sejtekkel rendelkeznek, amelyek alig működnek együtt egymással, ezért az ilyen szervezeteknek nincsenek szöveteik. A többsejtű gombák teste egymás után elhelyezkedő, hifákat képező sejtekből áll. Ezek összessége micéliumot alkot.
- A szivacsok tömlőszerű teste falból és vízzel telt belső üregből áll.
- A többsejtű állatok zöme és minden magasabbrendű növény szöveteket és szerveket alkot. A szövet – hasonló szerkezetű, egymáshoz szerkezetileg és funkcionálisan kapcsolódó sejtek rendszere. A szerv – a szervezet meghatározott szerkezeti és funkcionális tulajdonságokkal rendelkező része.
- A szervezeten belül közös funkciókat végző szerveket szervrendszereknek nevezzük. A különböző rendszerekbe tartozó szervek meghatározott feladat végrehajtása céljából kialakuló időleges egyesülését funkcionális szervrendszernek nevezzük.
- A többsejtű szervezeteknek szaporító- és más szerveik vannak.

Önellenőrző kérdések

1. *Mi jellemzi a többsejtű állatokat, növényeket, gombákat?* **2.** *Miben különböznek a telepes és a többsejtű szervezetek?* **3.** *Milyen többsejtű szervezeteknek nincsenek szöveteik?* **4.** *Mi a sejt?* **5.** *Mik az ősszejtek és mi a biológiai jelentőségük?* **6.** *Mi a szerv, a szervrendszer és funkcionális szervrendszer?* **7.** *Mik a reproduktív és a generatív szervek?*

Gondolkozzatok el rajta! *Mi a közös és a különböző a többsejtű állatokban, növényekben és gombákban?*

41.§. A NÖVÉNYI SZÖVETEK

Idézzétek fel! *Milyen növények tartoznak a moszatokhoz, milyenek a magasabbrendű növényekhez? Milyen a növényi sejtek falának szerkezete? Milyen a több éves fás növény szárának a felépítése? Mi az elválasztás és a kiválasztás (szekréció és exkréció)?*

A növényeknél képzőszövetet, borítószövetet, szállítószövetet, merevítőszövetet és alapszövetet különböztetünk meg.

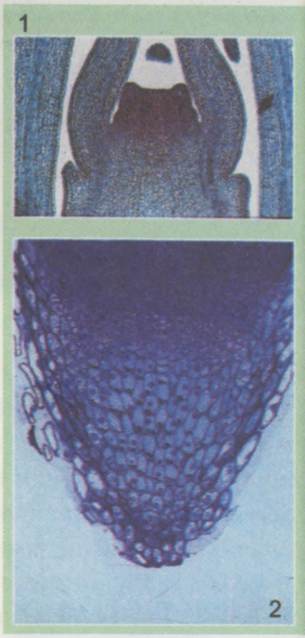
• **Képzőszövet.** A képzőszövet vagy (merisztéma) (gör. *meristos* – osztási) nagy sejtmagú, kis cellulóztartalmú, vékony falú, rendszerint vakuólumok nélküli, egymáshoz többé-kevésbé szorosan illeszkedő sejtekből áll. Ezek osztódhatnak és a nyúlékony

sejtfalnak köszönhetően nőhetnek. A képzőszövetben gyakorlatilag nincs sejtközi anyag. A képzőszöveti sejtekből alakulnak ki (differenciálódnak) érésük során minden más szövet sejtjei.

A helyét tekintve megkülönböztetnek: csúcsmerisztémát, oldalmerisztémát és interkaláris vagy szártagmerisztémát. A ***csúcsmerisztéma*** a hajtás (tenyészőkúp) vagy a gyökér (osztódási öv) csúcsán található, és a szerv hosszanti növekedését biztosítja (41.1. ábra). Az ***oldalmerisztéma*** a többsejtű évelő növények gyökerének vagy szárának belsejében található, és a szervek vastagodásáért felel. Az ***interkaláris merisztéma*** a szártagok alapjánál található (pázsitfűfélék), és a szár hosszanti növekedését biztosítja.

Megkülönböztetnek elsődleges és másodlagos képzőszövetet. Az ***elsődleges merisztéma*** a csíragyökér és a szár csúcsánál található. A ***másodlagos merisztéma*** az osztódási képességüket megőrzött érett sejtekből képződik (például a kambium az alapszövet vagy a bőrszövet sejtjeiből jön létre).

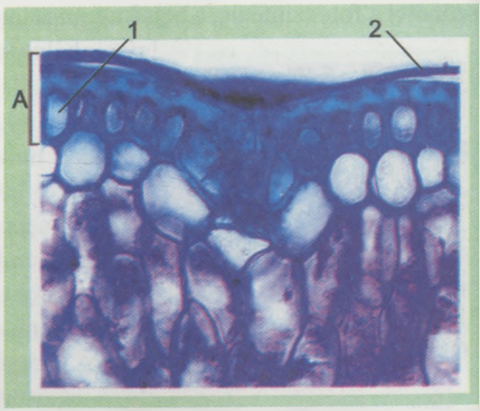
A szövetek károsodása esetén vagy vegetatív szaporodáskor a bőrszövet vagy az alapszövet sejtjei szintén osztódhatnak. Ekkor a többi szövet sejtjeiből a regenerációt vagy új egyedek képződését biztosító sejtek keletkeznek.



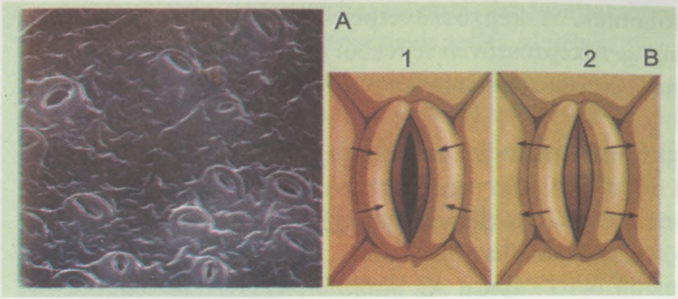
41.1. ábra. Csúcsmerisztéma a hajtás (1) és a gyökér (2) csúcsán

• **Borítószövet.** A borítószövet a növényi szervek felszínén helyezkedik el. A borítószövet különíti el a növényt a környezettől, óvja a kedvezőtlen hatásoktól és a károsodástól, biztosítja a kapcsolatot a környezettel, szabályozza a gázcserét és a párologtatást (transzpirációt). Megkülönböztetnek elsődleges (bőrszövet) és másodlagos (paraszövet) borítószövetet.

A ***bőrszövet*** vagy ***epidermisz*** (gör. *epi* – fölött és *derma* – bőr) egymáshoz szorosan illeszkedő, színtelen élő sejtek egy vagy több rétegéből áll (41.2. ábra). Ezért a bőrszövetben gyakorlatilag nincsenek légüdvarok. A sejtek nagyobb részét sejtnedvvel telt vakuólum tölti ki, a citoplazma vékony, sejtfal melletti rétegre korlátozódik, ebben van a sejtmag. A bőrszöveti sejtek rendszerint színtelenek, kivételt csak egyes vízi magasabbrendű növények képeznek, az árnyékos helyeken növő páfrányok és a kloroplasztiszokat tartalmazó gázcsere-



41.2. ábra. Bőrszövet: A – borítószöveti sejtek (1); viaszréteg (2)

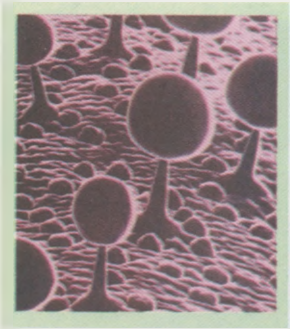


41.3. ábra. A gázcserenyílások szerkezete (A) és szerkezeti vázlata (B). Amikor a víz kitölti a gázcserenyílás sejtjeit, megnő bennük a nyomás, mitől az kinyílik (1). Amikor a víz távozik a gázcserenyílás-sejtekből, csökken a nyomásuk és a nyílás bezáródik (2)

nyílások képeznek. Néha a bőrszöveti sejtek kék vagy ibolyaszínűek a sejtnedvben lévő megfelelő pigmenteknek köszönhetően. Ezeknek a sejteknek a külső falai észrevehetően vastagabbak a belsőknél, és gyakran ásványi anyagokkal vannak átitatva (például a zsurlókban SiO_2 rakódik le). Bőrszövet borítja minden egynyári növény valamennyi szervét és az évelő fás növények fiatal hajtásait egy vegetációs időszakon át, miközben a sejtjei bizonyos ideig megtartják osztódási képességüket.

Felülről a bőrszövetet a sejtjei által elválasztott viasszerű anyag – kutikula – vékony rétege fedi, amely csökkenti a párologtatást. Ez a réteg az aszályos helyeken élő növényeknél a legfejlettebb, egyes pálmák esetében eléri az 5 mm vastagságot. Érdekes, hogy az ilyen növények legkönnyebben a nagyvárosi viszonyokat viselik el. A vastag kutikula védi őket a levegő szennyező anyagaitól.

A bőrszövetben található a klorofillt tartalmazó, bab alakú két zöld sejttel határolt ***gázcserenyílás*** (41.3. ábra). A gázcserenyílás zárása és nyitása annak köszönhető, hogy a bab alakú sejtek belső nyomásának a módosulása megváltoztatja a méretüket. A nyílás felőli sejtfal vastagabb, mint a szomszédos sejt felőli. Amikor megnő a citoplazma sejtfalra kifejtett nyomása, a külső sejtfal megnyúlik, a belső pedig behajlik, s a nyílás kitágul. Amikor a nyomás csökken, a gázcserenyílás bezárul. Nappal, amikor a sejtekben fotoszintézis folyik, megnő a belső nyomás, a gázcserenyílás kinyílik, míg éjjel, amikor szünetel a fotoszintézis, a belső nyomás lecsökken és a gázcserenyílás bezárul. A növény így szabályozza a párologtatás és a gázcsere intenzitását. A gázcserenyílások rendszerint a levelek mindkét oldalán megtalálhatók, de legtöbb az alsó felületen van belőlük. A számuk 1 mm^2 levélfelületen több száz lehet.

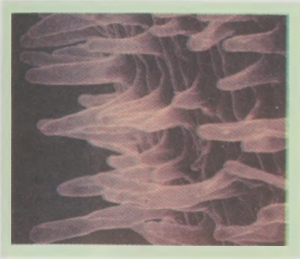


41.1. ábra. Mirigyszőrök (szkennelő elektronmikroszkóppal készült fényképfelvétel)

A levél különleges bőrszöveti képződményei a ***víznyílások***. Ez nem más, mint azt a nyílást övező sejtek komplexuma, amelyen át vízcseppek válnak ki a levélfelületen. Ez akkor fordul elő, amikor a levegő nedvességgel telített, s a növény nem tudja elpárologtatni a szükséges mennyiségű vizet. A víznyílások leggyakrabban a levélszéleken fordulnak elő, s elsősorban a nedves éghajlaton honos növényekre jellemzők.

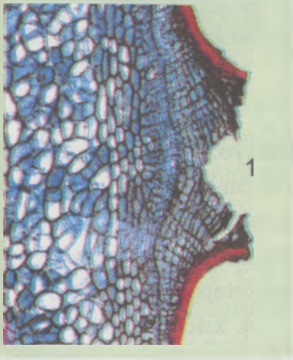
A bőrszövet felszínét gyakran borítják egy- vagy többsejtű szőrök, amelyek élő vagy elhalt, nyújtott sejtekből állnak.

Közülük egyesek a növényt a túlhevüléstől, mások az állatoktól védik, vagy mirigyfunkciót látnak el (mirigyszőrök) (41.4. ábra). A csalán mirigyszőrei SiO_2-vel vannak átitatva és hangyasavval telt vakuólumokat tartalmaznak. A mirigyszőr hegye könnyen behatol az ember vagy az állatok bőrébe. Ekkor a sebbe a bőrt erősen irritáló hangyasav jut. A málna és szeder szárát elfásodott szőrök által képzett tüskék borítják, ezek a növényeket a legelésző állatoktól védik. A növények ásványi táplálása a gyökérszőrökön – a felszívó gyökéröv epidermiszsejtjeinek kinövésein – keresztül történik (41.5. ábra).



41.5. ábra. Gyökérszőrök

A ***paraszövet*** a bőrszövetet helyettesíti a fás és évelő lágyszárú növényeknél. A különleges kambiumréteg (osztódószövetréteg) kívülről olyan sejtekből álló rétegeket képez, amelyeknek megvastagodott falai lipidekkel vannak átitatva, s áthatolhatatlanok a gázok és a víz számára, ezért a tartalmuk gyorsan elhal. Így keletkezik a parakéreg. A parakambium befelé élő alapszöveti sejteket termel. A parakéreg több rétegben elhelyezkedő sejtjei nyújtottak, szorosan illeszkednek egymáshoz (41.6. ábra). A parakéreg felső rétegei idővel lehámlanak, ezért a parakambium a növény egész létezése során új sejteket képez.



41.6. ábra. Paraszövet paraszemölcsel (1)

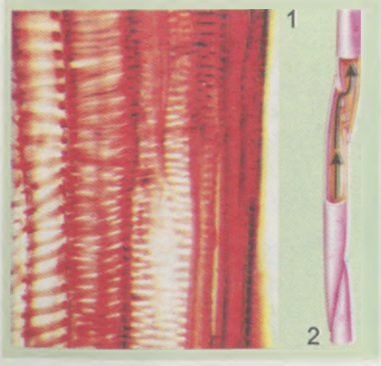
A parakéreg felszínen ***paraszemölcsök*** vannak, amelyek a gázcserében vesznek részt. Ezek szemölcsre emlékeztető dudorok – innen származik az elnevezés –, a belsejükben járat található (41.6. ábra).

• **Szállítószövetek.** A szállítószövetek az anyagok kétirányú – felszálló (ásványi sók oldatainak szállítása a gyökértől a hajtáshoz) és leszálló (a hajtásokban szintetizált szerves anyagok továbbítása a lejjebb található szervekhez) – mozgását biztosítják a növényekben. Ezeket az áramlatokat kétféle szállítószövet tartja fenn: a xilém és a floém.

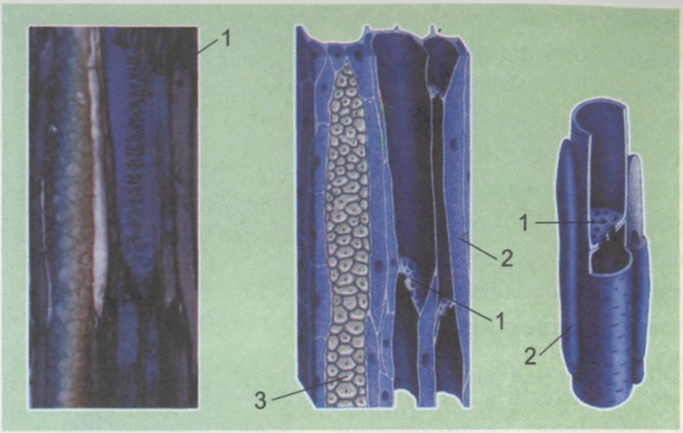
A szállító elemeken (edényeken, a xilém tracheidáin, a floém rostacsövein) kívül a teljes szövet összetételében alapszöveti és merevítőszöveti sejtek is megtalálhatók.

A ***xilém*** (gör. *xylon* – levágott fa) az egész növényen áthaladó szállítóelemekből (tracheidák és edények) és az alapszövet élő kísérősejtjeiből áll (41.7. ábra). A tracheidák (farostelemek) orsószerű, falukban számos pórust tartalmazó, a milliméter részétől 12 cm-t is elérő hosszúságú sejtek (lótusz) (41.7. ábra).

A megnyúlt sejtek falai zsírszerű anyaggal vannak átitatva. Az elhelyezkedésük egymás utáni, a közöttük lévő, haránt irányú falakban, amelyek



41.7. ábra. Edények (1) és tracheidák (2)

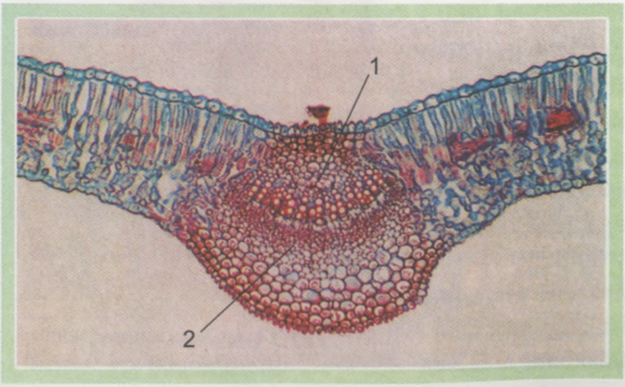


41.8. ábra. Floém: 1 – rostalemezek (a nyílásaikon át kapcsolódik össze a szomszédos sejtek citoplazmája); 2 – kísérősejtek; 3 – a rostacsöveket övező alapszöveti sejtek

hiányozhatnak is, nagy nyílások találhatók. Az egyes edények hossza megközelíti a 10 cm-t, de olykor több méter is lehet (például a tölgyben 2 m hosszú), az átmérője mintegy 0,5 mm. Az edények és a tracheidák falain különböző alakú (gyűrűs, spirális, pórusokat tartalmazó réteges) vastagodások találhatók, ezek akadályozzák az összetapadásukat.

A xilém elemei egyúttal támasztó funkciót is ellátnak a megvastagodott falaiknak köszönhetően. A fás növények szárában, a bélszövethez közelebb eső edényeket zsírszerű anyagok csomói zárhatják el, s ezzel megszűnik a szállító funkciójuk, viszont erősödik a támasztó szerepük. Tavasszal a xilém az ásványi sókkal együtt a gyökerekben vagy a föld alatti módosult hajtásokban tárolt szerves vegyületeket – a keményítő hidrolízise nyomán képződő cukoroldatokat – is szállít a hajtásokhoz. Ezekre a levélbontáskor, a fotoszintézis kezdete előtt van szükség.

A ***floém*** (gör. *phloios* – kéreg) komplex szövet. A szállító elemeken kívül az összetételében alapszöveti és merevítőszöveti sejtek is találhatók. A floém szállító elemei a ***rostacsövek***. Ezek nyújtott, egymás után sorban, láncszerűen elhelyezkedő élő sejtek (41.8. ábra). Harántfalaikban sok apró nyílás található (ezek rostára emlékeztetnek, innen van az elnevezésük), amelyeken keresztül feljebb vagy lejjebb elhelyezkedő szomszédos



41.9. ábra. Az edényrostnyaláb (levélér) szerkezete: 1 – xilém; 2 – floém

sejtek citoplazmája egymással összekapcsolódik. A rostacsöveken a növény zöld részeiben szintetizált szerves vegyületek (leszálló mozgással) egyik sejtből a másikba továbbítódnak. A sejtek falai megvastagodnak, de nem fásulnak el. A rostacsövek mellett magot tartalmazó kísérősejtek húzódnak. Ezek a sejtek pórusaikon át a szerves anyagok áramlását gyorsító vegyületeket juttatnak a rostacsövek citoplazmájába.

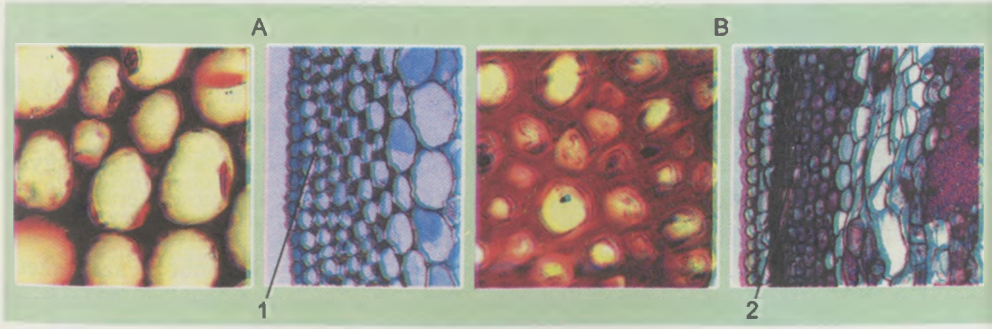
Az edények, a tracheidák és a rostacsövek a merevítő- és alapszövettel együtt képezik az ***edényrostnyalábokat***, például a levélereket (41.9. ábra). Ezeket zártakra és nyitottakra osztják. A zárt edényrostnyalábóknak, a nyitottaktól eltérően, nincs kambiumuk, ezért nem tudnak megvastagodni. A zárt nyalábok az egyszikűekre, a nyitottak a nyitvatermő és kétszikű növényekre jellemzők. Az alapszövet sejtjei is ellátnak szállító funkciót. Például a fás szárak bélsugarai kötik össze a fabelet a kéreggel, rajtuk történik a horizontális anyagszállítás a szár különböző koncentrikus rétegei – kéreg, kambium, fatest, bélszövet – között.

Szállító funkciójuk van az úgynevezett ***tejcsöveknek*** is. A tejcsövek egyes növények nyújtott sejtjei, amelyek tejfehér (gyermekláncfű, kutyatej) vagy narancssárga (vérehulló fecskefű), ***latexnek*** nevezett nedvet szállítanak. Ez cukrok, fehérjék és ásványi anyagok oldata, amelyben apró lipidcseppek vannak. A latexből kaucsukot állítanak elő.

