



OKTATÁSI
HIVATAL

NAT
2020

9–10
I. kötet



Biológia
tankönyv

Biológia 9-10.

I. kötet
a gimnáziumok számára



OKTATÁSI HIVATAL

A kiadvány 2020. 06. 12-től 2025. 08. 31-ig tankönyvi engedélyt kapott a TKV/3165–8/2020. számú határozattal.

A tankönyv megfelel a Kormány 5/2020 (I. 31.) Korm. rendelete a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról szóló 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet módosításáról megnevezésű jogszabály alapján készült Kerettanterv a gimnáziumi nevelés-oktatás 9. évfolyama számára megnevezésű kerettanterv Biológia tantárgy előírásainak.

A tankönyvvé nyilvánítási eljárásban közreműködő szakértő: Pensza Károly

Tananyagfejlesztő: dr. Szerényi Gábor

Kerettantervi szakértő: Veres Gábor

Lektor: Veres Gábor

Felelős szerkesztő: Kincses Ildikó

Fedélterv: Slezák Ilona

Fedélfotó: dr. Szerényi Gábor

Fotók: Bécsy László, dendeocse.hu, dr. Varga Zoltán, Flickr, Freeimages, iStock, Kurucz Klári, Országalbum, Shutterstock, dr. Szerényi Gábor, Tinkstock, Wikimedia

A tankönyv szerkesztői köszönetet mondanak a korábban készült tankönyvek szerzőinek. Az általuk megteremtett módszertani kultúra ösztönzést és példát adott e tankönyv készítőinek is.

© Oktatási Hivatal, 2020

ISBN 978-615-6256-16-4

Oktatási Hivatal

1055 Budapest, Szalay u. 10–14.

Telefon: (+36-1) 374-2100

E-mail: tankonyv@oh.gov.hu

A kiadásért felel: Brassói Sándor mb. elnök

Raktári szám: OH-BIO910TB/I

Tankönyvkiadási osztályvezető: Horváth Zoltán Ákos • Műszaki szerkesztő: Görög Istvánné

Grafikai szerkesztő: Nagy Áron • Nyomdai előkészítés: Kovács

Terjedelem: 39,14 (A/5) ív • Tömeg: 811 gramm • 1. kiadás, 2021

A könyvben felhasználtuk a Biológia tankönyv 10., 11., 12. osztályosoknak című műveket.

Raktári szám: NT-17208, NT 17308, NT 17408

Gyártás: Könyvtárellátó Nonprofit Kft.

Ez a tankönyv a Széchenyi 2020 Emberi Erőforrás Fejlesztési Operatív Program EFOP-3.2.2-VEKOP-15-2016-00001 számú, „A köznevelés tartalmi szabályozóinak megfelelő tankönyvek, taneszközök fejlesztése és digitális tartalomfejlesztés” című projektje keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Nyomta és kötötte:

Felelős vezető:

A nyomdai megrendelés törzsszáma:

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalom



A BIOLÓGIA TUDOMÁNYA

- 1. Bevezetés a biológiába 6
- 2. A biológiai kutatás 10

AZ ÉLET EREDETE ÉS SZERVEZŐDÉSE

- 3. Az élet megjelenése a Földön 14
- 4. A szerveződési szintek 18
- 5. A vírusok 21
- 6. Az egysejtű szerveződés egyik formája,
a prokarióta sejt 24
- 7. Az egysejtűszerveződés másik formája,
az eukarióta sejt 27
- 8. A soksejtűszerveződés formái: a növények,
az állatok és a gombák 30
- Összefoglalás 36

SEJTEK, SZÖVETEK, SZERVEK

- 9. A sejtplazma és a biológiai membránok 38
- 10. Anyagforgalom a sejtmembránon keresztül .. 42
- 11. A sejtanyag 45
- 12. A sejtciklus és sejtosztódás 48
- 13. A növények szövetei 52
- 14. A növények önfenntartó szerveinek
felépítése és működése 56
- 15. A növényi szaporítószervek evolúciója,
felépítése és működése 60
- 16. A növények önfenntartó működései 64
- 17. A növények életfolyamatainak összehangolása 67
- 18. A növények szaporodása és egyedfejlődése ... 70

- 19. Az állatok szövetei 73
- 20. Az állatok kültakarója 77
- 21. Az állatok mozgási szervrendszere 80
- 22. Az állatok táplálkozási szervrendszere 83
- 23. Az állatok légzési szervrendszere 88
- 24. Az állatok anyagszállító szervrendszere 92
- 25. Az állatok kiválasztó szervrendszere 96
- 26. Az állatok szaporító szervrendszerei
és egyedfejlődésük 99
- 27. Az állatok életműködéseinek
szabályozása 104
- Összefoglalás 109

ETOLÓGIA

- 28. Viselkedés az élővilágban 112
- 29. Az állatok tanult magatartási formái 115
- 30. Az állatok kommunikációja
és önfenntartó viselkedése 118
- 31. Az állatok szaporodási viselkedése 123
- Összefoglalás 128

ÉLETKÖZÖSSÉGEK

- 32. Az egyed feletti szerveződési szintek 130
- 33. A napsugárzás mint ökológiai tényező 135
- 34. A levegő és a víz hatása az élőlényekre 141
- 35. A talaj hatása az élőlényekre 146
- 36. A populációk szerkezete 150
- 37. A populációk mennyiségi változásai 153
- 38. A populációk kölcsönhatásai 156
- 39. A társulások 160
- 40. A társulások időbeli változásai 164
- 41. Az ökoszisztémák mint biológiai rendszerek . 167
- 42. Az ökoszisztémák anyag-
és energiaforgalma 172
- 43. A bioszféra 176
- 44. A bioszféra és a környezetvédelem 181
- Összefoglalás 186

A KÁRPÁT-MEDENCE TERMÉSZETI ÉRTÉKEI

- 45. A Kárpát-medence élettelen
környezeti jellemzői 188
- 46. A Kárpát-medence élővilága 190
- 47. A hazai fás társulások főbb típusai 195
- 48. A hazai fátlan társulások főbb típusai 201
- 49. A hazai társulások állatvilága 206
- 50. Természetvédelem Magyarországon 210
- Összefoglalás 216

FENNTARTHATÓSÁG

51. A globális gondolkozás megjelenése	218
52. Az ökológiai lábnyom	221
53. A harmonikus fejlődés	224
54. A nagyvárosok kihívásai	227
55. A biztonságos energiellátás kérdése	231
56. A globális klímaváltozás	233
57. Faj- és diverzitáspusztulás	236
58. Növényvédelem, állatvédelem	239
Összefoglalás	242

GENETIKA

59. Az öröklődés alaptörvényei	244
60. A domináns-recesszív öröklődésmenet	248
61. Az intermedier és a kodomináns öröklésmenet	251
62. Kétféles öröklésmenetek	254
63. Gémkölcsonhatások	257
64. Nemhez kötött öröklődés	260
65. Kapcsolt öröklődés	264

66. Mennyiségi jelek öröklése	267
Összefoglalás	270

EVOLÚCIÓ

67. Az evolúció. A populációk genetikai egyensúlya	272
68. Rátermettség és szelekció	275
69. A fajok kialakulása adaptív evolúcióval	279
70. A nem adaptív evolúció	284
71. Az evolúció közvetlen bizonyítékai	287
72. Az evolúció közvetett bizonyítékai	289
73. Az ember evolúciója	291
Összefoglalás	296

RENDSZERBIOLÓGIA ÉS EVOLÚCIÓ

74. Az ember és a természet	298
75. A biológia és a társadalom	300
76. Az evolúció mint a biológiai rendszerek változásának alaptörvénye	302
Összefoglalás	304



A biológia tudománya

1. lecke

Bevezetés a biológiába



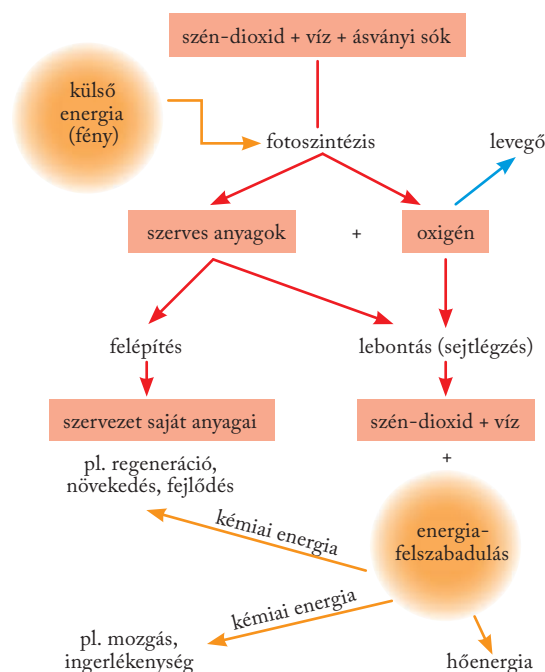
A biológia tárgya, az élő anyag

A fizikához és a kémiához hasonlóan a **biológia** is az anyagi világ megismerésével foglalkozó természettudomány. Az élő anyag megjelenési formáival, e formák változásaival és fejlődésével foglalkozik. Elnevezése a görög eredetű *bio* = élet és a *logosz* = tudomány szó összevonásával jött létre.

Hogy mi az **élő**, és mi az **élettelen**, sokszor nem is lehet egyszerűen elkülöníteni egymástól. Mert vajon élő-e egy mag? Nem táplálkozik, nem mozog, nem növekedik, nem szaporodik. Azonban ha kicsírázik, egy élő növény fejlődik belőle.

Az élőlények az élettelenekhez hasonlóan anyagi rendszerek. Az élő anyagnak számos olyan sajátossága van, amely az élettelen rendszerekre nem jellemző. Ezeket összefoglaló néven **életjelenségeknek** nevezzük. Hosszú időn keresztül az életjelenségek meglétét tekintették az élő anyag legfőbb jellemzőjének. Az életjelenségeket két csoportba sorolták. Egyrészt *önfenntartók*, ha működésük az egyén életének fennmaradását biztosítja. Másrészt *fajfenntartók*, abban az esetben, ha a szaporítást, az egyed genetikai állományának továbbadását, így a faj fennmaradását szolgálják.

Az önfenntartó életjelenségek egyike a *biológiai anyagcsere*. Az élőlények a környezetükből számukra fontos anyagokat vesznek fel, és oda feleslegessé vált anyagokat adnak le, miközben a testüket felépítik.



1.1. ábra. Az autotróf élőlények anyagcseréje



1.2. ábra. A repülés nagyon energiaigényes mozgásforma (rétság)

tő vegyületek folyamatosan lebomlanak és újraképződnek. Az anyagcsere részeként tehát táplálkoznak, lélegeznek, valamint a feleslegessé váló anyagcseretermékeiket kiválasztják és leadják (1.1. ábra).

Egy másik önfenntartó életjelenség a *mozgás* (1.2. ábra). Ennek révén a sejtekben rendelkezésre álló energia felhasználásával képesek a helyüket vagy egyes testrészeik helyzetét megváltoztatni. Hasonlóan fontos életjelenség az ingerlékenység. Az élőlények a környezetük megváltozására reagálnak, azaz *ingerlékenyek*. Például a környezet felmelegedésére az ember fokozza a hőleadását, verejtékezik, az arca kipirul, mert a hajszálerek kitágulnak, hogy

növekedhessen a környezet felé a hőleadás felülete. Ennek eredménye a külső változásoktól függetlenül egy dinamikus, állandó belső állapot, a *homeosztázis* fenntartása. Az önfenntartó működések eredménye az egyén *növekedése és fejlődése*. A növekedés *menyiségi változás*, hiszen annak során a sejtek száma rendszerint nő, és nő a testtömeg is. A fejlődés ezzel szemben *minőségi változás*, amelynek során az élőlények új működésekre lesznek képesek. A csírázó borsószem gyökere és csírázó hajtása naponta egy-két milliméterrel is hosszabb lesz, a *növekedésük* gyors. Ha a kifejlett borsónövény bimbózik, majd kinyílik a virágja, a növény szaporodóképes lesz, egy új *fejlettségi* állapotba jut. Hasonlóan fejlődés eredménye az is, ha a növekedő kiscsibe tyúkká *vál*ik, és elkezd tojásokat tojni.

A fajfenntartó életműködés a *szaporodás*. Ennek következtében képesek az élőlények az örökítőanyagaikról készített másolatok átadására, önmagukhoz hasonló utódok létrehozására, ezzel az élet fennmaradásának biztosítására.

A sokak által hosszú időn keresztül általánosan elfogadott meghatározás hibája, hogy ugyanakkor a felsorolt életjelenségek *nem mindegyike* szükséges ahhoz, hogy egy rendszert élőnek tekintsünk, és egyesek közülük az élettelen rendszerekre is jellemző. Például a kristályok is növekednek, az autó is képes mozogni.

Spiegelman kísérlete

Sol Spiegelman amerikai molekuláris biológus (1914–1983) kísérlettel igazolta, hogy a sokak által kiemelt fontosságúnak tartott, nagyon bonyolultnak tűnő, látszólag tényleg csak az élő rendszerekre jellemző biológiai anyagcsere is megvalósítható in vitro.

- *Nézz utána, hogy miből állt Spiegelman kísérlete!*

A XX. század közepétől nem kevesen tettek kísérletet az élet más, újszerű meghatározására, és ennek az eredménye az **életkritérium-rendszerek** kidolgozása lett. Az élő és élettelen ugyanis *minőségi* jellegű fogalom. Az élő anyag más minőséget képvisel az anyag szerveződése szempontjából, mint az élettelen, s ez egyebek közt abban nyilvánul meg, hogy *működni* képes. Ugyanakkor a hagyományos életjelenségek alapvetően *menyiségi* természetűek, akár az anyagcserét, a növekedést vagy bármelyik másikat vizsgáljuk közülük. Mindezek hatására több kutató pontosította az

életről adott definícióját, és kidolgozta az életkritérium-rendszert. Szerintük az életkritériumok *egységes megléte* pontosan meghatározza az élő anyag fogalmát. Eszerint minden élő rendszernek rendelkeznie kell egy olyan *információs anyaggal*, amely a felépítésére és a működésére vonatkozó utasításokat tárolja. A bioszférában ez egy összetett vegyület, a *dezoxiribonukleinsav*. Rendelkeznie kell egy olyan rendszerrel is, amely az ebben rejlő adatokat értelmezi és megvalósítja, és gondoskodik annak megőrzéséről, sokszorosításáról és átadásáról. Ennek a fő vegyületei a *fehérjék*. Az

Olvasmány

élet kritériuma az anyagcsere egy olyan formája – a *biológiai anyagcsere* –, amely során a megvalósított anyag- és energiaforgalom eredményeképpen a rendszer *fedezni tudja saját működésének anyag- és energiaszükségletét*. Az anyagcsere-folyamatok egybekapcsolódó hálózata *stabilitást* biztosít az élő anyagnak. Ami nemcsak egy nagy fokú belső állandóságot jelent, hanem azt is, hogy a külső tényezők változásaira képes úgy reagálni, hogy belső állandóságát megőrzi, azaz *ingerlékeny*. Az élet folyamatos fenntartásának további kritériuma az ingerlékenységre épülő *szabályozottság*. Mindezek eredményeképpen az élet mint jelenség az élőlényben minden esetben *kerek egészként* jelentkezik.

Az *egyedi élet kritériumainak megvalósulása* azonban nem lett volna elegendő a sokszínű élővilág kibontakozásához. Még az is szükséges és nélkülözhetetlen hozzá, hogy az örökítőanyag változásai biztosítsanak egy olyan genetikai sokféleséget, amely lehetővé teszi, hogy az újabb változatok közül mindig azok szaporodjanak el, amelyek az adott környezeti feltételekhez legjobban alkalmazkodnak, azaz az élő anyag *evolúcióképes* is.

Keress példát olyan automatákra, amelyek működése az „életjelenségek” valamelyikével megegyező!

Az életkritériumok két típusa

Gánti Tibor magyar vegyész, biokémikus (1933–2009) az életkritériumokat két csoportra osztotta fel. Az elsőbe sorolta azokat – ezek az *abszolút életkritériumok* –, amelyek minden élő szervezetre minden életpillanatában jellemzőek. Az életkritériumok másik csoportja csak *potenciális*.

- *Keress példát a lecke szövegéből abszolút és potenciális életkritériumra!*

Olvasmány

A biológia területei

A biológia az első lépéseit még mint *természetrész*, az élővilág három nagy csoportjának, a növényeknek, az állatoknak és az embernek a vizsgálatával kezdte. Így született meg a *növénytan (botanika)*, az *állattan (zoológia)* és az *embertan (antropológia)*.

A kutatók igyekeztek először is megkülönböztetni egymástól az eltérő állatokat és növényeket, és elnevezték azokat, így született meg a *rendszer-tan*. A „miből épül fel?” kérdésre válaszolva alakult ki a *szervezettan*, végül a „hogyan működik?” prob-

lémájára megoldást keresve az *élettan*. Ezek a biológia klasszikus tudományterületei.

A XIX. század derekára nyilvánvalóvá vált, hogy minden élő szervezet sejt vagy sejtekből áll. Ezt követően született meg a *modern biológia*, amely a sejtek felépítését kutatva létrehozta a *sejtbiológiát*, a bennük lezajló kémiai folyamatokat tanulmányozva a *biokémiát*, majd a *molekuláris biológiát*. Egyidejűleg született meg a tulajdonságok továbbadásának törvényszerűségeit leíró örökléstan, az élővilág fejlődését kutató *evolúcióbiológia* és a magatartásokat elemző *viselkedésbiológia*. Az élőlények a kör-



1.3. ábra. A művelés alatt álló területeken a tápanyagok mesterséges pótlására van szükség

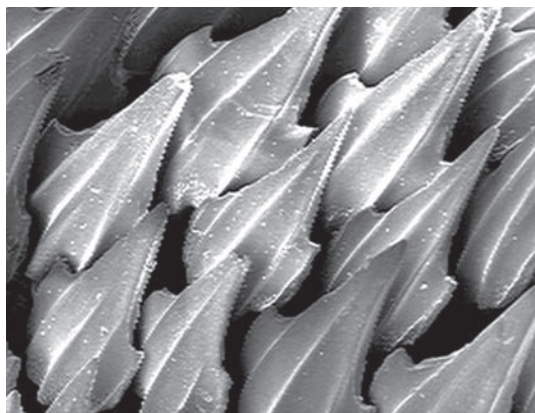
nyezetükkel kialakított kapcsolataikkal együtt tanulmányozhatók csak eredményesen, amelyet az *ökológia* vizsgál.

A biológia kezdettől fogva felhasználta a műszaki tudományok fejlődése által kínált újabb és újabb lehetőségeket. A mikroszkóp, majd az elektronmikroszkóp megalkotása sarkig tárta a mikrovilág kapuit. A nagy érzékenységű műszerek lehetővé tették az apró változások precíz érzékelését és rögzítését. Az informatika fejlődése pedig olyan új biológiai tudományterületek megszületését segített például, mint a *biotechnológia* és a *bioinformatika*. A biotechnológia új tulajdonságok bevitelét jelenti egy élőlénybe molekuláris biológiai módszerekkel. Például lehetővé vált, hogy baktériumokkal termeltessünk gyógyászati célra ipari módon költségesen vagy nehezen előállítható biológiai anyagokat. A bioinformatika informatikai eszközöket és módszereket használ biológiai folyamatok megismerésére, elemzésére vagy modellezésére.

A biológia – elsősorban a molekuláris biológia – fejlődése és eredményei (pl. a mesterséges megtermékenyítés, a klónozás) napjainkban egyre többször vetnek fel bioetikai kérdéseket. Vajon milyen mértékben avatkozhat be az ember a természetes biológiai folyamatokba anélkül, hogy megsértené az ENSZ emberi jogi kartáját, miszerint „Minden ember egyenlőnek születik, méltóságuk és jogaik egyenlők”.

A biológiai kutatások eredményeit elsősorban a hétköznapok alkalmazott tudományterületei, az orvostudomány és a mezőgazdaság hasznosítja, de visszahatnak a műszaki tudományok fejlődésére is (1.3. ábra).

A *bionika* olyan tudományág, amely a természetben megfigyelt, bevált eljárásokat vagy módszereket ülteti át a mindennapos gyakorlatba (1.4



1.4. ábra. A halpikkelyek tetőcserépszerűen borulnak egymásra

és 1.5. ábra). Ennek legegyszerűbb példája a tépőzár, amelynek ötletét a bojtortján fészkes virágzatát övező fészkepikkelyek horgas csúcsai szolgáltatták.

Az egyéb tudományterületekkel való szoros együttműködést, az eredmények kölcsönös alkalmazását és továbbfejlesztését a *rendszerbiológia* foglalja magába, amely nagymértékben támaszkodik matematikai modellekre és ezek informatikai alkalmazására.



1.5. ábra. A galacsinhajtó bogár tevékenysége adhatta az ötletet a kerék kifejlesztéséhez

Kérdések és feladatok

- 1 Sorold fel az önfenntartó és a fajfenntartó életműködéseket!
- 2 Sorold fel az életkritériumokat! Mit értünk evolúcióképességen?
- 3 A biológia mely területeit nevezhetjük klaszszikusnak?
- 4 Miért tekinthetjük a biológiát a XXI. század tudományának?

2. lecke

A biológiai kutatás



A biológiai kutatás módszerei

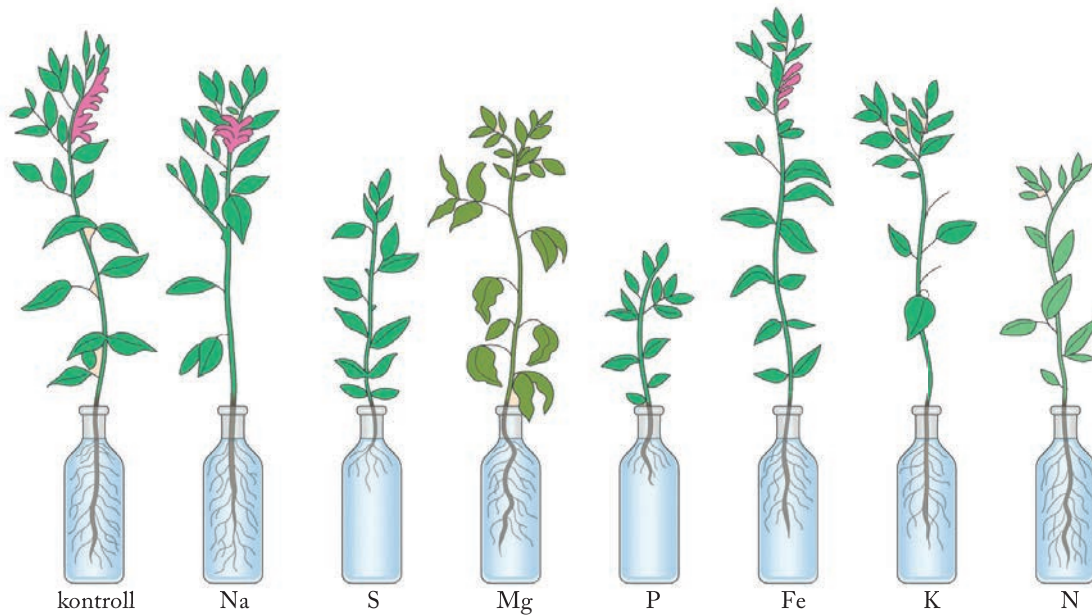
A biológiai kutatás problémafelvetéssel kezdődik. A kutató észlel egy jelenséget vagy megfogalmaz egy problémát, és annak magyarázatára *hipotézist* állít fel. Hipotézisének igazolására vagy elvetésére pedig *kísérleteket* vagy *megfigyeléseket* hajt végre.

Például Julius von Sachs (1832–1897) német természettudós az 1860-as években az egyes táplálékul szolgáló kémiai elemek növényekre gyakorolt élettani hatásait vizsgálta, mert azt feltételezte, hogy azok nem egyformák. A különböző kémiai elemek hiánya más és más következményekkel jár. Egyik kísérletében nyolc lombikot állított be, a *kísérleti változó* a lombikok tápanyagtartalma volt. Az elsőben komplett tápsóoldat volt, a másodikból hiányzott a kálium, a harmadikból a kalcium, a negyedikből a nitrogén, az ötödikből a foszfor, a hatodikból a magnézium, a hetedikből pedig a vas. A kísérlet eredménye igazolta feltetelezését, a növények fejlődésének eltérő üteméből az egyes kémiai elemek növényekre gyakorolt hatását közvetlenül tapasztalta, és leírta a vizsgált elemek hiánybetegségeinek tüneteit (2.1. ábra).

Hasonlítsd össze egy konkrét példán a tudományos és a hétköznapi megfigyelés tevékenységét! Miben különbözik egy tudós és egy művész ugyanarról a jelenségről szóló leírása, ábrázolása, elemzése?

A kísérletek eredményeit a kutatók értékelik. Az értékelés gyakran történik *grafikusan* vagy *matematikai statisztikai* módszerekkel. Egy kísérletben Louis Charles Birch (1918–2009) ausztrál kutató különböző magkártevő bogárfajok tűrőképességét vizsgálta a hőmérséklet és a nedveségtartalom függvényében. Azt tapasztalta, hogy a tényezőknek a bogarakra gyakorolt hatása egy görbével szemléltethető. A függvény x tengelyén a hőmérséklet, illetve a levegő relatív páratartalma szerepelt, a bogarak egyedszáma volt az y változó. A kapott grafikonról le lehetett olvasni, hogy melyek azok a hőmérsékleti, illetve páratartalom-értékek, amelyeket a vizsgált rovarok már nem tudnak elviselni, s ezt figyelembe kell venni a magok raktározásakor.

Készíts projekt munkát egy saját kísérlet végrehajtásával és értékelésével!

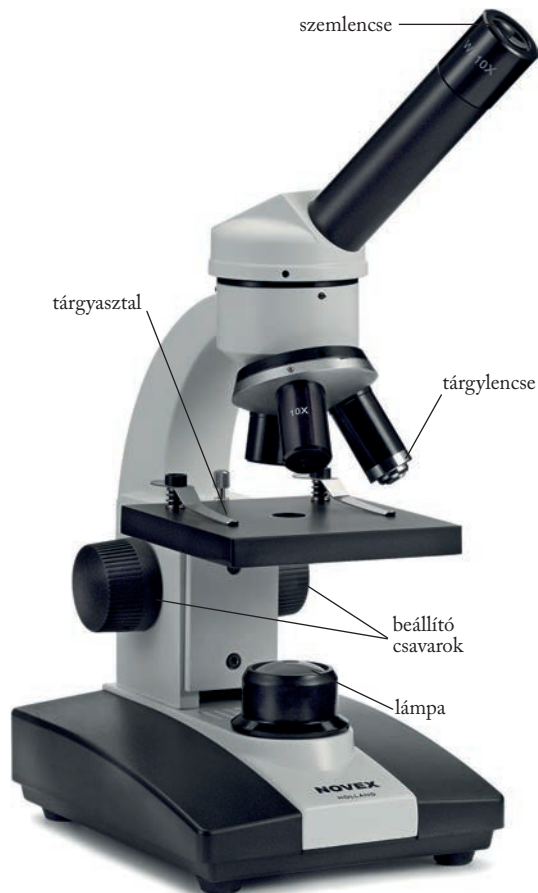


2.1. ábra. Tápanyaghiányos növények összehasonlítása (a vegyjelek a hiányzó elemet jelölik)

A fénymikroszkóp

Az egyik legrégebbi biológiai kutatásokra használt eszköz a **fénymikroszkóp** (2.2. ábra), amely egy összetett nagyítólencse-rendszer. A *talp* tartja a berendezést, amelyhez egy *állvány* csatlakozik. Az állvány hordozza a *tubust*, amely a mikroszkóp optikai rendszert foglalja magába. A tubus felső végébe építve találjuk a cserélhető *szemlencsét* (*okulárt*). A tubus alján találjuk az *revolverfoglatba* csavart tárgylencségeket (*objektíveket*). A foglat elcsavarásával a tárgylencségeket egyetlen mozdulattal cserélhetjük. Az állványhoz kapcsolódik a *tárgyasztal* is, amely hordozza a vizsgálandó preparátumot. A készítmény és a lencsék egymástól való távolságát *beállító csavarokkal* szabályozhatjuk, így állítjuk be a képélességet. Alul az elektromos fényforrás vagy egy tükör biztosítja, hogy a fény keresztülhaladjon a preparátumon. Fénymikroszkóppal mikronos tartományba eső sejtrészek még tanulmányozhatók.