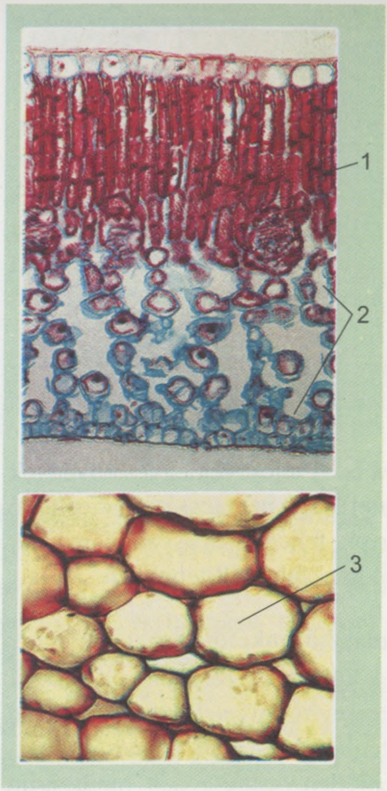
• **Merevítőszövetek.** A merevítőszövetek támasztófunkciót látnak el. Ezek rugalmasságot és szilárdságot kölcsönöznek a növények különböző részeinek. Közöttük vannak élő és elhalt sejtekből álló szövetrészek. A merevítőszövetek sejtjei gyakran nyújtottak, rostszerűek (len, kender), de a levelekben és termésekben gyakran más alakúak.

A merevítőszövetek élő sejtjei (41.10. 1. ábra) egyenlőtlen vastagságúak, rendszerint a borítószövet alatt találhatók. De előfordulnak a kétszikűek fiatal hajtásainak kéregösszetételében is.

Az elhalt sejtek két típusa ismeretes (41.10. 1. ábra). Közülük egyesek nyújtottak, elérik, sőt meghaladják a 40 mm hosszúságot (len). A falaik vastagsága egyenlő, és rendszerint fásult. A szárban ezek a sejtek nyalábokat vagy egységes, keresztmetszeten gyűrűs hengert képeznek. A másik típusba tartozó sejtek gömbölydedek vagy pálcika



41.10. ábra. Merevítőszövetek.
A – élő sejtekből álló szövet (1). B – holt sejtekből álló szövet (2)



41.11. ábra. Alapszövetek: 1 – fotoszintetizáló; 2 – átszellőztető; 3 – raktározó

alakúak. Leggyakrabban a termésekben fordulnak elő (például a meggy, szilva magburkát alkotó kősejtek).

• **Alapszövetek.** Az alapszövetek viszonylag vékony falú, élő sejtekből állnak, amelyek között hézagok: *légudvarok* találhatók. Alapszövet tölt ki minden teret más szövetek – merevítőszövet és szállító szövet – sejtjei között. A szerkezettől és funkciótól függően az alapszövet több típusát különböztetik meg.

A ***fotoszintetizáló alapszövetet*** kloroplasztiszokat tartalmazó sejtek alkotják (41.11. 1. ábra). Ez a szövet a növény zöld részeiben (főként a levelekben) a borítószövet alatt helyezkedik el. Sejtjei végzik a fotoszintézist.

A ***raktározó alapszövet*** (41.11. 3. ábra) valamennyi szervben előfordul, gyakran színtelen – leukoplasztiszokat, olykor kloroplasztiszokat – tartalmazó sejtekből álló rétegek (szárbél) alakjában. Bennük különböző anyagok (keményítő, zsírok), néha (főként a sivatagi növényekben: kaktuszokban, aloékban) víz raktározódik.

Az ***átszellőztető alapszövet*** fő funkciója a gázcsere biztosítása, sejtközi járatokkal van átszőve (41.11. 2. ábra). Legfejlettebb az oxigénszegény környezetben élő – vízi és mocsárlakó – növényekben, valamint a tömör talajokon honos fajok gyökereiben. Ez a gázzal telt szövet teszi lehetővé a vízi növények vagy azok részei esetében a felszínen vagy a vízrétegben való fennmaradást.

Egyes alapszöveti sejtek elválasztó (szekréciós) funkciót látnak el, gyantákat, illóolajokat szintetizálnak és választanak el a külvilágba.

A növények kiválasztása ***(exkréciója)*** eltér az állatokétól. Az anyagcseretermékeik ugyanis általában meghatározott sejtekben halmozódnak fel. Ily módon ezek kikerülnek az anyagcsere-folyamatból. Az anyagcseretermékek egy része a külvilágba egyes kiválasztó sejtek vagy mirigysejtek (nektárium) révén kerül ki. Az anyagcseretermékeknek sokszor speciális funkciójuk van a szervezet élettevékenységében. Kiválasztó funkciót a módosult borítószöveti sejtek – többsejtű mirigyszőrök vagy különböző szerkezetű lemezkék – végzik. A növények belsejében lévő alapszövetben speciális, meghatározott anyagokat (főként illóolajokat, balzsamokat, gyantákat) termelő mirigysejtek, a felhalmozott szekrétumokat és az ezek külvilágba juttatásához szükséges csatornarendszereket tartalmazó sejtközi járatok vannak. Ezek a járatok, amelyeknek élő

és elhalt sejtek rétegeiből álló faluk van, különböző irányokban átszövik a szárakat és részben a leveleket.

A ***nektáriumok*** a virágokban vagy a hajtások különböző részein helyezkednek el. Nektárt termelő alapszöveti sejtekből, a szekrétumot a külvilágba juttató vezetékekből, ezeket burkoló, a nektárium alakját (gödör, dudor, szarv) meghatározó fedősejtekből állnak.

A ***nektár*** – glükóz és fruktóz 3–72%-os töménységű vizes oldatának és erős illatú éterolajoknak a keveréke. Édes ízével és illatával a nektár a vele táplálkozó, megporzást végző rovarokat és madarakat csalogatja a virághoz.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Merisztéma, epidermisz, xilém, floém.***

- A növényeknél képzőszövetet, borítószövetet, szállítószövetet, merevítőszövetet és alapszövetet különböztetünk meg.
- A képzőszövet vagy merisztéma (gör. *meristos* – osztási) nagy sejtmagú, kis cellulóztartalmú, vékony falú, rendszerint vakuólumok nélküli, egymáshoz többé-kevésbé szorosan illeszkedő sejtekből áll. Ezek osztódhatnak és a nyúlékony sejtfalnak köszönhetően nőhetnek. A képzőszövetben gyakorlatilag nincs sejtközi anyag. A képzőszöveti sejtekből alakulnak ki (differenciálódnak) érésük során minden más szövet sejtjei.
- A helyét tekintve megkülönböztetnek: csúcsmerisztémát, oldalmerisztémát és interkaláris vagy szártagmerisztémát.
- A borítószövet a növényi szervek felszínén helyezkedik el. A borítószövet különíti el a növényt a környezettől, óvja a kedvezőtlen hatásoktól és a károsodástól, biztosítja a kapcsolatot a környezettel, szabályozza a gázcserét és a párologtatást (transzpirációt). Megkülönböztetnek elsődleges (bőrszövet) és másodlagos (paraszövet) borítószövetet.
- A bőrszövet vagy epidermisz egymáshoz szorosan illeszkedő, színtelen élő sejtek egy vagy több rétegéből áll. Ezért a bőrszövetben gyakorlatilag nincsenek légudvarok. Felülről a bőrszövetet a sejtjei által elválasztott viasszerű anyag – kutikula – vékony rétege fedi, amely csökkenti a párologtatást. Az epidermiszben a gázcserét szabályozó gázcserenyílások találhatók.
- A szállítószövetek (xilém és floém) az anyagok kétirányú – felszálló (ásványi sók oldatainak szállítása a gyökértől a hajtáshoz) és leszálló (a hajtásokban szintetizált szerves anyagok továbbítása a lejjebb található szervekhez) – mozgását biztosítják a növényekben.

A lényegi rövide

A lényegről röviden

- Az edények, a tracheidák és a rostacsövek a merevítő- és alapszövettel együtt képezik az edényrostnyalábokat, például a levélereket.
- A merevítőszövetek támasztófunkciót látnak el. Ezek rugalmasságot és szilárdságot kölcsönöznek a növények különböző részeinek. Közöttük vannak élő és elhalt, megvastagodott falú sejtekből (rostokból) álló szövetrészek.

Önellenőrző kérdések

1. Milyen növényi szöveteket ismertek? 2. Mi a képzőszövet? Milyen típusait ismeritek? 3. Milyen funkciókat lát el a borítószövet? Milyen típusait ismeritek? 4. Mi a bőrszövet és a paraszövet? 5. Mik a gázcserenyílások, milyenek a gázcserenyílás sejtjei? Milyen funkciókat látnak el? 6. Mi a paraszövet és a parakambium? 7. Milyen a szállítószövetek szerkezete és funkciói? 8. Milyen a merevítőszövet szerkezete és funkciói? 9. Milyen az alapszövetek szerkezete és funkciói? Milyen szerkezeti és működési sajátosságai vannak a képzőszövetnek? 10. Milyen sajátosságai vannak az elválasztásnak és a kiválasztásnak a növényeknél?

Gondolkozzatok el rajta!

1. Milyen körülmények között élnek azok a növények, amelyek leveleiben nincsenek gázcserenyílások? 2. Milyen szerepet játszanak az illatanyagok és a tapadó vegyületek (éterolajok, balzsamok, gyanták) a növények életében? Válaszotokat indokoljátok meg!

42.§. EMBERI ÉS ÁLLATI SZÖVETEK. HISZTOTECHNOLÓGIA

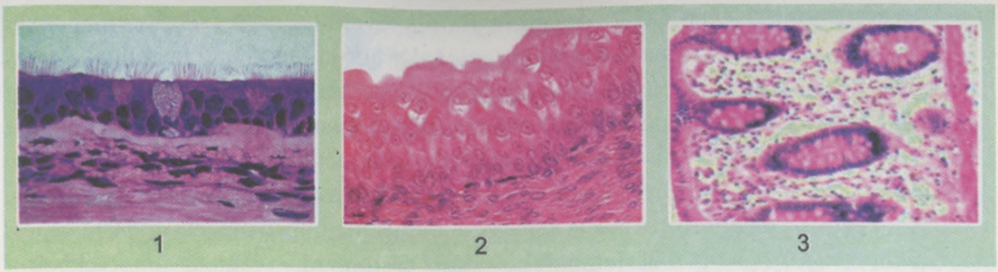
Idézzétek fel!

Mi a sejtközi anyag? Mi az idegimpulzus, a reflex, a fagocitózis, a regeneráció? Mi a vér funkciója? Milyen a nyitott és a zárt vérkeringési rendszer? Mik a neurohormonok és a neuromediátorok? Mi a homeosztázis? Milyen fő irányai vannak a biotechnológiai kutatásoknak?

Az állati és emberi szövetek korszerű osztályozásának szabályait az 1987-es Nemzetközi Anatómiai Kongresszuson fogadták el. Ezek szerint négy fő szövettípust különböztetnek meg: hámszövetet, izomszövetet, idegszövetet és a belső közeg szöveteit.

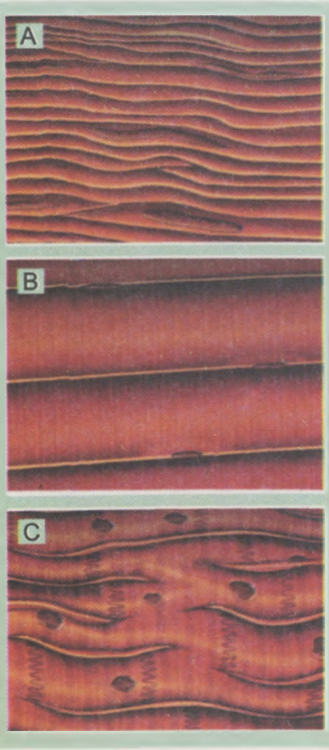
• **Hámszövetek.** A testet fedő és a test, valamint a szervek üregeit bélelő hámszövet vagy epitélium (gör. *epi* – fölött és *tele* – szemölcs) egymáshoz szorosan illeszkedő, egy vagy több rétegbe rendeződő sejtekből áll. A hámszövetből majdnem teljesen hiányzik a sejtközi anyag. A hámsejtek polárosak: felső részük szerkezete különbözik az alapi részüktől, csillókkal rendelkezhetnek (***csillóhám***; 42.1. 1. ábra). A különböző gerinctelen állatok csoportjainak (fonálférgek, ízeltlábúak) borítóhámja sejtközi anyagból külső védőréteget, *kutikulát* választ el, amely gyakran külső vázként szolgál. A puhatestűek és néhány más állat hámsejtjei szerves és szervetlen vegyületeket kiválasztva külső kagylóhéjat növeszt.

A hámsejtek zömmel a ***bazális membránon*** – sejtközi anyag vékony rétegén – helyezkednek el. A hámszövetben nincsenek véredények, ezért a sejtjeit a bazális membránon át a mélyebben fekvő szövetekből érkező tápanyagok táplálják.



42.1. ábra. Hámszövetek: 1 – csillóhám; 2 – fedőhám; 3 – mirigyhám

A hámszövetek több típusa ismeretes (42.1. ábra). Az ***egyrétegű fedőhám*** képezi sok gerinctelen állat és a lándzsahalak bőrtakaróját. Az egyrétegű hámszövet béleli ki a másodlagos testüreget, belőle képződnek a vékonybél, a vér- és nyirokedények belső hártyái. Az egyrétegű hámszövet válfaja a légutakat kibélelő csillóhám (42.1. 1. ábra). A ***többrétegű fedőhám*** képezi a gerinces állatok bőrének (epidermiszének) felső rétegét és béleli ki a szájüreget, alkotja a nyelőcső belső hártyáját. Belső rétegének a sejtjei osztódóképesek, a külső réteg sejtjei elszarusodhatnak, elpusztulhatnak és fokozatosan lehámlanak. Az elhalt sejtek helyét a mélyebben fekvő rétegek sejtjei veszik át, így biztosítva a hám megújulását. Sok gerinces állat egyes testrészeinek hámsejtjeiből védő- és más funkciókat ellátó képletek alakulnak ki: a csúszómászók pikkelyei, a madarak csőre, tollazata, az emlősök körmei, karmai és patái.



42.2. ábra. Izomsejttípusok: A. Simaizomsejtek. B. Vázizom. C. Csíkolt szívizom

• **Izomszövetek.** Az izomszövet legfontosabb képessége, hogy idegimpulzusok hatására összehúzódik (42.2. ábra). Az izmok részét képezik a támasztás és mozgás szervrendszerének, a legtöbb belső szerv falának, biztosítják az egész test vagy részeinek mozgását, rögzített helyzetét (testtartás). Az izomszövet sajátossága, hogy regenerálódhat (az izomszövet kivételével). Megkülönböztetnek csíkolt (harántcsíkolt) és simaizomszövetet. Az izomsejtek meghatározott rendben elhelyezkedő ***miofibrillumok*** – összehúzódásra képes fehérjeszálak (aktin, miozin) – nyalábjait tartalmazzák. A sejtcsoportok nyalábokat alkotnak, közöttük vér- és nyirokedényeket, izomrostokat tartalmazó kötőszövet található.

A ***simaizomszövet*** megtalálható a belső szervek többségének (véredények, gyomor, bél, húgyvezeték,

húgyhólyag) összetételében (42.2. A. ábra). Ez a szövetfajta nem csíkolt, egymagvú, orsó alakú sejtekből áll. A simaizomszövet sejtjei akarattól függetlenül húzódnak össze. Ez a szövetfajta hosszú ideig lehet összehúzódott állapotban, vagy épp fordítva: erősen ernyedve. Összehúzódása sokkal lassabb, mint a csíkolt izomszöveté. Egyes gerinctelen állatcsoportok (lapos és gyűrűsférgek, puhatestűek) valamennyi izma simaizom.

A ***csíkolt izomszövet*** sejtjei nyújtott henger alakú, sokmagvú rostok (42.2. B. ábra). Az izomsejteket ezért izomrostoknak is nevezik. Citoplazmájukban összehúzódásra képes, mikroszkópban jól látható fehérjefonalak – aktin és miozin – vannak, amelyekben a fényt különbözőképpen megtörő világos és sötét szakaszok (hengerek) váltják egymást. A csíkolt izomszövet sokkal gyorsabban képes összehúzódni, mint a simaizom. A csíkolt izmokat váz- és szívizomszövetre osztják.

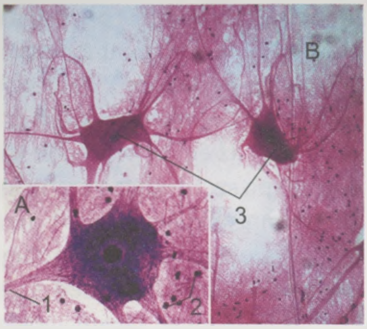
Vázizomszövetből állnak a mozgást végző izmok, továbbá a nyelv, a garat, a gége, a nyelőcső felső részének és a gerincesek rekeszének izmai. A vázizmok a csontokhoz (ritkábban a bőrhöz) inakkal rögzülnek. Az egyes izomrostokat és összességükben az izmokat kötőszöveti hártya burkolja, amely óvja őket a túlzott nyúlástól. A csíkolt izomzat az emberben, a gerinces állatoknál és az ízeltlábúaknál a legfejlettebb. A hengeresférgek izomzata különleges, *ferdén csíkolt izomszövetből* áll, amely tulajdonságait tekintve a csíkolt izomszövetre emlékeztet. A vázizmok összehúzódását az emberben az agyféltekék ellenőrzik, vagyis a működésük akaratlagos.

Csíkolt szívizomrostok alkotják a gerincesek szívfalának egyik rétegét – *miokardiumát* – és a nagy véredények – aorták és felső ürös vénák – egyes szakaszait (42.2. C. ábra). Szerkezeti sajátosságait tekintve a szívizom olyan, mint a vázizom, csak egyes helyeken a rostjai össze vannak nőve. Ennek köszönhetően a miokardium specifikus sejtjeiben képződő idegimpulzusok gyorsan terjednek. A vázizmoktól eltérően, amelyek képesek az akaratlagos összehúzódásra, a szívizom az akarattól függetlenül húzódik össze. A szívizomsejteket ***kardiomiocitáknak*** nevezzük. Ezek rostos kötőszöveti elemek között helyezkednek el és hártya burkolja őket, amelynek az összetételében a plazmamembránon kívül kollagénrostokat tartalmazó bazális membrán is tartozik. Sajátosságaik szerint a kardiomiociták három csoportra oszthatók. Közülük az összehúzódó sejtek (munkavégző sejtek) csoportja képezi a szívizom alapját. Ezek összehúzódásra képes miofibrillumokat tartalmazó elágazó rostok. Ezek a munkavégző kardiomiociták sejtközi kapcsolatok kialakításával szívizomrostokká állnak össze.

A kardiomiociták másik csoportja a szív *ritmikus összehúzódását* biztosító impulzusvezető sejtekből áll. Ezek, alakjukat tekintve, laza kötőszövettel burkolt vékony rostok. Rendszeres időközökben idegimpulzusok jönnek létre bennük, amelyek átadódnak a munkavégző kardiomiocitáknak és az összehúzódásukat idézik elő. Ennek köszönhető a szív összehúzódási képessége, amely független a központi idegrendszertől a szívhez érkező impulzusoktól. A kardiomiociták egy része szekréciós funkciót lát el. Ezek a sejtek az artériás vérnyomást szabályozó hormont választanak el. A szívizom jellegzetes tulajdonsága, hogy – a vázizmoktól eltérően – csak a vegetatív idegrendszer idegzi be.

A módosult csíkolt izomrostok képezik az ***elektromos szervek*** alapját (több mint 300 elektromos halfaj ismeretes: elektromos ráják, harcsák, angolnák). Az elektromos

rájáknak ezek a szervei a melluszonyok között helyezkednek el. Az elektromos kisülés, amelynek erőssége meghaladhatja a 200 voltot, vadászatra és az ellenségtől való védelmet szolgálja.

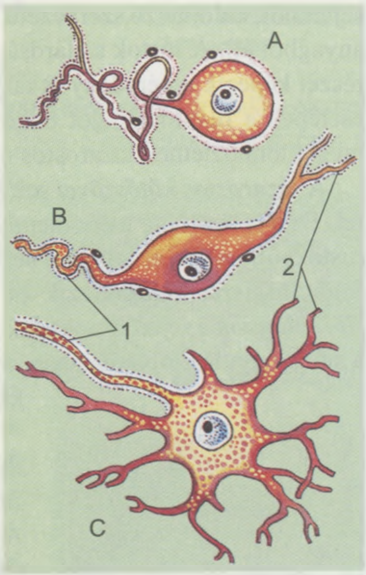


42.3. ábra. Idegszövet: A – neuron axonnal (1) és dendrittel (2); B – neuronokat tartalmazó idegszövet (3)

• **Idegszövet.** Az idegszövet képes arra, hogy bizonyos tényezők hatására ingerületi állapotba kerüljön és vezesse az ingerületet a szervezetben. Benne elektromos természetű – meghatározott idegrostokban ellenkező irányokban, a receptoroktól a központi idegrendszerhez és a központi idegrendszertől a végrehajtó szervekhez továbbítódó – ***idegimpulzusok*** jönnek létre. Az idegszövet idegsejtekből (neuronokból) és a közöttük elhelyezkedő járulékos sejtekből áll (42.3. ábra). A járulékos sejtek összessége ***neurogliát*** képez.

A ***neuronok*** (gör. *neuron* – ín, fonál, ideg) az idegrendszer szerkezeti-működési egységei. A neuronok képesek az ingerek felfogására, azok idegimpulzusokká történő átalakítására és más szövetek sejtjeihez való továbbítására. Az érett neuronok nem képesek az osztódásra. Amint a 9. osztályos biológiából tudjátok, minden neuron testből és nyúlványokból (axonokból és dentritekből) áll. Az idegsejttestben található a mag és a többi sejtszervecske. A hosszú, végükön elágazó (1 méter hosszúságot is elérő) nyúlványokat ***axonoknak*** (gör. *axon* – tengely) nevezzük. A funkciója az, hogy elvezesse az idegingerületet a neurontesttől más sejtekhez. A neuron zömmel rövid, faszerűen elágazó nyúlványait ***dendriteknek*** (gör. *dendron* – fa) nevezzük; rajtuk keresztül történik az idegingerület továbbítása a receptoroktól vagy más neuronoktól az idegsejttesthez.

A neuronoknak rendszerint egy axonjuk és egy vagy több dendritjük van. Az idegsejttesttől leágazó nyúlványok számától függően megkülönböztetnek a gerinctelen állatokra jellemző ***unipoláris*** (egy nyúlványa van, amely a sejttestből való kilépés után axonra és dendritre osztódik), ***bipoláris*** (egy axonjuk és dendritjük van) és ***multipoláris*** (egy axonja és sok dendritje van) neuronokat (42.4. ábra). Az ingerület vezetésén kívül egyes neuronok neurohormonokat és neuromediátorokat termelnek. Az előbbiek ugyanazt a szerepet játsszák a szervezetben, mint a belsőelválasztású mirigyek váladéka, a hormonok. Az



42.4. Neurontípusok: A – unipoláris neuron, amelynek a nyúlványa érző és mozgató nyúlványra ágazódik; B – bipoláris neuron; C – multipoláris neuron; 1 – axon, 2 – dendrit

utóbbiak (acetilkolin) biztosítják az idegimpulzusok egyes neuronok vagy a neuronok és az idegsejtek, valamint a neuronok és a végrehajtó szervek közötti továbbítását.

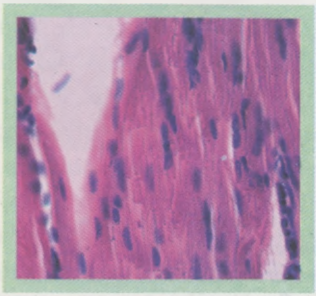
Funkcióik szerint a neuronok érzőkre, köztesekre és mozgatókra oszlanak. Az ***érző*** (***szenzoros***) ***neuronok*** a külső és belső környezet ingereit fogják fel. A ***köztes*** (***asszociatív***) ***neuronok*** az egyes neuronok közötti kapcsolatot biztosítják, míg a ***mozgató neuronok*** a végrehajtó szervekhez vezetik az impulzusokat. Az idegszöveten belül megkülönböztetik a neurontestekből és rövid dendritekből álló ***szürkeállományt*** (***szürke anyagot***) és a mielinburokkal bevont neuronnyúlványok által képzett ***fehérállományt*** (***fehér anyagot***).

A neuronoktól eltérően az érett gliasejtek osztódhatnak. Ezek kitöltik a neuronok közötti hézagokat, tápanyagokkal látják el őket, elektromos szigetelő burkot képeznek az idegsejtek nyúlványai körül, az idegrendszer működéséhez szükséges biológiailag aktív anyagokat szintetizálnak.

• **A belső közeg szövetei.** A belső közeg szövetei különböző szervek összetételét alkotják, és a szervezet belső közegét képezik. Különféle – védő-, tápláló, szállító, támasztó, raktározó – funkciókat látnak el, és viszonylag stabil állapotban tartják a szervezet belső közegét. Az ehhez a típushoz tartozó szövetfajták közös vonása az, hogy sejtekből állnak és jól fejlett a sejtközi anyaguk. A belső közeg bizonyos szövettípusai regenerációs képességekkel rendelkeznek. A belső közegben megkülönböztetnek kötőszövetet, vázszövetet, folyékony szöveteket (vér, nyirok, szövetnedv).

A ***kötőszöveteknek*** több típusuk van (42.5. ábra). A ***rostos*** vagy ***valódi kötőszövet*** sejtekből, különböző szerkezetű rostokból és az ezeket körülvevő amorf (strukturálatlan) anyagból áll. A rostok szilárdságot és rugalmasságot biztosítanak a szerveknek. Például részét képezik a véredények falának és akadályozzák a túlzott kitágulásukat, míg a bőr esetében a rugalmasságot biztosítják. A rostok és az amorf anyag arányától függően megkülönböztetnek lazarostos és tömöttrostos kötőszövetet.

A ***lazarostos kötőszövet*** sok szervben előfordul és a bőr alatti irharéteg is belőle épül fel. Ez a szövetfajta nagy mennyiségű alapállományból (amorf anyagból) és benne lévő rostokból, valamint többféle sejttípusból áll. Közülük egyesek (***makrofágok***) képesek a fagocitózisra: bekebelezik és megemésztik a kórokozó mikroorganizmusokat. A ***fibroblasztok*** a sejtközi anyagok fehérjéit szintetizálják (***kollagén***, ***elasztin***), részt vesznek a sebgyógyulás folyamatában, az idegen testeket (például parazita szervezetek) bevonó kötőszöveti kapszula kialakításában.

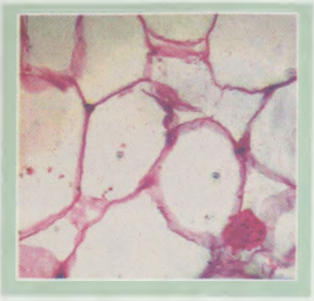


42.5. ábra. Kötőszövet

A ***tömöttrostos kötőszövet*** sok egymáshoz szorosan illeszkedő rostot és kevés alapállományt és sejtet tartalmaz. A rostos kötőszövetet szabálytalanra és szabályosra osztják. A ***szabálytalan tömöttrostos kötőszövet*** rostjainak rendezetlen az elhelyezkedése. Ez a szövetfajta megtalálható a tulajdonképpeni bőr (derma) és a csonthártya összetételében. A ***szabályos tömöttrostos kötőszövet*** párhuzamos rostnyalábokból áll. Belőle épülnek fel az inak és ínszalagok.

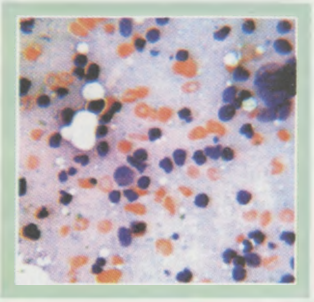
Speciális tulajdonságú kötőszövetek az embrionális és retikuláris kötőszövet, valamint a zsírszövet. Az *embrio-*

nális kötőszövetből alakulnak ki az egyedfejlődés során valamennyi kötőszövettípus sejtjei. Az embrionális kötőszöveti sejtek csillag vagy orsó alakúak és egymással összefonódva hálót alkotó kinövéseik vannak.



42.6. ábra. Zsírszövet

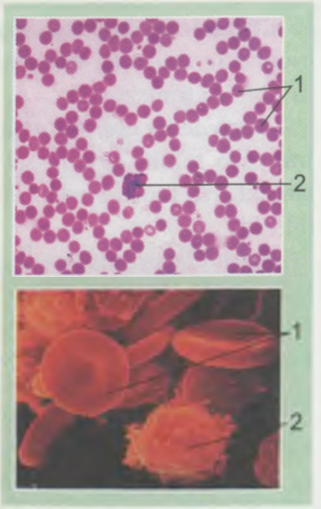
A *zsírszövet* sok szervben megtalálható (42.6. ábra). Fő funkciója a tápanyagok raktározása (az ízeltlábúak zsírteste, az ember, emlősállatok és madarak bőr alatti zsírraktára) és a hőszigetelés. A bőr alatti és egyes szervek körüli zsírszövet védi azokat a mechanikus sérülésektől. Megkülönböztetnek barna és fehér zsírszövetet. A *barna zsírszövet* a hőszabályozásban vesz részt. A bőr alatti zsírszövet hőszigetelő szerepet játszik. A *fehér zsírszövet* a lipidek szintézisében és tárolásában, valamint a vérből történő elnyelésében vesz részt.



42.7. ábra. Retikuláris kötőszövet

A *retikuláris kötőszövet* (lat. *reticulum* – háló) alkotja a vérképző szervek (vörös csontvelő, lép, nyirokcsomók) alapját, a májban, lépben, megtalálható a bél és a vese nyálkahártyájának, valamint a nyirokmirigyeknek az összetételében (42.7. ábra). Hálót képező rostokból, fibroblasztokból és őssejtekből áll. A vérképző szervekben a retikuláris kötőszövet alkotja a fejlődő vérsejtek környezetét.

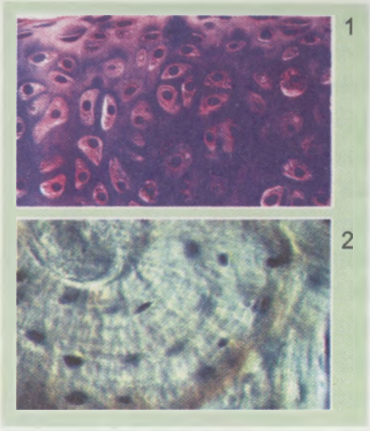
A **vér** és a **nyirok** folyékony sejtközi anyagból (***plazmából***) állnak, ebben helyezkednek el az egyes sejtek (***alakos elemek***; a vér alakos elemei az *eritrociták*, *trombociták* és *leukociták*) (42.8. ábra). Ezek a szövetek tartják fenn a szervezet homeosztázisát, biztosítják a tápanyagok, az anyagcseretermékek, gázok, hormonok, biológiailag aktív anyagok szállítását és az immunitást. Az oxigénnel dúsított vért ***artériás***, a szén-dioxiddal telítettet ***vénás*** vérnek nevezzük.



42.8. ábra. Vér: 1 – eritrociták; 2 – leukociták

Az ***eritrociták*** vagy vörösvérsejtek a gázszállítást valósítják meg. Légzési pigmentet, hemoglobint tartalmaznak, ez adja a vörös színüket. A hemoglobin instabil vegyületeket alkothat az O_2-vel és a CO_2-vel. Az emlősök többségének érett eritrocitáiban nincs mag. Az ízeltlábúak, puhatestűek és más gerinctelenek változatos (vörös, rózsaszín, kék) légzési pigmentjei a plazmában vannak feloldva.

A ***leukociták*** vagy fehérvérsejteknek van magjuk és az immunreakciók megvalósításával védőfunkciót látnak el. A leukociták különböző fajtái (*limfociták*, *monociták*) méretükben, szerkezeti és funkcionális sajátosságaikban és élettartamukban különböznek egymástól. Közülük



42.9. Vázszövetek: 1 – porcszövet; 2 – csontszövet

egyesék (például a makrofágok) fagicitózissal bekebelezik és megemésztik az idegen testeket (baktériumokat, szilárd részecskéket), s ezzel megvalósítják a *sejtimmunitást*. Mások (például a T-limfociták) speciális védőanyagokat – antitesteket – képeznek, ezzel biztosítva a *humorális immunitást*.

A ***trombociták*** részt vesznek a gerincesek véralvadásában. Ezek a vöröscsontvelő mag nélküli óriássejtjei.

• **Vázszövetek.** A vázszövetekhez a porcszövet és a csontszövet tartozik. Legfontosabb tulajdonságuk a rugalmasság és a szilárdság, a támasztó és mozgásszerveknek részét képezik.

A ***porcszövet*** sejteket és rugalmasságot, valamint szilárdságot biztosító szerves anyagokból álló sejtközi anyagot tartalmaz (42.9. ábra). Ebből a szövetféléből alakul ki minden gerinces állat és az ember magzatának váza. Idővel legtöbb esetben a porcszövetet csontszövet váltja fel. A kifejlett gerincesekben és az emberben részben porcszövet képezi a fülkagylót, a gégét, az inakat és az ínszalagokat, bordákat. Porcszövet biztosítja a csontok mozgékony (ízületek) és félmozgékony kapcsolódását, gátolják a légutak összetapadását, a csontok törés utáni regenerációját. Teljesen porcszövetből áll egyes halak váza (cápák és ráják).

A ***csontszövetben*** nagy mennyiségű ásványi só rakódik le, ettől az különleges szilárdságra tesz szert (42.9. ábra). A sejtközi állományában kalcium-karbonátok és -foszfátok, valamint speciális fehérjék (kollagén) találhatók. A képző- és bontósejtek biztosítják a porcszövet csontszövettel való helyettesítését, csontos szerkezetének átalakítását és regenerációját. A képzősejtek sejtközi anyagot termelnek, a bontósejtek az általuk termelt enzimekkel le tudják bontani a porc- és csontszövetet. Túlnyomórészt csontszövetből épül fel a gerinces állatok és az ember váza. Megkülönböztetnek szivacsos és tömör csontszövetet.

A ***szivacsos csontállomány*** a csontok közepén helyezkedik el, és a nyomás és szakítás irányába tájolt, egymással összefonódott csontlemezkékből áll. Az állaga szivacsra emlékeztet, innen ered az elnevezése. A csontlemezkék közötti helyeket vörös csontvelő tölti ki.

A ***tömör csontállomány*** a csontok külső részét képezi, az állaga tömör massza, helyenként sejtes üregekkel. Ennek a szerkezeti alapegysége az ***oszteon***, ami nem más, mint koncentrikusan elhelyezkedő csontlemezkék (4-től 20-ig) összessége. Az oszteon közepén kötőszövettel telt, véredényeket és idegeket tartalmazó csatorna húzódik.

• **Hisztotechnológia.** A hisztotechnológia a biotechnológia kutatási ága, amely a többi között a szövetek szervezeten kívüli hosszú tartósításának (konzerválásának), szöveti és sejtkészítmények későbbi vizsgálat és gyakorlati felhasználás céljából történő előállításának a módszereit dolgozza ki. A szövetmintákat lefagyasztják, majd különböző mikroszkópos technikai módszerekkel vékony metszeteket készítenek belőle, víztelenítik és különböző vegyületekkel megfestik. A hisztotechnológiai módszerek lehetővé teszik

a patológiai (kóros) elváltozások – például rosszindulatú (rákos) daganatok – idejében történő megállapítását a szövetekben. Ukrajnában bármilyen sebészeti beavatkozást, a beteg bizonyos vegyületekkel történő érzéstelenítését vagy altatását (***anesztézia***) megelőzően szöveti, szerv- és szervrendszeri vizsgálatot végeznek a szervezet állapotának felmérése céljából.

A korszerű hisztotechnológia előtt széles távlatok nyílhatnak. Ilyen például az őssejtek kinyerése a szervezetből, majd mesterséges táptalajokon való továbbtenyésztésük. Az őssejteket a magzatot az anya szervezetével összekapcsoló köldökzsinórból állítják elő. A különböző országok tudósai olyan módszerek kidolgozásán munkálkodnak, amelyek lehetővé tennék egész szervek előállítását őssejtekből a beteg vagy károsodott szervek pótlása céljából.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Retikuláris kötőszövet, oszteon, hisztotechnológia.***

- Az állatokban és a növényekben négy fő szövettípust különböztetnek meg: hámszövetet, izomszövetet, idegszövetet és a belső közeg szöveteit.
- Hámszövet fedi a testet és béleli ki a test, valamint a szervek üregeit.
- Az izomszövet képes az összehúzódásra válaszul az ingerre és idegimpulzusokra. A szerkezettől és működési sajátosságoktól függően megkülönböztetnek sima és csíkolt izomszövetet.
- Az idegszövet ingerületi állapotba kerülhet külső inger hatására és vezetheti az ingerületet a szervezetben. Az idegrendszer idegsejtekből (neuronokból) és járulékos sejtekből (neurogliából) áll.
- A belső közeg szövetei különböző feladatokat végeznek: fenntartják a homeosztázist, védő-, elosztó, szállító, támasztó, raktározó, regeneráló funkciót látnak el. Sejtekből és fejlett sejtközi állományból állnak. Ezeket kötőszöveti, váz- és folyékony (vér) szövetre osztják.
- A hisztotechnológia a biotechnológia kutatási ága, amely a többi között a szövetek szervezeten kívüli hosszú tartósításának (konzerválásának), szöveti és sejtkészítmények későbbi vizsgálat és gyakorlati felhasználás céljából történő előállításának a módszereit dolgozza ki.

A lényeg rövide

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen szövettípusokat különböztetnek meg a többsejtű állatokban?* 2. *Mi a hámszövet? Milyen szerkezeti és működési tulajdonságait ismeritek?* 3. *Milyen szerkezeti és működési sajátosságai vannak az izomszövetnek? Milyen izomszövettípusokat ismertek?* 4. *Milyen sajátosságai vannak az idegszövet szerkezetének és működésének?* 5. *Mik a belső közeg szövetei? Ezeknek a szöveteknek mely típusait ismeritek?* 6. *Mi a hisztotechnológia?*

Gondolkozzatok el rajta!

1. Miért csíkolt izomszövet képezi a halak elektromos szerveit? 2. Miért kell figyelembe venni a sebészeti beavatkozások előtt a szövettani vizsgálatok eredményeit?

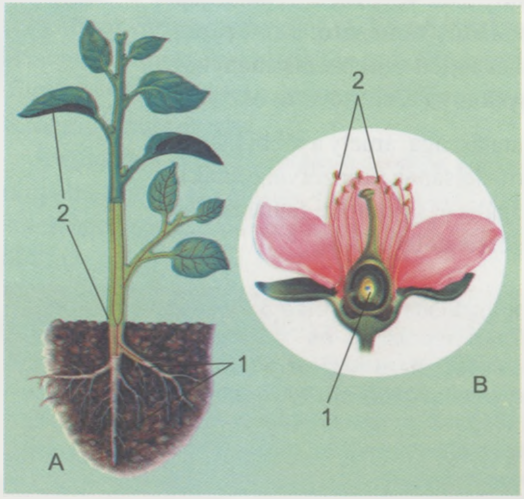
43.§. SZERVEK ÉS SZERVRENDSZEREK

Idézzétek fel! *Mit nevezünk vegetatív, reprodukciós és generatív szerveknek? Milyen szervrendszereik vannak az állatoknak?*

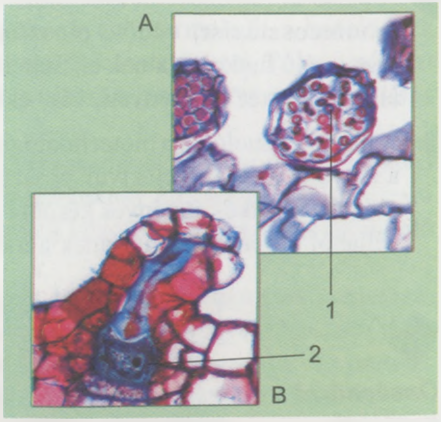
• **A magasabbrendű növények szervei.** Emlékezhettek rá, hogy a magasabbrendű növények szerveit vegetatívakra és reprodukciósakra (szaporítószervek) osztják (43.1. ábra). A magasabbrendű növények vegetatív szervei: a *gyökér* és a *hajtás*, ezek az életműködéssel kapcsolatos különböző funkciókat látnak el, mint amilyen a táplálás, az anyagcseretermékek kiválasztása, gázcsere. Azonban ezek a szervek nem képeznek ivartalan vagy ivaros szaporodásra specializálódó sejteket. Megjegyzendő viszont, hogy a növény gyakran szaporodik vegetatív szervei segítségével vagy ezek módosulataival, vagyis többsejtű képződményekkel. Például olyan módosult hajtásokkal, mint a kacsok, gumók, hagymák, gyökértörzsek.

A ***gyökér*** a magasabbrendű növények földalatti vegetatív szerve. Rendszerint a talajban található, és a növényt rögzíti benne, felszívja az ásványi sók talajoldatait és továbbítja azokat a föld feletti szervekbe. A moháknak nincsenek gyökereik, ezek funkcióit a *rhizoidák* – egymás után elhelyezkedő sejtek által alkotott fonalas nyúlványok – látják el. A magasabbrendű növények föld feletti szerve – a ***hajtás***, amely tengelyrészből, azaz *szárból* áll, s ezen helyezkednek el a *levelek*. A hajtásnak lehetnek földalatti módosulatai: gyökértörzs, szárgumó, hagyma, hagymagumó. A szár köti össze egymással a növény összes szervét, bimbókat képez, amelyekből új hajtások fejlődnek. A levelek fő funkciója a fotoszintézis, légzés és párologtatás.