A sejtek kutatásában óriási előrelépést jelentett az első **elektronmikroszkóp** megalkotása. Az elektronmikroszkópban fény helyett elektronsugárral történik a tárgy megvilágítása és leképezése. Az elektronokat elektromos vagy mágneses terekkel irányítják. Az elektronsugárzást a szemünk nem észleli, ezért a kép fluoreszkáló ernyőn figyelhető meg. Az elektronmikroszkópok felbontóképességének határa mintegy 0,3 nm.



2.2. ábra. A fénymikroszkóp felépítése

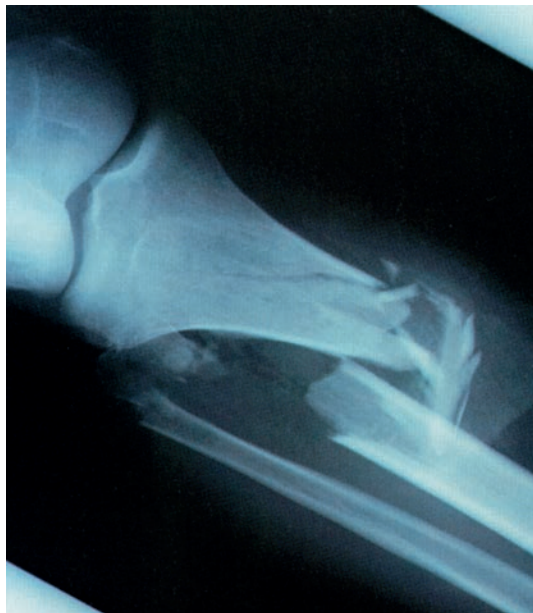
Modern vizsgálati módszerek

Napjainkban előtérbe kerülnek a biológia számos területén a molekuláris biológiai technikák, amelyek vizsgálati objektuma az örökítőanyag. Az orvostudományban az ún. **képalkotó eljárások** az új, sikeres vizsgálati módszerek. Közülük legrégebbi a *röntgensugárzás* alkalmazása (2.3. ábra). A röntgensugarak 10 nm és 100 pikométer közötti hullámhosszúságú elektromágneses sugarak, amelyek a lágy szerveinken is különböző mértékben áthatolnak és fényérzékeny lemezen képet alkotnak.

Egy továbbfejlesztett formája a *komputertomográfia*. A tomográfias felvételeken a vizsgálat tárgya mintegy szeletekre bontva látható. Mivel a röntgensugárzás ionizáló hatású, orvosi alkalmazása csak mértékletesen történik.

Ezzel szemben az *ultrahangtechnika* alkalmazásának semmilyen káros hatása nincs. Az eljárás elve az a tény, hogy a különböző anyagok különböző mértékben nyelik el és verik vissza az ultrahangot. A visszavert ultrahangot egy képalkotó vevőkészülék regisztrálja (2.4. ábra).

A kutatási gyakorlatban gyakran alkalmazott módszer az elegyekben lévő anyagok **kromatográfiával** történő szétválasztása. (A kromatográfia görög eredetű szó és *chromo* = s zínes, *grafosz* = írás kifejezés alapján szó szerint színnel írást jelent.) Az általánosan használt *adszorpciós kromatográfia* azon alapul, hogy ha az elegyet egy szűrőpapírral, cseppentjük, az szétfolyik rajta. Az összetevők adszorpciója azonban eltérő mértékű a felületen, ezért azok különböző távolságra vándorolnak a lecséppentés helyéről. Ha az anyag színes (pl. egy lomblevélből kivont oldat), a különböző komponensek színes gyűrűk formájában válnak szét. A szűrőpapír a foltok mentén szétvágható, és az egyes anyagok a különböző papírszeletekről szelektíven leoldhatók.



2.3. ábra. Röntgenkép egy törött csontról



2.4. ábra. Emberi magzat ultrahangos felvételen

Kérdések és feladatok

- 1 Készíts vázlatos rajtot egy mikroszkópról, és jelöld rajta a legfontosabb részeit!
- 2 Mi az elektronmikroszkóp képalkotásának és működésének elve?
- 3 Milyen képalkotó vizsgálati módszereket ismeresz az orvosbiológiában?
- 4 Min alapszik az adszorpciós kromatográfia, mint elválasztási módszer?



Az élet eredete és szerveződése

3. lecke

Az élet megjelenése a Földön



Az élet kialakulásához vezető első lépések

Az élővilág sokféleségének kibontakozása szüntelen fejlődési folyamat eredménye. Ezt a fejlődést a latin eredetű *evolúció* szóval fejezhetjük ki a legtömörebben. A természettudományokban is ezt a kifejezést használjuk az anyagi világ szüntelen fejlődésére.

! Nézz utána, mit jelent az *evolúció* szó eredetileg!

A mai ismereteink szerint mintegy 15 milliárd évvel ezelőtt az összesűrűsödött anyagalmazból álló világegyetem egy **ősrobbanással** szétszóródott. Az így keletkezett anyagalmazok, a galaxisok azóta is távolodnak egymástól. Ilyen galaxis a Tejútrendszer is, benne a Naprendszerrel és a Földünkkel.

Izotópos vizsgálatok alapján a legrégebbi földi kőzetek 4,6 milliárd évesek. Hasonló korúak az űrkutatások során a Földre hozott holdkőzetek is. Tehát valószínűleg erre az időpontra tehető a Föld kőzetburkának kialakulása. A kezdetben még izzó, majd lassan lehűlő és megszilárduló, kb. 100 km vastagságú burok kőzetlemezekre tagolódott, amelyek a mai napig mozgásban vannak. Ezért a földtörténet korábbi időszakaiban kialakult kontinensek nem maradtak állandóak, hanem vándoroltak, egymással ütközve megújultak, a közöttük lévő óceánok megszűntek, és másutt újak nyíltak. Mindezek a földtörténeti változások döntő környezeti hatásként befolyásolták az élővilág evolúcióját. Korai szakaszát elsősorban a földfelszín és a légkör kialakulása irányította.

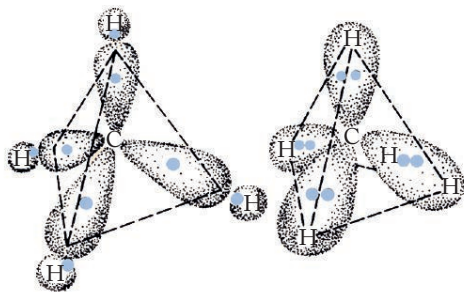
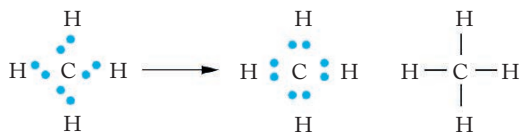
Az egyik legáltalánosabban elfogadott elmélet szerint a Föld őslégköre oxigént nem tartalmazott, főleg vízgőzből, ammóniából, szén-dioxidból és metánból álló redukáló gázelegy lehetett. Amikor a földfelszín lehűlt, a légkörből a vízgőz lecsapódott, és létrejötték az ősóceánok. Vízük a légkörből szén-dioxidot, a kőzetekből ásványi sókat oldhatott ki. Az őslégkör és az ősóceánok feltehetőleg elegendő anyagot tartalmaztak az egyszerűbb **szerves molekulák**, majd a továbbiakban ezekből felépülő makromolekulák keletkezéséhez.

Azok a kémiai elemek, amelyek részt vesznek az élő anyag felépítésében, a *biogén elemek* (3.1. ábra). Az elemek atomszerkezetétől függött, hogy szerephez jutottak-e az élő szervezetek kialaku-

1 H																	2 He				
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn				
87 Fr	88 Ra	89 Ac																			
			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu					
			90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr					

3.1. ábra. A biogén elemek helye a periódusos rendszerben

lásához szükséges vegyületek létrehozásában. Közülük a minden szerves molekulában megtalálható szén (3.2. ábra) azért juthatott kitüntetett szerephez az élet kialakulása során, mert négy erős kötés kialakítására képes. A kötések egy tetraéder csúcsai felé mutatnak, így háromdimenziós szerkezetük van. A szénatomok erős kötésekkel egymáshoz is kapcsolódhatnak, hosszú láncokat képesek alkotni, amelyek el is ágazhatnak, sőt gyűrűkké is záródhatnak. A szénatomok között



3.2. ábra. A szénatom négy erős kovalens kötést tud kialakítani más atomokkal

A szén kimutatása biológiai anyagokból

Anyagok és eszközök: kémcsövek, kémcsőállvány, meghajlított üvegcső egyfuratú kémcsődugóval, Bunsen-égő, gyufa, szűrőállvány, szorítódíó, lombikfogó, spatula, reszelt főtt tojás, meszes víz

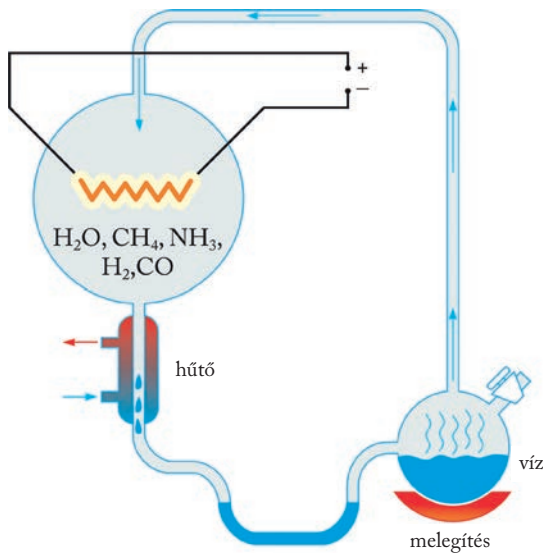
Végrehajtás: Spatulával tegyünk egy száraz kémcsőbe egy kevés lereszelt főtt tojásfehérjét! Dugaszoljuk be egy olyan egyfuratú kémcsődugóval, amelybe előzetesen egy meghajlított üvegcsövet tettünk! A kémcsövet fogjuk be egy szorítódíóval szűrőállványon rögzített lombikfogóba, oly módon, hogy az üvegcső másik vége egy kémcsőállványban lévő kémcsőbe vezessen! Ebbe a kémcsőbe töltünk meszes vizet. Ezután igen óvatosan hevítjük a főtt tojásfehérjét!

- Mit érzünk a hevítés során?
- Mit tapasztalunk a meszes vizet tartalmazó kémcsőben?
- Mi a változás magyarázata?

kettős és hármas kötés is kialakulhat. Mindezek a sajátosságok rendkívül sokféle szénvegyület kialakulását eredményezték.

A fémek közül elsősorban azok váltak biogén elemmé, amelyek gyakoriak voltak, mint a nátrium,

a kálium vagy a kalcium. Másrészt azok jutottak közülük biológiai szerephez, amelyek ritkábbak voltak ugyan, de mint központok, maguk körül elrendezték az egyszerűbb molekulákat, és elősegítették azok összekapcsolódását. Ilyen például a vas, a mangán és a réz.



3.3. ábra. A Miller-kísérlet vázlatja

A hidrogén és az oxigén kimutatása biológiai anyagokból

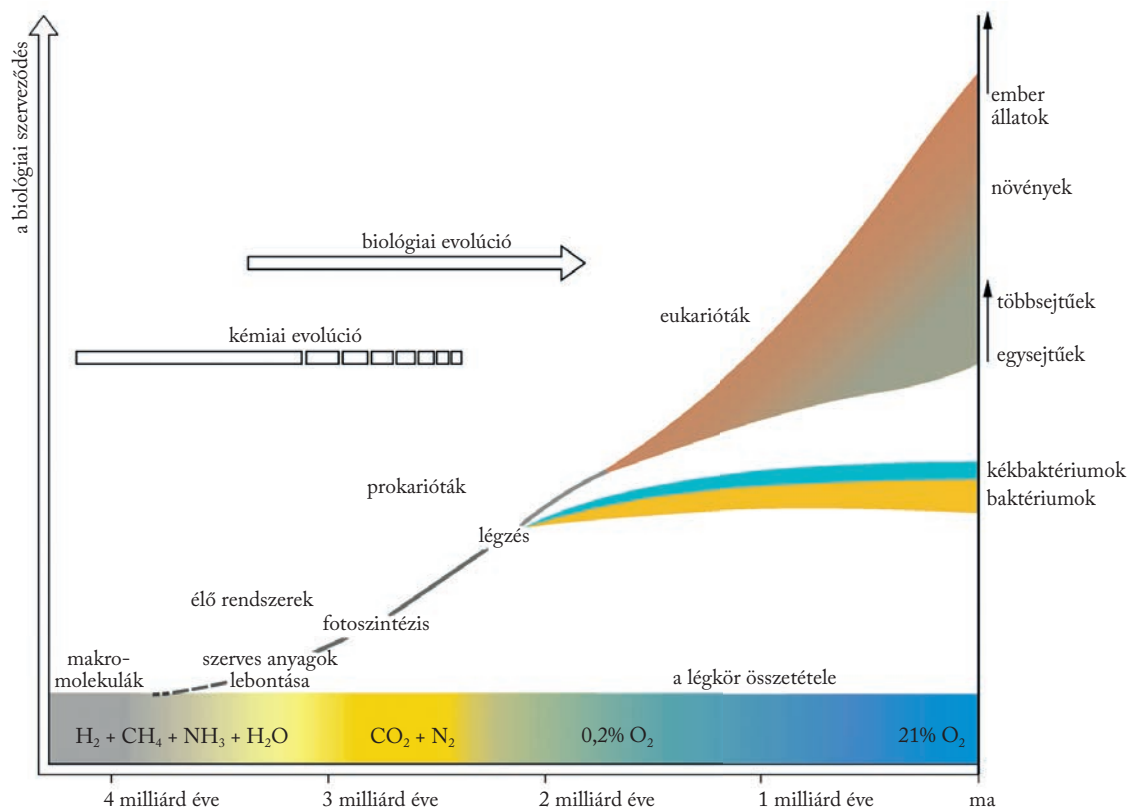
Anyagok és eszközök: porcelántégely, tégelyfogó, csempelap, Bunsen-égő, gyufa, apróra vágott növényi levéldarabkák, óraüveg, spatula, csipesz.

Végrehajtás: Spatulával tegyük egy száraz porcelántégelybe egy kevés apróra szeletelt zöld növényi levelet! Óvatosan kezdjük izzítani! Másik kezünkkel a tégely fölé tartjuk száraz óraüveget!

- Mit érzünk a hevítés során?
- Mit tapasztalunk az óraüvegen?
- Mi a változás magyarázata?

Szerves vegyületek keletkezése

A reakciók lejátszódásához szükséges energiát valószínűleg a Nap ibolyántúli sugárzása, a rendkívül gyakori zivatarokkal járó rendszeres villámlása és a vulkáni tevékenység hőenergiája szolgáltatta. A feltételezett ősi folyamatok lehetőségének kísérleti modellezésére is sor került 1953-ban (3.3. ábra).



3.4. ábra. Az evolúció áttekintése

Stanley Miller amerikai biokémikus (1930–2007) az ősi zivatarokat modellezte laboratóriumi körülmények között. Hidrogént, vizgőzt, ammóniát és metánt tartalmazó gázelegyen keresztül rendszeres elektromos kisüléseket hozott létre. Ennek hatására a molekulák kölcsönhatásba léptek egymással, és egyetlen hét eltelte után már különböző szerves vegyületeket lehetett kimutatni. A kísérletet később megismételték, közben változtatták a gázelegy összetételét, a reakció körülményeit, valamint elektromos kisülés helyett ultraibolya sugárzást alkalmaztak energiaforrásként. Az eredmény hasonló volt. E kísérletekkel igazolták, hogy a szerves molekulák az ősi körülmények között szervesen vegyületekből keletkezhetnek.

1 Mit bizonyított, és mire nem adott kielégítő választ Miller kísérlete?

A bioszféra korai evolúciójának tisztázatlan szakasza még, hogy a kialakult szerves molekulákból hogyan jöhettek létre az első élő rendszerek (3.4.

ábra). Erre is csak feltevések és néhány közvetett bizonyíték alapján állítottak fel elméleteket. A keletkezett molekulák közül a fehérjék és a nukleinsavak evolúciós megjelenése volt a döntő. Ezek ma együtt komplex rendszereket képezve a sejtek felépítésében és működtetésében nélkülözhetetlen szerepet játszanak. Később a nukleinsavak közül azok terjedhettek el, amelyek hatékonyabban segítették a fehérjék felépítését. Feltehetően a fehérjeszintézist folytató nukleinsavak alkothatták az első, nagyon egyszerű, az élőhöz igen közel álló biológiai rendszereket.

2 Lehet-e az evolúcióbiológiai kutatásoknak gyakorlati haszna?

Az első ősi élő rendszerek a működésükhöz szükséges energiát és a nyersanyagul szolgáló vegyületeket az ósócéánból vették fel. A különböző anyagok felépítéséhez és az energiatermeléshez szükséges anyagcsereutak csak később, lépésről lépésre alakultak ki.

Kérdések és feladatok

1 Mely elemeket tekintjük biogén elemeknek, és miért ezek jutottak kitüntetett szerephez az evolúció során?

2 Miért játszott szerepet a szén a szerves anyagok felépítésében?

3 Ismertesd Miller kísérletének lényegét! Mit bizonyít a kísérlet?

4 Honnan vették az első ősi élő rendszerek a működésükhöz szükséges energiát és a nyersanyagul szolgáló vegyületeket?

4. lecke

A szerveződési szintek



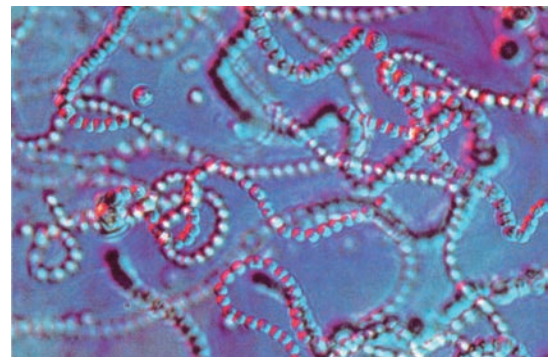
A fizikai, a kémiai és a biológiai evolúció

Mint láttuk, Földünk fejlődési folyamatát – még jóval az első élőlények megjelenése előtt – megelőzte az anyag **fizikai**, majd **kémiai evolúciója**. A fizikai evolúció során alakult ki a csillagközi porból a bolygónk és rajta a kémiai elemek. A kémiai evolúció során ezekből az elemekből egyszerűbb szeretlen vegyületek keletkeztek. A szeretlen vegyületekből szerves vegyületek is kialakultak. Közös jellemzőjük, hogy mindegyikük tartalmaz szén, hidrogént és oxigént, továbbá egyesek még nitrogént is. A *szerves* kifejezés arra utal, hogy később ezek a vegyületek az élő anyag kialakulásában fontos szerephez jutottak, és ma is a szervezetek legfontosabb alkotói. Ilyenek a cukrok, a glicerin, a zsírsavak, az aminosavak. Az egyszerű cukrokból összetett cukrok, a zsírsavakból és glicerinből zsírok, más néven lipidek képződtek. Az aminosavakból összetett szerves vegyületek, az élethez ugyancsak nélkülözhetetlen fehérjék jöttek létre. Hasonlóan fontos szerepet töltenek be a nukleincegyületek is, a ribonukleinsav, röviden RNS és a dezoxiribonukleinsav, a DNS. A fehérjék és a nukleinsavak számos egyszerűbb szerves vegyületből épülnek fel, ezért különösen nagy vegyületek, **makromolekulák**.

Magyarázd meg, miért ebben a sorrendben zajlottak az evolúció korai lépései!

A szerveződési szintek

A szerves vegyületekből kialakuló **első sejtek** mintegy 3,5 milliárd évvel ezelőtt jelenhettek meg a Földön. A **sejtes szerveződés** az élet alaki és mű-



4.1. ábra. A legegyszerűbb sejtes szerveződést a baktériumok mutatják (a képen sejttársulást alkotó kékbaktériumok láthatók)

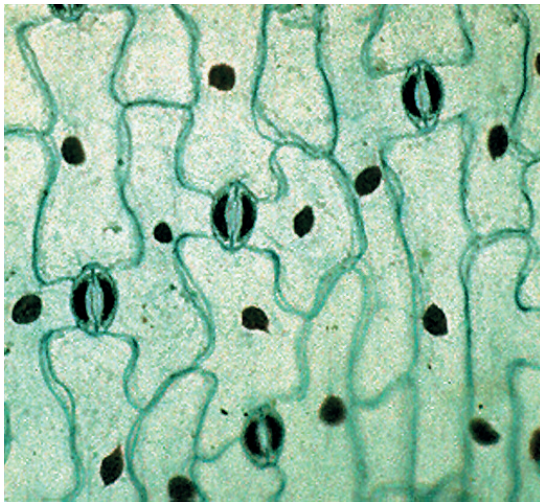
ködési egysége. Hosszú időn keresztül (mintegy egymilliárd éven át) az önálló egysejtű élőlények jelentették az élet egyetlen megjelenési formáját a Földön (4.1. ábra).

Lehet-e élőnek tekintenünk valamelyik sejtal-kotót?

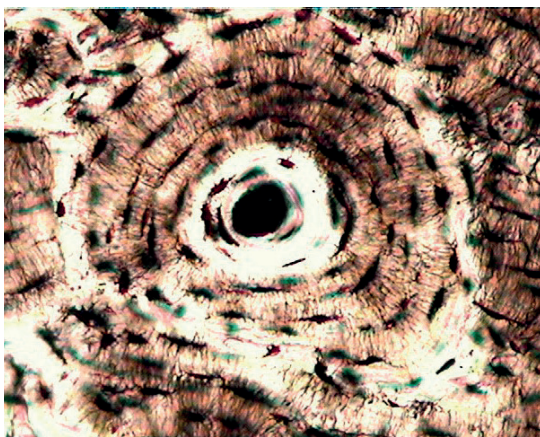
A működésmegosztást kialakító első **soksejtűek** megjelenése minőségi ugrást jelentett az élővilág evolúciójában. Az élővilág fejlődése során fokozatosan alakultak ki azok a minőségileg új szerveződési szintek, amelyek a mai élővilágra jellemzők. A szerveződési szintek *hierarchikusak*, ami azt jelenti, hogy minden szerveződési szint magában foglalja az összes alatta lévő, számuk mennyiségi növekedése azonban egy új minőség megjelenését jelenti.

Az együtt maradó, munkavégzésüket egymás között felosztó sejtek tovább specializálódtak, mi-

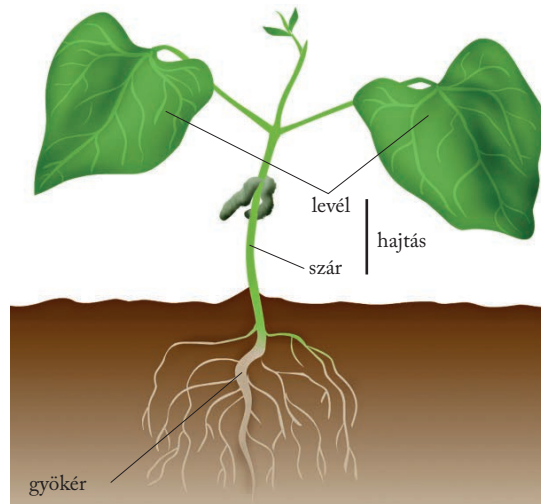
közben az azonos működést végző sejtek megjelenésükben is közelítettek egymáshoz. Így jöttek létre a **szövetek**. A szövetek az azonos működést ellátó, ezért többé-kevésbé azonos alakúvá vált sejtek csoportjai. Szövet például a növények leveleinek felszínét borító bőrszövet (4.2. ábra) vagy az állatok és az ember csontszöve (4.3. ábra). A különböző szövetek együttese idővel egy-egy meghatározott működésű **szerv** kialakulását eredményezték. Szerv például a növények szára, levele (hajtás, 4.4. ábra), az állatok és az ember gyomra, tüdeje (4.5. ábra). A szervek a növényvilágban elégségesnek bizonyultak a szervezetek felépítéséhez és működtetéséhez. Az állatokban azonban egy újabb szerveződési szint alakult ki, a szervek **szervrendszerekbe** szerveződve váltak mind hatékonyabb működésű rendszerekké. Szervrendszer például az állatok és az ember légzési szervrendszere a szájüreggel, a garattal, a légcsővel, a hörgőkkel és a tüdővel. A szerv-



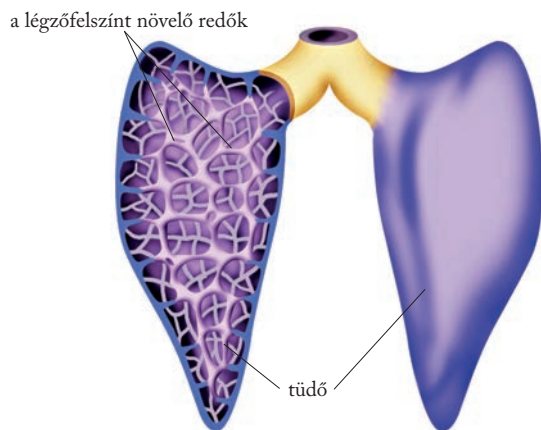
4.2. ábra. Növényi bőrszövet



4.3. ábra. Csontszövet



4.4. ábra. A hajtásos növények létfenntartó szervei



4.5. ábra. A kétléltek tüdeje

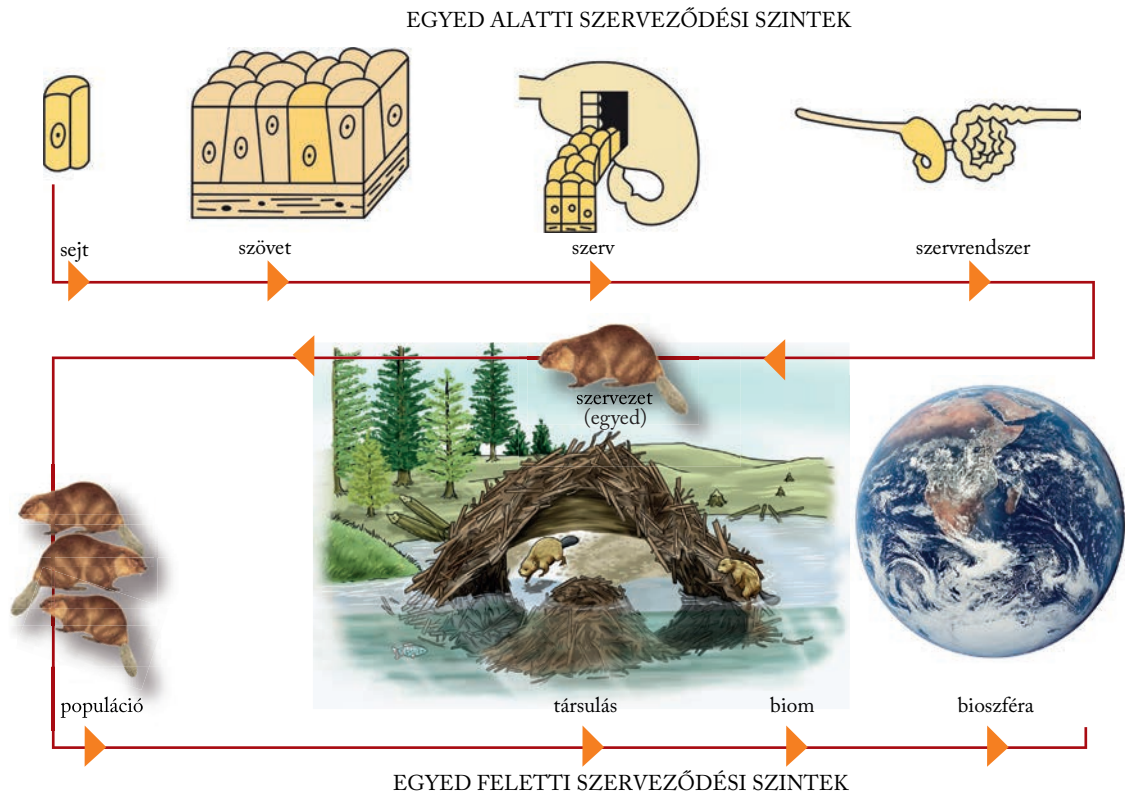
rendszerekből épülnek fel az állatok és az ember megjelenési formái, a szervezetek, az **egyedek**.