A növények egyes reprodukciós szervei biztosítják az ivartalan szaporodást (spórák segítségével), más ilyen szervei (generatív szervek) az ivaros szaporodást. A magasabbren-



43.1. ábra. Növényi szervek: A. Vegetatív szervek: 1 – gyökér; 2 – hajtás. B. Reprodukciós szervek: virág – a maggal való szaporodás szerve: 1 – termő; 2 – porzók



43.2. ábra. A magasabbrendű spórás növények ivaros szaporodását biztosító reprodukciós szervek: A – hím ivarszervek (anteridiumok), bennük képződnek a spermatozoidok (1); B – női ivarszerv (archegonium) petesejttel (2)

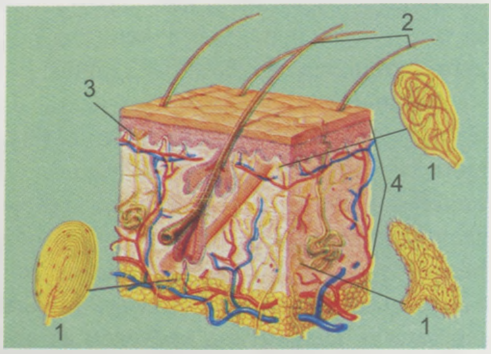
dű spórás növények (mohák, páfrányok, zsurlók és korpafüvek) (43.2. ábra) generatív szervei az ivaros nemzedék egyedein, a ***gametofitákon*** képződnek. Vannak növények, amelyek esetében a hím és a női ivarszervek ugyanazon az egyeden találhatók (pajzsika – hím páfrány), míg más növényeknél ezek külön-külön egyedeken vannak (szőrmoha).

A hím és a női ivarsejtek összeolvadása nyomán zigóta képződik. A zigótából az ivartalan nemzedék (***szporofita***) egyede fejlődik ki. A szporofitán fejlődnek az ivartalan szaporító szervek, a sprangiumok (spóratartók), amelyek gyakran fürtöt alkotnak. A sporangiumokban spórák, a spórából az ivaros nemzedék egyede fejlődik ki. Ilyenformán ezekre a növényekre összetett életciklus jellemző, amelyben váltakoznak az ivaros és ivartalan nemzedékek. A mohák esetében a szporofita a zöld gametofitán képződik.

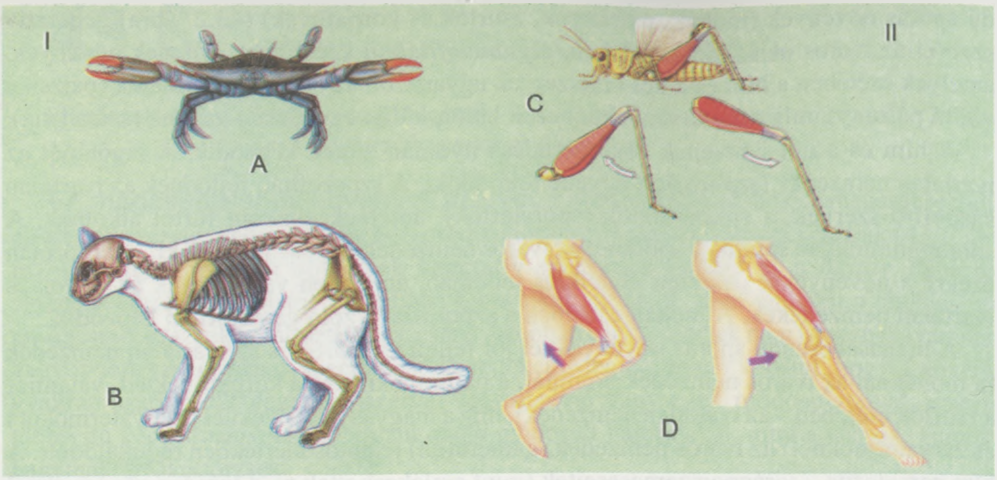
A magasabbrendű spórás növényeknél jól fejlett az ivaros és az ivartalan nemzedék (a moháknál az ivaros nemzedék dominál, a páfrányoknál és a korpafüveknél, valamint a zsurlók esetében – az ivartalan nemzedék), míg a magvas növényeknél (nyitvatermőknél és zárvatermőknél) az ivaros nemzedék (gametofita) jelentős mértékben redukálódott. A hím gametofita – virágporszemcsesejtek (mint emlékezhettek rá, a virágos növényeknél a megtermékenyítés előtt ez a vegetatív sejt és két spermasejt), a női gametofita – az embriózsák hét sejtje (a zigótával és a központi sejttel együtt, amelyből kifejlődik az endospemium embriószövet; ennek a sejtjeiben raktározódnak a tápanyagok). A nyitvatermőknél a hím és a női ivarszervek módosult generatív hajtásokon – *tobozokon* – vannak összegyűjtve. A zárvatermő növények generatív szervei – a ***virágok***. Ezekben termők és porzók találhatók, amelyekben a megfelelő női és hím gaméták képződnek (43.1. ábra). A megtermékenyítés után a virágok különböző szerveiből más típusú generatív szervek – magok és termések – képződnek.

• **A többsejtű állatok szervrendszerei.** A **bőr** képezi a szervezetet a káros külső hatásoktól védő testtakarót (43.3. ábra). A testtakaró gyakran részt vesz a gázcserében (például a békák nedves bőre). A bőr alapját egyrétegű (a gerinctelenek többségénél) vagy többrétegű (a gerinchúrosok többségénél) hám képezi, amely alatt kötőszövet helyezkedhet el. A bőrben sok különböző mirigy és mirigysejt lehet. Például az emlősöknél a verejtékmirigyek (hőszabályozó és kiválaszó funkciókat látnak el), a faggyúmirigyek (a testfelület kenésére szolgálnak), tejmirigyek (a nőstényeknél a kicsinyek táplálására szolgálnak), szagmirigyek (az ellenségek távoltartására vagy az ellenkező nemű egyedek csalogatására szolgálnak). Az ellenségekkel szembeni védelem feladatát látják el az olyan kétéltűek bőrében található mirigysejtek, mint a gőte vagy a különböző béka- és varangyfajok.

Kívülről a bőrt gyakran védőréteg (kutikula) borítja. Ezt a takaróhám képezi. Az ízeltlábúak és gyűrűsférgek esetében a kutikula egyúttal külső vázként szolgál és védi a testet a környezet kedvezőtlen hatásaitól. Mivel a kutikula nem nyúlik, ezért ezek az állatok növekedésükkor



43.3. ábra. Az emlősök bőre:
1 – bőrreceptorok; 2 – szőrök;
3 – epidermisz (többrétegű fedőhám);
4 – derma vagy valódi bőr



43.4. ábra. ábra. I. Az állatok váza: A – kutikula által képzett külső váz; B – az emlősök csontokból álló belső váza. II. Az ízeltlábúak (C) és emlősök (D) végtagjainak izomzata

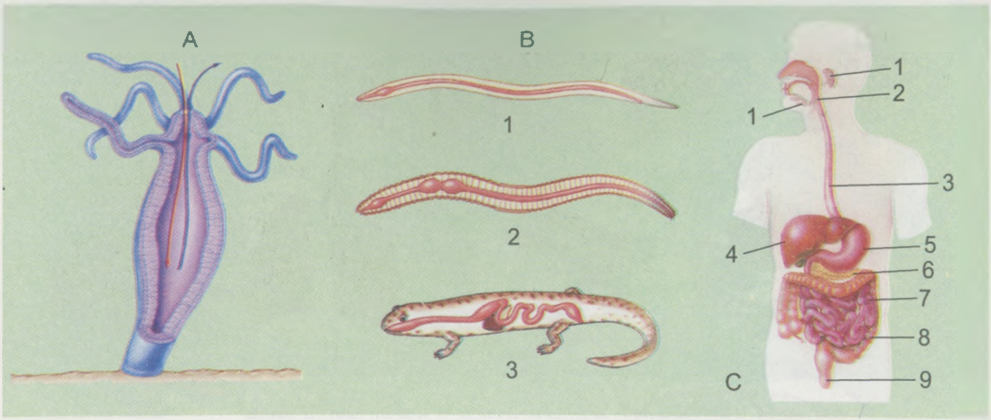
vedlenek: levetik a régi tömör takarót, és amíg az újabb meg nem szilárdul, az állat gyorsan növekszik.

A váz és a hozzá kapcsolódó izmok alkotják a **támasztó** és **mozgási szervrendszert**. A test ennek köszönhetően tud meghatározott helyzetet felvenni, képes mozgatni egyes részeit és mozogni a térben. Az ízeltlábúaknak nitrogéntartalmú poliszacharidot – kitin – tartalmazó külső vázuk van. Ez minden oldalról körülveszi a testet, s az izmok belülről tapadnak hozzá (43.4. A. ábra). A külső váz megbízható védelmet nyújt a külső környezet hatásaival szemben, de a belső váztól eltérően korlátozza a test méreteit. A gerinceseknek és az embernek a testen belül elhelyezkedő belső váza van. Ehhez tapadnak a vázizmok (43.4. B. ábra).

A gyűrűsférgeknek és más állatoknak nincs szilárd vázuk, a testüket hámból és néhány összefüggő izomrétegből álló bőrizomtömlő borítja. Az izmok összehúzódásakor ezek az izomrétegek antagonistákként működnek: például a hosszanti izmok rövidítik, a gyűrűsizmok ugyanakkor növelik a test hosszát.

A táplálék anyagainak mechanikai és kémiai átalakítását, az emésztéssel nyert tápanyagok vérbe és nyirokba való felszívódását, a megemésztetlen maradványok kiürítését (*defekációt*) az **emésztőrendszer** (43.5. ábra) végzi. Az űrbelűek és a laposférgek esetében hiányzik a végbélnyílás, a megemésztetlen, szilárd táplálékmaradványok a szájnyíláson át ürülnek ki. Az ilyen bélcsatornát *zártnak* nevezzük. Ugyanakkor a hengeres- és gyűrűsférgek, puhatestűek, ízeltlábúak, gerinces állatok esetében a bélcsatorna *nyitott*, végbél- vagy kloákanyílásban végződik (43.5. ábra). A nyitott tápcsatorna megjelenése kedvezett az anyagcsere-intenzitás növekedésének, hiszen a megemésztetlen táplálékmaradványok kiürítése után újabb adag táplálék vehető fel.

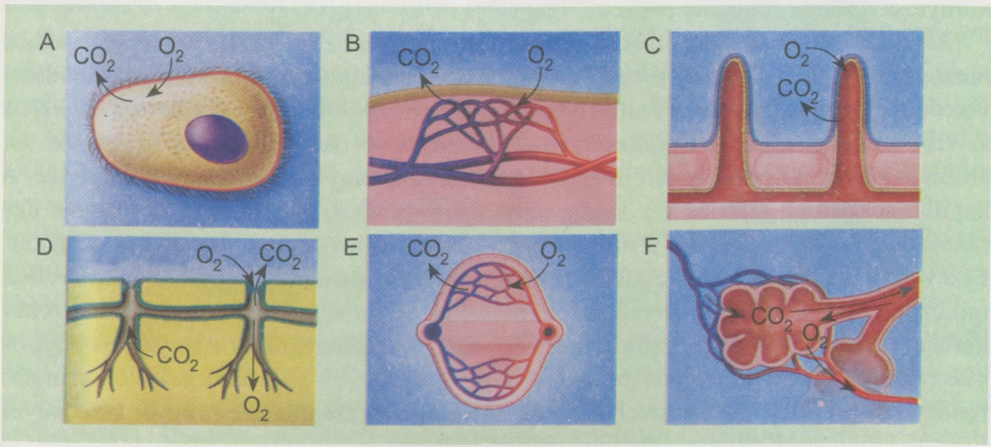
Az egyes mirigysejtek és emésztőmirigyek (nyálmirigyek, hasnyálmirigy) a tápanyagokat (nagymolekulájú szerves vegyületeket) elemeikre (aminosavakra, monoszacharidokra, glicerinre és zsírsavakra, nukleotidokra) bontó emésztőenzimek és



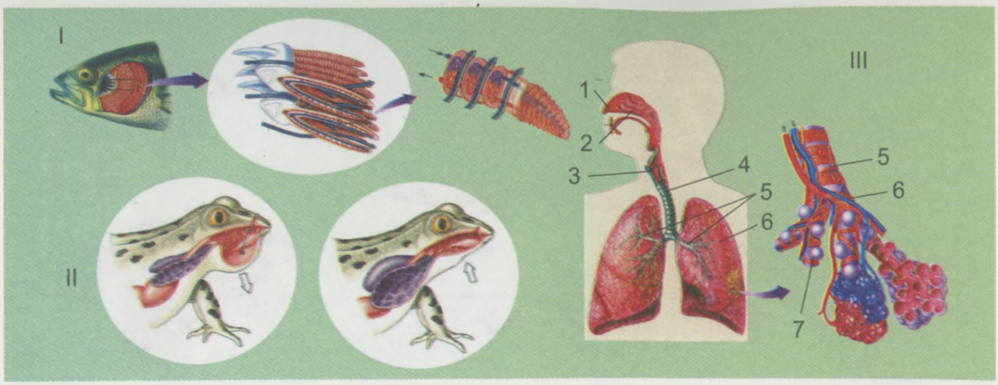
43.5. ábra. Az állatok emésztőrendszere: A – a hidra zárt bélüregе; B – a hengeresférеg (1), gyűrűsférеg (2) és gerinces állat (3) nyitott bélcsatornája. C – emberi emésztőrendszer: 1 – nyálmirigyek; 2 – garat; 3 – nyelőcső; 4 – máj; 5 – gyomor; 6 – hasnyálmirigy; 7 – vékonybél; 8 – vastagbél; 9 – végbél

a zsírokat emulgáló *lipázok* (például az epe – a gerinces állatok májsejtjeinek szekréciós terméke) működését megkönnyítő anyagokat termelnek. Sok állat esetében (ragadozó atkák, pókok, légylárvák) ismeretes az úgynevezett *külső* vagy *bélen kívüli emésztés*. Ezek az állatok emésztőenzimeket juttatnak az emésztőnedvek összetételében a táplálékba, majd bizonyos idő elteltével felszívják a részben megemésztett folyékony termékeket.

A **légzőrendszer** biztosítja az oxigén bejutását a szervezetbe és a különféle vegyületek oxidálása következtében keletkező szén-dioxid onnan történő eltávolítását (43.6. ábra).



43.6. ábra. Különböző gázcseretípusok: A – az egysejtű szervezeteknél a sejtburkon keresztül; B – a kétéltűeknél, gyűrűsférgeknél a gázcsere a bőrön át történik; C – tüskésbőrűek (tengeri csillagok, tengeri sünök) a bőrnyúlványokon – bőrkopoltyúkon – keresztül megy végbe a gázcsere; D – a rovarok légzőszervei – a tracheák, ezekbe a levegő a légzőnyílásokon jut be; E – a halak kopoltyúja lehetővé teszi a vízben oldott oxigénnel való légzést; F – a szárazföldi gerinces állatoknál a gázcsere a tüdőhólyagocskák falán át történik



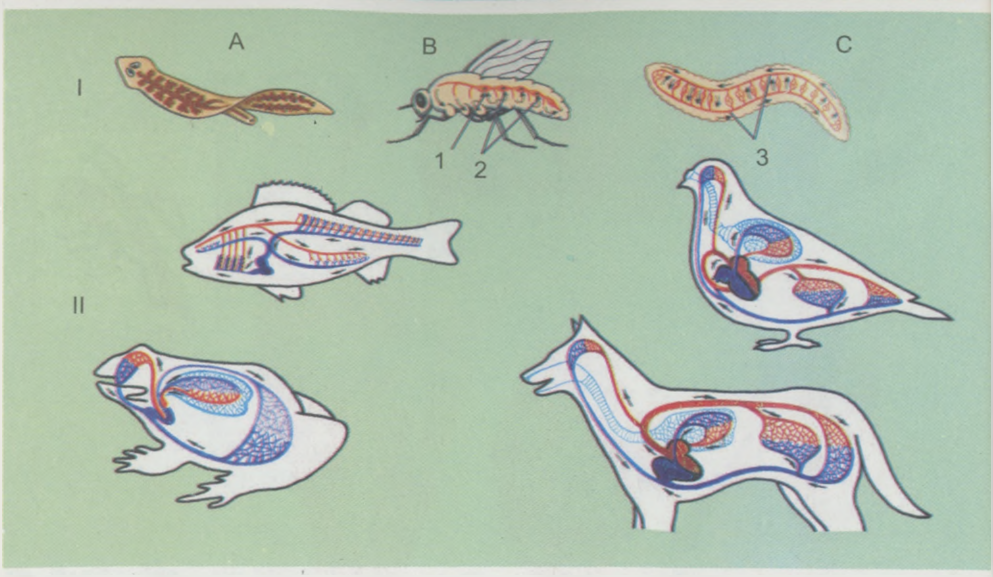
43.7. ábra. I. A víz keringése a hal kopoltyújában.
II. A kétéltűek tüdeje kamrás szerkezetű, a differenciált légutak hiányoznak.
III. Az ember légzőszervei differenciált légutakból áll:
1 – orrüreg; 2 – orrgarat; 3 – gége; 4 – légcső; 5 – hörgők és szivacsos tüdőállomány, a hörgők a tüdőben apró csatornákra ágaznak szét (6), amelyek hólyagocskákban végződnek (7)

A légzőcső vagy tüdő segítségével az állatok a levegőt ki- és belélegezve jutnak légköri oxigénhez (43.7. ábra). A víziállatok *kopoltyúkkal* – a vizes oldatok számára átjárható takaróval borított testkinövésekkel – a vízben oldott oxigénnek lélegeznek. A kopoltyúkban sűrűn elágazó véredények vannak, amelyekben vér vagy más folyadék kering.

A **vérkeringési és nyirokrendszer** a tápanyagok, az anyagcseretermékek, az oxigén és szén-dioxid, biológiailag aktív anyagok szállítására szolgál. Részt vesz a káros hatásokkal (parazitákkal, mérgekkel) szembeni védekezésben és a belső közeg stabil fizikai-kémiai, valamint élettani állapotának (homeosztázisának) fenntartásában a környezet változó feltételei mellett.

A gerinces állatok és az ember vérkeringési rendszere zárt, vagyis a vér edényekben mozog, nem kerül a testüregbe (43.8. ábra). A vér áramoltatását a keringési rendszer véredényeiben periodikus összehúzódásaival egy izomszerv, a ***szív*** biztosítja. A vért a szívtől szállító ereket ***artériáknak***, míg a szívhez vivőket ***vénáknak*** nevezzük. Az artériákat a vénákkal kis átmérőjű erek – ***kapillárisok*** vagy ***hajszálerek*** – kötik össze. A kapillárisokban az artériás vér leadja az oxigént és vénássá alakul. A vérplazma egy része a kapillárisok falain át a testüregbe jut, és szövetnedv (sejtközi folyadék) lesz belőle. Ez a vérből oxigént és tápanyagokat szállít a szervezet valamennyi sejtjéhez és szervéhez, miközben elviszi tőlük az anyagcseretermékeket. A szövetnedv a nyirokhajszálerekbe kerül azok falain át és ott nyirokká (limfává) válik. A nyirokrendszer edényeiben a nyirok visszaáramlik a vérkeringési rendszer nagy vénáiba. A gyűrűsférgek vérkeringési rendszere ugyancsak zárt, s mivel hiányzik a szív, a vér áramoltatását az egyes véredények falában lévő izmok ritmikus összehúzódásai biztosítják.

A nyitott keringési rendszerű állatoknak (puhatestűek, ízeltlábúak) nincsenek hajszálereik, az artériákból a vér a testüregbe kerül. Ott az üregi folyadékkal keveredik. A ***testüreg*** a belső szervek közötti hézagokból áll, amelyekben a sejtközi folyadék kering. Az üregi folyadék funkciói hasonlóak a vér és a nyirok funkcióihoz. Különböző testüregtípusok léteznek: elsődleges, másodlagos és kevert. Az elsődleges testüregnek nincsenek



43.8. ábra. I. A gerinctelen állatok keringési rendszerei: A – a laposférgeknek nincs vérkeringési rendszerük, a gázokat a sejtközi folyadék szállítja; B – az ízeltlábúaknak nyitott vérkeringési rendszerük van, amely szívből (1) és artériákból (2) áll; C – a gyűrűsférgek vérkeringési rendszere zárt, de a szív hiányzik (3 – véredények). II. A gerinces állatok különböző szerkezetű vérkeringési rendszerei (idézzétek fel azokat)

saját falai, a belső szervek közötti hézagok alkotják (például a hengeresférgeknél). Az elsődlegestől eltérően a másodlagos testüregnek van saját fala, amely elkülöníti a belső szövetektől és szervektől (gyűrűsférgek, puhatestűek, gerinchúrosok, ember).

Az ember testüregе mellüregből és hasüregből áll, ezeket lapos, kupolaszerű rekeszizom választja el egymástól. A koponyaüregben az agy helyezkedik el, a gerinccsatorna üregében a gerincvelő húzódik.