A sejt → szövet → szerv → szervrendszer hierarchikus rendszerét *egyed alatti szerveződési szinteknek* nevezzük (4.6. ábra).

Az egyedek *egyed feletti szintekbe* szerveződve kapcsolódnak be Földünk anyagi rendszerének forgalmába. Az egy fajhoz tartozó, egyszerre, egy időben ugyanott élő egyedek tényleges szaporodási közösségeket, **populációkat** képeznek egy élőhelyen. A populációk egyedekből állnak, de számos olyan tulajdonsággal rendelkeznek, amelyekkel az egyedek nem. Így például egyed-számuk, ivararányuk van. Az egy időben, egy helyen egyszerre előforduló populációk bonyolult

kölcsönhatásokba kerülnek egymással. Vannak, amelyek egymással táplálkoznak vagy vetélkednek egymással a környezet erőforrásaiért, megint mások segítik egymást vagy közömbösek egymás számára. Így jönnek létre az élővilág eggyel magasabb szerveződési szintjét jelentő működési rendszerei, a **társulások**. A nagy kiterjedésű, zonális társulások a **biomok**. Végül a társulások a földi élet legmagasabb szintű szerveződését, az egységes, egyetlen **bioszférát** képezik. Az egyed feletti szerveződési szinteknek mint anyagi működési rendszernek a törvényszerűségeivel az ökológia foglalkozik.

■ Nézz utána, miből származik az *ökológia* szó!

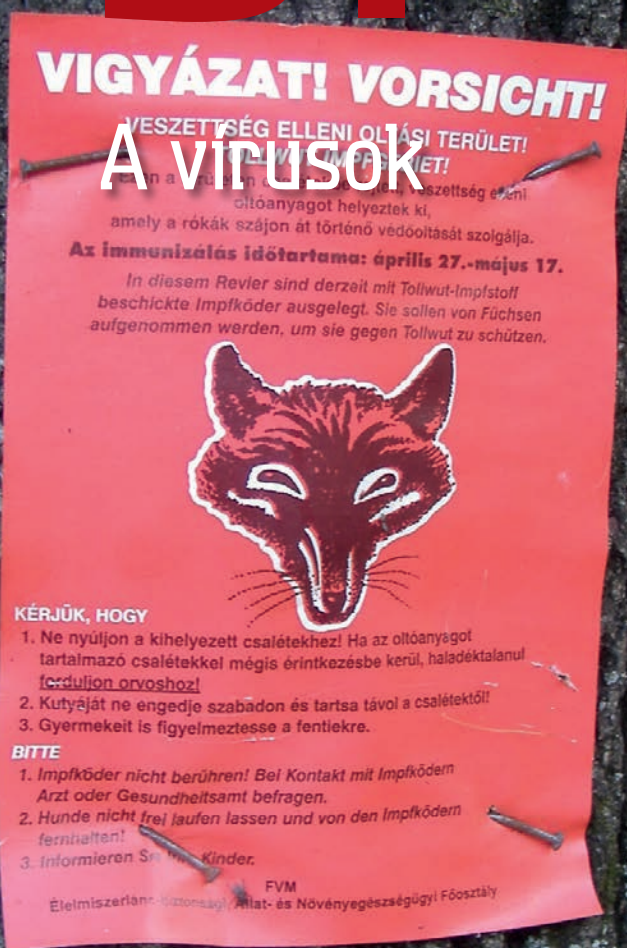


4.6. ábra. Az élővilág szerveződési szintjei

Kérdések és feladatok

- 1 Sorold fel az egyed alatti és egyed feletti szerveződési szinteket!
- 2 Mely szerveződési szintek jelennek meg mint az élet önálló megjelenési formája?
- 3 Mit értünk azon, hogy a biológiai szintek hierarchikus szerveződésűek?
- 4 Mi a bioszféra? Miért tekinthetjük a bioszférát a legmagasabb szintű biológiai szerveződésnek?

5. Lecke



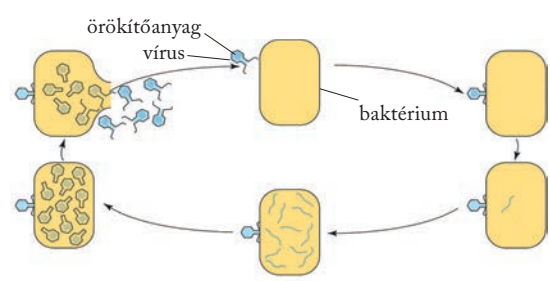
A vírusok felépítése és jellemzői

A biológiai szerveződés különleges formái a vírusok. Fő alkotórészük az örökítőanyag és az ezt körülvevő fehérjeburok, tehát nem sejtjes szerkezetűek. A legtöbb vírus mást nem is tartalmaz. Eredetükre vonatkozóan több feltételezés is kialakult. Legvalószínűbbnek az látszik, hogy a vírusok különböző sejtek örökítőanyagából kiszakadt részletek, amelyek az evolúció során némi önállóságra tettek szert. Az egyszerű felépítés tehát nem jelenti a sejtjes szerveződést megelőző állapotot, hanem éppen ellenkezőleg, már meglévőnek feltételezi a sejtet.

Miért nem tekinthetők a vírusok élő szervezeteknek? Vesd össze szerveződésüket a korábban már tanult életkritériumokkal!

A vírusok növényi, állati és emberi megbetegedéseket okoznak. Kórokozásuk alapja, hogy a gazdasejt belsejébe jutva felborítják annak biológiai egyensúlyát. Méretük nanométeres nagyságrendű, ezért csak elektronmikroszkóppal vizsgálhatók. Működésük feltétele a gazdasejt, amelyben élős-ködhetnek. A bejutott vírus örökítőanyaga beépül a sejtbe, és átszervezi annak működését. Arra kényszeríti, hogy saját építőanyagaiból a vírussal azonos felépítésű új vírusokat termeljen. A vírusok tehát nem önmaguk anyagaiból szaporodnak, hanem a gazdasejt anyagaiból sokszorozódnak meg (5.1. ábra).

A megsokszorozódást követően a vírus nyugalmi szakaszba kerül. Ilyen formában szabadul ki a gazdasejtől a környezetbe, és válik újra fertőzőképesé. A fertőzés kialakításához azonban újabb gazdasejtbe kell bejutnia a vírusnak, ami nem is olyan egyszerű, mivel önállóan nem tud mozogni. Ezért vagy az egyik élőlény viszi át a másikra, vagy a gazdaszervezetről jut annak utódaiba. Eközben a különféle környezeti tényezők (pl. hő, kémiai anyagok) hatására sok vírus elpusztul, de a megmaradtak újra képesek a fertőzésre.



5.1. ábra. Vírusok sokszorozódása baktérium gazdasejtben

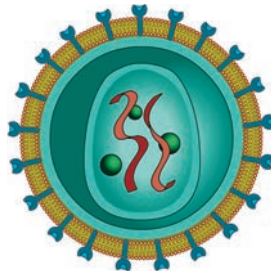


A vírusok csoportosítása

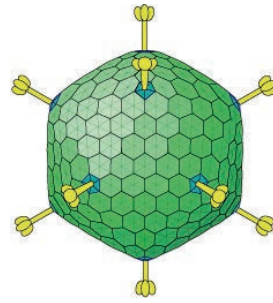
A vírusok örökítőanyaga DNS és RNS is lehet. Ez a csoportosításuk egyik szempontja. Másrészt a fehérjeburkuk szerkezete szerint is osztályozhatók. Így három csoportba soroljuk őket. Az első csoport fehérjeburka spirálisan feltekeredett,



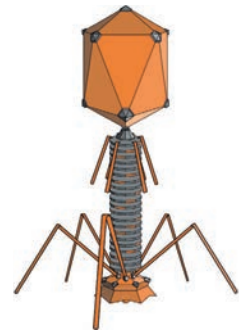
A helikális szerkezetű dohánymozaik-vírus foltokban a dohány levelének sárgulását okozza. Örökítőanyaga RNS.



A HIV a szerzett immunhiányos állapot (AIDS) kórokozója. Örökítőanyaga RNS.



A kubikális szerkezetű adenovírusok örökítőanyaga DNS. Főleg a gerinces állatok és az ember kórokozói.



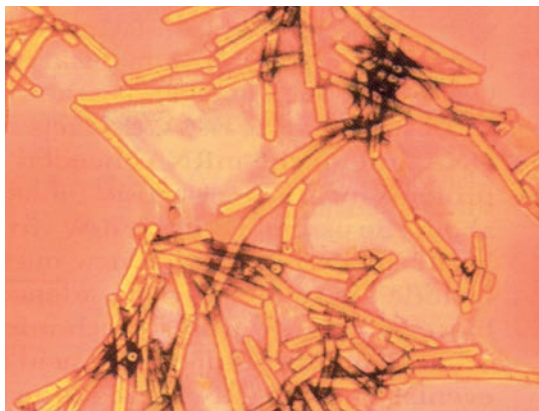
A binális szerkezetű bakteriofágok baktériumsejtekben élősöknek. Örökítőanyaguk DNS.

5.2. ábra. A vírusok fő csoportjai alak szerint

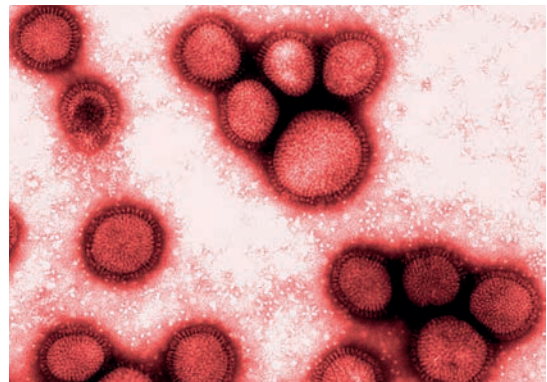
Vírus okozta megbetegedések

Az élőlények számos betegsége vírusos eredetű. A növények levelein különböző mozaikos foltosodást idéznek elő a mozaikvírusok (5.3. ábra). Vírus okozza a szarvasmarhák száj- és körömfájás betegségét vagy például a kutyák veszettségét is. Az embert megbetegítő vírusok közül közismertek az influenzát (5.4. ábra), a kanyarót vagy az AIDS betegséget előidézők (5.5. ábra).

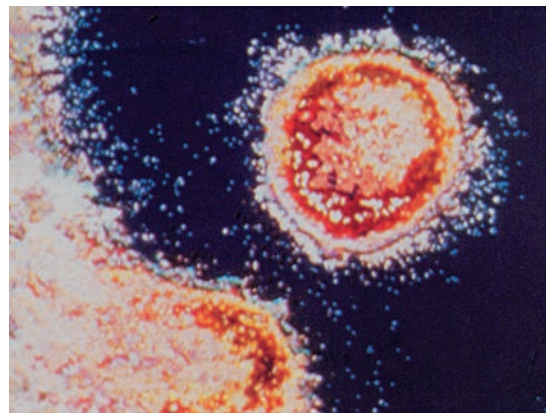
Derítsd ki, mik voltak azok a híres „Rembrandt tulipánok!”



5.3. ábra. Dohánymozaik-vírus



5.4. ábra. Influenzavírus



5.5. ábra. HIV-vírus

A vírusok nemegyszer okoztak már több kontinensre kiterjedő *világjárványokat* napjainkban is. Az ellenük való védőoltások kifejlesztését nehezíti, hogy örökítőanyaguk gyakran változik, ezért különböző típusaik alakulnak ki. Az 1918-as, Spanyolnátha néven ismert influenzajárványnak több mint 20 millió áldozata volt. Egy-egy vírus – pl. a kanyaróvírus – egy kisebb gyerekközösségben is felléphet járványszerűen. Az ilyen helyi járványok terjedése ellen a beteg elkülönítésével és a higiéniai szabályok betartásával védekezhetünk. A szexuális úton vagy csak testvadásokkal terjedő vírusfertőzéseknek (hepatitis, AIDS) elsősorban felelős magatartással vehetjük elejét. Érdekes, hogy az első védőoltást a XVIII. század végén, a szintén hatalmas járványokat okozó himlővírus ellen alkalmazták, anélkül hogy a vírusokról bármit tudtak volna.

A vírusokhoz hasonló felépítésűek, csak sokkal kisebb kórokozók a *viroidok*. Örökítőanyaguk mindig meglehetősen rövid RNS. Főleg növényi kórokozók.

Egyes betegségeket még a vírusoknál is egyszerűbb felépítésű fertőző fehérjék, a *prionok* okoznak. Ezek a beteg állat vagy ember idegsejtjeiben felhalmozódó kis molekulájú fehérjékből álló fonalak, amelyek örökítőanyagot nem tartalmaznak. Ilyen a szarvasmarhák kergemarhakór néven ismert betegsége, amely az agyvelő szivacsos elfajulását, leépülését, majd az állat biztos pusztulását okozza. Prionok által okozott emberi megbetegedések is ismertek, ilyen például a kuru (nevető halál).

■ Készíts ppt-t a vírusok felfedezéséről!

Jenner és Pasteur

Olvasmány

Edward Jenner angol orvos (1749–1823) és Louis Pasteur francia vegyész (1822–1895) már abban az időben hatékony védőoltást – vakcinát – dolgozott ki a himlő, illetve a veszettség ellen, amikor még nem is ismerték a vírusokat.

- *Honnan eredhet a vakcina kifejezés?*

Kérdések és feladatok

- 1 Hogyan épülnek fel és hogyan szaporodnak el a gazdaszervezetben a vírusok?
- 2 Sorolj fel emberi megbetegedéseket okozó vírusokat! Miért okozhatott a koronavírus 2020-ban világjárványt?
- 3 Mik a bakteriofágok és milyen felépítés jellemző rájuk?
- 4 Készíts leírást arról, hogy mit tegyen az influenzás beteg a betegség kezelésére! Mit tegyen annak érdekében, hogy az influenzát ne adja tovább?

6. lecke

Az egysejtű szerveződés egyik formája, a prokarióta sejt

A baktériumok eredete

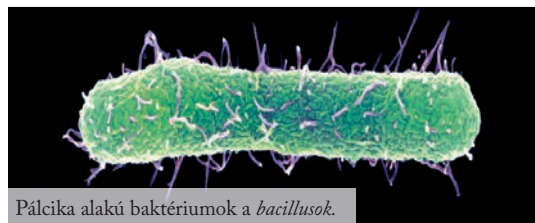
Az első jelzések a baktériumok létezéséről 1658-ból valók. Athanasius Kircher, Rómában élő német tudós, jezsuita páter (1602–1680) fedezte fel őket erős nagyítólencséje alatt. Arról számolt be, hogy a pestisben szenvedő betegek vérében „kis kukacokat” látott.

A sejtes szerveződés legegyszerűbb formáit a baktériumokon figyelhetjük meg. Igen egyszerű felépítésűek, sejtmaggal még nem rendelkeznek, és hiányoznak a sejtszervecskéik is. Mivel még sejtmagjuk nincs, „sejtmag előtti állapotot mutató” prokarióta szervezetek. Megjelenésük körülbelül 3,5 milliárd évvel ezelőttre tehető, az ennyi idős kőzetminták közül több is őrzi az ősi baktériumok lenyomatait.

A mai baktériumok az ősbaktériumokból alakulhattak ki az evolúció során. Mai képviselőik csak egészen szélsőséges körülmények között élnek hóforrásokban, erősen sós tavakban. Közülük a



Gömb alakú baktériumok a *coccusok*.



Pálcika alakú baktériumok a *bacillusok*.



Csavart alakú baktériumok a *spirillumok*.



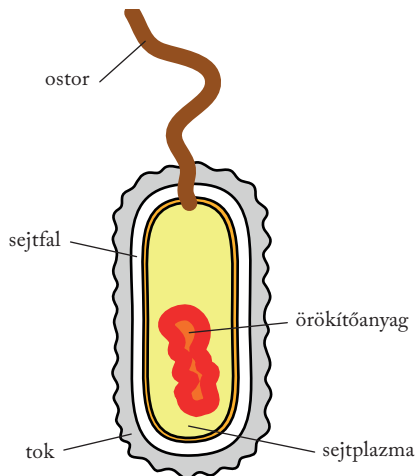
Hajlott pálcika, azaz *vibrio* alakú a kolera okozója.

6.1. ábra. Különböző alakú baktériumsejtekről készült mikroszkópos felvételek

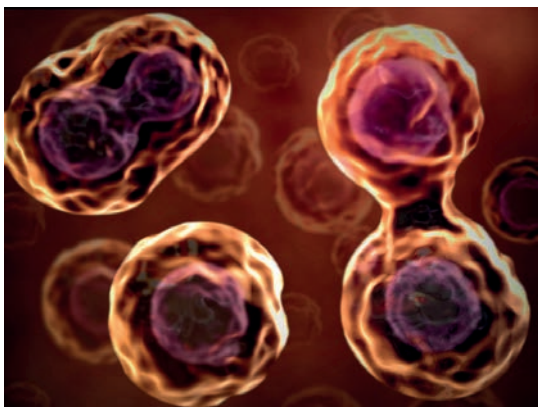
metánbaktériumok hidrogénből és szén-dioxidból energianyerés céljából metánt és vizet szintetizálnak. A baktériumok a leggyakrabban előforduló élőlények. Egyetlen gramm talajban például több millió található belőlük. Elterjedésüket gyors szaporodásuk és kiváló alkalmazkodóképességük tette lehetővé. Mikrométeres nagyságrendűek. Megkülönböztethetünk *gömb (coccus)*, *pálcika (bacillus)*, *görbült (vibrio)* és *csavart (spirillum)* alakú baktériumokat.

A baktériumok felépítése

A baktériumok igen egyszerű felépítésűek (6.2. ábra). Kör alakú *örökítőanyaggal* rendelkeznek, amely a sejtplazmájukban helyezkedik el. A sejtplazmát vékony *sejthártya*, *sejtmembrán* burkolja. A sejthártya szoros kapcsolatban áll a baktériumot kívülről határoló *sejtfallal*. A falat főleg fehérjék és szénhidrátok alkotják. A sejtfal merev és vastag.



6.2. ábra. A baktériumok felépítésének vázlata



6.3. ábra. Osztódó baktériumok

Számos baktériumcsoport sejtfalát még további tok vagy nyálkás burok is védi. Egyesek csillóik segítségével aktív mozgásra képesek. Kettéosztódással szaporodnak. Kedvező körülmények között az új sejt fél órán belül újra oszthat (6.3. ábra).

A baktériumok csoportosítása életmód szerint

A **baktériumok életmódjára** jellemző, hogy túlnyomó többségük kész szerves anyagokkal táplálkozik, ezekből építi fel saját anyagait. Egy részük elhalt szerves anyagokat használ fel erre a célra, ezért nagy a jelentőségük a talajba kerülő növényi és állati maradványok lebontásában. Testük felépítéséhez kész szerves anyagokat (pl. fehérjéket, szénhidrátokat, zsírokat) felhasználó élőlényeket közös néven **heterotróf élőlényeknek** nevezzük. Heterotróf baktériumok az élőlényeket károsító baktériumok is. Közéjük számos emberi betegséget is előidéző baktérium tartozik, mint például a tüdőbaj kórokozója.

Más baktériumok a testük felépítéséhez egyszerű szerves anyagok anyagát és ezek energiáját használják fel. A testük felépítéséhez szerves anyagokat (pl. szén-dioxid, víz) felhasználó élőlényeket közös néven **autotróf szervezeteknek** nevezzük. Autotróf baktériumok például a talajban élő nitrifikáló baktériumok. Ezek nitrogéntartalmú szerves anyagokat oxidálnak, és az eközben felszabaduló *kémiai energiát használják fel* a szén-dioxid megkötésére, a szerves anyag szintézisére, azaz biológiai energiává alakítják. Az ilyen típusú energiafelhasználás a **kemoszintézis**. A kemoszintetizáló szervezetek *kemotrófok*.

I Hasonlítsd össze egy szerves anyagot lebontó és egy betegséget okozó heterotróf baktérium életmódját!

A baktériumok másik csoportját képezik a *kék baktériumok* (lásd 4.1. ábra). A kékbaktériumok a többi baktériumtól eltérően kékeszöld *színanyagokat* tartalmaznak plazmájukban. Ezek a színanyagok olyan vegyületek, amelyek képesek a napfény energiájának a megkötésére. A fényenergiára azért van szükségük, mert ennek felhasználásával építik be a sejtbe az egyszerű szerves anyagokat. A kékbaktériumok tehát olyan autotróf élőlények, amelyek *fényenergiát használnak fel*. Ez a típusú ener-

gíafelhasználás a **fotoszintézis**, a kékbaktériumok *fototróf szervezetek*. Ebben a folyamatban oxigén szabadul fel és kerül a környezetbe. A fotoszintetizáló baktériumok megjelenésének nagy evolúciós jelentősége volt. A légkörbe juttatott oxigén ugyanis a Nap UV-sugárzásának hatására részben ózonná alakult át. A légkör felső rétegeiben így kialakult ózonpajzs a továbbiakban nem engedte a földfel-

színre az élőlényekre káros sugarak nagy részét, így lehetővé vált, hogy az élet kilépjen a szárazföldre.

A kékbaktériumok a talajban és a természetes vizekben egyaránt megtalálhatók. Kedvező körülmények között annyira elszaporodhatnak, hogy a vizet kékeszöld színűre festik. Ez a vízvirágzás. Főleg a víziállatoknak szolgálnak táplálékkul.

Miért jelent veszélyt az ózonpajzs sérülése az élővilágra?

Baktériumok vizsgálata

A baktériumok tanulmányozásához mikroszkópi preparátumokra van szükségünk. Legegyszerűbben és leggyorsabban a tejsavbaktérium (*Streptococcus lactis*), valamint a szénabacillus (*Bacillus subtilis*) tenyésztése indítható be. Tejsavbaktériumok nagy mennyiségben vannak a megsavanyodott tejben.

Anyagok és eszközök: 100 cm³-es főzőpohár, óraüveg, metilénkék, cseppentő, fénymikroszkóp, tárgylemez, fedőlemez

Előkészítés: Főzőpohárba tegyünk 100 cm³ nyers tehéntejet, fedjük le óraüveggel, és helyezük egyenletesen meleg helyre! A tej 48-72 órán belül megsavanyodik. Ezt követően a hígán folyós részt használjuk, mert ez nagy mennyiségben tartalmazza a baktériumot.

Végrehajtás: Cseppentsünk le a mintából egy cseppet tárgylemezre, majd cseppentsünk rá egy cseppnyi metilénkék festékkoldatot! (A baktériumok festés nélkül is láthatók!) Fedjük le fedőlemezrel, majd tanulmányozzuk a tejsavbaktériumokat fénymikroszkópban!

- *Rajzoljuk le őket!*

Hasznos és kórokozó baktériumok

A baktériumok között csekély azok száma, amelyek betegséget idéznek elő, az ember egészsége szempontjából mégis igen jelentősek. Csak néhányat példaként bemutatva: ilyenek a gennykeltő baktériumok, a skarlát, a diftéria, a szamárköhögés kórokozói. A szalmonellabaktériumokkal fertőzött ételek fogyasztása súlyos bélbántalmakat idéz elő. A bélcsatornát támadja meg a kolerabaktérium is, amely rövid idő alatt rendkívüli vízvesztést okoz a szervezetnek.

Ugyanakkor az ember igen sok baktériumfajt felhasznál különböző anyagok előállítására. Például tejsavbaktériumokat alkalmaz savanyú káposzta készítéséhez vagy az uborka téli tartósításához, az aludttej, a joghurt és a kefir előállításában. De baktériumokat használnak az ecetgyártásban, sokféle szerves vegyület és gyógyszer előállításához is.

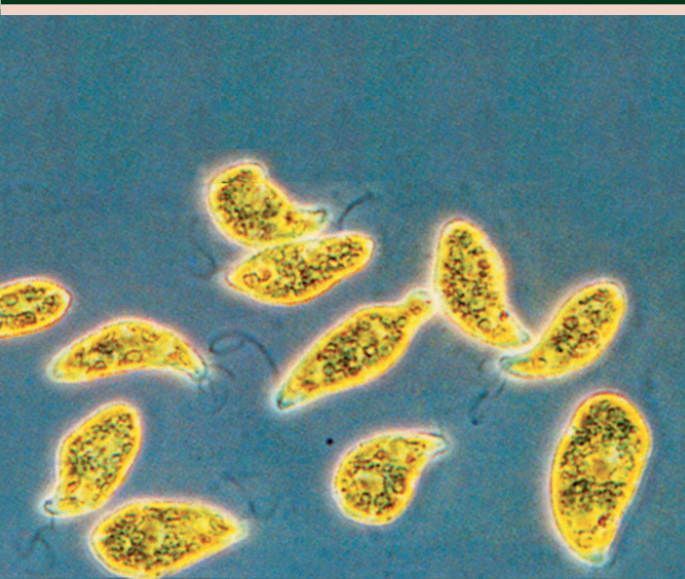
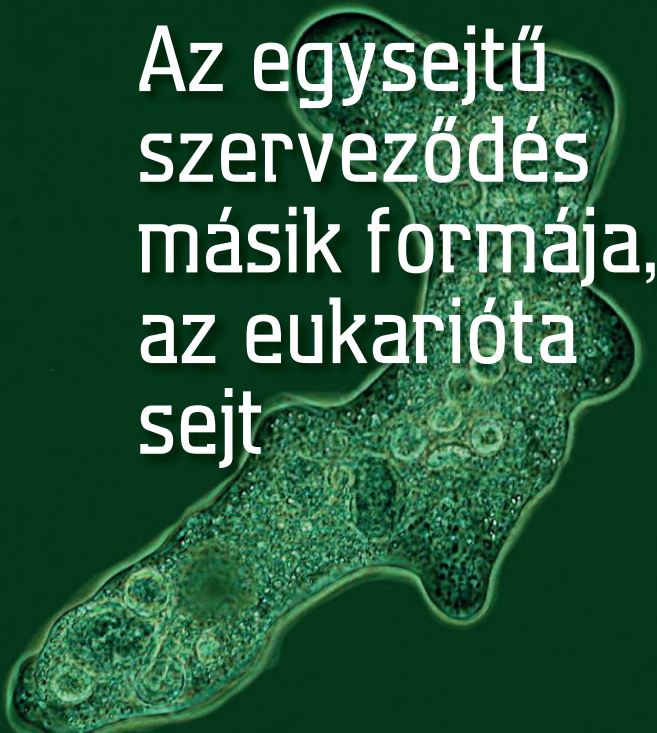
Készíts kiselőadást a baktériumok felfedezéséről! Nézz utána Alexander Fleming (1881-1955) munkásságának! Derítsd ki, mit értünk baktériumrezisztencián, és min alapszik a kialakulása!