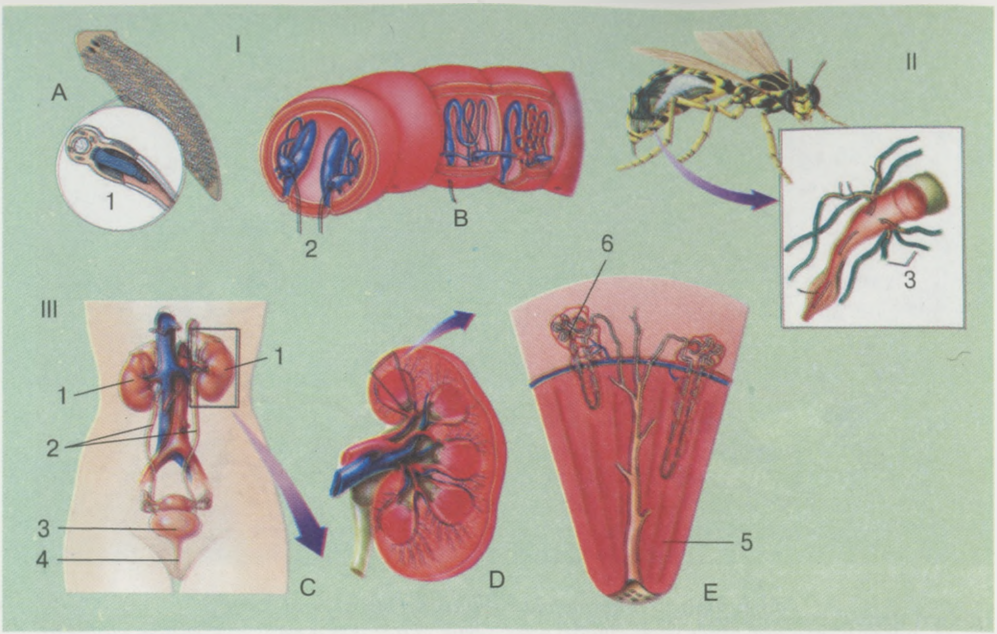
Az ízeltlábúaknak kevert testüregük van. Náluk az embrionális fejlődés során másodlagos testüreg alakul ki, de ennek a fala idővel elbomlik és az elsődleges testüreg maradványa összeolvad a másodlagos üreggel.

A kiválasztó rendszer biztosítja az anyagcsere végtermékeinek a szervezetből való kiürítését (exkrécióját). Az állatok különböző csoportjainál eltérőek a kiválasztó szervek (43.9. ábra).

A lapos és gyűrűsférgeknél, lándzsahalaknál különböző kiválasztó csövecskék, úgynevezett vesécskék (nefridiumok), a rákoknál zöldmirigyek, a rovaroknál és pók alakúaknál Malpighi-edények, a puhatestűeknél és a gerinceseknél vesék végzik a kiválasztást. Ezek a szervek – függetlenül a köztük lévő jelentős felépítésbeli különbségektől – ugyanazon elv szerint működnek:

– a vérplazma vagy az üregi folyadék az egyrétegű hámsejtrétegen át a kivezető csatorna belsejébe jut (*elsődleges vizelet*);

– az elsődleges vizeletnek a csatorna hosszában történő haladása során annak falán keresztül visszajut a szervezetbe a víz, a cukrok és más fontos anyagok (*visszaszívódás*);



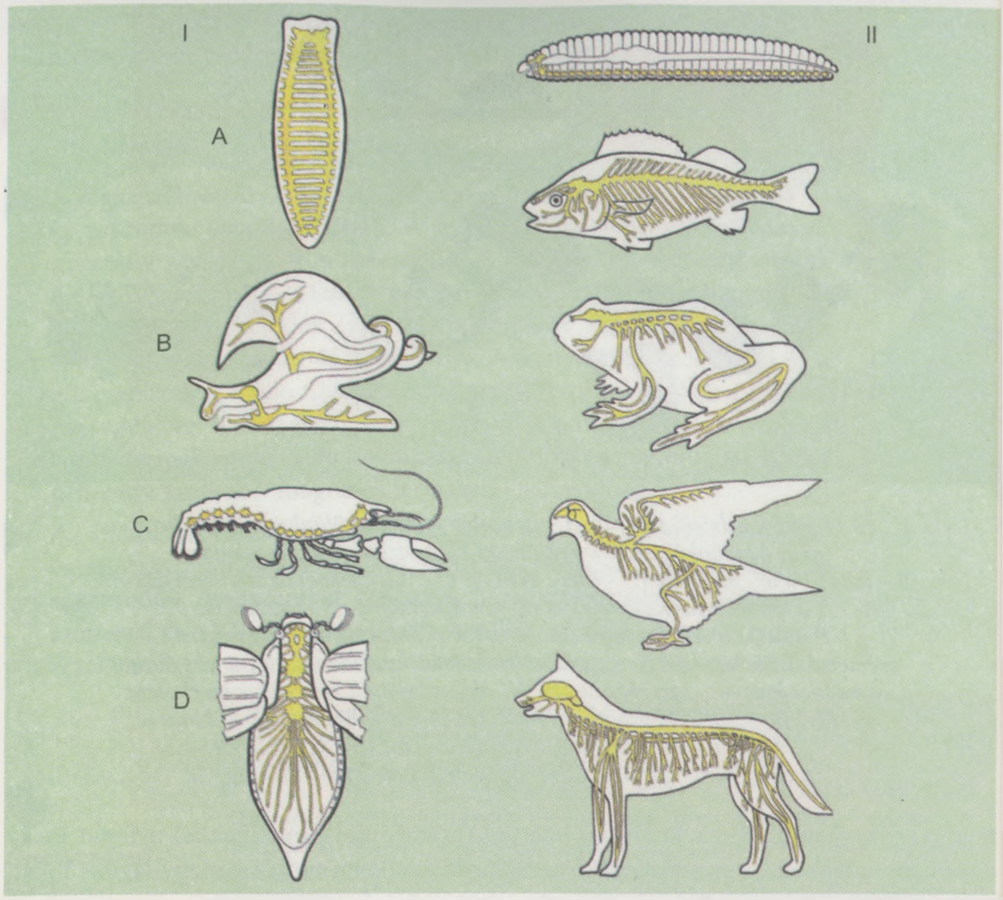
43.9. ábra. I. A laposférgek (A) és a gyűrűsférgek (B) kiválasztó rendszere (1– a laposférgek előveséi; 2 – a gyűrűsférgek vesécskéi). II. Az ízeltlábúak kiválasztó rendszere Malpighi-edényekből áll (3). III. Az ember kiválasztó szervrendszere: C – vázlatos szerkezet: 1 – vesék; 2 – húgyvezetékek; 3 – húgyhólyag; 4 – húgycső; D – a vese metszete; E – vesepiramis (5) nefronokkal (6)

– a tömény *másodlagos vizelet* a *húgycsatornán* ürül ki.

A kiválasztó rendszer az anyagcsere-végtermékek kiürítésén kívül gyakran részt vesz a szervezet sókoncentrációjának a szabályozásában. Ettől függ a sejtek ozmotikus nyomása (*idézzétek fel, mi ez*). Az ozmotikus nyomás szabályozásával kapcsolatos képességnek különleges jelentősége van a vízlakó szervezetek esetében, mivel bennük periodikusan változik a sótartalom. Képzeljétek el: a sórák különféle vizekben élhet a majdnem édesvizektől a közel 300 promile (1 promile megfelel a literenkénti 1 g oldott só koncentrációjának) sókoncentrációjú vizekkel bezárólag.

Az idegrendszer és a belsőelválasztású mirigyek biztosítják a szervezet életműködésének szabályozását, egységes biológiai rendszerként való működését, a belső és külső közeg ingereire adott válaszokat. Az idegrendszer több típusát különböztetik meg (43.10. ábra). Az ürbelűek idegrendszere a testben szórványosan elhelyezkedő, egymáshoz nyúlványaikkal kapcsolódó idegsejtekből áll. Ezeknek az állatoknak nincsenek idegdúcaik (diffúz idegrendszer).

A laposférgeknél a test elülső részében páros idegdúc – agy – található. Ezektől páros hosszanti idegtörzs ered, amelyeket harántidegek kapcsolnak össze (dúcidegrendszer). Vagyis a laposférgek idegrendszere központi (agy és hosszanti idegtörzsek) és perifériás vagy környéki (a törzsekről leágazó idegvégződések) részekre tagolódik.



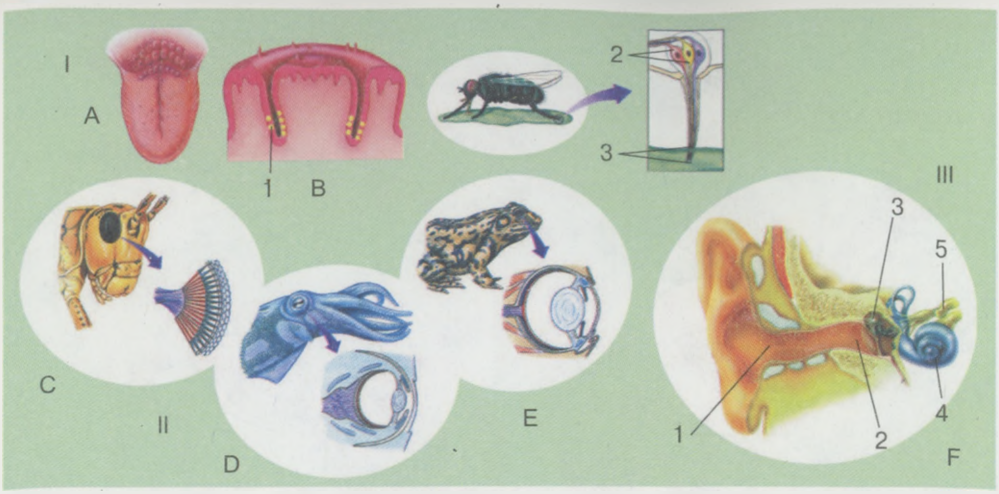
43.10. ábra. I. Idegrendszer: A – a laposférgek dúcidegrendszere; B – a puhatestűek dúcidegrendszere; C, D – az ízeltlábúak hasdúclánc idegrendszere. II. A gerinchúrosok különböző típusú csőidegrendszere (idézzétek fel)

A puhatestűek idegdúcai a test különböző részeiben helyezkedhetnek el, idegtörzsek kötik össze őket egymással (dúcidegrendszer). Az aktív életmódot folytató fajok (haslábúak, fejlábúak) idegdúcainak a zöme az agyban összpontosul.

A gyűrűsférgek és ízeltlábúak központi idegrendszere agyból és egymáshoz közeli két idegtörzsből (a test hasi oldalán húzódnak) álló hasdúcláncból tevődik össze. Ezek az idegtörzsek, az idegdúcokhoz hasonlóan, összenőhetnek egymással.

A gerinchúros állatok központi idegrendszere a test hátoldalán húzódó idegcső. A lándzsahalnál az idegcső elülső része alig kiszélesedő, míg a gerincesek központi idegrendszere a kiszélesedő agyból és a megnyúlt gerincvelőből áll. A gerincesek agya öt részből tevődik össze (*idézzétek fel, milyenekből*).

Az ***érzékszervek*** biztosítják a szervezet kapcsolatát a külvilággal, a külső és belső közeg ingereinek felfogását. Legegyszerűbb szerkezete az űrbelűek érzékszerveinek van. A polipok esetében a külvilág ingereit kizárólag a receptorsejtek érzékelik, míg a



43.11. ábra. I. Ízlelő szervek. A – az ember nyelvén különleges receptorok, azaz a különböző ízek érzékelésére képes ízlelő bimbók vannak; B – ízlelő bimbó metszete (1 – ízlelő bimbó); C – a legyeknél az ízlelő receptorok a lábakon helyezkednek el (2 – receptorsejtek; 3 – érzőszőr); II. Látószervek – szemek: D – a rovarok összetett szeme egyszerű szemecskék összessége; E – a fejlábú puhatestűek szemének a gerinces állatok szeméhez hasonló a szerkezete (F). III. Az ember hallószervének szerkezete: a külső fül a külső hallójárattal kezdődik (1); a dobhártya (2) különíti el a külső fület a középfültől, a hallócsontocskák helyétől (3); a belső fül csigajáratból (4) áll, ebből indul ki a hallóideg (5)

medúzának vannak olyan többsejtű szervei (szemfoltjai), amelyekkel a fényt és az egyensúlyt érzékeli. A szemfoltokkal a medúzák érzékelni tudják a megvilágítás fokát, az egyensúlyszerveikkel pedig a testük térbeli helyzetét ellenőrzik. Ezenkívül az egyensúlyszervek érzékelni tudják a víz hullámzását vihar előtt, ami jelzi a medúzáknak, hogy távolodjanak el a parttól. Más többsejtű állatoknak látási, hallási, szagló- és tapintószerveik vannak (43.11. ábra)

Az ivarszervek az ivaros szaporodás biztosítására szolgáló szervekből áll, egyes esetekben az utódok fejlődésének kezdeti szakasza is az ivarszervekhez kötődik. A hím ivarszervek rendszere mindenekelőtt ivarmirigyekből – a hím ivarsejtek képződésének helyéül szolgáló herékből és az ivarsejteket a szervezetből kiürítő csatornák rendszeréből áll. A női ivarszervek rendszere is ivarmirigyekből – a petesejtek fejlődési helyéül szolgáló petefészkekből és a petesejteket kivezető többé-kevésbé fejlett járatrendszerből áll. Sok állatnak (például a laposférgek) különleges mirigyei vannak. Ilyenek a sárgatestek, amelyekben az embrió számára tartalékolt tápanyagokat raktározó sejtek vannak vagy a párosodáskor kapott hím ivarsejtek tárolására szolgáló spermatok (például a földigilisztánál).

Az állatok többségénél az egyik egyed (hím) testében spermatozoidok, a másik egyedében (nőstény) petesejtek fejlődnek. Az ilyen állatokat ***váltivarúaknak*** nevezzük (emlősök, madarak, csúszómászók, kétéltűek, porcos halak, a csontos halak többsége, ízeltlábúak). Azonban vannak olyan állatok, amelyeknél ugyanannak az egyednek a

szervezetében képződnek mind a hím, mind a női ivarsejtek (kevéssertéjű férgek, piócák, a laposférgek többsége). Az ilyen állatokat ***hermafroditáknak*** nevezzük.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. *Váltivarú állatok, hermafroditák.*

- A magasabbrendű növények szerveit vegetatívakra (hajtás és gyökér) és reprodukciósakra osztják. A magasabbrendű spórás növények generatív szervei (a hím anteridiumok és a női archegoniumok) az ivaros nemzedék egyedein, a gametofitákon képződnek. A zigótából az ivartalan nemzedék (szporofita) egyede fejlődik ki, amely a spórákkal való szaporodást biztosítja. A nyitvatermőknél a hím és a női ivarszervek módosult generatív hajtásokon – tobozokon – vannak összegyűjtve. A zárvatermő növények generatív szervei – a virágok. A megtermékenyítés után a virágok különböző szerveiből más típusú generatív szervek – magok és termések – képződnek.
- Az állatoknak vannak olyan szervei, amelyek a testtakarót, a támasztó és mozgási, emésztési, kiválasztási, vérkeringési, légzési, idegi és szaporodási rendszereket képeznek. Az érzékszervek biztosítják a szervezet és a külvilág kapcsolatát, a belső és külső közeg ingereinek érzékelését. Az állatok körében vannak váltivarúak és hermafroditák.

A lényeg rövid

Önellenőrző kérdések

1. *Milyen a hajtás és a gyökér felépítése? Mik a funkcióik?* 2. *Milyen szerveket nevezünk reprodukciósoknak? Mi a virág, a mag és a termés?* 3. *Mi a gametofita és a szporofita? Mik a funkciói?* 4. *Milyen a többsejtű állatok testtakarója?* 5. *Miből áll a különböző többsejtű állatok támasztó és mozgási szervrendszere? Melyek a funkciói?* 6. *Melyek a többsejtű állatok emésztőszervrendszereinek fő típusai, és ezek hogyan működnek?* 7. *Milyen légzőszerveik vannak az állatoknak?* 8. *Milyen típusú vérkeringési rendszerei vannak az állatoknak? Milyen funkciót lát el a vérkeringési rendszer?* 9. *Milyen funkciókat látnak el a légzőszervek?* 10. *Milyen jelentősége van a szervezetek létezése szempontjából az idegrendszernek és az érzékszerveknek?*

Gondolkozzatok el rajta! *Miért nevezik a hengeresférgek és gyűrűsférgek folyadékkal telt testüregét vízváznak?*

44.§. A TÖBBSEJTŰ SZERVEZETEK MŰKÖDÉSÉNEK SZABÁLYOZÁSA

Idézzétek fel! *A többsejtű szervezetek milyen szabályozó rendszereit ismeritek? Mi az idegrendszer és a humorális szabályozás? Mi a homeosztázis?*

• **Mik a biológiailag aktiv anyagok és szabályozó rendszerek?** A ***biológiailag aktív anyagok*** – az életműködést befolyásoló vegyületek. A szabályozó rendszerek biztosítják a többsejtű szervezet mint egységes biológiai rendszer működését, meghatározzák a belső és külső környezet feltételeinek változásaira adott reakciókat. Az állatok és az ember szabályozó rendszereihez tartozik az idegrendszer, az immun- és endokrin

rendszer; a növények esetében egyes szekréciós sejtek. A sejtek, szervek és az ezek által alkotott rendszerek működésének szabályozása a többsejtű szervezet belső környezete homeosztázisának fenntartására irányul.

• **A többsejtű növények életműködésének szabályozása.** Ezt a funkciót elsősorban a ***növényi hormonok*** vagy ***fitohormonok*** valósítják meg. Fitohormonokat nemcsak a növények, hanem a gombák is szintetizálnak. Kis mennyiségben az anyagcserét szabályozzák, összehangolják az egyedfejlődés folyamatait, befolyásolják a sejtek osztódását és növekedését, a szövetek differenciálódását, a szervek kialakulását, a bimbók fejlődését, a magok csírázását. Egyes fitohormonok gyorsíthatják az életműködési folyamatokat (sejtosztódás, hajtásfejlődés, termésérés), míg mások lassíthatják azokat (például levélhullást idéznek elő).

A fitohormonokhoz tartoznak az auxinok, a citokininek, a gibberellinek és az abszcizinsav.

*Az **auxinok** a csúcsmerisztémában (képzőszövetben) szintetizálódnak, a sejtnyúlást szabályozzák, a hatásuknak köszönhetően növekszik hosszában a hajtás. Befolyással vannak a szállító szövetek differenciálódására, serkentik a kambiumsejtek osztódását, gyorsítják a dugványok mellékgyökereinek fejlődését. A mezőgazdaságban az auxinokat a dugványok mellékgyökér-képződésének serkentésére, a terméshullás szüretkor történő előidézésére, nagy töménységben gyomirtószerként használják.*

*A **citokininek** gyorsítják a sejtosztódást, az oldalrügyek növekedését és fejlődését, serkentik a magok csírázását, az anyagcserét, lassítják az öregedési folyamatokat.*

*A **gibberellinek** gyorsítják a növények növekedését, a virágzás, a termésérés folyamatait, serkentik a magok csírázását, a gumók és hagymák fejlődését.*

*Az **abszcizinsav** szabályozza a növény nyugalmi állapotba való kerülését, növeli a nyugalmi időszak tartamát, serkenti a levélhullást, gátolja a magcsírázást, bimbónövekedést.*

A biológiailag aktív vegyületekkel a növények hatni tudnak a saját fajuk és más fajok egyedeire. A ***fitoncidok*** elnyomják más szervezetek élettevékenységét. Például a tarackbúza és a kőris ezeknek a vegyületeknek a segítségével gátolhatják a más fajú növények fejlődését, vagyis csökkentik a fajon belüli versengést. Tehát a különböző fajú növények egy részlegen való telepítése vagy a vetésforgók tervezése során figyelembe kell venni, miként hathatnak egymásra ezek a fajok. Például az erdeifenyő, fokhagyma vagy vöröshagyma által termelt fitoncidok megölik a mikroorganizmusokat. Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhetően ezeket a növényeket az ember ősidők óta a fertőző és invazív betegségek gyógyítására és megelőzésére használja.

Az ***alkaloidok*** – az állatokra nézve mérgező vegyületek. Ezek védik a növényeket a legelésző állatokkal szemben. Sok alkaloidát a gyógyításban használnak.

Az alkaloidokat körülbelül 2500 zárvatermő növényfajban találták meg, mindenekelőtt a keresztesvirágúakhoz, liliomfélékhez, mákfélékhez, kenderfélékhez tartozók körében. Az alkaloidok a növények életében fontos szerepet játszanak: védenek a parazitáktól, a növényevő állatoktól. Sok alkaloidát alkalmaznak a gyógyításban. Például a kinint (a kininfa kérgének kivonatát) a malária gyógyításában alkalmazzák. Érdekes, hogy a kinin gyógyító tulajdonságait az amerikai indiánok már azt megelőzően ismerték, hogy Kolumbusz felfedezte volna a földrészt. A kolchicin alkaloidot például megnövekedett kromoszómaállományú sejtek kísérleti előállítására használják. A kolchicin a magorsófonalakat rombolja.

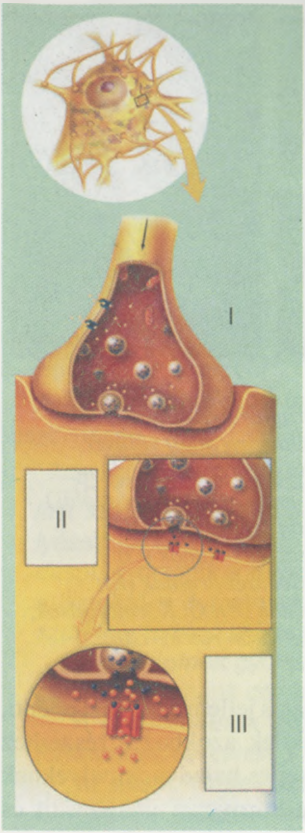
44.1. ábra. A növények ingerekre adott reakciói: tropizmusok (A, B), nasztiák (C–E). A. A hajtásra negatív geotropizmus (a gravitációra adott válasz) jellemző, ezért a növekedése felfelé irányul. B. A gyökérre pozitív geotropizmus jellemző: a növekedése lefelé irányul. C, D – szeizmikus nasztiák (a rezgő mozgásra való reagálás) a mimózánál. Az összetett levél levélkéi nyugalmi állapotban széttárulnak (C), de amikor rezgést érzékelnek, az összetett levél levélkéi összecsukódnak (D). E, F – fotonasztiák a maranta trikolirna-nál: nappal a levelei széttárulnak (E), éjszakára a sejtjeikben csökken a nyomás és a levélkék összezáródnak (F). G. Körmozgások; amikor a növény valamilyen támaszt érzékel, a növekedése során rátekeredik

A fitohormonokra, az állati hormonokhoz hasonlóan, távolhatás jellemző. Ez azt jelenti, hogy bizonyos típusú sejtekben termelődnek és a növényeknek azokhoz a részeihez szállítódnak a szállító szövetekben vagy közvetlenül sejtről sejtre haladva, amelyeknek a működését befolyásolják. A növények fel tudják fogni a környezet változásait és meghatározott mozgással – tropizmussal, nasztiákkal – tudnak reagálni rájuk.

Tropizmusok (gör. *tropos* – kanyar, irányváltás) – a növényi részek mozgási reakciói válaszul valamely meghatározott irányú inger hatására (44.1. A, B. ábra). Ezek a mozgások az ingerforrás felé és attól elfelé is irányulhatnak. A fényforrás felé való növekedést *fototropizmusnak*, a gravitációs erő hatásának irányába való növekedést *geotropizmusnak*, a kémiai vegyületek felé való növekedést *kemotropizmusnak* nevezzük. Ha a mozgás az ingerforrás felé irányul, akkor a tropizmus *pozitív*, ha ellenkező irányú, akkor *negatív*.

Nasztiáknak (gör. *nastos* – tömörített) nevezzük a növényi szervek meghatározott irány nélküli mozgását válaszul valamely inger (megvilágítás, hőmérsékletváltozás) hatására (44.1. C–F ábra). A nasztiák példája lehet a virágpárta kinyílása vagy becsukódása a megvilágítás változására (*fotonasztia*), vagy a levél-összecsukódás a hőmérsékletváltozás következtében (*termonasztia*), a rovarevő növények összezáródása a rovarok mozgásának hatására (*tigmonasztia*). A nasztiák jelentkezhetnek a szervek megnyúlásában a sejtek nem egyenletes növekedése vagy a sejtnyomás megváltozása nyomán, illetve az egyes sejtcsoportokon belüli sejtnedv-koncentráció módosulása következtében. Vagyis az állati szervezetektől eltérően a növények mozgása nem kapcsolódik az egész szervezet helyváltoztatásához, hanem csak egyes szerveik – gyökereik, száraik, leveleik, virágaik – mozognak.

• **A többsejtű állatok életműködésének szabályozása.** Az állatok többségénél az idegrendszer, immunrendszer és endokrin rendszer egyidejű működése és ennek összehangolása a neurohumorális szabályozással kapcsolatos.



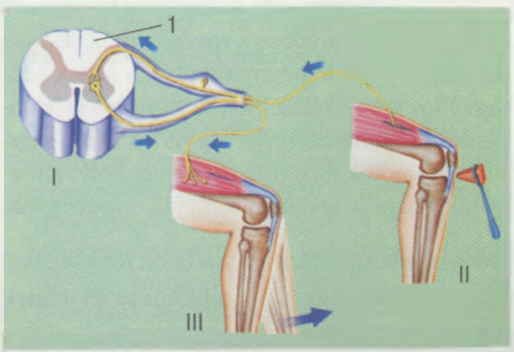
44.2. ábra. A szinapszis szerkezete és működése: I. Az idegimpulzus hatására a mediátort tartalmazó hólyagocskák az idegvégződés membránjához kerülnek. II. A mediátort tartalmazó hólyagocskák a szinaptikus résbe ürülnek. III. A mediátor kölcsönhatásba lép a másik neuron membránjában lévő receptorral és a belsejébe hatol. Ez akciós potenciál megjelenését és az impulzus továbbítását váltja ki

Az idegi szabályozás sajátosságai. Az idegrendszer impulzusokkal szabályozza az életműködést. Az idegimpulzusok elektromos természetűek, de a szomszédos neuronok, a neuronok és izom- vagy más sejtek érintkezési helyein az impulzust kémiai mechanizmus továbbítja különleges anyagok – ***mediátorok*** (acetilkolin, noradrenalin) – közvetítésével. A szomszédos neuronok közötti kapcsolatot biztosító speciális struktúrákat ***szinapszisoknak*** nevezzük. A szinapszisokban az idegsejtnyúlványok végződéseit rés választja el egymástól (44.2. ábra). Amikor az idegingerület az egyik neuronnyúlvány végződéséhez ér, mediátor szabadul fel, amely kémiai átalakulása során átviszi az információt a másik neuron receptorára.

Az idegingerület továbbítása után a mediátort speciális enzimek elbontják. A szinapszis csak egy irányban továbbítja a jeleket. A különböző mediátorok gyorsítják vagy gátolják az idegimpulzus továbbítását.

Reflexek. Az idegimpulzusok a receptoroktól a központi idegrendszerbe továbbítódnak. Ott megtörténik a kapott információ elemzése és szintézise, majd az új impulzusok befutnak a végrehajtó szervekhez, megváltoztatva azok működését. Az állatok idegrendszerüknek köszönhetően idejében tudják érzékelni a környezet ingereit és saját belső közegük változásait, és gyorsan tudnak reagálni rájuk. Tehát a ***reflex*** – a szervezet reagálása a külső és belső környezet ingereire az idegrendszer közreműködésével (44.3. ábra). A reflextevékenység alapját az idegingerületek keletkezésének és gátlásának a jelenségei képezik.

A különböző reflexeket I. P. Pavlov feltétlen (veleszületett) és feltételes (szerzett) reflexekre osztotta. A feltétlen és feltételes reflexek összessége a szervezet alkalmazkodását biztosítja a környezet változásaihoz.



44.3. ábra. Az emberi térdreflex: I. A térdreflex központja a gerincvelő szürkeállományában (1); II. A térdízületre mért gyenge ütés ingerületi állapotba hozza a receptorokat, amelyektől az impulzusok a gerincvelőközpontba továbbítódnak; III. A központ új impulzust küld az izmokhoz, amelyek összehúzódnak és a lábat megfelelő irányba mozdítják el

A feltétlen reflexek örökletesek és nem változnak az élet során. A feltétlen reflexek meghatározó szerepet játszanak a szervezet bizonyos reakcióinak biztosításában, például közvetlenül a születés után, ezenkívül alapul szolgálnak a feltételes reflexek képződéséhez. Egyes feltétlen reflexek (térdreflex) jelzik a szervezet idegrendszerének az állapotát. A feltétlen reflexek lehetnek táplálkozási, tájékozódási, védő- (tüsszentés, köhögés, pislogás) reflexek.

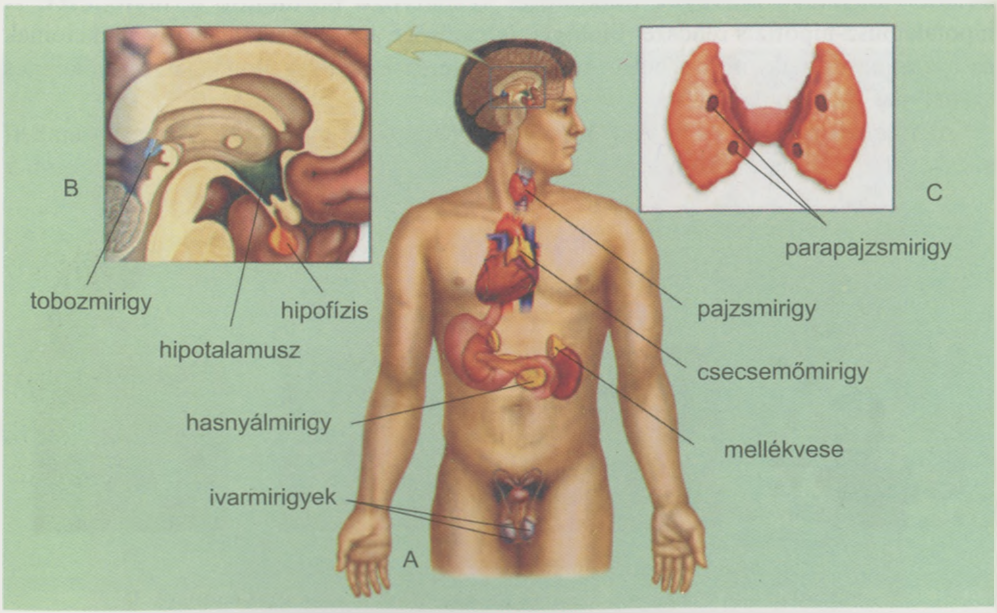
Az egymás után következő, bizonyos életműködést biztosító feltétlen reflexek láncolatát ***ösztönnek*** nevezzük.

A ***feltételes reflexek*** – feltétlenek alapján – létrejönnek és megszűnnek az élet során a külső környezet különféle tényezőinek hatására. A szervezetek korának előrehaladtával, az élettapasztalat halmozódásának mértékében nő a feltételes reflexek száma. Ugyanakkor a hosszú ideig használaton kívül maradó feltételes reflexek megszűnhetnek (kioltódhatnak).

Magasabbrendű idegi tevékenyégnek nevezzük a központi idegrendszer bizonyos részeinek a működését, amelyek a szervezetnek a környezeti feltételek hirtelen változásaira adott megfelelő feltételes reflexes reagálását biztosítják. Az ember és a gerinces állatok magasrendű idegi tevékenységét az agykéreg és a kéreg alatti idegközpontok biztosítják; az ízeltlábúaknál ezt a feladatot az előagy gombatestei látják el.

Az életfunkciók ***humorális szabályozása*** a különféle biológiailag aktív anyagok – hormonok, neurohormonok, vitaminok – közreműködésével történik. Fontos szerepe van ebben a ***belsőelválasztású mirigyek rendszerének*** vagy ***endokrin rendszernek*** (44.4. ábra).

A ***belsőelválasztású mirigyeknek*** nincsenek kivezető csatornáik, a sejtjeik a *hormonokat* közvetlenül a vérbe vagy a szervezet belső közegének más folyadékába választják el.



44.4. ábra. Az ember endokrin rendszere: A – az endokrin mirigyek elhelyezkedése; B – az agy metszete; C – a pajzsmirigy hátsó felülete

Egyes idegsejtek (***neuroszekréciós sejtek***) biológiailag aktív anyagokat választanak el a vérbe, amelyeket *neurohormonoknak* neveztek el. A hatásmechanizmusuk ugyanolyan, mint a hormonoké.

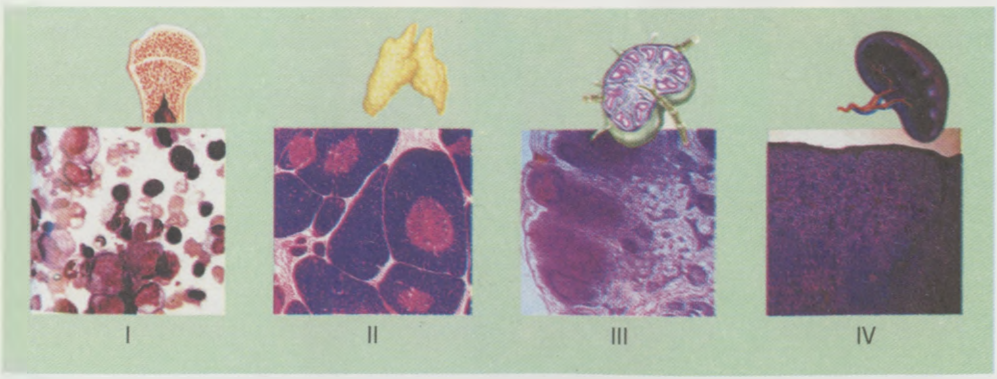
Mivel az egyes belsőelválasztású mirigyek térbelileg nem kapcsolódnak egymáshoz, összehangolt működésüket vagy az idegi, vagy az egyes mirigyek által termelt és más mirigyek működését befolyásoló hormonok általi humorális szabályozás biztosítja. A hormonok és neurohormonok az idegrendszer működésére hatnak. Mint már tudjátok, a hipofízis belsőelválasztású mirigy által elválasztott hormonok más belsőelválasztású mirigyek működését tudja befolyásolni.

Az idegrendszer működésével összehasonlítva a hormonok és neurohormonok hatása lassabban érvényesül, de hosszabb ideig tart. Hormonok szabályozzák az egyedfejlődés valamennyi szakaszát és az életműködési folyamatait. Ugyancsak a hormonok biztosítják a homeosztázis fenntartását és az enzimaktivitás szabályozását.

Az életműködési folyamatok szabályozása más biológiailag aktív anyagok által is történhet. Például a szén-dioxid koncentrációja a vérben a gerinces állatok agyi légzőközpontjának működését szabályozza, míg a kalcium- és káliumionok koncentráció-változásai a vérben a szívműködést befolyásolják. A vitaminok – leginkább az összetett enzimek alkotóelemeiként – részt vesznek az anyagcserében és az energiaátalakítási folyamatokban.

A gerinces állatoknál szoros kapcsolat áll fenn a hipotalamusz (köztiagyi struktúra) és a hipofízis (a belsőelválasztású mirigyek rendszerének a köztiagyhoz kötődő, meghatározó mirigye) között. Ezt ***hipotalamusz-hipofízis*** rendszernek nevezik. Funkciójának lényege az, hogy a hipotalamusz-sejtek által szintetizált neurohormonok a véredényekben a hipofízis elülső részébe jutnak. Ott serkentik vagy gátolják az egyéb belsőelválasztású mirigyek működését szabályozó hormonok termelődését. A hipotalamusz-hipofízis rendszer biológiai jelentősége a szervezet vegetatív funkcióinak és a szaporodásnak mint a belső és külső ingerekre történő reagálásnak a tökéletes szabályozásában nyilvánul meg.

Az immunrendszer (44.5. ábra) fontos szerepet játszik a többsejtű állati és az emberi szervezet normális működésének biztosításában. A többsejtű állatok és az ember



44.5. ábra. Az immunrendszer szervei: I – a limfociták képződési helyéül szolgáló vörös csontvelő; II – a T-limfociták érési helyéül szolgáló timusz; III – a mikroorganizmusokat semlegesítő nyirokmirigyek; IV – a leukociták érési helyéül szolgáló lép

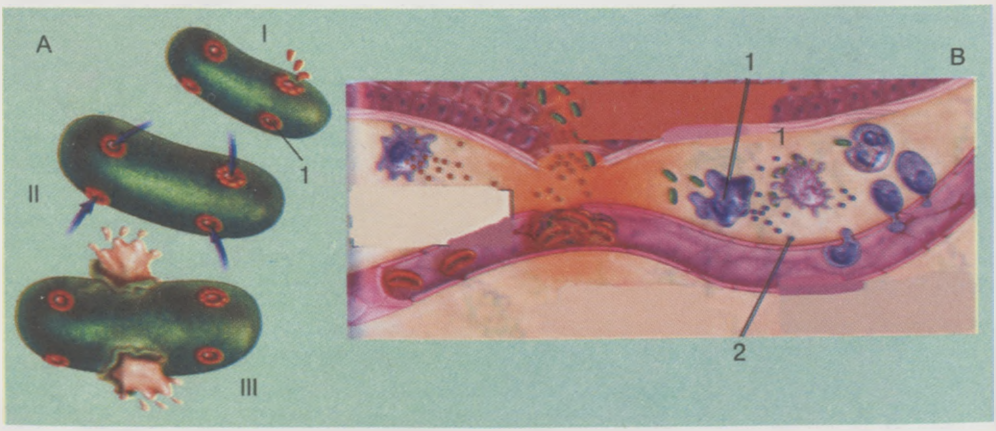
immunrendszerét a csecsemőmirigy (*timusz*), a vörös csontvelő, a lép, a nyirokmirigyek, az emésztő- és légzőszervek egyes helyein összpontosuló nyirokszövet, valamint a leukocita-fajták többsége alkotja.

Humorális immunitás. A szervezet parazitáktól és idegen testektől (antigénektől) való védelmét különleges fehérjevegyületek – ***antitestek*** (vagy ***immunoglobulinok***) – biztosítják. Ezek jelen vannak a vérplazmában, a nyirokban, az anyatejben, a nyálban és a speciális vérsejtekben, a limfocitákban is képződnek válaszul idegen kémiai vegyületek – ***antigének*** – szervezetben való jelenlétére. Az antigének forrásául a szervezetbe bejutott vírusok, baktériumok, mikroszkopikus gombák, egysejtű állatok és biológiailag aktív anyagok szolgálnak. A tudósok több százezer antigént azonosítottak.

Minden antitesttípus csak a neki megfelelő antigénnel képez kémiai kapcsolatot, miközben semlegesíti az utóbbi káros tulajdonságait. Ez a ***humorális*** immunitás egyik működési mechanizmusa (44.6. A. ábra).

A humorális immunitás fajtája a ***komplementrendszer****. Ez a vérplazmában lévő különböző fehérjékből áll. Az antigén-antitest specifikus reakcióban ezek a fehérjék meghatározott sorrendben aktiválódhatnak. Például a szóban forgó fehérjék a baktériumsejt falának összetételében lévő receptor-molekulákhoz kapcsolódhatnak (44.6. ábra). Ennek következtében nyílások képződnek a baktériumsejt burkában, amelyeken át a sóoldatok a belsejébe jutnak. Ettől ott megnő a nyomás és a baktériumsejt elroncsolódik.*

Sejtimmunitás. I. I. Mecsnyikov, a kiemelkedő ukrán tudós megállapította, hogy a leukociták bizonyos csoportjainak fagocitáló képessége határozza meg a szervezet rezisztenciáját egyes fertőző betegségekkel szemben. Ez a jelenség a ***sejtimmunitás*** elneve-



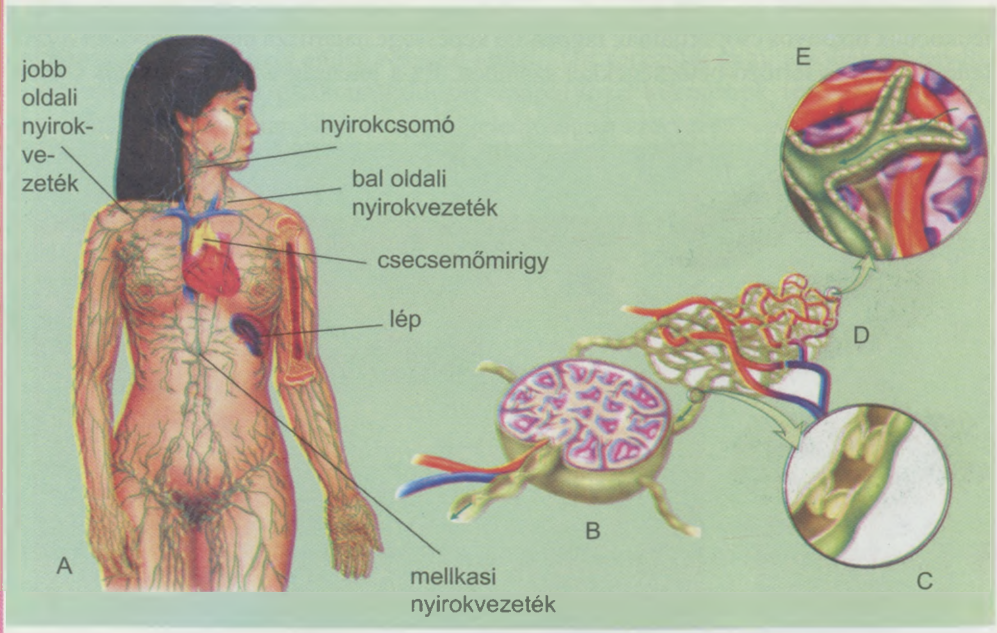
44.6. ábra. Humorális (A) és sejtimmunitás (B). A. A komplementrendszer (antitestek) harca a baktériumsejt ellen: I. A baktériumsejt felszínének membránképletei megkötik a komplementer antitestet. II. Nyílások képződése a baktériumsejt falában, amelyeken át a belsejébe áramolnak a sóoldatok. III. A baktériumsejt belsejében megnő a nyomás, amely elroncsolja magát a baktériumsejtet. B – sejtimmunitás: a makrofágok (1) fagocitózissal elpusztítják a baktériumsejteket (2)

zést kapta. Például a makrofágok fagocitózisuk révén felfalhatják vagy semlegesíthetik a baktériumsejteket (44.6. B. ábra). A sejtimmunitást nem csak a leukociták biztosítják, hanem a nyirokcsomókban, lépben, májban, csontvelőben és agyban található különleges, immobilis sejtek.