Kérdések és feladatok

- 1 Miért prokarióták a baktériumok, és mit jelent magyarrá fordítva az elnevezésük?
- 2 Alakjuk szerint milyen baktériumokat különböztetünk meg?
- 3 Hogyan táplálkoznak a kékbaktériumok, és hogyan az emberi kórokozók?
- 4 Hozz példákat az ember számára hasznos és az ember szempontjából káros baktériumokra!

7 lecke

Az egysejtű szerveződés másik formája, az eukarióta sejt



Az eukarióta sejt kialakulása

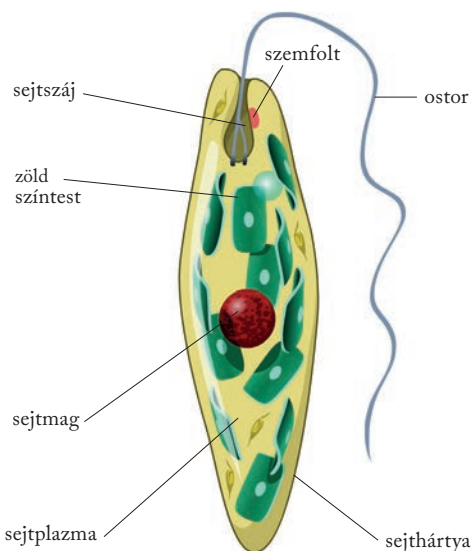
Az eukarióta sejtekben jól elkülöníthető, **körülhatárolt sejtmag** található. A sejtmagon kívül egyéb sejtstruktúrák is megfigyelhetők bennük. A baktériumokhoz hasonlóan vannak autotrófok és heterotróf anyagcseréjű csoportjaik.

I Miért gyorsulhatott fel ugrásszerűen az evolúció az eukarióta sejtek kialakulását követően?

Az *autotróf táplálkozásúak* sejtplazmájában színyanyagokat tartalmazó *színtestek* vannak. Közreműködésükkel a napfényenergia felhasználásával, fotoszintézis révén szén-dioxidból és vízből állítják elő a sejt szerves anyagait. További fontos sejtalkotók a *mitokondriumok*, az *energiaszolgáltatás* sejtstruktúrái. Mai ismereteink szerint az első eukarióta sejtek úgy jöhettek létre, hogy egyes ősi heterotróf prokarióták ősi autotróf és ősi heterotróf prokariótákat is bekebeleztek. Ezeket azonban nem emésztették meg, hanem együtt kezdtek velük élni. Az ősi autotróf prokarióta idővel zöld színtestté, a heterotróf idővel mitokondriummá alakult. Az elmélet bizonyítéka a sejtalkotókat határoló membrán szerkezete, és az, hogy ma is prokariótaszerű, önálló, gyűrűs örökítőanyaguk van.

Autotróf eukarióta egysejtűek

A **fotoautotróf** anyagcseréjű eukarióta egysejtűek jellemző képviselői az ostorosok (7.1. ábra). Sejtjük orsó formájú. Mikroszkópban vizsgálva



7.1. ábra. Zöld szemesostoros felépítése

zöld színűek a bennük található zöld szintestektől. Édesvizekben, tengerekben, nedves talajokban élnek, egyenként vagy kisebb csoportokba tömörülve. A sejthez kapcsolódó ostoruk segítségével élénken mozognak. A helyváltoztatásuk irányát befolyásolja a sejtben elhelyezkedő élénkpiros színű szemfolt. Ez a sejtalkotó érzékeli a fényt, és a fényforrás felé irányítja az egysejtű mozgását. Az ostoros eukarióták zöld szintestükkel fotoszintetizálnak, azonban ha huzamosabb időre sötét élőhelyre kerülnek, színanyagaikat elveszítik, és heterotróf életmódra térnek át. Ilyenkor a táplálkozásukhoz szükséges szerves anyagokat a környezetükből a sejtészájukon keresztül juttatják a sejt belsejébe. Ezért vegyes

Egysejtű eukarióta ostorosok vizsgálata

Az egyik leggyakoribb eukarióta egysejtű a zöld szemesostoros. Tócsákból, pocsolókból, mádarítatókból stb. könnyen begyűjthetjük, majd mikroszkópban tanulmányozhatjuk.

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, cseppentő, fedőlemez, kimélyített tárgylemez

Előkészítés: Pocsolókat, kisebb nagyobb időszakos vizek rothadó növényeinek egy részét gyűjtjük össze egy főzőpohárba. Néhány órai várakozás után cseppentővel vegyünk mintát az anyagból, és kimélyített tárgylemez vajatába téve fénymikroszkóp alatt nézzük meg, hogy tartalmaz-e zöld szemesostorosokat.

Végrehajtás: A vízmintából cseppentővel tegyünk néhány cseppet egy kimélyített tárgylemez vajatába. (Ha nincs kimélyített tárgylemezünk, akkor magunk is készíthetünk. Paraffint vagy gyertyát, olvasszunk meg, az olvadékból egy keveset vegyünk fel egy lándzsátű hegyére, majd a lándzsátű lapjával a folyékony viaszból húzzunk a tárgylemezen egymástól fedőlemeznél távolságra két, egymással párhuzamos, a tárgylemezre merőleges csíkot. A paraffin viasz pillanatok alatt megdermed. Enyhe nyomással helyezzük rá a fedőlemezt úgy, hogy kb. 1 mm-nyi rés maradjon alatta. Cseppentővel ez alá vigyük be a vizsgálandó vízmintát. Fénymikroszkópban közepes nagyítással mellett tanulmányozzuk az egysejtűeket!

- Figyeljük meg a sebesen haladó ostorost!
- Mi határozza a zöld szemesostoros sejtjét?
- Hogyan mozog?
- Milyen sejtalkotókat látunk benne?

(mixotróf) táplálkozásúak. Nagy szerepük van a vizek öntisztulásában, és a vízben élő heterotróf egysejtűeknek táplálékkul szolgálnak.

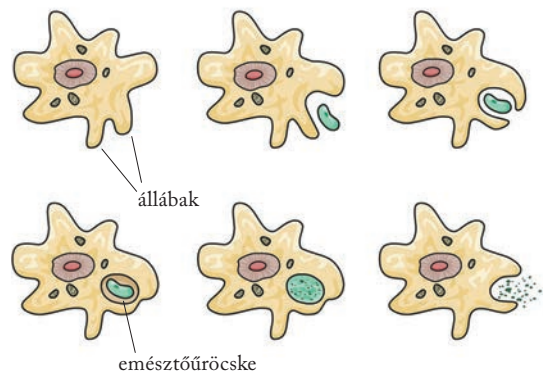
Egysejtű fotoautotróf eukarióták a kovavázus egysejtűek is. Színtestjeik sárgásbarnák. A sejtet két egymásba illő szilíciumtartalmú kemény kovahéj zárja körül. A héj apró pórusain keresztül nyálkát bocsátanak ki, és ennek segítségével változtatják a helyüket. Többnyire egyenként élnek a vízben lebegve vagy az aljzathoz tapadva. A tengerek vizében óriási mennyiségben fordulnak elő. Az elpusztult és a tengerfenékre süllyedt kovahéjak egyes helyeken több méter vastag kovaföldréteggé alakultak az elmúlt évmilliók folyamán.

Régebben az autotróf eukarióta egysejtűeket a növényvilág, a heterotróf eukarióta egysejtűeket az állatvilág őseinek tekintették. Mit gondolsz, miért?

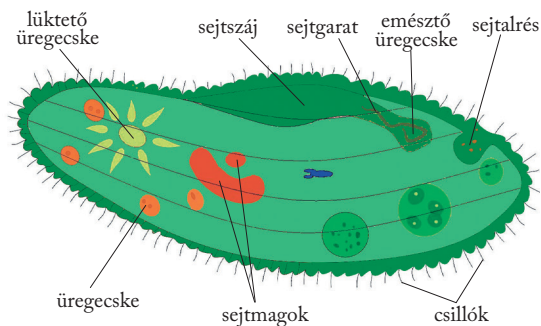
Heterotróf eukarióta egysejtűek

Az eukarióta egysejtűek számos csoportját olyan fajok alkotják, amelyek sejtjében egyáltalán nincsenek szintestek, csak mitokondriumok, így a fennmaradásukhoz szükséges szerves anyagokat a környezetükből veszik fel, *heterotróf táplálkozásúak*.

Egyik jellemző csoportjuk a **gyökérlábúak** vagy **amóbák** (7.2. ábra). Közös tulajdonságuk, hogy sejtplazmájukból változó formájú kitüremkedéseket, ún. állabakat bocsátanak ki mozgásuk során abba az irányba, amely felől a táplálék ingerét érzékelik. Ezekbe a nyúlványokba mintegy beleömlik az egész testük, és így állandóan változik az alakjuk. A vizek aljzatán vagy a nedves talajon keresik táplálékukat, amelyet állabaikkal körbefognak és



7.2. ábra. Az amóba mozgása és táplálkozása



7.3. ábra. Papucsállatka sejtjének felépítése

bekebeleznek. Mozgásuk rendkívül lassú, óránként mindössze néhány milliméternyi utat tesznek meg. Számos tengeri képviselőjük meszes vázat választ ki maga köré.

Egy másik csoportjuk, a **csillósok** közös jellemzője, hogy sejtjükben kétféle sejtmag, egy kisebb és egy nagyobb található. A kisebbik sejtmagnak a szaporodásban van fontos szerepe, míg a nagyobbik sejtmag a többi életműködést irányítja. Közismert képviselőik a papucsállatkák (7.3. ábra). Sejtjükét csillók fedik, ezek csapkodásával a vízben gyors mozgásra képesek. A sejt oldalán található tölszerű alakú bemélyedés a sejtcszár. A csillók csapkodása ide sodorja a papucsállatka táplálékát, a vízben lebegő baktériumokat. Ha már elegendő baktérium gyűlt össze, a sejtcszár alján kis hólyag képződik, és a baktériumok ebbe az emésztő üregecskébe zárva kerülnek a sejt belsejébe. A csillós egysejtűek között nemcsak baktériumokkal, hanem más egysejtű fajokkal táplálkoznak is vannak.

A legkisebb méretű egysejtű eukarióták a baktériumokhoz hasonlóan néhány mikrométer nagyságúak. Egyesek azonban ennél jóval nagyobbak lehetnek, elérhetik a szabad szemmel már látható méretet is. Kedvező életfeltételek esetén gyorsan szaporodnak, és egyedszámuk egy milliliterben (cm³) a százazres vagy akár a milliós nagyságrendet is elérheti.

Az egysejtű eukarióták között is akadnak betegség okozók. A gyökérlábúak közé tartozó vérhas-

amóba okozza a vérhas egyik formáját. Ostoros a nők hüvelyváladékában megtelepedő *trichomonas* vagy a trópusokon súlyos idegrendszeri károsodásokat eredményező álomkórostoros.

Hasonlítsd össze a prokarióta és az eukarióta sejtet mikrofotókon!

Állás és csillós mozgás megfigyelése

A csillós mozgás megfigyelése papucsállatkákon csak oly módon lehetséges, ha az igen gyors állatok mozgását lelassítjuk. Erre zselatinoldatot legcélszerűbb használni.

Anyagok és eszközök: 10%-os zselatinoldat, karminoldat, papucsállatka-tenyészet, fénymikroszkóp, (kivájt) tárgylemez, cseppentő

Előkészítés: Papucsállatka-tenyészet beállítása: áztass be egy marék szénát, és tartsd szobahőmérsékleten! Néhány nap múlva pocsoltyák rothadó növényeinek részeit szedd össze egy kevés vízzel, és tedd egy másik befőttesüvegbe! A begyűjtött anyagot öntsd fel csapvízzel! Néhány órai állás után cseppentővel vedd ki próbát a vízfelszín közeléből, és vizsgáld meg mikroszkóp alatt! Ha találsz benne papucsállatkákat, tedd át a szénaázalékba, és adj hozzá egy csepp tejet. Néhány nap múlva hemzsegni fog a tenyészet a papucsállatkáktól.

Végrehajtás: Tedd tárgylemezre a papucsállatka-tenyészetből egy cseppet, adj hozzá egy csepp karminoldatot (ez csak a jobb láthatóság miatt szükséges), majd figyelj meg a papucsállatkák mozgását a festékoldatban! Másik tárgylemezre is tedd egy cseppet a tenyészetből, és adj hozzá 10%-os zselatinoldatot!

- Figyeld meg a csillók mozgását!
- Hasonlítsd össze a papucsállatkák mozgását a két készítményben!
- Készíts rajzot a látottakról!

Kérdések és feladatok

- 1 Mi lehet az ostoros egysejtűek jelentősége az evolúció szempontjából?
- 2 Hasonlítsd össze egymással a különböző egysejtű csoportok mozgásszervecskéit!

- 3 Hogyan táplálkozhatnak a gyökérlábúak, és hogyan az ostoros egysejtűek?
- 4 Hozz példát kórokozó egysejtű eukariótára valamennyi csoportjukból!

8lecke

A soksejtű szerveződés formái: a növények, az állatok és a gombák



A többsejtű eukarióta szerveződés három fejlődési irányban bontakozott ki az evolúció folyamán. Így alakultak ki a mai **növények**, a **gombák** és az **állatok**. A növények kevés kivételtől eltekintve *fotoautotróf* anyagcserét folytatnak, az állatok és a gombák *heterotróf* szervezetek.

A növényi és állati sejt felépítése

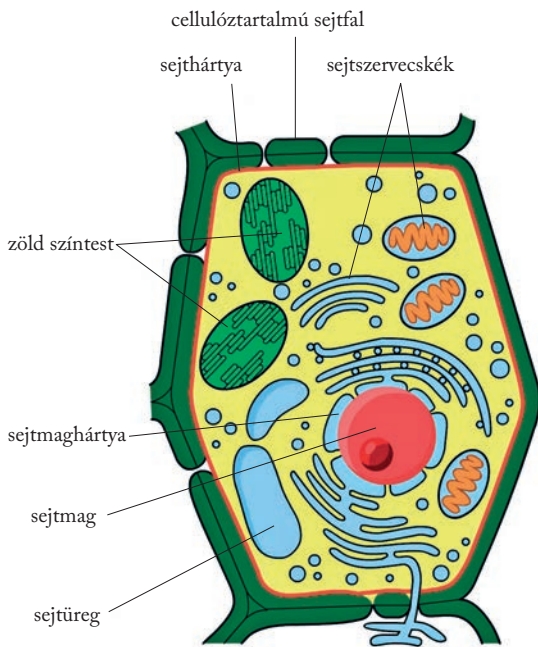
A növények és az állatok sejtekből épülnek fel. A növények sejtjeit (8.1. ábra) **sejtfal** határolja, amelyet az alatta lévő **sejthártya** termel. Az állati sejtekről a sejtfal hiányzik, csupasz sejthártya burkolja felszínüket (8.2. ábra). Belsejüket **sejtplazma** tölti ki, benne található a sejt szervecskéi. Közülük a **mitokondriumok**, az **endoplazmatikus retikulum** és a **Golgi-készülék** mindkét szerveződési típusban megtalálható. Az endoplazmatikus retikulumban és a Golgi-készülékben a sejt számára fontos anyagok szintetizálódnak. A **mitokondriumok** biztosítják a sejt energiaellátását. Megvan bennük az önálló *sejtmag* is. A sejtmag tárolja a sejt felépítésére vonatkozó genetikai információkat, és gondoskodik azok érvényesítéséről. Csak a növényi sejtek alkotói a **szintestek**. Különböző színűek lehetnek, a zöld szintest, a *kloroplasztisz* előfordulása a legjellemzőbb. A növényi sejtek plazmájában ki-

A növényi sejtalkotók vizsgálata

Anyagok és eszközök: eozin-, metilzöld- és fuxinoldat, víz, fénymikroszkóp, fedőlemez, tárgylemez, szike, csipesz, bontótű, óraüvegek, csep-pentő

Végrehajtás: Megtisztított és kettévágott vöröshagyma belső, fehér, húsos leveleinek oldaláról csipesz segítségével húzz le áttetsző bőrszövetet! Vágj le belőle három kis darabot, és tedd őket külön-külön egy-egy óraüvegben lévő eozin-, metilzöld- és fuxinoldatba! Rövid várakozás után csipesszel egy óraüvegben lévő vízben lötyköld ki, majd tedd tárgylemezre, és fedd le fedőlemezrel! Vizsgáld fénymikroszkópban közepes (40–100-szoros) nagyítás mellett!

- Készíts rajzokat a látottakról!
- Mely festékanyag mely sejtalkotót emelte ki?
- Melyik sejtalkotóval nem találkozunk állati sejt vizsgálata esetén?



8.1. ábra. A növényi sejt felépítése

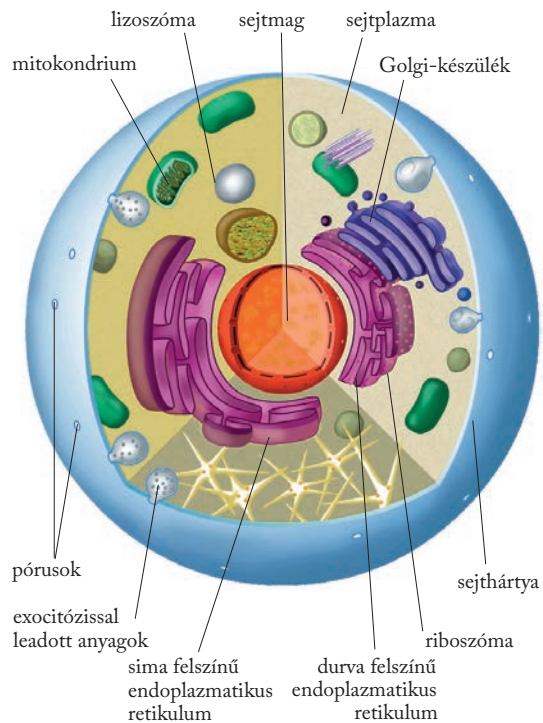
sebb-nagyobb sejtnedvvel töltött *sejtüregek* és kristályos zárványok is lehetnek. Ezek az állati sejtekből hiányoznak.

A gombák általános felépítése

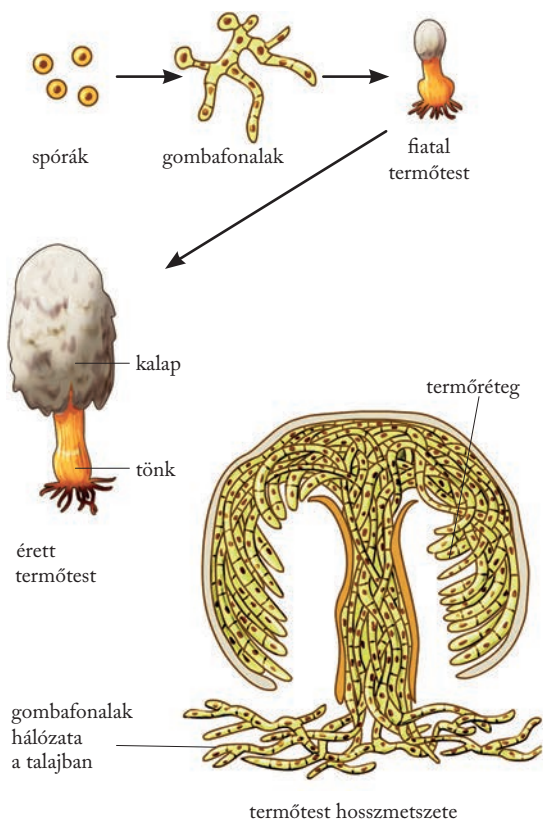
A többsejtű eukarióták közül a gombák feltételezhetően már az evolúció korai szakaszában elkülönültek, és párhuzamosan fejlődtek a növényekkel és az állatokkal. Testüket **gombafonalak**, *hifák* építik fel. A gombafonalaknak sejtfa van, amelynek építőanyaga *kitin*. A gombafonalak laza szövete a *micélium*. A micélium a gombák tenyésztése, amely az avar alatt vagy a talajban található. Ha a körülmények megfelelőek, tömött hifafonalakból álló **termőtesteket** fejlesztenek. A köznyelv a termőtesteket nevezi gombának (8.3. ábra).

A gombákat hosszú időn keresztül a növényvilágba sorolták. Vajon miért? Miért nem sorolhatjuk a növények közé a gombákat?

Táplálkozásukhoz kész szerves anyagokat használnak fel, **heterotróf** típusú élőlények. A különböző felvett szerves anyagok elhalt élőlényekből vagy élő szervezetekből származnak. Életmódjuk változatosságát még az is fokozza, hogy moszatokkal, fejlettebb növényekkel, sőt állatokkal és az emberrel is képesek együtt élni. Legnagyobb jelen-



8.2. ábra. Állati sejt felépítése



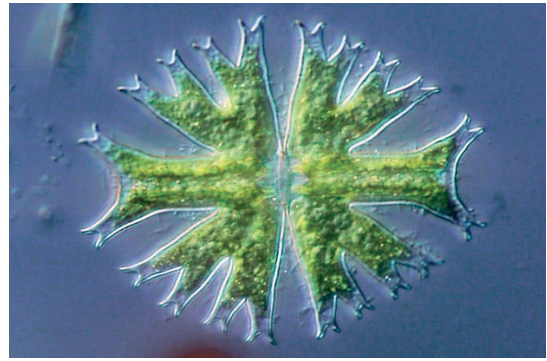
8.3. ábra. A kalaposgombák fejlődése és testfelépítése. Az ábra a gyapjas tintagomba fejlődését és testfelépítését szemlélteti.

tőségük a lebontó tevékenységükben rejlik. A baktériumokkal együtt a gombák akadályozzák meg az elpusztult szerves anyag nagyobb mennyiségű felhalmozódását a természetben. Az elpusztult élőlények lebontásával lehetővé teszik az anyagok visszaáramlását és újrafelhasználását az élővilágban. Többségük a szárazföldön él, de ismerünk vízben élő gombákat is. Vannak közöttük emberi fogyasztásra alkalmasak is, ezek élelmiszerként vagy fűszerként jelentősek. Ugyanakkor vannak halálosan mérgező hatásúak is, mint a gyilkos galóca.

A növények soksejtű szerveződésének állomásai

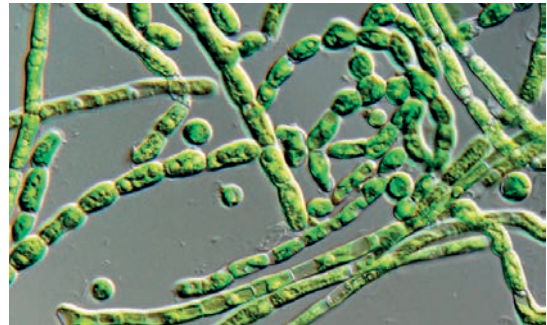
A növények fejlődésének irányvonalában az első állomás a **sejttársulások** kialakulása (8.4. ábra) volt. Egy sejttársulásban a sejtek között még nincs működésmegosztás, valamennyi sejt életműködéseit önállóan látja el. Előnyt jelent azonban az együttélés, például a gömbmoszatok esetében azért, mert csillóikkal csapkodva sokkal erőteljesebb vízáramlást keltenek maguk körül, és könnyebben jutnak oldott szén-dioxidban gazdag vízhez, amely fotoszintézisükhöz nélkülözhetetlen. Ma is élnek sejttársulásokban moszatok.

A valódi **többsejtes szerveződés** már új minőséget jelent. Ebben a formában a sejtek nemcsak együtt maradnak, hanem működésmegosztás is kialakul közöttük. Valamennyi sejt csak együtt képez egy élő egyedet, önmagában életképtelen.



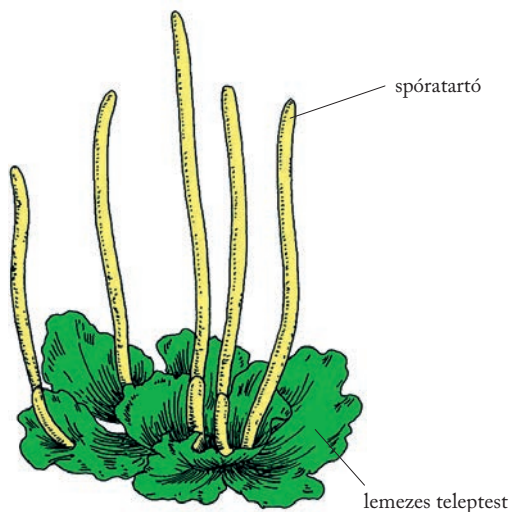
8.4. ábra. Fogaskerékmoszat

A legegyszerűbb többsejtű növények **telepes szerveződésűek**. A telepes szerveződés egyik formája a **sejtfonál** (8.5. ábra). Sejtfonalas például a *békanyál*. A fonál első sejtje a *vezérsejt*, ez folyamatosan osztódik. A legelső sejtje viszont az aljzathoz rögzíti a növényt. A többi sejt a tápanyagfelvétel feladatát látja el. Ha a vezérsejt két



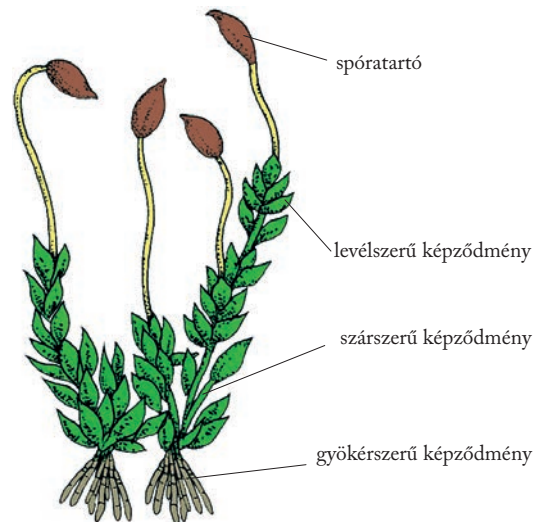
8.5. ábra. A zöldmoszat sejtjei között van működésmegosztás

EGYSZERŰBB FELÉPÍTÉSŰ MOHA



8.6. ábra. A mohák testfelépítése

LOMBOSMOHA



irányban osztódik, *lapszerű növények* alakulnak ki. A tengeri moszatok között ilyen például a *tengeri saláta*. A vezérsejt térben háromirányú osztódása **teleptestes testszerveződést** eredményez. Teleptestesek a fejlettebb moszatok és a szárazföldi növények közül a mohák (8.6. ábra). A sejtek közötti működésmegosztás már jóval fejlettebb. A teleptest belsejében lévő sejtek nem érintkeznek a külső környezettel, táplálékot nem tudnak felvenni közvetlenül, gázcserét sem tudnak közvetlenül folytatni. Mindez sejtről sejtre való diffúzióval valósult meg. A növényi szerveződés ilyen formái a vízben mint élettérben még ki tudták elégíteni a legnagyobb növények igényeit is.