A többsejtű állatok különböző szerveinek és szervrendszereinek működése a homeosztázis fenntartására irányul, amit a szabályozó mechanizmusok és anyagszállítási rendszerek tevékenysége biztosít.

• **A szervezet anyagszállítási vagy keringési rendszereit** gyakran szövetek és szervek közötti teret kitöltő folyadék alkotja (*laposférgek és gyűrűsférgek*) (43.8. A. ábra). Más szervezetek esetében (*ízeltlábúak, puhatestűek, gyűrűsférgek, gerinchúrosok*) ezt a funkciót (tápanyagok, biológiailag aktív anyagok, anyagcserevégtermékek) szállítása) folyékony szövetek – vér (43.8. 1. B., C., 43.8. 2. ábrák), üregi (sejtközi) folyadék, nyirok (44.7. ábra) és ezek keringési rendszerei – látják el.

• **Sejtek kölcsönhatása.** A többsejtű állatok szerveződésének sajátossága, hogy a sejtjeik kölcsönhatásban állnak egymással. A sejtosztódás, a sejtdifferenciálódás, a sejtek közötti kölcsönhatások szabályozását és az egyes sejtek életműködési folyamatainak fenntartását jelpályák bonyolult rendszere biztosítja. Ezeken a pályákon jutnak be kívülről a sejtbe a jelek, ahol jelfehérjék egész komplexumai vezérlik őket a specifikus célpontjaikhoz a citoplazmában vagy a magban. Ekképpen a sejtek közötti



44.7. ábra. Az ember nyirokrendszere: A – általános szerkezet; B – nyirokcsomó metszete; C – nyirokedény metszete; D – a nyirokhajszálerek (olajzöld szín) összefonódnak a vérhajszálerekkel (vörös szín). Ez biztosítja a kapcsolatot (D) a sejtközi folyadék és a vérkeringési, valamint a nyirokrendszer között

kölcsönhatásnak köszönhetően jönnek létre a többsejtű állatok bonyolult sejtkomplexumai, amelyeknek a fenntartása többféle módon történhet. Az ilyen komplexumok példái a különböző szövetek.

Mi biztosítja a szövetek egységét és az egyes sejtek specifikus funkcióinak a végrehajtását? Számos kísérlettel bizonyították, hogy a sejtek képesek felismerni egymást és megfelelő módon tudnak reagálni. Megjegyzendő, hogy a sejtek kölcsönhatása nem csak abban nyilvánul meg, hogy a jeleket egyik sejt a másikhoz tudja továbbítani, hanem működésük összehangolási képességében is.

Már tudjátok, hogy minden sejt felszínén receptorok helyezkednek el, amelyekkel a sejt felismeri az olyan külső tényezőket, mint a különböző kémiai vegyületek. A hasonló receptorok lehetővé teszik a sejtek számára a hozzájuk hasonló sejtek felismerését. Ezek a receptorok a „kulcs-zár" elvnek megfelelően működnek *(idézzétek fel, hogy hasonló elv szerint működnek az enzimek a reakcióba lépő anyagokkal)*.

A sejtközi kölcsönhatás kétféleképpen valósul meg: diffúziós és adhéziós módon.

Diffúziós kölcsönhatás – a sejtek sejtközi csatornák, a szomszédos sejtek membránjaiban lévő pórusok révén működnek együtt.

Adhéziós (lat. *adhesio* – összetapadás, összeragadás) *kölcsönhatás* – a sejtek mechanikus kapcsolódása, egymáshoz közeli tartós és stabil tartózkodása. Már ismeritek a sejtek közötti kapcsolódások különböző típusait (dezmoszómák, szinapszisok). Az ilyen kölcsönhatás képezi az alapját a sejtek többsejtű struktúrákká történő társulásainak a kialakulásához (szövetek, szervek).

A szövet minden egyes sejtje nemcsak kapcsolódik a vele szomszédos sejtekhez, hanem kölcsönhat a sejtközi állománnyal (szövetfolyadék), amelynek a közvetítésével tápanyagokhoz jut, jelmolekulákat (hormonokat, mediátorokat) vesz fel. A test valamennyi sejtjébe, szövetébe és szervébe jutó kémiai anyagok valósítják meg az életfunkciók humorális szabályozását. A különböző típusú állati és emberi sejteket, mint emlékezhettek rá, olyan biológiailag aktív anyagok befolyásolhatják, mint a hormonok, neurohormonok, mediátorok, a növények esetében – fitohormonok.

A szabályozás másik módja az idegrendszer révén valósul meg. Az idegimpulzusok több százszor vagy ezerszer gyorsabban érik el a sejteket, szöveteket és szerveket, mint bármilyen kémiai vegyület. Az ember, a gerinces állatok és sok gerinctelen állat belső szerveit képező sejtek és szövetek összehangolt működését a vegetatív idegrendszer biztosítja, amelynek a központjaiban generálódnak az idegimpulzusok.

A szervek és szervrendszerek működésének idegi és humorális szabályozása szoros kölcsönös kapcsolatban van egymással. Azonban nem szabad elfelejteni, hogy a kémiai szabályozó anyagok többségének képződése és elválasztása a vérbe folyamatos idegrendszeri ellenőrzés alatt áll.

Kulcsfontosságú szakkifejezések és fogalmak. ***Szabályozó rendszerek, neurohumorális szabályozás.***

A szabályozó rendszerek biztosítják a többsejtű szervezet mint egységes biológiai rendszer működését, meghatározzák a belső és külső környezet feltételeinek változásaira adott reakciókat, fenntartják a homeosztázisát.

A lényegről röviden

- A többsejtű növények életfunkcióinak szabályozását biológiailag aktív anyagok, köztük fitohormonok, fitoncidok és alkaloidok valósítják meg.
- Az állatok többségénél valamennyi életfolyamatot és ezek összehangolását humorális és idegi szabályozás biztosítja. Az idegi, immun- és endokrin rendszer kölcsönhatása biztosítja valamennyi életfunkció neurohumorális szabályozását.
- Az idegrendszer reflexekkel szabályozza az életfunkciókat. A reflex – a szervezet reagálása a külső és a belső környezet ingereire az idegrendszer közreműködésével. A reflexek lehetnek feltételesek és feltétlenek. Az idegimpulzusok elektromos jellegűek. Az impulzusok továbbítása két idegsejt között speciális közvetítő anyagok – mediátorok – révén történik.
- Az idegközpontok működésének alapját az idegingerületek keletkezése és gátlása képezi.
- Magasrendű idegi tevékenységnek nevezzük a központi idegrendszer bizonyos részeinek a működését, amelyek a szervezetnek a környezeti feltételek hirtelen változásaira adott tudatos feltételes reflexes reagálását biztosítják, beleértve a feltételes reflexek kialakulását és kioltódását, az emlékezésbe vésést.
- Az életfunkciók humorális szabályozása a különféle biológiailag aktív anyagok – hormonok, neurohormonok, vitaminok – közreműködésével történik. Fontos szerepet játszik ebben a belsőelválasztású mirigyek rendszere vagy endokrin rendszer, valamint a neuroszekréciós sejtek.
- A belsőelválasztású mirigyek működését az idegrendszer vagy az egyes mirigyek által termelt és más mirigyek tevékenységére ható hormonok hangolják össze.
- Az immunitás – a szervezet védekező képessége bizonyos betegségek kórokozóival szemben. A szervezet antitestekkel való védekezését humorális immunitásnak nevezzük.
- A sejtimmunitás bizonyos leukocitacsoportok fagocitáló képességén alapul.

Önellenőrző kérdések

1. *Mit nevezünk szabályozó rendszereknek?* 2. *Hogyan történik a növények életműködésének a szabályozása?* 3. *Mik a fitohormonok, fitoncidok, alkaloidok? Milyen funkciókat látnak el?* 4. *Hogyan történik a többsejtű állatok életfunkcióinak szabályozása?* 5. *Milyen sajátosságai vannak az idegi szabályozásnak?* 6. *Milyen sajátosságai vannak a humorális szabályozásnak az állatoknál?* 7. *Mik a hormonok, neurohormonok, mediátorok?* 8. *Mi az immunitás és az immunrendszer?*

Gondolkozzatok el rajta!

Miért működik a többsejtű állatok többségének szervezetében egyidejűleg az idegi és humorális szabályozás rendszere?

ÖSSZEGEZÉS

AZ ÉLET MOLEKULÁRIS, SEJTES ÉS SZERVEZETI SZINTJEINEK SZERVEZŐDÉSI ELVEI

Az **élet molekuláris szintjén** kémiai folyamatok és energiaátalakulások mennek végbe, tárolódik, módosul és megvalósul az örökletes információ. A szervetlen (víz, sók, szervetlen savak) és szerves (fehérjék, lipidek, szénhidrátok, nukleinsavak) vegyületek molekuláinak kölcsönhatásaihoz kapcsolódnak a szervezetek életfolyamatai, a többi között az anyagcsere. Az adott szint normális működésének közegéül a sejtek szolgálnak.

Az **élő anyag sejtes szerveződési szintjét** az jellemzi, hogy mind az egysejtű, mind a többsejtű szervezetek minden sejtjében anyagcsere és energiaátalakulások mennek végbe, tárolódik és megvalósul az örökletes információ. A sejtek rendelkeznek a szaporodás és az örökletes információ leánysejteknek való továbbadási képességével. Az egysejtű szervezetek mindig egyetlen sejtből fejlődnek, az ivaros vagy ivartalan szaporodási alapformák mellett. Vagyis a sejt az élő anyag elemi szerkezeti, működési és fejlődési egysége. Az egysejtű szervezetek sejtjeinek létezési közegéül az ökoszisztéma, a többsejtűek esetében maga a szervezet szolgál.

Az **élet szervezeti szintjére** az jellemző, hogy minden szervezet önálló, nyitott, élő rendszer, amelyben anyagcsere és energiaátalakulások mennek végbe, tárolódik és megvalósul az örökletes információ. A többsejtű szervezetek különböző szövettípusokból felépülő szervekkel és szervrendszerekkel rendelkeznek. A szervezetek szaporodhatnak és továbbadhatják örökletes információjukat utódaiknak. A többsejtű szervezetek mindig egyetlen sejtből fejlődnek ivaros és ivartalan szaporodással; jellemző rájuk a fogantatástól a természetes halálig tartó egyedfejlődés vagy ontogenezis. Minden szervezet meghatározott biológiai fajhoz tartozik és önálló egységet képez, amely a populáció része. A szervezetek létezési közege az ökoszisztéma.

LABORATÓRIUMI GYAKORLAT

11. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A NÖVÉNYI SZÖVETEK FELÉPÍTÉSE

Cél: *ismerkedés a növényi szövetek különböző típusainak szerkezeti sajátosságaival, felépítésük és működésük megfelelésének megfigyelése.*

Eszközök és anyagok: *fénymikroszkópok, képzőszövetből, szállítószövetből, borítószövetből, szilárdítószövetből és alapszövetből készült állandó mikropreparátumok, ezekről a szövetekről készült mikroszkópos felvételek.*

A munka menete

1. Készítsétek elő a mikroszkópot a munkához!
2. A mikroszkóp kis nagyítása mellett a preparátumokon keressétek meg a (napraforgó, kukorica stb.) gyökér képzőszöveti sejtjeit! Vizsgáljátok meg ezt a készítményt a mikroszkóp erős nagyításánál is! Figyeljétek meg ennek a szövetnek a sajátosságait: viszonylag vékony sejtfalak, megnövekedett magok, a jól kivehető sejtközi anyag hiánya!
3. Ugyanígy vizsgáljátok meg a levél bőrszövetsejtjeiből készült preparátumot (napraforgó, kukorica, hagyma, átokhínár stb.)! Figyeljétek meg a sejtek alakját, egymással való kapcsolódását, a gázcserenyílások szerkezetét!
4. Vizsgáljátok meg egy évelő növény fásodott szárának keresztmetszetét! Vegyétek szemügyre a paraszövetet és a kéreg egyéb elemeit, a háncs szerkezetét, a rostacsövet, a kambiumot, az edényeket és a belet! Keressétek meg az évgyűrűket és a bélsugarakat!
5. A látottakat rajzoljátok le és hasonlítsátok össze a vizsgált szövetekről készült mikroszkópos felvételekkel!

12. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

AZ ÁLLATI SZÖVETEK FELÉPÍTÉSE

Cél: *ismerkedés az állati szövetek különböző típusainak szerkezeti sajátosságaival, felépítésük és működésük megfelelésének megfigyelése.*

Eszközök és anyagok: *fénymikroszkópok, hámszövetből, idegszövetből, izomszövetből és a belső közeg szöveteiből készült állandó mikropreparátumok, ezekről a szövetekről készült mikroszkópos felvételek.*

A munka menete

1. Készítsétek elő a mikroszkópot a munkához!
2. A mikroszkóp kis nagyítása mellett keressétek meg a sejteket a hámszövetből készült mikropreparátumon! Vizsgáljátok meg a sejtek alakját, egymáshoz viszonyított elhelyezkedését, a sejtek és a sejtközi anyag egymáshoz viszonyított arányát!
3. Ugyanígy vizsgáljátok meg a porcszövetből, csontszövetből és a belső közeg egyéb szövetfajtáiból készült preparátumokat! Figyeljétek meg a sejtközi anyagot, különös tekintettel az abban található rostokra!
4. Vizsgáljátok meg a gerincvelő vagy az agy idegszövetéből készült készítményt, megkeresve rajta a szürkeállományt, s ebben az idegsejteket! Jegyezzétek meg az idegszövet szerkezeti sajátosságait!
5. Vizsgáljátok meg az izomszövet-készítményt! Keressétek meg benne a magokat és az összehúzódó rostokat!
6. A látottakat rajzoljátok le és hasonlítsátok össze mindegyik szövet mikroszkópos felvételével! Mutassatok rá a hámszövet, az idegszövet, az izomszövet és a belső közeg szöveteinek szerkezeti sajátosságaira!

TUDÁSRÖGZÍTŐ TESZT

I. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A MEGFELELŐT!

1. **Jelöljétek meg a növények borítószöveteit:** *a) epidermisz; b) fotoszintetizáló alapszövet; c) csúcsmerisztéma; d) paraszövet; e) zsírszövet!*
2. **Mutassátok meg, melyik izomszövettípus húzódik össze akaratlanul:** *a) simaizom; b) csíkolt izom; c) szívizom!*
3. **Nevezzétek meg, melyik szövet részei a gázcserenyílások:** *a) fotoszintetizáló alapszövet; b) paraszövet; c) bőrszövet; d) képzőszövet; e) szilárdítószövet!*
4. **Nevezzétek meg a sejtközi anyagban gazdag szövetet:** *a) hámszövet; b) izomszövet; c) idegszövet; d) kötőszövet!*

II. A FELSOROLT VÁLASZLEHETŐSÉGEK KÖZÜL VÁLASSZÁTOK KI A KÉT MEGFELELŐT!

1. **Nevezzétek meg azokat a sejteket, amelyekben kloroplasztiszok fordulnak elő:** *a) raktározó alapszövet; b) képzőszövet; c) gázcserenyílások; d) fotoszintetizáló alapszövet; e) rostacsövek!*
2. **Jelöljétek meg azt a szövetet, amelynek a sejtjei osztódnak:** *a) paraszövet; b) képzőszövet; c) bőrszövet; d) rostacsövek; e) szállítószövet!*
3. **Nevezzétek meg a hámszövet tulajdonságait:** *a) gyakorlatilag nincs benne sejtközi anyag; b) jól fejlettek a légudvarai; c) sarki sejtekkel rendelkezik; d) sejtjeinek hosszú és rövid kinövései vannak!*
4. **Mutassátok meg, mely szövetek sejtjei tudnak antitesteket termelni:** *a) bőrhám; b) idegszövet; c) izomszövet; d) vér; e) nyirok!*

III. MEGFELELÉSI FELADATOK

Állapítsátok meg a megfelelést az emberi és állati szervezet sejtjei és azon szövetek között, amelyeknek a részét képezik:

Sejtek	Szövetek
A Neuroglia B Leukociták C Oszteociták D Chondociták	1 Vér 2 Porcszövet 3 Retikuláris szövet 4 Idegszövet 5 Csontszövet

IV. KÉRDÉSEK NYITOTT VÁLASZOKKAL

1. *Mi a közös és mi az eltérő az állati szervezet életműködésének idegi és humorális szabályozása között? Mi a biológiai jelentősége a hipotalamusz-hipofízis rendszernek az állati szervezetek léte szempontjából?*
2. *Miért szükséges feltétele bármely szervezet létének a homeosztázis? Feleleteteket indokoljátok meg!*
3. *Mi a közös és mi az eltérő az állati és a növényi szervezetek életműködésének szabályozásában?*
4. *Milyen szervek és szervrendszerek vesznek részt a homeosztázis fenntartásában az állatoknál?*
5. *Mi a biológiai jelentősége a szervek funkcionális rendszere kialakulásának?*
6. *Miért tekinthető nyitott rendszernek bármilyen szervezet? Feleleteteket indokoljátok meg!*

ZAKKIFEJEZÉSEK ÉS FOGALMAK RÖVID SZÓTÁRA

Alkaloidok – túlnyomórészt növényi eredetű ógiailag aktív anyagok. Többségük mérgező ember és az állatok számára, egyesek ülük pedig kábító hatásúak. Feltételezések rint ezek a vegyületek a növényeket az toktól védik, hogy ne legeljék le őket.

Aminosavak – szerves vegyületek, amelyek ridejűleg lúgos és savanyú kémhatásúak. zel 20 aminosav fehérje-monomerje ismert. *pótolható aminosavak* az emberi és állati rvezetekben képződnek; a *nem pótolható* inosavak csak növényekben, baktériukban és gombákban képződnek.

Antibiotikumok – a mikroorganizmusokra ktériumok, gombák stb.) és rákos sejtekre ztítólag ható biológiailag aktív anyagok. mbák, baktériumok és más szervezetek nelik.

Antikodon – a tRNS-molekula csúcsán lévő kleotidtriplet, amely azt az aminosavat ározza meg, amelyet az adott tRNS szállít, felismeri az iRNS-molekula komplementer ikaszát (kodonját).

Asszimiláció – azoknak a folyamatoknak az szessége, amelyek a környezetből történő agfelvétellel, a szervezet számára szükjes vegyületek szintézisében használt kémiai agok hasznosításával és felhalmozásával csolatos; eközben energiafelhasználás énik.

ATP *(adenozintrifoszforsav)* – nitrátbázisradékból (adenin), szénhidrátból (ribóz moszacharid) és három foszforsav-molekulából nukleotid; energiát tárol magas energiaalmú kémiai kötések formájában. A biológiai idszerek univerzális energiatárolója és zvetítője.

Autotrófok (*autotróf szervezetek*) – olyan rvezetek, amelyek szervetlen anyagokból ntetizálnak szerves anyagokat.

Bakteriofágok – baktérium-sejtekben sködő vírusok.

Betokozódás – szilárd burok képződése az sejtű és egyes többsejtű szervezetek körül.

Biokémia (biológiai kémia) – a szervezetek kémiai összetételét, a bennük kimutatott vegyületek szerkezetét, tulajdonságait, szerepét, keletkezésük és átalakulásuk módját kutatja.

Biológiailag aktív anyagok (enzimek, hormonok, neurohormonok, vitaminok, antibiotikumok stb.) – különböző kémiai természetű szerves vegyületek, amelyek az élőlények anyagcseréjét és energiaforgalmát befolyásolják.

Citoplazma – a sejtnek a plazmamembrán és mag között elhelyezkedő belső környezete; szerves és ásványi anyagokból álló kolloid oldat, amely a sejtszervecskéket és a zárványokat tartalmazza.

Csillók – eukarióták mikrocsövecskés sejtszervecskéi; szerkezetükben az ostorra hasonlítanak; a sejt sok csillójának összehangolt mozgása hullámzásra emlékeztet.

Denaturáció – a fehérje természetes szerkezetének (negyedleges – másodlagos szerkezet) megbomlása. Ez egyes tényezők (hőmérséklet, kémiai vegyületek) hatására megy végbe bizonyos kötések felhasítása következtében, de a peptidkötések felbomlása nélkül. Rendszerint a denaturáció a molekula biológiai aktivitásának elvesztésével jár; a denaturáció lehet teljes vagy részleges, megfordítható és visszafordíthatatlan. Megfigyelhető a nukleinsavaknál és néhány más biopolimernél.

Destrukció – a szerkezet elsődleges szerkezetének felbomlása; visszafordíthatatlan változás.

Disszimiláció – azoknak a biokémiai folyamatoknak a halmaza, amelyek során a szervezetben az összetett kémiai vegyületek energiafejlődés mellett egyszerűbbekre bomlanak.

DNS (dezoxiribonukleinsav) – nukleinsav; biopolimer, amelynek a monomerjei a következő nukleotidok maradékai: adenin (A), guanin (G), timin (T) és citozin (C), két spi-rálisan összetekeredett fonálból áll. Valamennyi szervezet sejtjeiben és egyes vírusokban is előfordul. A DNS biztosítja az örökletes infor-

máció kódolását, tárolását és a leánysejteknek történő átadását az anyasejt osztódása során.