Telepes zöldmoszat tanulmányozása

Kisebb-nagyobb vizek parti régiójában a vízben heverő fatörzsekről, kövekről gyűjtsünk be zöldmoszatokat!

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, cseppentő, tárgylemez, fedőlemez

Végrehajtás: Kevés zöldmoszatot tegyünk tárgylemezre, fedjük le fedőlemezzel, majd vizsgáljuk meg fénymikroszkópban!

- Milyen alakú a tanulmányozott zöldmoszat?
- A telepes szerveződés melyik szintjén áll?
- Melyik a legszembetűnőbb sejtalkotója?

A szárazföld igazi meghódítása csak a **szövetek** és a **szervek** kialakulását követően valósult meg. A valódi szövetekkel rendelkező növények a virágatlan *harasztok* (8.7. ábra) és a virágos *nyitvatermők*, illetve a *zárwatermők*.

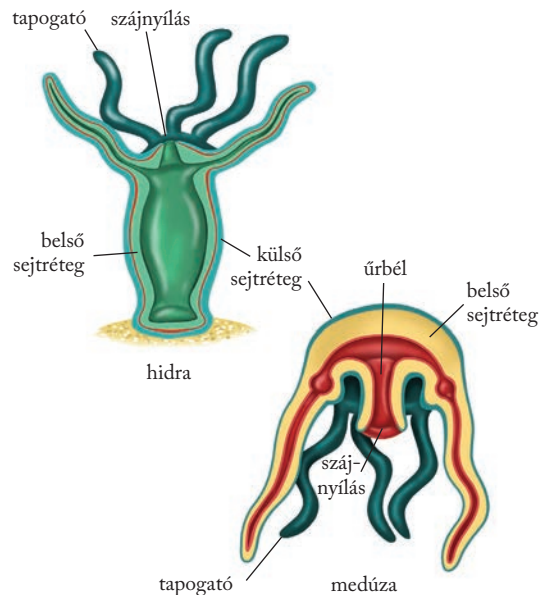


8.7. ábra. Árnyas erdők aljnövényzetében él az erdei pajzsika. Kedveli a laza, tápanyagokban gazdag talajt. Gyógynövény, gyöktörzsében feregirtásra alkalmas anyag van.

Az állatok soksejtű szerveződésének állomásai

Az állatok evolúciója során is kialakultak hasonló formák. Vannak **sejthalmazos** állatok, amelyek a telepes növényekkel állíthatók párhuzamba. Lehetnek sokkal differenciáltabb sejtekből álló alszövetes állatok, mint a szivacsok.

A legegyszerűbb **valódi szövetekkel** rendelkező állatok a *csalánozók*. Testük korsóra emlékeztető alakú, csupán két egymáshoz simuló sejtrétegből, a *külső* és a *belső csíralemezből* áll (8.8. ábra). Bevezető nyílása az *összajnyílás*, az öble pedig az *ösbélüreg*.



8.8. ábra. Medúzaalak

I Mutasd be egy medúza testfelépítését és működését!

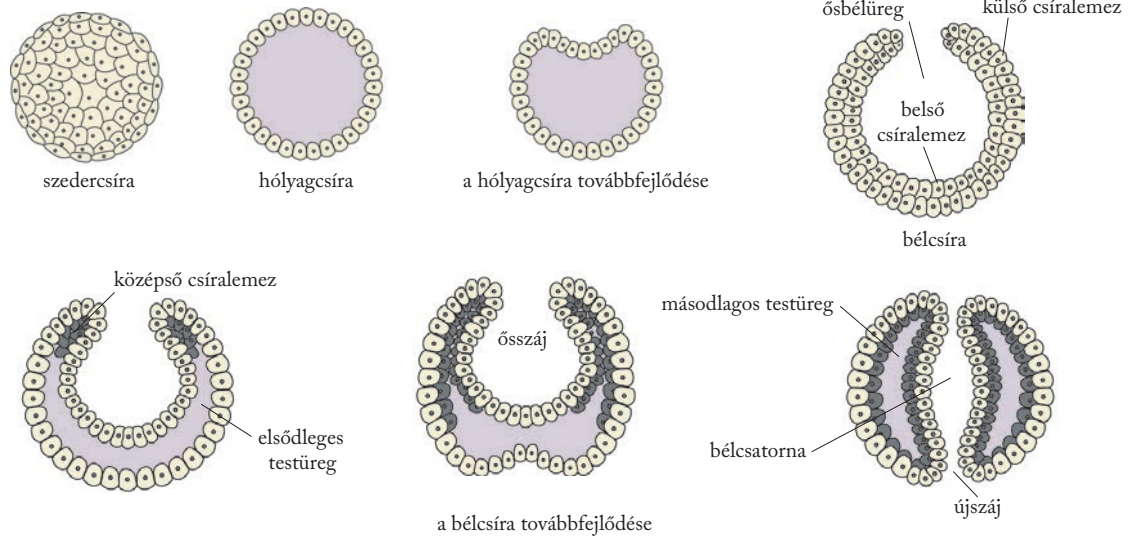
Az ősi csalánozókból az állatvilág fejlődése két párhuzamos úton haladt tovább. Mindkét fejlődési irányra jellemző, hogy a külső és a belső csíralemez között egy kétrétegű középső csíralemez is kialakul. Ennek két rétege között megjelenik a *testüreg*. A csalánozók és a szivacsok kivételével valamennyi többi, fejlettebb állatcsoport ezért a **testüregesek** közé tartozik.

A csírarétegek a fejlődés során több sejtrétegűvé váltak, és szövetek, szervek fejlődtek belőlük (8.9. ábra). A két fejlődési irányban az eltérés a bélsatorna kialakulásában van. Az egyik fejlődési irányban a szivacsok és csalánozók összajnyílása

alakult szájníylássá, majd a test ellenkező pólusán létrejött a végbélníylás, biztosítva ezzel a tápanyag egyirányú vándorlását. Az ősszájú állatok ma élő képviselőik pl. a *laposférgek*, a *puhatestűek*, a *fonálférgek*, a *gyűrűsférgek*, valamint az *ízeltlábúak*.

A másik fejlődési irányban is kialakult a kétníyl-

lású bélcső, az ősszájníylás azonban a végbélníylás feladatát vette át, a szájníylás pedig a test ellenkező oldalán alakult ki. A testükben megjelent a másodlagos testüreg is. Ezek az újszájú állatok. Ide soroljuk a mai *tüskésbőrűeket*, az *előgerinchúrosokat*, a *fejgerinchúrosokat* és a *gerinceseket*.



8.9. ábra. A zigóta barázdálódása

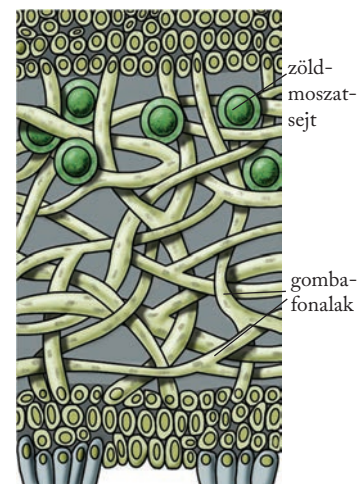
A zuzmók



8.11. ábra. Tölcséruzuzmó

A zuzmók különleges szerveződésű élőlények. Teleptestük általában tömlőgombák és kékbaktériumok vagy zöldmoszatok szoros együttéléséből jött létre. A gombafonalak közvetlenül a moszatsejtekhez simulnak, sok esetben szívófonalakat bocsátanak bele. Így veszik fel a moszatok által termelt szerves anyagok egy részét. A gombák viszont vízben oldott tápsókkal és szén-dioxiddal látják el a moszatokat, valamint védik őket a külvilág káros hatásaitól. Mégsem beszélhetünk két különálló élőlényről, mert ez a szoros együttélés a felépítés és az életmód szempontjából is teljesen új élőlények, különböző zuzmófajok létrejöttét eredményezi. A zuzmók szívós, ellenálló élőlények. A legmostohább viszonyok között is képesek megtelepedni, például az Antarktiszon is számos zuzmófaj él. Jellemző tulajdonságuk a zuzmósavak termelése. Ezek a savak kioldják a legellenállóbb sziklák-ból is a számukra szükséges ionokat, ezért a zuzmók szerepe jelentős a kőzetek mállásában és a termőtalaj képzésében. Nagyon érzékenyek a levegő ipari szennyezettségére. Előfordulásuk így a tiszta levegő megbízható jelzője. A nagyvárosok, ipari központok felé közeledve csökken a zuzmófajok száma és elterjedése.

Olvasmány



8.12. ábra. A zuzmók felépítése

Gyakorlati gombaismeret

Olvasmány

Gombagyűjtés közben a különböző határozókönyvek használatakor, az ábrákkal történő összehasonlítás során, néhány szempontot mindig szem előtt kell tartani.

Feltétlenül fordítsunk figyelmet arra, hogy termőhelyén **hogyan találjuk a gombát**, hiszen a termőtestek lehetnek *egyenként, csoportosan, nagy számban*, elhelyezkedhetnek *boszorkánygyűrű-szerűen* vagy *hosszan elfolyó tömegben*. Becsüljük meg a gomba **méretét**, hiszen az lehet egészen *apró, kicsi, közepes termetű* vagy *nagy*. Próbáljuk meg meghatározni a **színét**, vegyük azonban figyelembe, hogy a kalap teteje, a lemezek, a tönk gyakran eltérő színűek! Különös gonddal vizsgáljuk meg vannak-e **burokmaradványok** akár *bocskor, gallér, a kalap tetején lévő foltok* vagy a *peremén lévő fátýoldarabok* formájában! Állapítsuk meg, milyen a kalap **alakja**, hiszen lehet *domború, félgömb alakú, gömbölyded, harang, gyűszű* vagy *tojásdad alakú*, lehet *tompán kúpos, ellaposodó*, lehet *púpos széles vagy csecsszerű púppal*, esetleg *tölcséres púpos középpel, tölcéres mindennemű púp nélkül*, lehet *bemélyedő, köldökös*, akár *kissé szögletes* is. Pontosan nézzük meg, milyen a kalap **felszíne**, hiszen igen változatos megjelenésű lehet: *sima, selymes, ragadós-nyálkás, szálas, szőrös, nemezes, bársonyos, aprón lisztes, nagyobb darabakkal korpás, pikkelykés*, lehetnek rajta nagyobb *pikkelyek, pettyek* vagy *hártyás foszlányok* stb. Figyeljük meg, milyen a kalap **pereme**, mert lehet *sima, bordás, fésűs, behasadozó, fátýolmaradványoktól csipkés, szőrös, karéjos, hullámos, begöngyölt, aláhajló, felpöndörödő* stb. A kalap alsó oldalán a **termőrétegtartó szerkezete** lehet *lemezes, csöves tüskés* vagy *eres-ráncos*. Ütögessük meg a kalapot, és a kihulló **spórák színe** is segítségünkre lehet. A kalap megvizsgálásának befejeztével hasonlóan alaposan vegyük szemügyre a tönköt is! A **tönk alakja** lehet *hengeres, vékony, lószőrszerű, felfelé szélesedő, alul kihengyesedő, orsó alakú, hasas, bunkós, répaszerű, gumós kis vagy nagy gumóval*, a gumó lehet *peremes*, a tönk aljához erős *micéliumistráng* kapcsolódhat. A tönk sokféle módon kapcsolódhat a kalaphoz. Kapcsolódhat *középpontosan, excentrikusan, nőhet a kalap széléhez* vagy lehet *egészen rövid, oldalt álló*. A tönk felülete lehet *sima, szemcsés, pelyhes, deres, foltos, kígyóbőrszerű, hálózatosan recés, galléros* stb. A belseje lehet *tömör, üres* vagy *emeletesen üreges*. Fontos alaposan tanulmányozni a **termőtest húsát**. Annak állománya lehet *törékeny, vízenyős, szálas, rostos, merev, porcos, pattanva törő, puha, szívacsos* stb. Lehet *vastag, egészen vastag* vagy *vékony*, jellegzetes a **színe**, amely a törés hatására gyorsan meg is változhat. A termőtestet vagy a húsa gyakran jellegzetes **szagú**, különböző fűszerekre emlékeztető vagy kellemetlen, bűzös, dögszagú, dohszagú, karbolszagú stb.

Sose felejtjük el, hogy a tulajdonságok együttese, valamint a képekkel való összevetés segíthet a gombák közötti eligazodásban!

- *Keress példákat egymással könnyen összetéveszthető ehető és mérgező gombapárookra! Mutass rá a közöttük meglévő eltérésekre!*

Kérdések és feladatok

- 1 Sorold fel a telepes növényi szerveződés típusait!
- 2 Mely növényi szerveződési forma bizonyult alkalmasnak a szárazföld meghódításához?
- 3 Milyen szerveződési szinteken álló állatcsoportokat ismerünk?
- 4 Mi az eltérés az ósszajú és az újszajú szerveződés között?
- 5 Nézz utána, milyen tudományos jelentősége van a fonálférgeknek!
Miért tekinthetjük egyik képviselőjüket, a kecses fonálférget (*Caenorhabditis elegans*) amodern biológia egyik modellállatának?

ÖSSZEFOGLALÁS

1 Ismertesd Gánti Tibor evolúciókutató (1933–2009) tudományos életpályáját, és az evolúciókutatás terén elért eredményeit!

2 Nézz utána Joann Baptista van Helmont (1577–1644) flamand természettudós ma már klasszikusnak számító növényélettani kísérletének. Mutasd be rajta tudományos gondolkozás műveleteinek tudatos alkalmazását!

3 „Annál is inkább, mert az anyagi világunk kutatásának megvolt a maga fejlődése, egymás után következő szakaszokra bonthatóan, szigorú sorrendben, fel nem cserélhető módon.” Ismertesd a biológia tudományterületeit megszületésük hozzávetőleges sorrendjében! Valóban szükségszerű volt kialakulásuknak ez az időrendje?

4 Tervezz meg, állíts össze és hajts végre egy kísérletet annak a feltételezésnek az igazolására, hogy a cékla gyökerében lévő lila festékanyag, az antocián sav-bázis indikátor!

5 Készíts egy kutatási tervet egy szabadon választott hipotézised igazolására!

6 Látogass el (virtuálisan) egy kutatóintézetbe! Készíts beszámolót az ott folyó kutatómunkáról, a módszerekről és az eredményekről!

7 Mutasd ki a kén és a vas jelenlétét növényi hamuból!

Anyagok és eszközök: kémcsövek, kémcsőállvány, kémcsőfogó, Bunsen-égő, üvegtölcsér, szűrő-

Kérdések és feladatok

papír, szűrőállvány, szűrőkarika, 10%-os salétromsav (HNO_3)-oldat, 10%-os sósav (HCl)-oldat, 10%-os bárium-klorid-oldat (BaCl_2), kálium-rodanid (KSCN)-oldat, növényi hamu

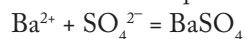
Előkészítés: A növényi hamu elkészítése: Egy porcelán izzítótégelybe aprítsunk bele valamilyen növényi anyagot. Nagyon megfelelő például a tigriske (*Sansevieria*) dísznövény levele. Ezután fogjuk meg a tégelyt egy tégelyfogó ollóval, és izzítsuk Bunsen-láng fölött. A levéldarabokon először vízcseppek jelennek meg, majd megfeketednek. Addig izzítsuk, amíg a fekete, elszenesedett levéldarabok fel nem izzanak és fehér hamuvá esnek szét. Ez a hamu alkalmas a további vizsgálódásokhoz.

Végrehajtás: A vizsgálandó hamut két részre osztjuk. Az első részt spatulával kémcsőbe töltjük, 10%-os sósavoldatban enyhe melegítéssel feloldjuk, majd leszűrjük redős szűrőn. A szűrlethez 3 cm^3 bárium-klorid-oldatot csepegtetünk, összerázzuk, és megfigyeljük a változásokat.

A másik hamurészletet spatulával egy újabb kémcsőbe töltjük, majd 10%-os salétromsav-oldatban enyhe melegítés közben feloldjuk. Redős szűrőn átszűrjük, majd néhány csepp kálium-rodanid-oldatot adunk hozzá, és megfigyeljük a változásokat.

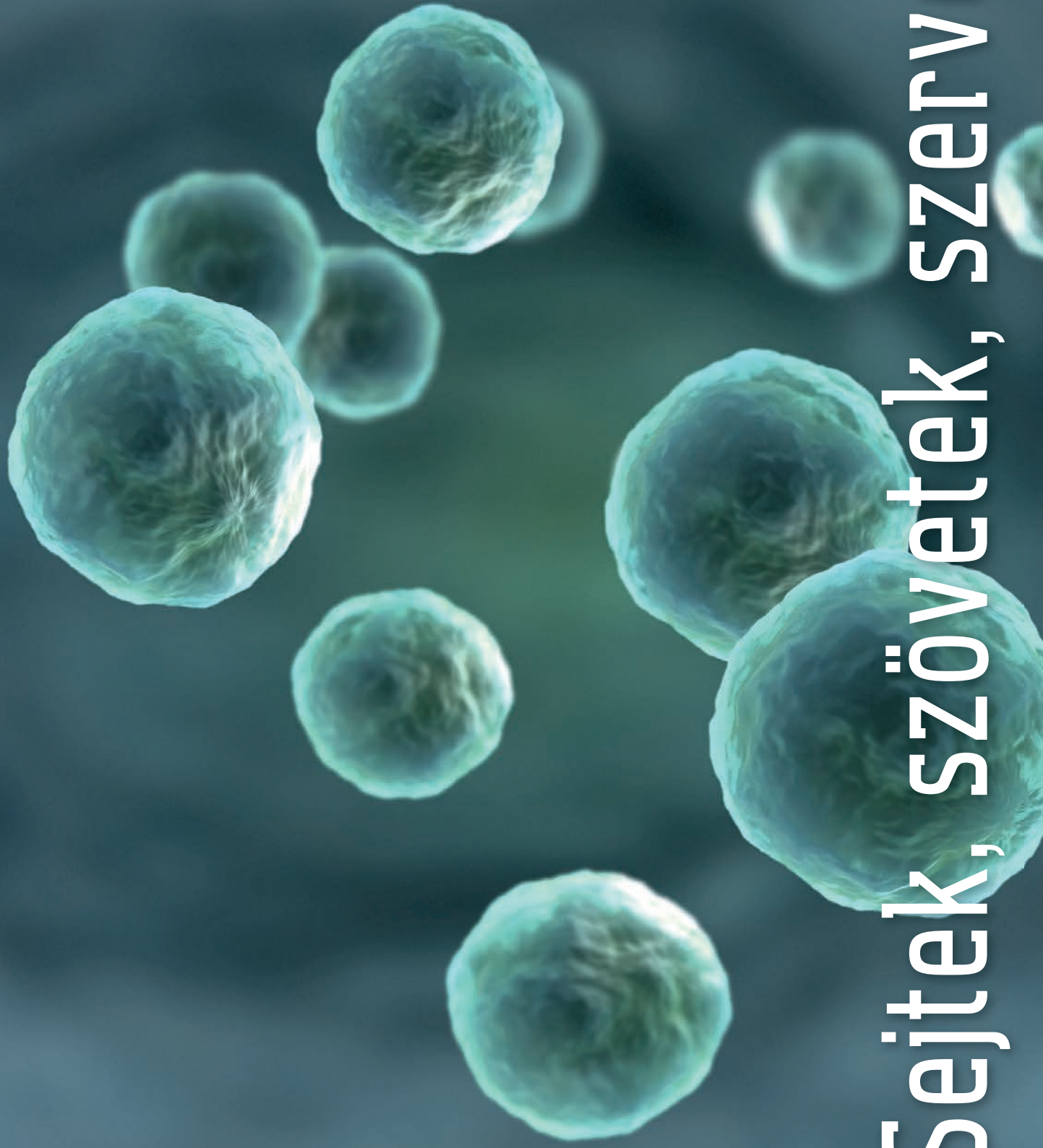
• *Jegyezzük fel a megfigyelt változásokat!*

Magyarázat: A növényi hamuban lévő szulfát-ionok a bárium-klorid reagensben lévő bárium-ionokkal fehér csapadékot adtak.



A hamuban lévő vas-ionok a reagensben lévő rodanid-ionokkal vörös festéket képeznek.

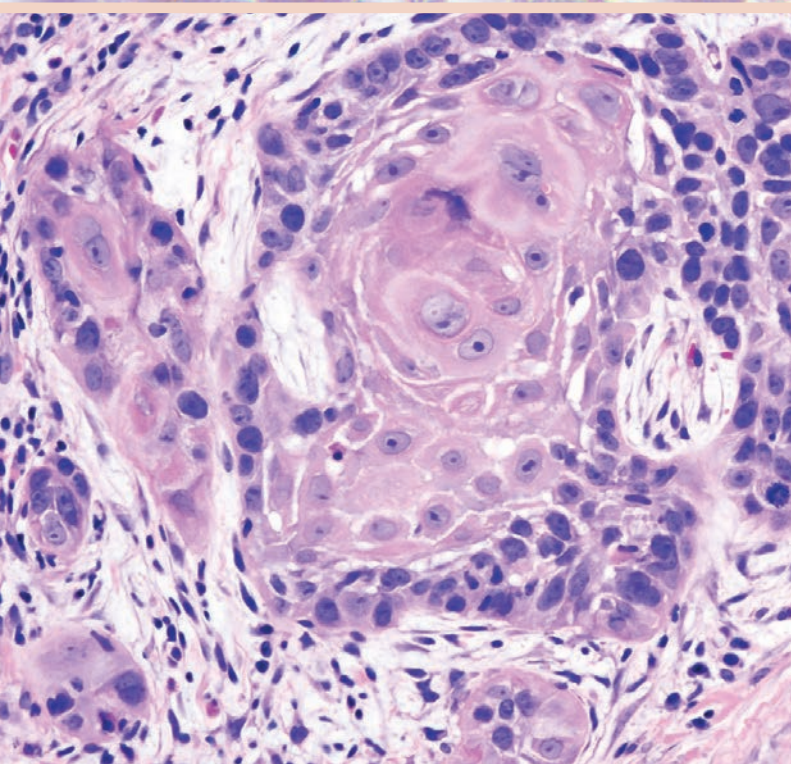




Sejtek, szövetek, szervek

9. lecke

A sejt plazma és a biológiai membránok



A sejt plazma

A sejt belsejét **sejt plazma** tölti ki. Nagy mennyiségben tartalmaz vizet, benne ionok és kisebb szerves molekulák találhatók oldva. A makromolekulák közül fehérjéket tartalmaz. Ezek egy része sejt vázot alkot, amely megszabja a sejt alakját, és segíti a sejtalkotók sejtben belüli mozgását. Másik részük a sejt működésében vesz részt.

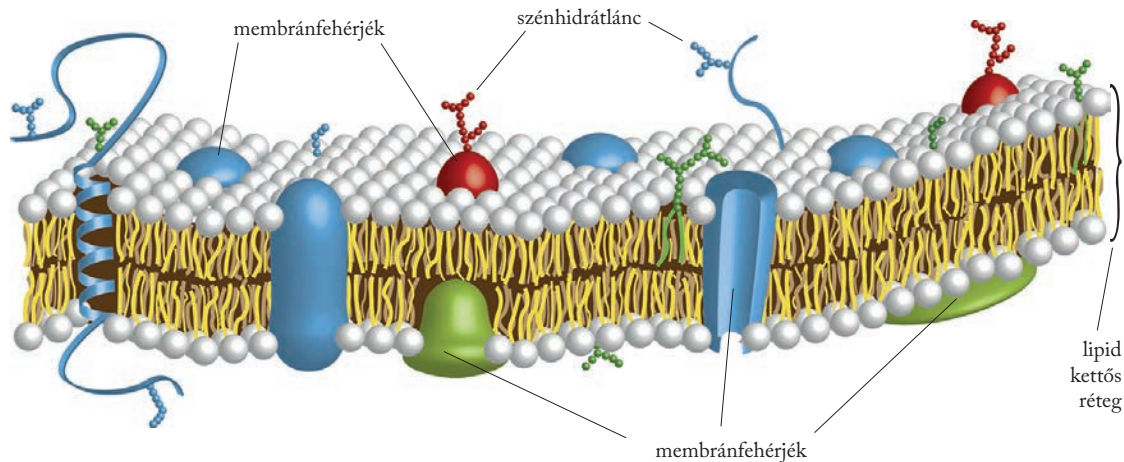
Tanulmányozd elektronmikroszkópos felvételen egy sejt szerkezetének felépítését!

A biológiai membránok felépítése

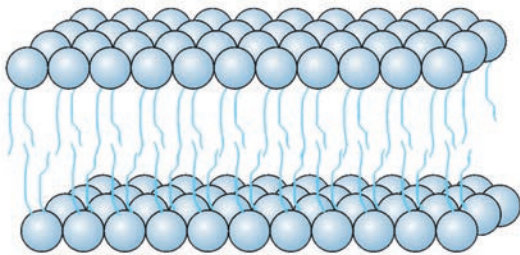
A sejtben egy időben több ezer biokémiai reakció is végbe mehet. Zavartalan lejátszódásukhoz egymástól bizonyos mértékig független terekre van szükség. A sejtben ilyen terek elkülönítésére a **biológiai membránok** szolgálnak (9.1. ábra). Membránok választják el egymástól az egyes sejtalkotókban végbemenő kémiai folyamatokat, és a sejtet beburkoló *sejthártya* is ilyen. Minden biológiai membrán alapja egy **lipidmolekulából álló kettős réteg** (9.2. ábra). A leggyakoribb membránlipidek szerves foszforvegyületek, *foszfatidok*. A foszfatidok vízben oldódó poláris és vízben nem oldódó apoláris részletet is tartalmaznak. Mindig kettős rétegbe rendeződnek. A kettős réteg mindkét oldalán a víz felé néznek a poláris végei, vízben oldódó, *hidrofil részt* képezve. Apoláris végeik a kettős réteg belseje felé fordulnak, és vízben nem oldódó *hidrofób részt* alkotva kiszorítják a vizet. A lipidmolekulának az egyik rétegből a másikba való átkerülése igen ritkán fordul elő. Annál természetesebb oldalirányú mozgásuk egy rétegben belül. Ezáltal a kettős lipidréteg sokkal közelebb áll a folyadékok természetéhez, mint egy merev vázhoz, aminek következtében rendkívül rugalmasak és hajlékonyak.

Nézz utána, milyen kémiai szerkezete van a szappanoknak! Melyek a hasonlóságok és melyek a különbségek a kétféle anyag szerkezetében és viselkedésében?

A lipidek mellett fehérjék is részt vesznek a biológiai membránok felépítésében. A **membránfehérjék** összetételüknek és szerkezetüknek megfelelően helyezkednek el a kettős lipidrétegben. Molekuláik *apoláris részei* a hidrofób részé-

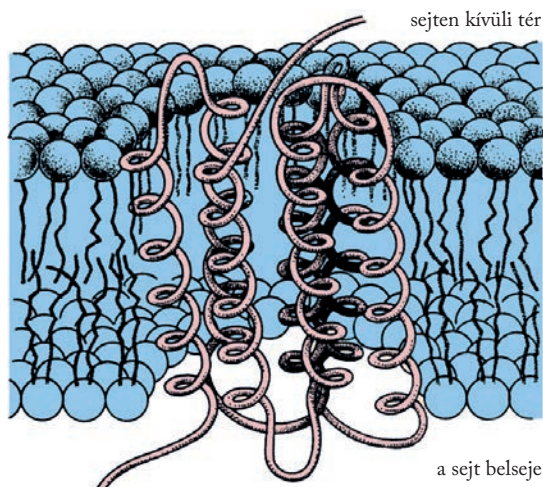


9.1. ábra. A sejthártya membránjának felépítése



9.2. ábra. A biológiai membránok alapja a lipidmolekulákból álló kettős réteg

be süllyednek, míg poláris részei kiemelkednek a vizes közegbe. Egyik típusuk a membránok felszínén helyezkedik el, más típusaik viszont teljesen átérnek a membránon, sőt csatornát is képezhetnek a membrán két oldala között (9.3. ábra).



9.3. ábra. Egy membránfehérje elhelyezkedése a kettős lipidrétegben

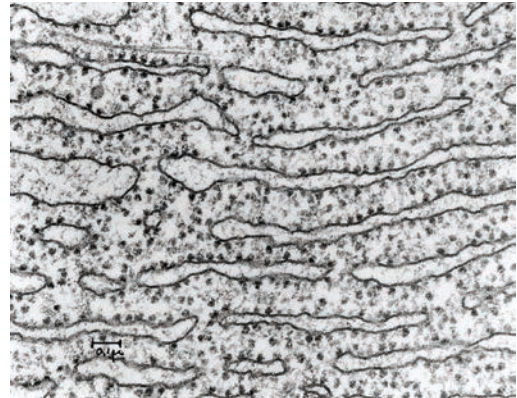
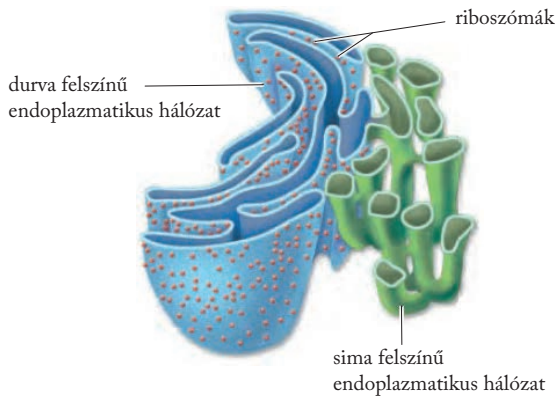
A membránfehérjék a folyékony kettős rétegben oldalirányban éppen olyan szabadon mozoghatnak, mint a lipidmolekulák. A membrán külső felszínén a fehérjékhez és egyes lipidmolekulákhoz **szénhidrátok** kapcsolódnak.

A membránok különbözőségét, specifikusságát a fehérjék és a membránhoz kötődő szénhidrátláncok okozzák. Jelenlétük elősegíti más molekulák vagy sejtek számára a membrán felismerését, illetve a membránhoz való kapcsolódás lehetőségét.

Biológiai membránok - rendezettség térben és időben

Minden sejtplazmát 5-10 nanométer (a nanométer a milliméter ezredrésze) vastagságú biológiai membrán határol. Ez a **sejthártya**. Egyes sejteken ehhez sejtfal kapcsolódik. A sejtfal nem membrán, szerkezetét különböző, sok cukormolekulából álló, hosszú láncok alkotják. A növényi sejtfalat például cellulózzá építi fel. A sejtfal szilárdítja és védi a sejtet anélkül, hogy gátolná a sejthártyán keresztül folyó anyagforgalmat.

Biológiai membránok a sejtplazmában is találhatóak. Plazmán belüli membránok alkotják az **endoplazmatikus membránrendszert** és a **Golgi-készüléket**. Előbbi az egész sejtplazmát behálózza, tömlőszerű, összelapított zsákokhoz hasonló üregek rendszere (9.4. ábra). A külső felszínén apró szemcsék formájában sűrűn egymás mellett fehérjéből és RNS-ből álló kis sejtalkotók, riboszómák helyezkednek el. Segítségükkel az endoplazmati-



9.4. ábra. A durva felszínű endoplazmatikus membrán egy részlete a membránhoz kapcsolódó riboszómákkal

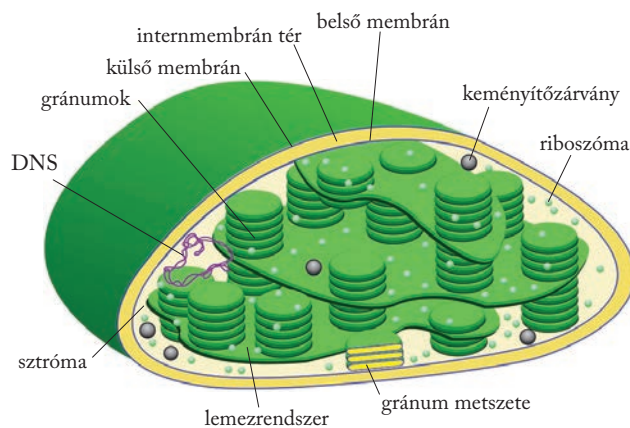
kus membránrendszer felszínén erőteljes fehérje-szintézis folyik.

A fényenergia átalakítása mind a fototróf prokarióta, mind a fototróf eukarióta sejtekben különböző színanyagok segítségével történik (9.5. ábra). A színanyagok a sejtekben membránok fehérjéihez kapcsolódnak. A növényi sejtekben a **színtestek** ilyen membránokból állnak. Alakjuk, méretük, sejtben belüli eloszlásuk különbözik egymástól. A moszatok sejtjeiben egy vagy néhány nagyobb, változatos alakú színtest található. A magasabb rendű növények sejtjei viszont igen nagyszámú, gömb vagy lencse alakú színtestet tartalmaznak. Bennük játszódik le a fényenergia felhasználásával szén-dioxidból és vízből történő cukorfelépítés, a fotoszintézis, miközben oxigén szabadul fel. A magasabb rendű növények színtesteit a sejt plazmától a *külső membrán* választja el. A membrán által határolt belső teret a *plazmaállomány* tölti ki. Ezt a plazmaállományt a *belső membrán* lemezei hálózák be, és helyenként

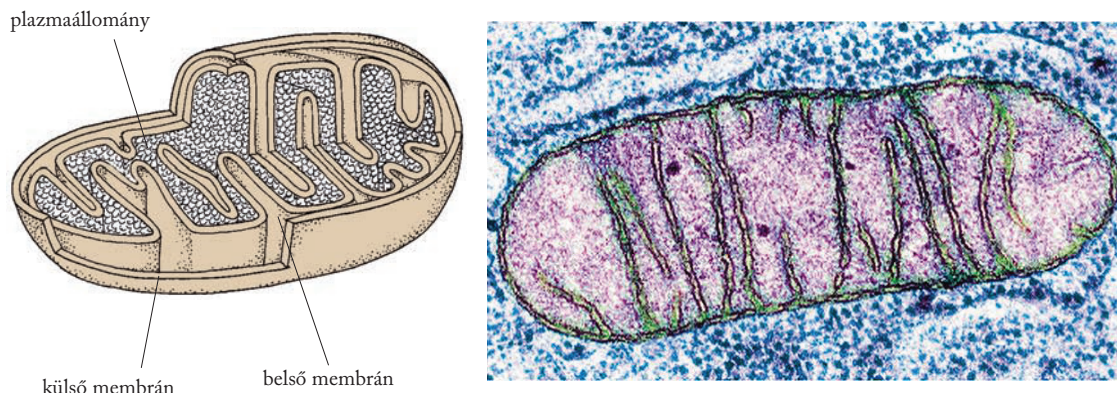
többszörösen egymásra rétegződve *gránumokat* alkotnak. A *gránum* alakja leginkább egymásra rakott korongokból álló oszlopra hasonlít. Bennük történik a fény megkötésének és kémiai energiává való átalakulásának folyamata.

Tanulmányozd fénymikroszkópban egy mohánövényke levelében a zöld színtesteket! Készíts róluk rajzot!

A sejtekben a szénhidrátok energianyerés céljából történő lebontásának egyes részletei is membránokhoz kötődnek. Az eukarióta sejtekben a **mitokondrium** (9.6. ábra) végzi ezt a feladatot. A mitokondriumok henger formájúak, számuk a különböző sejtekben tág határok között változhat. Ostoros egysejtűekben például csak egyetlen, az emlősállatok májsejtjeiben akár több ezer is található. A mitokondriumokat is egy *külső membrán* választja el a sejt plazmától. Ezen belül található a *belső membrán*, amelynek betüremkedései benyúl-



9.5. ábra. A zöld színtest felépítése és elektronmikroszkópos képe



9.6. ábra. A mitokondrium felépítése és elektromikroszkópos képe

nak a mitokondrium *plazmaállományába*. A bementések összesített felülete rendkívül nagy. A nagy membránfelület a mitokondriumok belső terét számos kisebb egységre osztja, ami biztosítja a sok lépésből álló lebontási folyamatok térbeli elkülönítését. Mivel a keletkező energia 95%-a a

mitokondriumokban képződik, ezért a *sejtek energiatermelő központjainak* tekinthetők.

I Dolgozd fel kiselőadás formájában a mitokondriumok felfedezésének történetét! Hogyan derült ki a sejtek energiaellátásában való szerepük?

Kérdések és feladatok

- 1 Miből épülnek fel a biológiai folyamatokban a membránok?
- 2 Mi jellemző a membránok lipidmolekuláinak szerkezetére?
- 3 Hogyan helyezkednek el a fehérjék a membránban?

- 4 Dolgozd fel kiselőadásformájában, hogy a kutatók milyen kutatási eredmények alapján következtettek a zöld színtestek és a mitokondriumok eredetére! Gondolj a sejtalkotókra és a sejtmembránok felépítésére!

Nézz utána az interneten Konsztantyin Mereskovszkij munkásságának!

10. lecke

Anyagforgalom a sejtmembránon keresztül

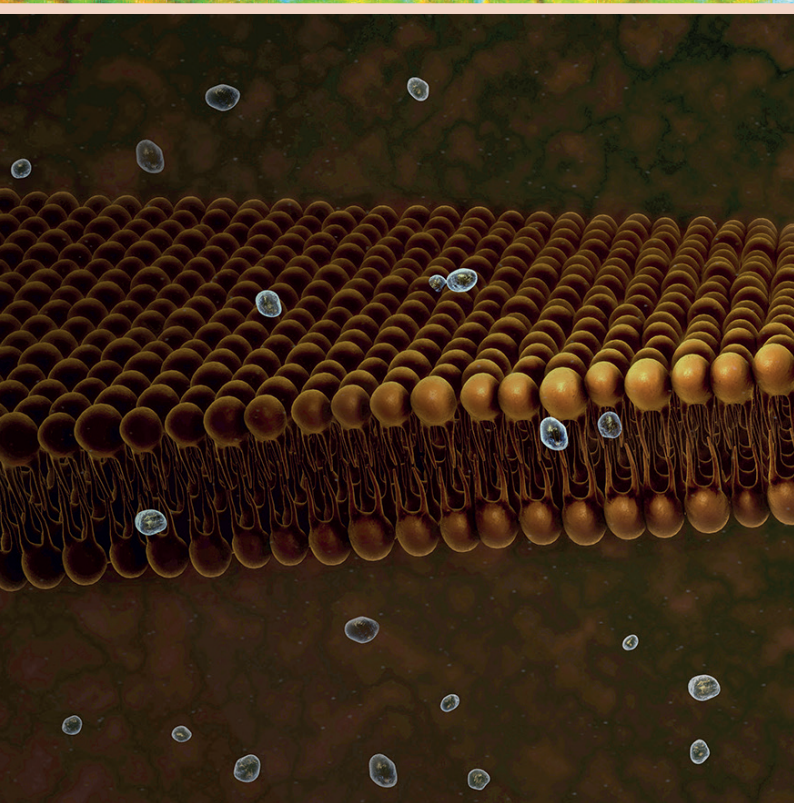
A sejt anyagforgalma

A membránok nemcsak határolófelületeket alkotnak a sejtekben, hanem egyben a külvilággal való szoros kapcsolatot is megteremtik. A sejt például a külvilágból vesz fel különféle anyagokat az anyagcseréjéhez, majd eltávolítja a salakanyagokat. Mindezt a sejthártya membránján keresztül végzi. De élénk az anyagforgalom a sejten belül is a sejtplazmában, illetve az egyes sejtalkotók között. Itt is különböző membránokon keresztül haladnak át az anyagok. A membránokon keresztüli anyagforgalmat közös néven **transzportfolyamatoknak** nevezzük.

■ Véleményed szerint transzportfolyamat egy sejt gázcsereje?

A passzív transzport

A membránok áteresztőképessége nagy eltéréseket mutat a különböző anyagokkal szemben. Vannak olyan anyagok, amelyek szinte akadály nélkül haladhatnak át rajtuk, más anyagoknak viszont ehhez jelentős energiafelhasználásra van szükségük. Ha a transzportfolyamat a sejt részéről *energiabefektetést nem igényel*, akkor **passzív transzportról** beszélünk. Ennek legegyszerűbb esete, ha a féligáteresztő tulajdonságú membrán két oldalán az oldott anyagok koncentrációja különböző. Mivel a membránon a parányi vízmolekulák könnyebben átjutnak a benne oldott nagyobb méretű anyagoknál, ezért a membránnal határolt belső és külső tér között egyirányú vízáramlás alakul ki, az *ozmózis* jelensége. Passzív transzporttal halad át a membránokon a vízén kívül még néhány egyszerű felépítésű szerves és szervetlen molekula is. A szervetlen vegyületek közül a szén-dioxid és az oxigén. A szerves molekulák közül egyes apoláris anyagok, például a szteroidok, a polárisak közül például az etil-alkohol és a karbamid. Bizonyos méreten belüli molekulák számára a membrán egyik felületéről a másikra átérő fehérjemolekulák által kialakított csatornák jelentik az átjutási lehetőséget. A passzív transzporttal a sejtbe jutó anyagok másik csoportjánál a molekula mérete nem okoz nehézséget a membránon való átjutásban. Ezek olyan apoláris molekulák, amelyek mintegy feloldódnak a kettős lipidrétegben, és így jutnak be a sejtbe.



Mit gondolsz, miért repednek ki az érett cseresznyék a fán egy nagy esőt követően?
Sózz meg vékonyra vágott száraz uborkaszeleteket! Mit tapasztalsz?

Ozmózis vizsgálata

Anyagok és eszközök: mikroszkóp, tárgylemez, fedőlemez, csipesz, olló, metilvörös festék, 10-15%-os konyhasóoldat

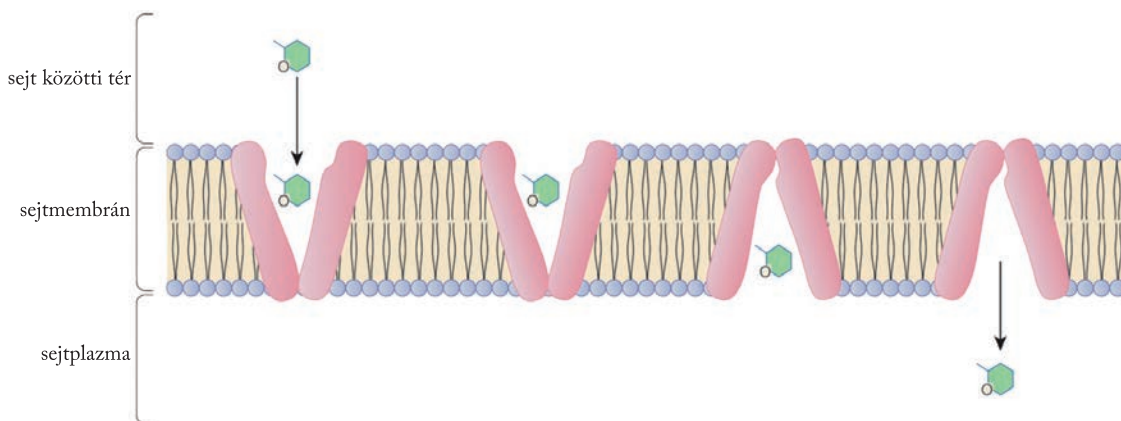
Végrehajtás: Vöröshagyma buroklevelének húzzuk le a felületi rétegét, és kis darabját helyezzük tárgylemezre! Fedjük le egy csepp metilvörös mikroszkópi festékkel és tanulmányozzuk!. Ezt követően cseppentsünk rá egy csepp 10-15%-os konyhasóoldatot, és újra figyeljük meg! Ezt követően mossuk le a preparátumot egy csepp vízzel, majd újra fedjük le!

- Milyen változásokat tapasztaltunk? Magyarázzuk meg a változások okát!

Az aktív transzport

A sejtek anyagforgalmának csak kis részét bonyolítja le a passzív transzport. Nagy számban mennek végbe olyan folyamatok is, amelyekben

a koncentrációviszonyok miatt éppen ellentétes irányú anyagmozgásnak kellene lejátszódnia. Például az idegsejt nátriumionokat juttat a külvilágba, miközben a sejten kívüli térben közel tízszer több a nátriumionok száma. Ez csak a sejt energiájának a felhasználásával történhet. Az ilyen típusú transzportfolyamatokat **aktív transzportnak** nevezzük. Jellemzőjük, hogy a sejtek saját energiájuk felhasználásával juttatják át a membránon az adott anyagot a magasabb koncentrációjú helyre. Ilyen mechanizmussal nemcsak ionok és kisebb molekulák jutnak át a membránon, hanem nagyobb méretű poláris szerves molekulák is. Más anyagok transzportja nem csupán energetikai probléma. A membránon való átjutásukhoz *hordozóanyagokra* van szükség. Ezek a membránok felszínén levő fehérjemolekulák, amelyek a szállítandó anyagnak megfelelő speciális kötőhelyeket tartalmaznak. Felületükhöz kötik, majd odaszállítják és átadják az anyagot a membránon átérő fehérjéknek, amelyek ezt azután átjuttatják a membrán túlsó oldalára (10.1. ábra). Így például a sejtbe belépő szőlőcukor-molekula először megkötődik a membránfehérje külső felületén. Ezáltal megváltozik a membránfehérje térszerkezete, aminek következtében kifelé elzárul, a sejt plazma felé viszont megnyílik az út a molekula előtt. Végül a szőlőcukor leválik a membránfehérjéről, és bekerül a sejtbe.



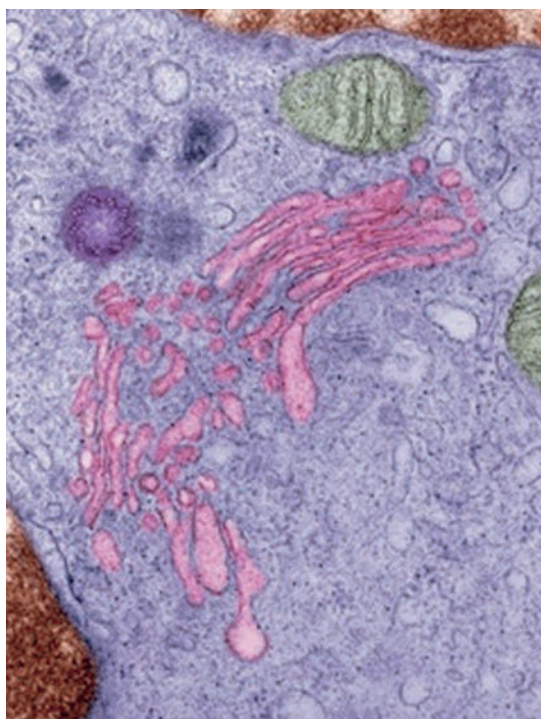
10.1. ábra. A glükóz transzportja a membránon keresztül

Szállítás membránba csomagolva

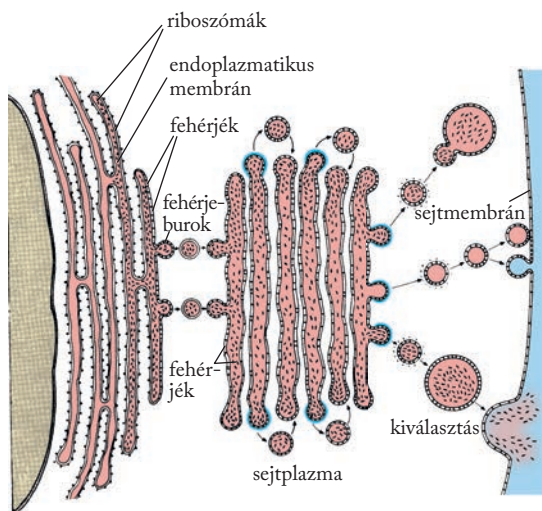
A sejten belüli anyagszállítás egyik központja a **Golgi-készülék** (10.2. ábra).

- Derítsd ki, ki volt Camillo Golgi!

Működése szoros kapcsolatban áll az endoplazmatikus membrán fehérjéket felépítő működésével. Az elkészült fehérjék membránnal körülvárt hólyagocskába csomagolva kerülnek az endoplazmatikus membránról a szintén biológiai membránból álló Golgi-készülékbe. Ez a fehérjéket átalakítja

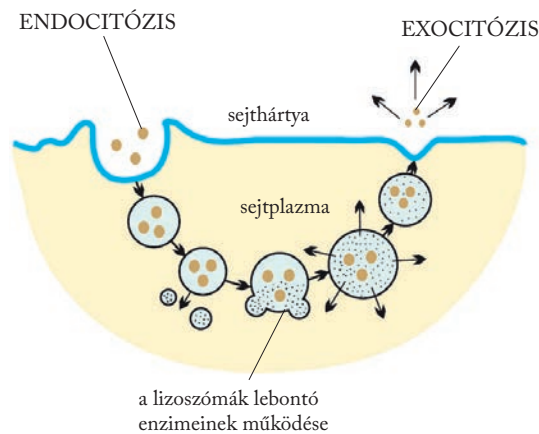


10.2. ábra. A Golgi-készülék



10.3. ábra. A Golgi-készülék működése

– pl. szénhidrátláncokat kapcsol hozzájuk –, majd membránba csomagolva a felhasználási helyre juttatja (10.3. ábra). Így kerülnek helyükre az épülő sejthártya membránfehérjéi, vagy a *lizoszómák* segítségével lebontásra kerülő fehérjék a sejten kívülre. A lizoszómák olyan membránnal határolt hólyagocskák a sejtben, amelyek lebontó enzimeket tartalmaznak. Egyes lizoszómák a sejtbe került anyagokat bontják le enzimeikkel. Más típusuk a sejt saját anyagait bontó enzimeket tartalmaz. Ezek végzik a feleslegessé vált sejtalkotók vagy különböző sejt-törmelékek lebontását. A különböző oldott anyagok aktív és passzív transzportja mellett makromolekulák, illetve még azoknál is nagyobb szilárd vagy folyékony részecskék is szállítódnak a sejthártyán keresztül. Mindkét esetben a sejt belsejébe történő bekebelezésről van szó, ezért nevezzük a folyamatot **endocitózisnak** (10.4. ábra). Ennek során a részecskéket a membrán egy részlete fokozatosan körülveszi és membránhólyagba zárja. Ez, leszakadva az összehúzódó membránról, bekerül a sejt belsejébe. A bekebelezett részecskék lebontása után a felhasználható molekulák a sejtplazmába jutnak, a visszamaradó rész a sejthártyán keresztül kiürül. Ez, az előbbivel ellentétes irányú folyamat, az **exocitózis**.



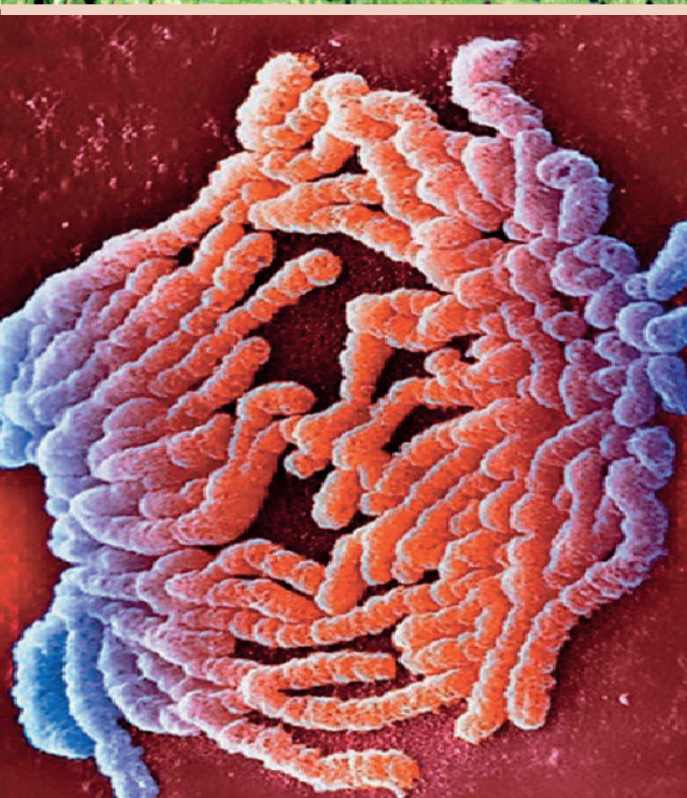
10.4. ábra. A lizoszómák működése, valamint az endocitózis és az exocitózis folyamata

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a transzportfolyamatok lényege, és milyen anyagok juthatnak keresztül a membránon?
- 2 Mi jellemzi a sejtmembránon keresztül lejátszódó aktívtranszport-folyamatokat?
- 3 Mit nevezünk passzív transzportnak, és mely anyagok jutnak így a sejt belsejébe?
- 4 Hasonlítsd össze a diffúziót és az ozmózis folyamatát! Miben tér el, és miben egyezik meg a két jelenség?