Endoplazmás retikulum – egymással összekötött és membránnal határolt mikrocsatornácskák és vakuólumok rendszere; a *sima endoplazmás retikulum* membránjain nincsenek riboszómák, rajta szintetizálódnak a szénhidrátok és a lipidek; a *szemcsés endoplazmás retikulum* membránjain a fehérjeszintézisben részt vevő riboszómák találhatók.

Energiaforgalom – összetett vegyületek egyszerűekre való bomlásával és energiafejlődéssel kapcsolatos kémiai reakciók összessége.

Enzimek – az élő szervezetek biokémiai reakcióit gyorsító (katalizáló) fehérjetermészetű anyagok.

Eukarióták – olyan élőlények (növények, gombák, állatok), amelyek sejtjei magot tartalmaznak. Az élőlények külön csoportját alkotják.

Fehérjék – nagy molekulaszámú biopolimerek, amelyek monomerjei aminosav-maradékok; meghatározott térszerkezettel (elsődleges, másodlagos, harmadlagos, negyedleges szerkezettel) rendelkeznek.

Fitoncidok – növények által kiválasztott és más növényfajok, baktériumok és gombák tevékenységét elnyomó anyagok. Fontos szerepet játszanak a szervezetek védőreakcióiban és a társulásokban kialakuló kölcsönös kapcsolataiban.

Fotoszintézis – szerves anyagoknak szervetlenekből történő képződése, amely annak köszönhetően megy végbe, hogy a fényenergia a szintetizálandó anyagok kémiai kötéseinek energiájává alakul.

Fototrófok (*fotoszintetizáló szervezetek*) – olyan szervezetek, amelyek fényenergiát használnak szerves anyagok szervetlenekből történő szintéziséhez.

Gén – a nukleinsav-molekula szakasza, az örökletes információ hordozója.

Genetikai kód – az örökletes információk nukleinsav-molekulákban való tárolásának valamennyi élőlény számára egységes rendszere.

Génkicserélődés (crossing over) – a homológ kromoszómák egyes szakaszainak kicserélődése a meiózis első osztódásának konjugációja során. A szervezetek változékonyságában játszik szerepet.

Golgi-készülék – az eukarióta sejt szervecskéje; hólyagocskákból, csatornácskákból és membránnal határolt lapos tartályokból áll; különböző anyagok átalakításában, felhalmozásában és kiürítésében vesz részt, lizoszómákat, sejfalakat, lüktetővakuólumokat és egyéb sejtstruktúrákat képez.

Gránum – egymásra helyezett tilakoidok oszlopa.

Heterotrófok (*heterotróf szervezetek*) – olyan szervezetek, amelyek más élőlények által előállított szerves vegyületekkel táplálkoznak.

Hialoplazma – a citoplazma színtelen félfolyékony alapja.

Hipotalamusz-hipofízis rendszer – a gerinces állatok ideg-endokrin rendszere, amelyet a hipotalamusz (a köztiagy struktúrája) és az agyalapi mirigy (belsőelválasztású mirigy) képez. Minden más belsőelválasztású mirigy tevékenységét és az életfunkciókat szabályozza.

Hisztológia (szövettan) – az állati szövetekről szóló tudomány.

Homeosztázis – a különböző szervezettségi szintű biológiai rendszerek belső közegének viszonylagos stabilitása.

Hormonok – az állatok biológiailag aktív vegyületei, amelyeket belső- és kevert elválasztású mirigyek termelnek. Különböző a kémiai természetük, bekapcsolódhatnak a biológiai reakciók ciklusába, az anyagcserét szabályozzák.

Humorális immunitás – bizonyos fehérvérsejt-típusok antitestképzési képessége.

Immunitás – a szervezetnek a kórokozókkal szembeni ellenállás és a saját épség fenntartásának képessége.

Interfázis – két sejtosztódás közötti vagy az utolsó sejtosztódástól a sejthalálig tartó időszak. Az interfázisban a sejt növekszik, differenciálódik, a rá jellemző funkciót végzi, és felkészül a következő osztódásra.

Kariotípus – a sejtmag minden élőlényfajra specifikusan jellemző kromoszómaállománya; jellemző tulajdonsága a kromoszómák száma és szerkezeti sajátossága.

Kemoszintézis – szerves vegyületek szintézise szervetlenekből energia felhasználásával.

Kemotrófok (*kemotróf szervezetek*) – olyan szervezetek (prokarióták egy csoportja, amelyek a szerves vegyületek szintéziséhez kémiai reakciók energiáját használják.

Kodon – nukleotidtriplet, amely egy meghatározott aminosavat kódoló genetikai egység a nukleotid-molekulában.

Komplementaritás – a DNS-molekula két fonalában lévő, egymáshoz hidrogénkötéssel kapcsolódó nukleotidok sorrendiségének egymásnak való szigorú megfelelése; a megfelelő nukleotidok kémiai szerkezetének sajátosságai határozzák meg.

Kromatida – a kromoszóma szerkezeti eleme, amely az interfázisban képződik a kettőződés következtében.

Kromatin – magfehérjék és nukleinsavak (nukleoproteidek) együtteséből álló fonálszerű képződmények; kromatin alkotja a kromoszómákat.

Kromoszómák – a géneket tartalmazó magon belüli struktúrák; önmaguktól megkettőződhetnek.

Külső emésztés – emésztőnedvek bejuttatása a táplálékba, majd a félig vagy teljesen megemésztett anyagok felszívása; egyes állatoknál figyelhető meg.

Lamellák – a plasztiszok belső membránjainak lapos, megnyúlt barázdákra emlékeztető kitüremkedései.

Lipidek – különféle szerkezetű hidrofób szerves vegyületek (zsírok, viaszok, szteroidok stb.).

Lizoszómák – membránnal határolt sejtszervecskék; szerves anyagokat lebontó és sejten belül emésztő enzimeket tartalmaznak.

Magvacskák – a sejtmag tömör struktúrái, az RNS-fehérjékkel alkotott komplexumaiból, magkromatinból és a riboszómák előalegységeinek számító granulákból áll.

Meiózis – eukarióta sejtek osztódási módja, amelynek következtében felére csökken a kromoszómaállomány. Biztosítja az ivarosan szaporodó szervezetek kromoszómaállományának állandóságát.

Metabolizmus (*anyagcsere*) – az anyagoknak a környezetből a szervezetbe jutásával, ottani átalakulásával és az anyagcseretermékek kiürítésével kapcsolatos folyamatok összessége.

Mitokondriumok – az eukarióta-sejtek különböző alakú szervecskéi, bennük szintetizálódik az ATP.

Mitózis – eukarióta sejtek fő osztódási módja. Biztosítja az örökletes információ pontos átadását az anyasejttől a leánysejteknek.

Nasztiák – a növényi szerveknek a környezet ingereire elhajlások formájában adott, meghatározott irányultság nélküli válaszreakciói.

Neurohormonok – az állatok különböző kémiai természetű biológiailag aktív anyagai, amelyeket bizonyos idegsejtek termelnek; hatásuk hasonlít a hormonokéra.

Nukleinsavak – monomerekből (nukleotidokból) álló biopolimerek; hozzájuk tartozik a dezoxiribonukleinsav (DNS) és a ribonukleinsav (RNS).

Nukleotidok – nitrátbázis-maradékból, monoszacharidból (pentózból) és foszforsavból álló nukleinsav-monomerek.

Organellumok (sejtszervecskék) – a sejtek bizonyos életfolyamataiért felelős, meghatározott alakú állandó képződmények.

Ostor – fonalas sejtszervecske, amelynek alapja a citoplazmában helyezkedik el; csavarszerű vagy hullámmozgást végez.

Plasztikus anyagcsere – a szerves anyagok azon szintézisreakcióinak halmaza, amelyek a sejtek és a szervezet növekedését, kémiai összetételének megújulását biztosítják.

Plasztiszok – növényi sejtek és egyes egysejtű állatok két membránnal határolt szervecskéi. A pigmenttartalomtól függően megkülönböztetnek kloroplasztiszokat, kromoplasztiszokat és leukoplasztiszokat.

Plazmamembrán – a citoplazmát határoló biológiai membrán.

Prokarióták – sejtmag és legtöbb sejtszervecske nélküli szervezetek (baktériumok, kékbaktériumok). Az élőlények külön csoportját alkotják.

Reflex – az állati szervezet válasza az ingerre, ami az idegrendszer közreműködésével történik.

Reflexiv – az idegrendszernek a reflex megvalósításában részt vevő elemei.

Regeneráció – az elvesztett vagy károsodott szervek, vagy az egész szervezet újrateremtése azok meghatározott részéből.

Renaturáció – bizonyos biopolimerek (fehérjék, nukleinsavak) denaturáció következtében megbomlott természetes szerkezetének helyreállási folyamata.

Reproduktív (szaporító) szervek – az ivaros, ivartalan vagy vegetatív szaporodás funkcióját látják el (a növények szaporítószerveit *generatív*, az állatokét *ivarszerveknek* nevezzük).

Riboszómák – gömb alakú, rRNS-t és fehérjéket tartalmazó gömbtestecskék; két eltérő méretű részből (alegységből) állnak, és a sejt fehérje-bioszintézisét végzik.

RNS (ribonukleinsav) – nukleinsavak, amelyek nukleotidjai nitrátbázis-maradékokból (adeninból, guaninból, citozinból, uracilból), ribózból és foszforsavból állnak. Rendszerint ezek a biopolimerek egy nukleotidláncból állnak. Megkülönböztetnek szállító (tRNS), információs (iRNS vagy mRNS) és riboszomális (rRNS) ribonukleinsavakat.

Sejt – minden élőlény szerkezeti, működési és fejlődési alapegysége (a vírusokat leszámítva); biológiai alaprendszer.

Sejtimmunitás – bizonyos fehérvérsejttípusoknak az a képessége, hogy fagocitózissal elpusztítja és semlegesíti a káros mikroorganizmusokat, illetve anyagokat.

Sejtközpont – a citoplazma besűrűsödött részében elhelyezkedő két centriólumból álló sejtszervecske; a magorsó kialakításában vesz részt.

Sejtmag – a növények (zömmel cellulózból álló), a gombák (kitinből és más poliszacharidokból összetevődő) és a prokarióták (a baktériumokban nagyrészt mureinből, a kékbaktériumokban cellulózból álló) tömör, membrán fölötti struktúrája.

Sejtmag – eukarióta-sejtek két membránnal határolt szervecskéje. A fehérjeszintézis folyamatait szabályozza, biztosítja az örökletes információ megőrzését és átadását.

Sejtváz – mikrocsövecskék és fehérjetermészetű fonalak rendszere, amely a sejt támasztékául szolgál, és részt vesz a mozgásában.

Szénhidrátok – szerves vegyületek, amelyek általában megfelelnek a $(CH_2O)_n$ általános képletnek, ahol az n értéke 3 vagy annál több. Közülük egyesek nitrogén-, foszfor- vagy kénatomokat tartalmaznak. Valamennyi biológiai rendszer összetételében megtalálható. A szénhidrátok között megkülönböztetnek mono-, oligo- és poliszacharidokat.

Szerv – a többsejtű szervezet része, amely meghatározott térbeli helyzetet foglal el a szervezetben, s csak rá jellemző szerkezettel rendelkezik és meghatározott funkciókat végez; rendszerint különböző típusú szövetekből áll.

Szervek funkcionális rendszere – különböző rendszerek szerveinek ideiglenes együttműködése meghatározott életfunkció elvégzése céljából.

Szervrendszer – az egy vagy több közös funkciót (légzés, emésztés, kiválasztás) végző szervek összessége.

Szerzett immunitás – az egyedfejlődés során alakul ki (betegségek átvészelése, védőoltás és gyógyszérumok beadása következtében).

Szövet – hasonló felépítésű, egymáshoz szerkezetileg és funkcionálisan kapcsolódó sejtek rendszere. Az állatoknál a szövet részét képezi a sejtközi anyag, amit maguk a sejtek választanak el.

Tilakoidok – a kloroplasztiszok belső membránjainak lapos vakuólum és hólyagocska alakú kinövései.

Transzkripció – a fehérjeszintézisnek az a szakasza, amelyen az iRNS nukleotid-sorrendje „fordítódik le" a szintetizálandó fehérjemolekula aminosav-sorrendjére.

Tropizmus – a növényi szerveknek az ingerekre adott, meghatározott irányú növekedési mozgásai.

Vakuólumok – sejtszervecskék: membránnal körülhatárolt, folyadékkal telt citoplazmaüregek.

Vegetatív szervek – különféle életfunkciókat (mozgás, növekedés) látnak el.

Veleszületett immunitás – a születés pillanatáig kialakul.

Vírusok – nem sejtes szerkezetű sejtparaziták, amelyek az élőlények külön csoportját alkotják.

Zárványok – nem állandó citoplazmaképződmények; tartalék vegyületek vagy a sejtanyagcsere termékei.

TARTALOM

Kedves tizedikesek! ... 3

BEVEZETÉS ... 4

1.§. A biológiai tudományok rendszere. A biológia kapcsolata más tudományokkal ... 4
Szemelvények a biológia történetéből ... 7
2. §. Az élet szerveződési szintjei ... 12
3. §. Kutatási módszerek a biológiában. A biológia vívmányainak jelentősége az ember és a társadalom számára ... 18

I. FEJEZET. AZ ÉLET MOLEKULÁRIS SZERVEZŐDÉSI SZINTJE

1. téma. A SZERVEZETEK SZERVETLEN ANYAGAI ... 24

4. §. A szervezetek elemi összetétele ... 24
5. §. A szervetlen anyagok szerepe a szervezetek élettevékenységében ... 30
6. §. A víz szerepe a szervezetek élettevékenységében ... 34

1. sz. gyakorlati munka. *Saját szervezetünk víztartalmának meghatározása* (a feladatot az akadémiai szinten tanulók végzik) ... 41

2. Téma. SZERVES ANYAGOK ... 42

7. §. Az élőlények szerves anyagai. Lipidek ... 42
8. §. A szénhidrátok változatossága, tulajdonságai és funkciói ... 47
9. §. A fehérjék szerkezete és tulajdonságai ... 50
10. §. A fehérjék funkciói ... 55
11. §. Nukleinsavak. Az ATP tulajdonságai és funkciói ... 60
12. §. A DNS szerkezete, tulajdonságai és funkciói ... 63
13. §. Biológiailag aktív anyagok. Vitaminok, hormonok, növekedési faktorok ... 67

1. sz. laboratóriumi munka. *Egyes szerves vegyületek és funkcióik meghatározása* ... 72
2. sz. laboratóriumi munka. *Az enzimek tulajdonságainak vizsgálata* ... 73
2. sz. gyakorlati munka. *Transzkripcióval és replikációval kapcsolatos alapfeladatok megoldása* ... 74
Transzlációval kapcsolatos alapfeladatok megoldása ... 74
Reparációval kapcsolatos alapfeladatok megoldása ... 75
3. sz. gyakorlati munka. *Ismerkedés egyes gyógyszerek, háztartási vegyszerek használati utasításaival, veszélyességük értékelése* ... 75
4. sz. gyakorlati munka. *Élelmiszerek összetételének értékelése* ... 76

II. FEJEZET. AZ ÉLET SEJTES SZERVEZŐDÉSI SZINTJE

1. téma. A SEJT ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSE. FELSZÍNI SEJTKÉSZÜLÉK. SEJTMAG ... 79

14. §. A sejt mint a szervezetek alapvető szerkezeti-működési egysége. A sejttan kutatási módszerei ... 79
15. §. A sejtmembránok szerkezete és funkciói ... 86

6. §. A sejtek membrán fölötti és membrán alatti készülékei 94
7. §. Az eukarióta sejtek magjának szerkezete és funkciói. A prokarióták nukleoidja 99
8. §. Különböző szervezetek kariotípusának szerveződési sajátosságai 103

. sz. laboratóriumi munka. *A prokarióta és eukarióta sejtek szerkezete* 109
. sz. laboratóriumi munka. *A plazmolízis és deplazmolízis jelenségének megfigyelése növényi sejtekben* 109
. sz. laboratóriumi munka. *A sejtmag mikroszkópos és ultramikroszkópos szerkezete* (a biológiát akadémiai szinten tanulók végzik) 110

. téma. *A SEJTEK CITOPLAZMÁJA* 113

9. §. A citoplazma. Sejtzárványok 113
0. §. Egymembrános sejtszervecskék 116
1. §. Kétmembrános sejtszervecskék. Mitokondriumok és plasztiszok 122
2. §. Riboszómák. Mozgásszervecskék. Sejtközpont 127
3. §. A prokarióta sejtek felépítése. Az eukarióták eredethipotézisei 131

. sz. laboratóriumi munka. *Egymembrános sejtszervecskék vizsgálata* 137
. sz. laboratóriumi munka. *Kétmembrános sejtszervecskék vizsgálata* 138
. sz. laboratóriumi munka. *A citoplazma mozgása a növényi sejtekben* 139

. téma. *A SEJT MINT EGYSÉGES RENDSZER* 142

4. §. A sejtciklus. Mitózis 142
5. §. A meiózis 147
6. §. A sejtek anyagcseréjének és energiaátalakításának általános jellemzése 153
7. §. Plasztikus anyagcsere. A fehérjék és nukleinsavak bioszintézise 159
8. §. Kemoszintézis és fotoszintézis 165
9. §. Modern sejtelmélet. A citotechnológiák alkalmazásának lehetőségei és távlatai 171

. sz. laboratóriumi munka. *A kromoszómák szerkezete* 176
0. sz. laboratóriumi munka. *Mitotikus sejtosztódás* 177
. sz. gyakorlati munka. *A mitózis és a meiózis összehasonlítása* 177
. sz. gyakorlati munka. *Transzlációval kapcsolatos alapfeladatok megoldása* 178

II. FEJEZET. AZ ÉLET SZERVEZETES SZERVEZŐDÉSI SZINTJE

. téma. *AZ ÉLET NEM SEJTES FORMÁI* 182

30. §. A vírusok szerkezete, kémiai összetétele és tulajdonságai 182
31. §. A vírusok szaporodása. A vírus és a sejt kölcsönhatásának főbb szakaszai 187
32. §. A vírusok szerepe a természetben és az ember életében. Az emberek és állatok vírusos fertőzései 192
33. §. A vírusfertőzések megelőzése és gyógyítása 198
34. §. Viroidok és prionok 203

. téma. *EGYSEJTŰ SZERVEZETEK* 208

35. §. A prokarióta szervezetek felépítésének és életfolyamatainak sajátosságai 208
36. §. A prokarióták szerepe a természetben és az ember életében 214

37. §. Az egysejtű eukarióták szerveződésének sajátosságai 220
38. §. Az egysejtű eukarióták életműködési folyamatainak sajátosságai 223
39. §. A protiszták szerepe a természetben és a gazdaságban 229

5. sz. gyakorlati munka. *A vírusok és baktériumok okozta betegségek tüneteinek összehasonlítása* 234

3. téma. ***TÖBBSEJTŰ SZERVEZETEK*** 236

40. §. Többsejtű eukarióták 236
41. §. A növényi szövetek 242
42. §. Emberi és állati szövetek. Hisztotechnológia 250
43. §. Szervek és szervrendszerek 258
44. §. A többsejtű szervezetek működésének szabályozása 267

Összegezés
Az élet molekuláris, sejtes és szervezeti szintjeinek szerveződési elvei 277

11. sz. laboratóriumi munka. *A növényi szövetek felépítése* 277
12. sz. laboratóriumi munka. *Az állati szövetek felépítése* 278

Szakkifejezések és fogalmak rövid szótára 280

Навчальне видання

БАЛАН Павло Георгійович
ВЕРВЕС Юрій Григорович
ПОЛІЩУК Валерій Петрович

БІОЛОГІЯ

Підручник для 10 класу загальноосвітніх навчальних закладів
із навчанням угорською мовою

Рівень стандарту, академічний рівень

Переклад з української
Адальберта Адальбертовича Варги
Угорською мовою

Згідно із Законом України "Про авторське право
та суміжні права" у підручнику частково використано
ілюстрації з таких видань:

Raven P. H., Johnson G. B., Losos J. B., Singer S. R. Biology. – 7th ed. – McGraw-Hill, 2005

Uno G., Storey R., Moore R. Principles of botany. – 1th ed. – McGraw Hill, 2001

Mader S.S. Biology. – 9th ed. – McGraw-Hill, 2007

Зав. редакцією *А. А. Варга*
Редактор *Є. Є. Гулачі*
Обкладинка, художнє редагування та оформлення *Юлії Кущ*
Технічний редактор *Г. Я. Гнат*
Коректор *І. О. Петро*

Формат 70×100/16. Папір офс. Гарнітура Таймс. Друк офс.
Умов. друк. арк. 23,4. Обл.-вид. арк. 21,85.
Додатковий наклад 75 пр. Зам. № 214П.

Державне підприємство „Всеукраїнське спеціалізоване
видавництво „Світ"
79008 м. Львів, вул. Галицька, 21
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2980 від 19.09.2007
www.dsv-svit.lviv.ua
e-mail: office@dsv-svit.lviv.ua

Друк ВАТ „Патент"
88006 м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи Зт № 5 від 27.06.2000
e-mail: patent@uzh.ukrtel.net