11. lecke

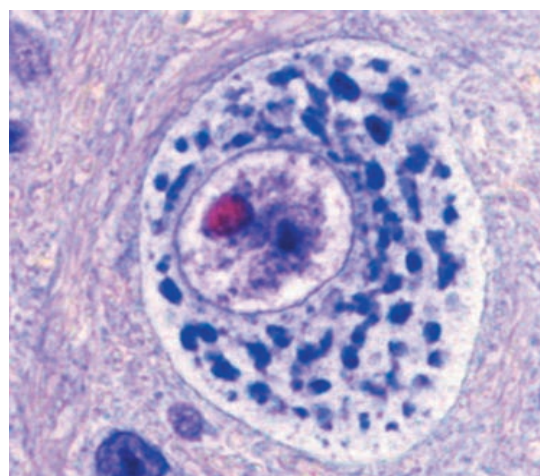
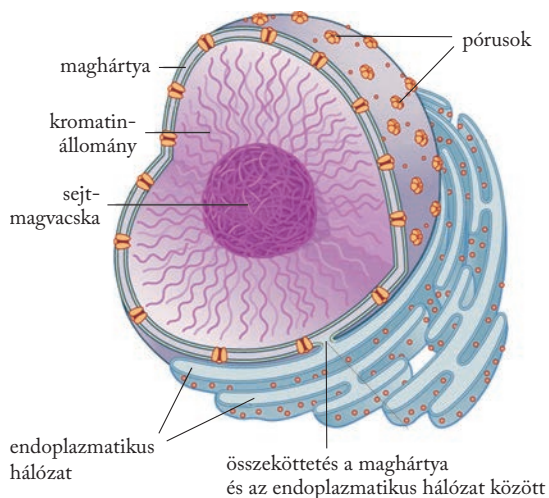
A sejtmag



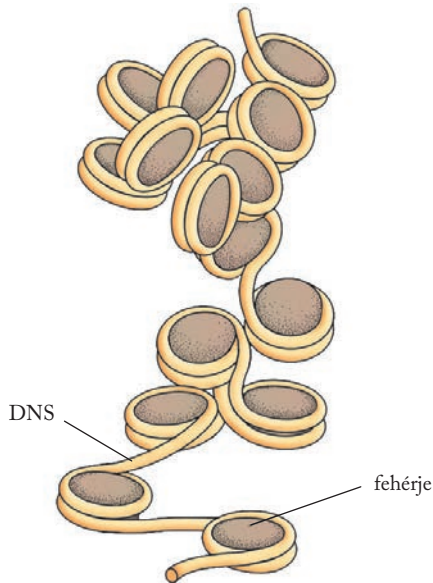
A sejt irányítója, a sejtmag

Az eukarióta élőlények jellemző sejtalkotója a **sejtmag** (11.1. ábra). Rendszerint gömb vagy lencse alakú. A legtöbb sejt egyetlen sejtmagot tartalmaz, de vannak kétmagvú, illetve többmagvú sejtek is. A sejtmagot a maghártya választja el a sejtplazmától. A maghártyát két membránréteg alkotja, amelyből a külső közvetlen kapcsolatban áll az endoplazmatikus membránnal. Rajta számtalan riboszóma található. Elektronmikroszkópos felvételen jól láthatók a maghártyát teljes keresztmetszetében átérő *pórusok*. A sejtmag és a sejtplazma között ezeken a pórusokon keresztül történik a fehérjék és a nukleinsavak anyagforgalma.

A sejtmag belsejében jól elkülöníthető egységet képez a *magvacska*. Benne RNS-molekulák szintetizálódnak, valamint a riboszómákat alkotó fehérjék. A sejtmag belsejét a *magvacskaplazma* tölti



11.1. ábra. A sejtmag felépítése és elektronmikroszkópos képe



11.2. ábra. Egy kromatin felépítésének részlete

ki, amely túlnyomórészt nukleinsavak és fehérjék makromolekuláit, illetve ezek építőegységeit, valamint vízben oldott különböző ionokat tartalmaz. Ebből a DNS-molekulák és a hozzájuk kapcsolódó fehérjék együttes állományát *kromatinnak* (11.2. ábra) nevezzük.

Nézz utána, hogy ki jelezte elsőként, hogy a sejtplazmában egy jól körülhatárolt rész, úgynevezett mag van!

Sejtmag vizsgálata fénymikroszkópban

Anyagok és eszközök: vöröshagyma, Lugol-oldat, mikroszkóp, tárgylemez, fedőlemez, csipesz, olló

Végrehajtás: Vöröshagyma buroklevelének külső rétegét húzzuk le csipesszel, majd kis darabot vágjunk ki belőle, és helyezzük tárgylemezre! Cseppentsünk rá egy csepp Lugol-oldatot!

- Figyeljük meg a barnásra festődött sejtmagot! Készítsünk rajzot a látottakról!

A kromoszóma

A kromatinállomány a sejt működésének egyes szakaszaiban jól elkülöníthető, tömör testekké áll össze. Ez a megjelenési forma a **kromoszóma** (11.3. ábra). A görög eredetű szóösszetételben a *kromo-* színt, a *-szóma* pedig testet jelent. Az elnevezés a jól festődő tulajdonságára utal. A sejt-



11.3. ábra. Egy kromoszóma elektronmikroszkópos képe

tani kutatások kezdetén ugyanis festett, fénymikroszkópos készítményekben tanulmányozták a kromoszómákat. Bár a prokarióta sejtekben nincs sejtmag, de maganyaguk tartalmaz DNS-molekulát. Ez kör alakú zárt formába rendeződik, amelyhez nem kapcsolódnak fehérjék, így nem beszélhetünk kromoszómáról. A DNS-ből és fehérjékből álló, bonyolult felépítésű kromoszómák csak az eukarióta sejtekre jellemzők. Míg a prokarióták maganyaga általában egyetlen DNS-molekulát tartalmaz, az eukarióták egy-egy sejtjében több kromoszóma található. A különböző élőlények esetében meglehetősen széles határok között mozoghat ez a szám. Van olyan féreg, amelynek egy sejtjében 2 kromoszóma van csak, ugyanakkor ismerünk olyan lepkét, amelynek sejtjében 380 kromoszóma található. Az ember testét felépítő sejtekből egynek a teljes kromoszómakészlete 46 kromoszómát tartalmaz. A kromoszómákban lévő DNS mennyisége is igen változó. A DNS teljes hossza az élesztőgomba egy sejtmagjában 12 milliméter, ugyanez a házi tyúkban 65 centiméter, az emberben pedig eléri a 2 métert.

Gyűjts adatokat az egyes gazdasági növények kromoszómaszámáról!

A sejt kromoszómáinak DNS-molekulái tárolják azt az információt, ami a sejt anyagainak felépítéséhez és a sejt működtetéséhez szükséges. A DNS megkettőződése és a sejt osztódásának folyamata teszi lehetővé, hogy ez az információ továbbkerüljön az utódsejtekbe. A sejtek kromozó-

maszáma jellemző az egyes fajokra. A sejt összes kromoszómája a kromoszómaszerelvény. Azt, hogy a sejtosztódás során a kiindulási és az utódsejt is azonos kromoszómaszámmal rendelkezzen, a sejtosztódás egyik típusa, a *mitózis* biztosítja: ha az ember testét felépítő sejtek mitózissal osztódnak, az utódsejtek kromoszómaszáma szintén 46 lesz. A mitózissal történő sejtosztódás során tehát olyan utódsejtek keletkeznek, amelyekben ugyanannyi a kromoszómák száma, mint a kiindulási sejtben volt.

Megtermékenyítéskor a szülői **ivarsejtek** – az apa hímivarsejtje és az anya petesejtje – egyesülnek egymással, és létrejön a megtermékenyített petesejt, vagy más néven a **zigóta**. Ez egy apai és egy anyai eredetű kromoszómaszerelvényt tartalmaz, amely az illető faj **testi sejtjeire** jellemző kromo-

szószámának felel meg. Ez csak úgy lehetséges, hogy az ivarsejtek eleve feleannyi kromoszómát tartalmaznak, mint a testi sejtek, vagyis **haploid** sejtek, kromoszómaszámuk jelölése: **n**. A *haploosz* szó görög eredetű, egyedülállót, magányost jelent. Az ember hímivarsejtje és petesejtje egyaránt csak 23–23 kromoszómában tárolja a teljes genetikaiinformáció-állományt. A két haploid ivarsejt egyesülése után jön létre a testi sejtekre jellemző kétszeres, vagyis **diploid** kromoszómaszám, amelynek jelölése: **2n**.

A haploid sejtek keletkezéséhez olyan sejt osztódási folyamat vezet, amelynek során a kiindulási diploid sejtek kromoszómaszáma az utódsejtben a felére csökken. Ez a sejtosztódási folyamat a *meiózis*. A következő leckében részletesebben is tanulunk róla.

A kromoszómák felfedezése

A kromoszómákról a svájci Carl Wilhelm von Nägeli (1817–1891) 1842-ben – alig huszonöt évesen – számolt be először. Nemcsak leírta, le is rajzolta a sejtben lévő érdekes képződményeket, amelyeket citoblasztnak nevezett el. A sors furcsa fintora, hogy Nägeli már a müncheni egyetem professzoraként nem ismerte fel egy brünni szerzetes, Georg Mendel (1822–1884) *Kísérletek növényhibridekkel* című dolgozatának jelentőségét. Nemcsak közölni nem akarta, de meglehetősen lekezelően nyilatkozott róla. Fel sem merült benne, hogy az általa leírt citoblasztok és Mendel kissé homályosan megfogalmazott „öröklődési faktori” között bármiféle kapcsolat lehet, és összefüggésbe hozható saját korábbi felfedezése az öröklődéssel.

Nem sokkal később, 1849-ben Wilhelm Benedikt Hofmeister (1824–1877) német biológus szintén megfigyelte őket. Arról írt, hogy a növényi sejtek osztódásakor a sejtmag megszűnik, mert fonalszerű vékony képződményekre esik szét. Nagy hatással volt rá, amit látott, és elhatározta, hogy kikutatja a jelenség lényegét és jelentőségét. Évtizedeken keresztül tanulmányozta az osztódó sejteket, és 1867-ben jutott el a mitózis legfontosabb lépéseinek a leírásáig.

Olvasmány



11.4. ábra. Wilhelm Benedikt Hofmeister

Kérdések és feladatok

- 1 Ismertesd a sejtmag felépítését! Mely részekre különíthető el az elektronmikroszkópos felvételek alapján?
- 2 Van-e különbség a kromatinállomány és a kromoszóma között, és ha igen mi?
- 3 Mi a sejtthártyán megfigyelhető pórusok szerepe a sejtmag működésében?
- 4 Hasonlítsd össze az ember testi és ivarsejtjeinek kromoszómaszámát!

12. lecke

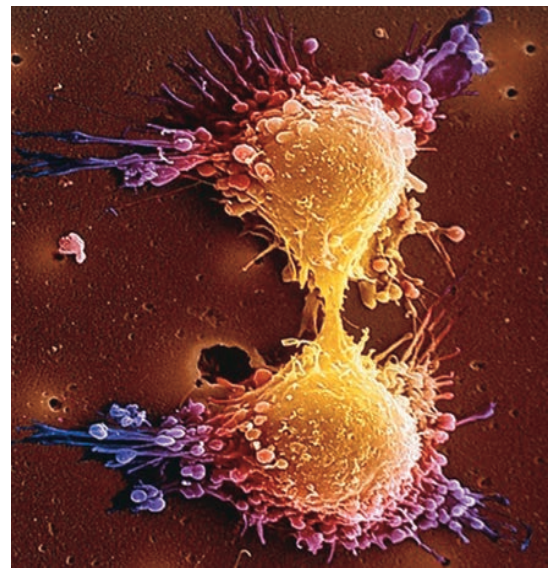
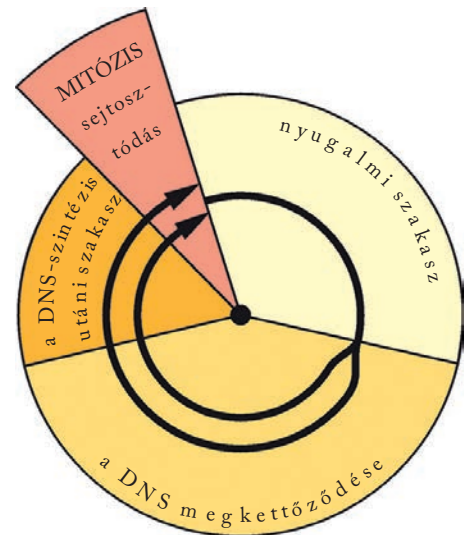
A sejtciklus és sejtosztódás

A sejtciklus

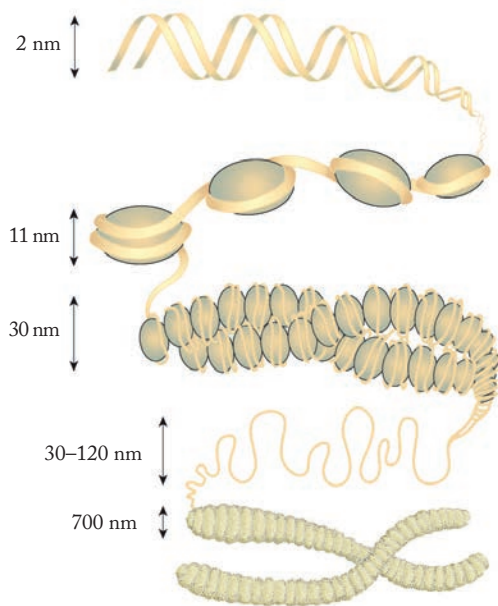
A **sejtciklus** a sejtek keletkezésének folyamata. A létrejött sejtek vagy állandósulnak, és akkor már tovább nem osztódnak, vagy újra osztódnak. Az osztódó sejt élete tehát osztódással ér véget (12.2. ábra).

Keress az interneten sejtosztódási folyamatokat bemutató animációkat! Ismerkedj velük előzetesen!

A sejtciklus első szakasza egy hosszabb-rövidebb ideig tartó *nyugalmi szakasz*, amelyben RNS-szintézis folyik, és néhány enzimfehérje képződik. A rendszeresen osztódó sejtek, mint például a gyö-



12.1. ábra. A sejtciklus szakaszai és az osztódó sejtek elektronmikroszkópos képe



12.2. ábra. A kromoszóma kialakulása

kércsűcs sejtjei csak néhány órát töltenek ebben az állapotban. A következő lépés az örökítőanyag *megkettőződésének szakasza*, amely a sejtciklus teljes időtartamának közel felét veszi igénybe. A DNS szintéziséen kívül ebben a szakaszban épülnek fel a DNS-hez kapcsolódó fehérjék is. Ezzel kialakul a sejt megkettőződött kromoszómaállománya (12.2. ábra).

A *DNS szintézise utáni szakasz* csak rövid ideig tart, majd következik a sejtosztódás, amely általában egy-két óra alatt lezajszódik. Ennek során két-felé válnak a kromoszómák, majd kettéosztódik a sejt, és a keletkezett két utódsejt újra nyugalmi szakaszba kerül.

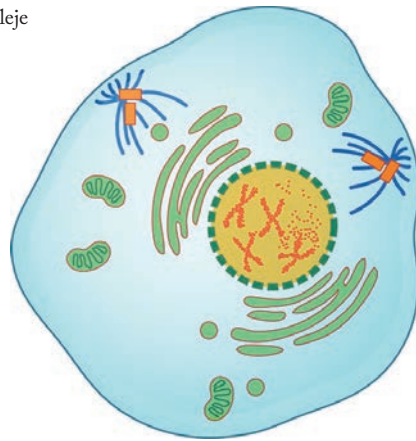
A mitózis

Ha a **sejtosztódás** során olyan utódsejtek jönnek létre, amelyekben ugyanannyi a kromoszómák száma, mint a kiindulási sejtben volt, akkor **mitózisról** beszélünk (12.3. ábra).

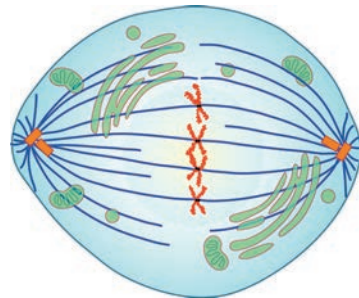
■ Nézz utána, honnan ered a *mitózis* elnevezés!

A mitózis során a sejtmag megkettőződött kromatinállománya fénymikroszkópban is jól látható, tömör szerkezetű *kromoszómákká* alakul át. Láttuk, hogy a sejt kromoszómakészletének egyik fele apai, másik fele anyai eredetű. A két különböző eredetű sorozat egymásnak megfelelő tag-

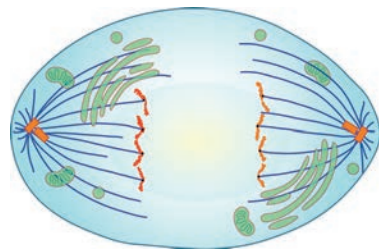
előszakasz eleje



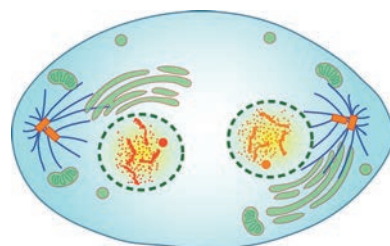
középszakasz



utószakasz



végszakasz



12.3. ábra. A mitózis folyamata

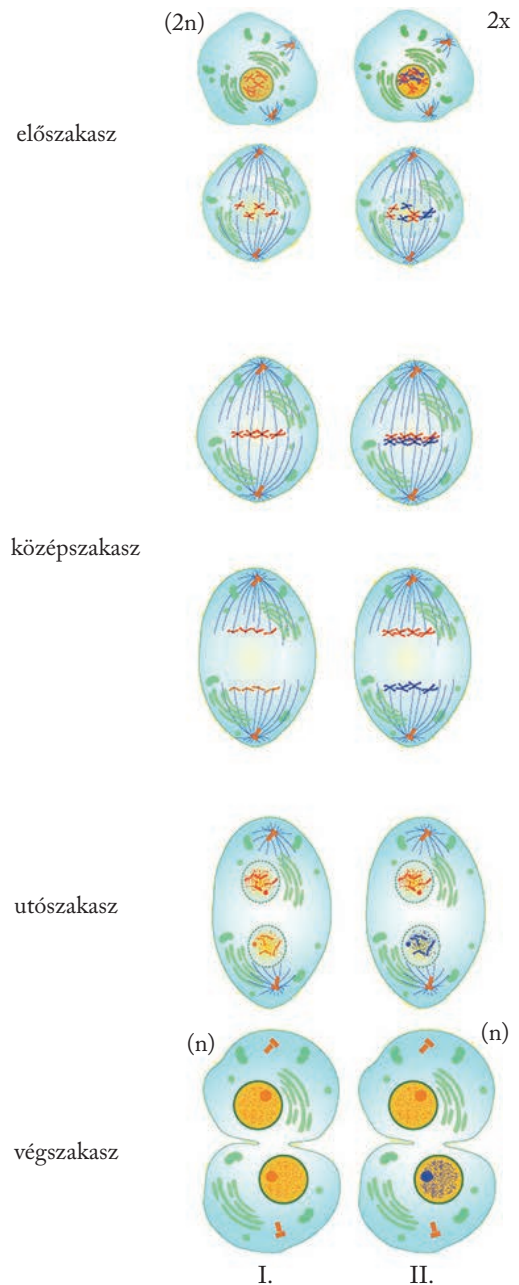
jai homológ párokat alkotnak. A kromoszómákon felismerhetők az egymástól majd elváló *kromatidák*. A kromatidapárok a *befűződésben* kapcsolódnak egymáshoz. A mitózis során a maghártya felbomlik, majd a sejt két pólusa között a sejtplazma fehérjéiből igen vékony *húzófonalak* képződnek. A húzófonalakhoz kapcsolódnak a befűződés helyén a sejt középső síkjába rendeződő kromoszómák. Ezt követően a befűződésnél szétválnak egymástól a kromatidák, és a húzófonalak mentén a sejt két ellenkező pólusa felé vándorolnak. Odaérkezve a kromoszómaformából visszaalakulnak kromatinállománnyá, majd kialakulnak az új sejtmagok. A sejtmagok körül új maghártya képződik, és a két sejt elkülönülése is megkezdődik. A sejtosztódás befejezéseként membránelemekből sejt-hártya épül fel a kialakuló két utódsejt között.

A meiózis

A **meiózis** (12.4. ábra) folyamata a mitózishoz hasonlóan szintén a sejtciklus része. A sejtciklusban megkettőződött DNS-állományból a meiózisban is kialakulnak a kromoszómák. A homológ párok a meiózis folyamatának kezdetén igen közel kerülnek egymáshoz, és *szorosan összetapadnak*. Így négy kromatidából álló kromoszómapárt alkotnak. Ezután a párosodott homológ kromoszómák fokozatosan eltávolodnak egymástól. Gyakran előfordulhat azonban az, hogy néhány helyen továbbra is összetapadva maradnak. A két kromoszóma a tapadási pontokon kromatidáikkal átkereszteződik, és egyes szakaszaik kicserélődnek egymással. Ennek következtében egyetlen kromoszómán belül apai és anyai eredetű részletek is egymás mellé kerülnek, a kromoszómák rekombinálódtak. Ez az *átkereszteződés folyamata*.

■ Mi az átkereszteződés genetikai jelentősége?

Ezután az új összetételű homológ kromoszómák a sejt középső síkjába rendeződnek, majd a kromoszómapárok egymástól elválva a sejt két ellenkező pólusa felé vándorolnak. A kialakult két utódsejt a DNS újabb megkettőződése nélkül tovább osztódik, aminek végeredménye *négy utódsejt* lesz, amelyek mindegyike a kiindulási sejthez képest *feleannyi kromoszómaszámmal* rendelkezik. Hímivarú egyedekben mind a négy utódsejt működőképes lesz, míg a nőivarúakban az utódsejtek közül általában csak egy marad meg petesejtnek.



12.4. ábra. A meiózisban a homológ kromoszómák szoros kapcsolata lehetővé teszi az átkereszteződés folyamatát

Sejtosztódás vizsgálata

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, preparátumok

Végrehajtás: Vizsgáljunk mikroszkópos preparátumon meiózist és mitózist!

- Keressünk az osztódás különböző fázisaiban lévő sejteket! Hasonlítsuk össze őket egymással!

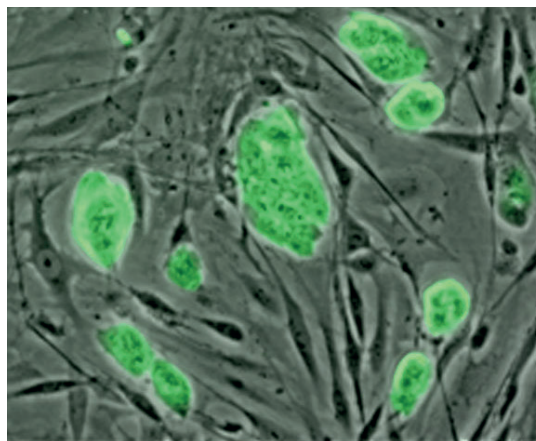
A sejtek pusztulása

Az osztódás a sejt egyedi életének a végét is jelenti. A sejtek nem csak keletkeznek, el is pusztulnak. Ha a sejt nem osztódik tovább, elpusztulhat betegség, sérülés stb. következtében. A folyamat a **nekrozis**, amely során a sejt roncsolódik, anyagai kiszabadulnak a sejtéből. A sejtek halála azonban lehet természetes is, amely genetikai program szerint megy végbe. A folyamat az **apoptózis**. A bélhámsejtek például csak néhány napig élnek, a vörösvérsejtek három hónapig. Az így elhaló sejtek vizet veszítenek, összehúzódnak, sejtmembránjuk azonban nem hasad fel. A programozott sejthalál kutatása új lehetőségeket teremt az orvostudomány számára, hiszen egyes megbetegedések során a sejtek nem pusztulnak el, bár szükséges lenne (pl. a tumorok esetében), más esetekben pedig hamarabb vesztik el működőképességüket a kelleténél (pl. Alzheimer-kór, AIDS).

■ Nézz utána kik, és mikor kaptak Nobel-díjat az apoptózis felismeréséért!

Az őssejtek

Különleges osztódóképes sejtek az őssejtek (12.5. ábra) Még el nem kötelezett, **multipotens** sejtek, ugyanis osztódásukat követően sokféle sejté tudnak differenciálódni. Őssejtek az embrionális sejtek, amelyek még bármilyen sejtípust képesek létrehozni, de őssejtek találhatóak a felnőtt szervezetekben is. Napjainkban már megvan a lehetőség ezeknek a sejt kultúrákban történő tenyésztésére, és az orvostudomány terápiás alkalmazásukat kutatja.



12.5. ábra. Őssejtek

Zavar a sejtosztódásban

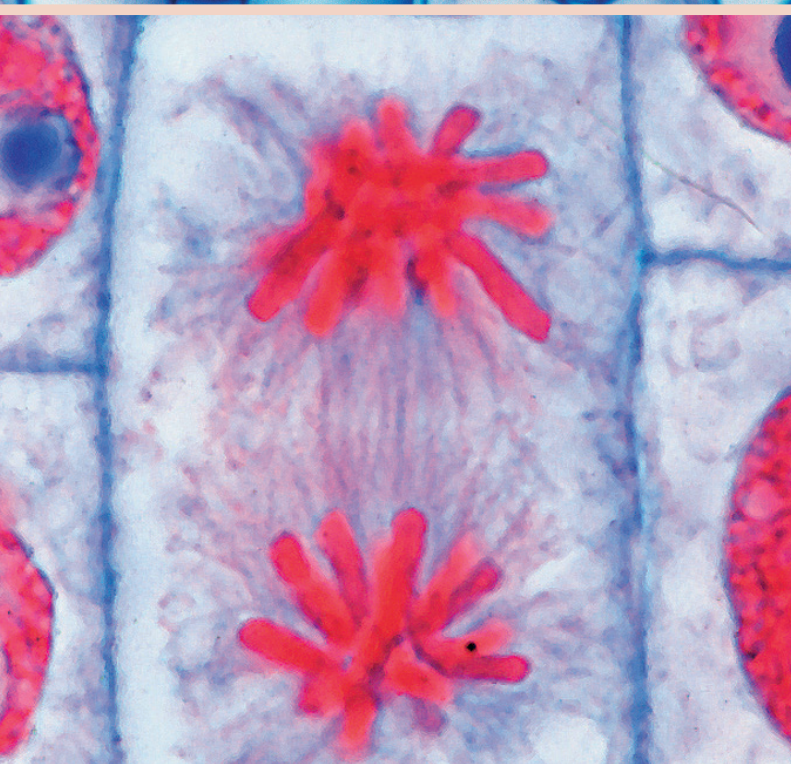
A sejtosztódás szabályozási zavarára vezethetők vissza a daganatképződéssel járó rákbetegségek. A sejtek kontroll nélküli elszaporodását a szervezet örökítőanyagában bekövetkező különböző hibák eredményezik. Ezeket a rendellenességeket az örökítőanyagot javító enzimek – amelyek ellenőrzés alatt tartják a örökítőanyag megkettőződésének folyamatát – az egészséges szervezetben helyreállítják. A betegség csak akkor lép fel, ha ez a mechanizmus nem megfelelő módon vagy mértékben működik, aminek ugyancsak több oka lehet. Az örökítőanyag hibáinak oka lehet a szervezeten belüli, spontán változás a DNS-ben, másolási vagy osztódási hiba, de bekövetkezhet külső okok miatt is. Ilyenek lehetnek egyes sugárzások – például a röntgensugárzás vagy a radioaktív sugárzás – és egyes vegyi anyagok is lehetnek rákkeltőek. Néhány, korábban elterjedten használt permetezőszerről is kiderült, hogy rákkeltő hatású.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a sejtciklus lényege, és milyen szakaszokra osztható fel? Mi jellemző a szakaszokra?
- 2 Ismertesd a mitózis folyamatát, és az egyes fázisaira jellemző változásokat!
- 3 Mi a sejthártya pórusainak szerepe a sejtek transzportfolyamataiban?
- 4 Csupán a homológ kromoszómák független szétválását figyelembe véve egy emberi ivarsejt hányféle genetikai kombinációban készülhet el?

13. lecke

A növények szövetei

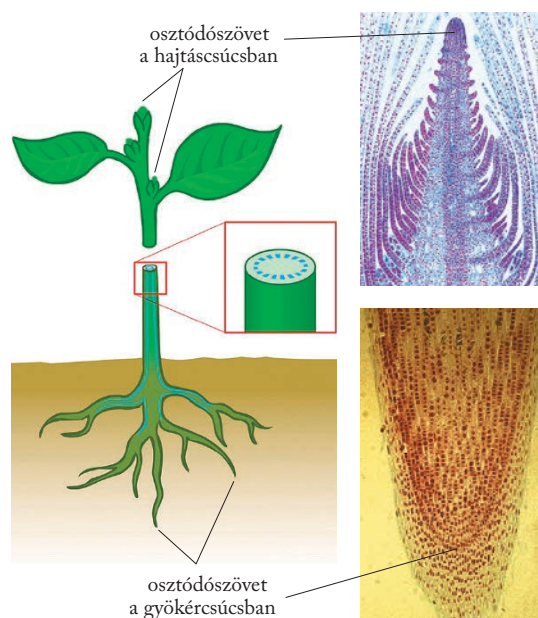


A sejtől a szövetig

Az egysejtű élőlények összes életműködését, beleértve az osztódás során az utódsejtek létrehozását is, egyetlen sejt végzi. A többsejtű élőlények is egyetlen sejtből, a megtermékenyített petesejtből fejlődnek ki. De testük egy-egy sejtje már csak a többi sejtrel kölcsönhatásban, velük együtt képes a működésre. Az egyedfejlődés során az egyes sejtek eredeti működése mindinkább beszűkül, és végül csak bizonyos részfeladatokat képesek ellátni. A hasonló felépítésű és azonos működést ellátó, közös eredetű sejtek összessége a **szövet**.

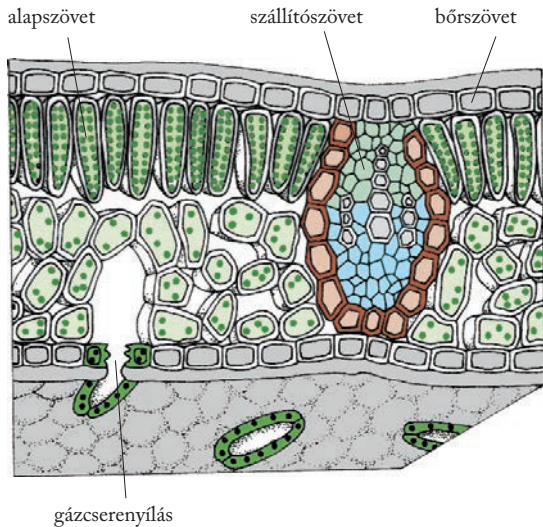
Az osztódószövet

A növények és az állatok közötti különbség egyik jelensége, hogy a növény teste egész élete alatt növekszik. Ezért hívjuk növekvő lénynek, vagyis növénynek. Ennek oka, hogy a növényben olyan sejtek is vannak, amelyek a növény teljes élettartamára megőrzik osztódóképességüket. Ezek a sejtek alkotják a növények **osztódószöveget** (13.1. ábra). Az osztódószövet sejtjei vékony falúak, sejtmagjuk nagy. Az osztódásuk eredményeképpen létrejövő sejtek viszont nem osztódnak tovább, **állandósult szövetek** (13.2. ábra) sejtjei lesznek belőlük. A hajtás és a gyökér *hosszirányú növekedésében* a csúcsok osztódószöveite játszanak szerepet. Az



13.1. ábra. Az osztódószövetek elhelyezkedése a növényben

itt működő sejtek közül egyesek mint kezdősejtek kezdeményezik, majd továbbirányítják az osztódást. A növényi szervek oldalával párhuzamosan is kialakulnak osztódószövetek. Ezek a növények *vastagodását előidéző kambiumok*. Ugyancsak az osztódószövetek működésének eredménye a hajtás



13.2. ábra. Állandósult szövetek a levélben

Osztódó szövet vizsgálata gyökércsúcs hosszmetzeti képén

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, tárgylemez, fedőlemez, borotva, cseppentő, ecset, óraüvegek, savas hematoxilin-oldat, 50%-os etanol-oldat, desztillált víz, csíráztatott mustármagok

Vizsgálat: Csíráztatott mustármag gyökerének végéből készítsünk vékony keresztmetszeteket! A metszeteket tegyük óraüvegre, majd cseppentsünk rájuk annyi 50%-os etanolt, hogy fedve legyenek! Egy-két perc elteltével finom ecsettel vegyük ki őket, és tegyük át egy másik óraüvegre, és azon áztassuk őket 5 percig savas hematoxilin-oldatban! Az idő elteltével öblítsük át a megfestett preparátumot újra az alkohol-oldattal, majd tegyük tárgylemezre, és fedjük le egy csepp vízben! Közepes nagyítás mellett fénymikroszkópban vizsgáljuk!

- Figyeljük meg a preparátum csúcsi részén elhelyezkedő gyökérsüveget! Készítsünk róla rajzot, és röviden jellemezzük!
- Tanulmányozzuk a gyökérsüveg alatt levő osztódószövet sejtjeit! Jellemezzük őket röviden.

szártagjainak megnyúlása, azaz a *köztes növekedés*, például a pázsitfűvek szárában. A csúcsnövekedés befejeződése után köztes növekedés figyelhető meg a levelek, virágok, termések formájának kialakulása során is.

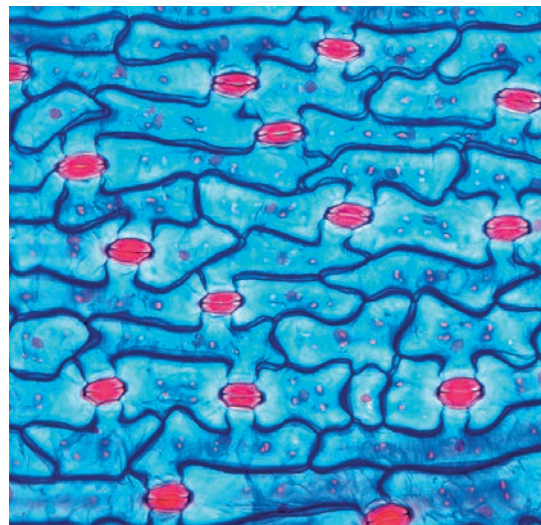
A bőrszövet

Az állandósult szövetek közül a növények **bőrszövetei** a hajtásos növények adott évben kialakult szerveit fedik. Szerepük a növény elhatárolása és védelme, de egyben a külvilággal való kapcsolat fenntartása is (13.3. ábra).

A *hajtás bőrszövetének* védőszerepét a sejtek szoros összekapcsolódása és a sejtek külső falára kiválasztott *kutikula* erősíti. A kutikula zsírszerű védőréteg, igen ellenálló a kémiai behatásokkal szemben. Ennek felületére egyes esetekben még viasz is felhalmozódhat, többé-kevésbé összefüggő bevonatot alkotva. A lucfenyő levélfonákának ezüstös csillogása vagy a szilva és az alma hamvasága ilyen viaszbevonat.

A bőrszövet sejtjeiből igen gyakran *szőrök* fejlődnek. Jelenlétük csökkenti a növény testfelületének párologtatását, és védi a növényt az ártalmas környezeti hatásoktól.

A hajtás bőrszövetében *gázcsere nyílások* találhatóak. A nyílást többnyire két, babszem alakú zárósejt veszi körül, amelyekben szintestek vannak. A bőrszövet többi sejtjében nincsenek szintestek, így a növények színét az átlátszó bőrszövet alatti



13.3. ábra. A bőrszövet sejtjei úgy illeszkednek egymáshoz, mint a kirakós játék darabkái. A hullámos sejtfalak nagyobb felületen tudnak összekapcsolódni

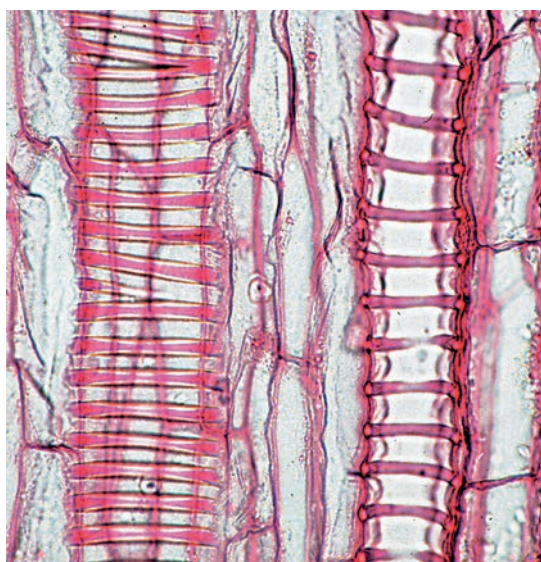
rétegben található szintestek okozzák. A gázcsere-nyílások elsősorban a külső légtérből való szén-dioxid felvételét, illetve a növény belsejéből a vízgőz leadását teszik lehetővé.

A *gyökér bőrszövetén* nem találhatók gázcsere-nyílások, és nem védi kívülről kutikularéteg sem. Viszont jellemző rá a sok gyökérszőr. A gyökérszőrök a bőrszöveti sejtek nyúlványai. Nagy számuk jelentősen növeli a gyökér vízfelvevő felületét. A hajtásos növények elsősorban rajtuk keresztül veszik fel a vizet és a vízben oldott sókat.

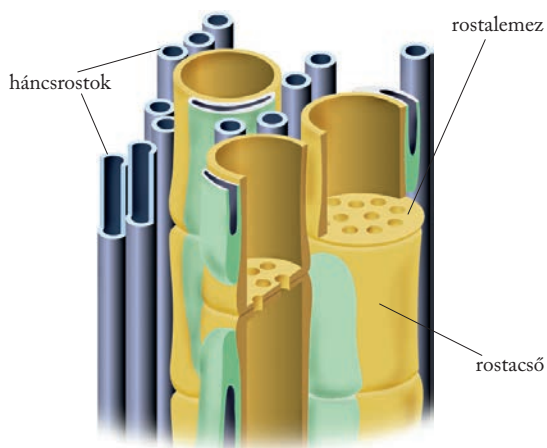
A szállítószövetek

A hajtásos növények testében az anyagok nagyobb távolságra való szállítását a **szállítószövetek** végzik.

Felépítésükre két fő alkotórész jellemző. Az egyik a vizet és a benne oldott sókat szállító *farész*. Elhalt vízszállító sejtekből és vízszállító csövekből épül fel (13.4. ábra). A vízszállító sejtek hosszú-nyúltak, orsó alakúak. Egymáshoz kapcsolódó végeiket lukacsos harántfalak választják el, amelyeken könnyen áthaladhat az áramló víz. Az evolúció során a vízszállító sejtek továbbfejlődéséből a harántfalak eltűnésével összefüggő vízszállító csövek is kifejlődtek. Mindkét típusra jellemző, hogy szilárdságukat elfásodott sejtfallvasztagodások fokozzák, ezért nem nyomódnak össze.



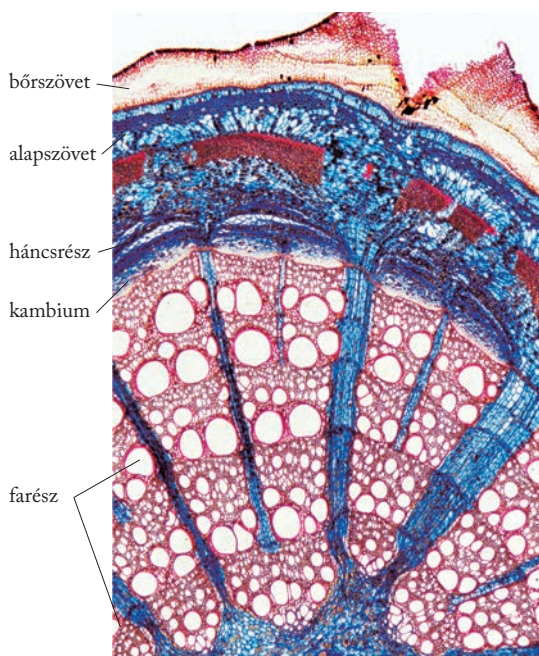
13.4. ábra. A farész fénymikroszkóppal készült metszeten a vízszállító csövek belsejében szilárdító sejtfallvasztagodások láthatók



13.5. ábra. A háncsrész a szerves anyagok szállítója

A szállítószövetek másik alkotója a *háncsrész*. Ebben továbbítódnak a növény által termelt szerves vegyületek (13.5. ábra). Fő szállítóelemei az élő, plazmadús rostasejtek és rostacsövek. Több sejt egyesüléséből keletkeznek, amelyek érintkező harántfalai lukacsosak.

A szállítószövetek elemei csak ritkán fordulnak elő magányosan. Általában kötegekbe csoportosulva *szállítónyalábokat* alkotnak. A szállítónyalábokban farész, háncsrész vagy mindkettő megtalálható. Az utóbbi egyes típusaiban a fa- és a háncsrész között egy osztódószövet, a kambium is elhelyezkedik. A fiatal fás szárban ez még követhető (13.6. ábra).

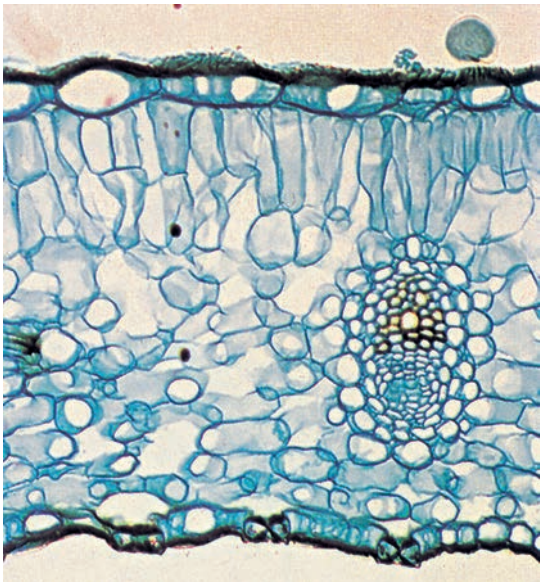


13.6. ábra. Fiatal fás szár keresztmetszetének részlete

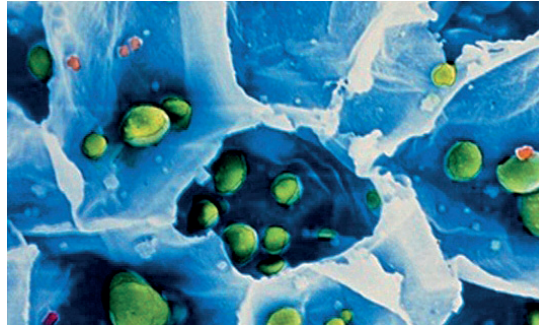
Az alapszövetek

A növényi test legnagyobb részét **alapszövetek** alkotják. A *táplálékkészítő alapszövet* olyan sejtekből áll, amelyekben nagyon sok zöld színtest van. Tipikus formáit a levél belsejében találjuk (13.7. ábra). Bennük zajlik a fotoszintetikus szervesanyag-építés. A *raktározó alapszövetek* tartalék tápanyagokat, szénhidrátokat, fehérjéket, zsírokat halmoznak fel (13.8. ábra). Elsősorban a magokban, a fénytől elzárt növényrészekben, például gyökerekben, gumókban találhatóak. A szárazföldi növények szárának megtartását a *szilárdító alapszövetek* végzik. Közös jellemzőjük, hogy sejtfaik erőteljesen megvastagszik. Többnyire hosszúra nyúlt szilárdítórostokat alkotnak a növények szárában.

Nézz utána, mely ipari növényeinket használjuk fel erős szilárdítószövet-tartalmuk miatt!



13.7. ábra. A levél felső bőrszövege alatt helyezkedik el a táplálékkészítő alapszövet



13.8. ábra. A burgonyagumó raktározott keményítőszemcséket tartalmaz

Kristályzárványok vizsgálata burgonyagumó raktározó alapszövetében

A burgonyagumó raktározó alapszövetének sejtjei nagy mennyiségben tartalmaznak tartalék tápanyagként keményítőt jellegzetes alakú zárványok formájában.

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, tárgylemez, fedőlemez, szike, lándzsatű, víz, Lugol-oldat, szűrőpapír, cseppentő

Végrehajtás: Vágjunk le szikével egy burgonyagumóból egy kis darabkát! Ezt követően ebből a darabból lándzsatű segítségével a tárgylemezen készítsünk kevés kaparékot, majd oszlassuk szét egy csepp vízben! Fedjük le a készítményt fedőlemezzel, és vizsgáljuk meg fénymikroszkópban közepes nagyítás mellett! Figyeljük meg jól a keményítőzárványok alakját! Ezután cseppentsünk a fedőlemez elé a tárgylemezre egy csepp Lugol-oldatot, és a szűrőpapír segítségével szívassuk át a fedőlemez alatt! Közben figyeljük meg a fénymikroszkópban a bekövetkező változásokat!

- Készítsünk rajzot a keményítőzárványokról! Mit tapasztaltunk a Lugol-oldattal történő át-szívást követően?

Kérdések és feladatok

- 1 Fogalmazd meg a jellemzők felsorolásával, hogy mit nevezünk szövetnek!
- 2 Mely csoportokba soroljuk a növényi szöveteket?
- 3 Sorold fel a bőrszövet legfontosabb jellemzőit! Milyen sejt típusokat figyelhetünk meg benne?
- 4 Milyen alapszövet típusokat ismerünk, és mi a biológiai működésük?

14. lecke

A növények önfenntartó szerveinek felépítése és működése



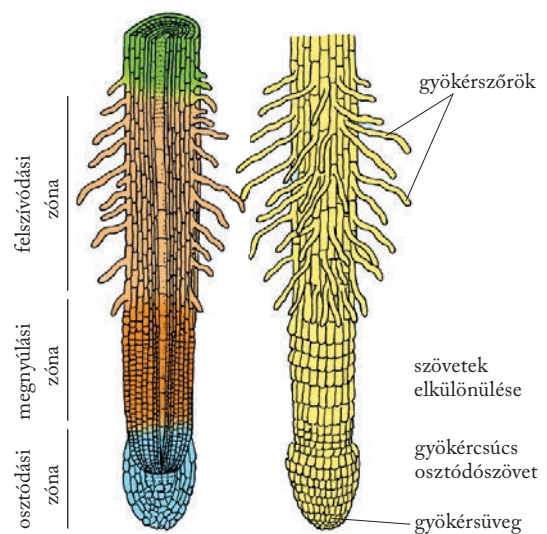
A növények szervei

A növények életműködéseit a növényi szövetekből szerveződött **növényi szervek** látják el. Két csoportba soroljuk őket, az **önfenntartó** és a **fajfenntartó** szervek csoportjaiba. Önfenntartó szerv a *gyökér*, a *szár* és a *levél*, fajfenntartó szerv a *virág* és a *termés*.

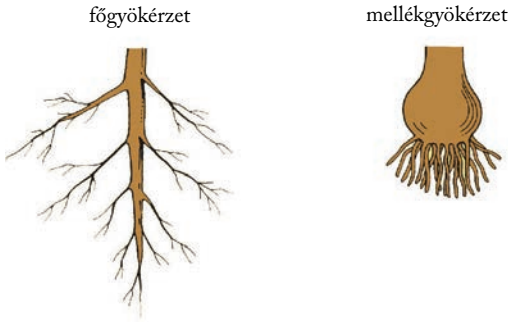
A gyökér

A **gyökér** a csíra gyököcskéjéből indul fejlődésnek. Egyes esetekben a növények szerveiből is fejlődhet gyökér. Ezek a *járadékos gyökerek*. Ilyenek a kukorica pányvázógyökerei, amelyek a szárból fejlődnek. A gyökér rögzíti a növényt a talajban, felveszi a vizet és a vízben oldott sókat és azokat továbbítja a szár felé. Szöveti felépítése és működése alapján a gyökér jól elkülönülő zónákra tagolható (14.1. ábra). Csúcsi része a *tenyészőkúp*, amely osztódószövetből áll, és amelyet a *gyökérsüveg* nyálkás sejtjei védenek a talajban. Az osztódószövetet egy *megnyúlási zóna* követi, itt a legerőteljesebb a gyökér növekedése. A megnyúlási zóna után elhelyezkedő *felszívási zóna* végzi a tápanyag és vízfelvételt, a felszínét sűrűn borító *gyökérszőrők* segítségével. A felvett anyagok a *szállítási zóna* szállítónyalábjai továbbítják a szár felé. A gyökerek összessége egy növényen a *gyökérzet*.

A gyökérzet két típusát különböztetjük meg, a *főgyökérrendszert* és a *mellégyökérrendszert* (14.2. ábra). A főgyökérrendszer egy erős főgyökérből



14.1. ábra. A gyökér függőleges tagolódása



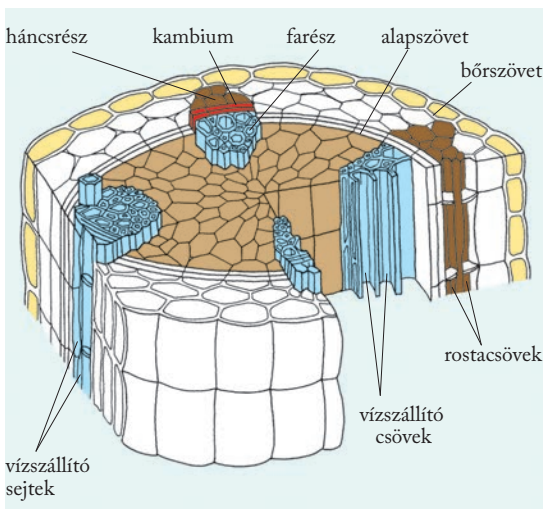
14.2. ábra. A gyökérzet típusai

és ennek az elágazásaiból, az *oldalgyökerekből* áll. Az oldalgyökerekből további vékony elágazások, a *hajszálgyökerek* erednek. Ilyen gyökérzet jellemző a kétszikűekre, például a kocsányos tölgyre és a babra. A mellégyökérrendszer nagyjából azonos méretű *mellégyökerekből* áll, amelyekből szintén erednek hajszálgyökerek. A mellégyökérrendszert bojtos gyökérzetnek is nevezzük. Ilyen gyökérzete van az egyszikűeknek, például a búzának, a tulipánnak.

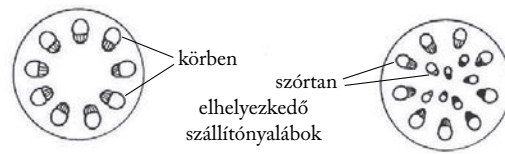
A szár

A hajtás leveles szár (14.3. ábra). Az első a csíra rügyecskéjéből fejlődik, majd az új hatások kezdeményei a *rügyek*. A rügyek lehetnek hajtásrügyek, ezekből leveles szár, a *virágrügyből* virág, a *vegyes rügyből* virágot is hozó leveles szár fejlődik.

A *szár* a növény tengelye. Szövetteni felépítésük alapján lehet a szár *fás*, és *lehet lágú*. Az evolúció során előbb jelent meg a *fás szár*. Ilyenek a törzsre és



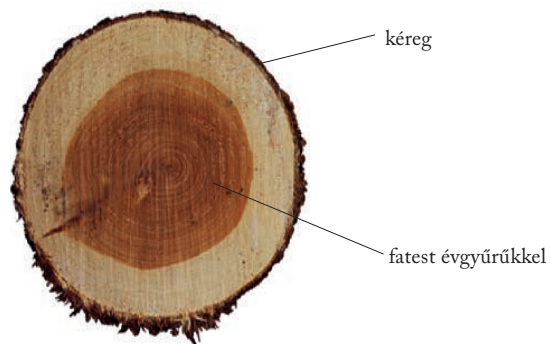
14.3. ábra. A szár felépítése



14.4. ábra. A szállítóyalábok elhelyezkedése a szárban: a kétszikűeknél körben, az egyszikűeknél szórtan

az elágazó koronára tagolódó fák, a talaj felszínén rögtön elágazó cserjék, valamint az elágazás nélküli, tetejükön levélkoronát viselő pálmatorzsek. Időben később alakult ki a *lágú szár*. Ilyen a virágos növények többségére jellemző dudvaszár és a gabonafélék szalmaszára. A lágú szárat kívülről bőrszövet burkolja, belsejét alapszövet tölti ki, ebben találjuk a szállítóyalábokat. Az egyszikűek szárában szórtan (pl. a búza esetében), a kétszikűekben körbe rendeződve (pl. az illatos ibolya szárában) (14.4. ábra.).

A fás szárat kívülről az elhalt bőrszövetből, alapszövetből és háncselemből származó *kéreg* borítja, alatta a működő háncselemből álló néhány mm vastag *háncstest* következik. Még beljebb az egy-két sejtrétegből álló osztódószövet, *kambium* található, legbelül pedig a farész. A kambium osztódásakor a szár központja felé újabb és újabb faelemeket, kifelé újabb háncselemeket hoz létre. Így vastagodik a szár évről évre. A lágú szárú, egyéves kétszikűek szárában a kambium működése a virágzáskor megszűnik. A fás növényekben azonban nem, de működése az évszakokkal változik. Tavasszal újrakezdődik, a nyár vége felé lassul, majd ősszel leáll. Így lesz évente egyre vastagabb a fás növények szára. Tavasszal, a csapadékosabb időszakban tág üregű, világos szállítószöveti elemek keletkeznek, mint nyáron, amikor kevesebb az eső. Így jönnek létre a fatörzs keresztmetszetén a szabad szemmel is jól látható évgűrűk (14.5. ábra.).



14.5. ábra. Fatörzs keresztmetszete

Malpighi kísérlete

Olvasmány

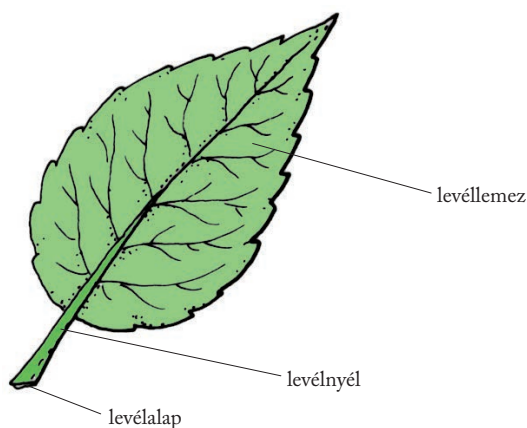
Hogy a növények szervezetében hogyan és milyen irányban mozognak az anyagok arra Marcello Malpighi keresett választ gyűrűzési kísérleteivel. Fialat cserjék hajtásain készített körben gyűrűszerű bemetszéseket. Ha csak a kérget távolította el, a hajtásról, semmiféle változást nem tapasztalt. Ha a kéreggel együtt az alatta lévő sejtsorokat (azaz a háncselemeket) is eltávolította, a hajtás kezdetben még szintén nem mutatott változást. Néhány hónap múlva azonban a gyűrű felett egy jól látható kidudorodás keletkezett. Ha a következő sejtsorokat (a vízszállítást végző faelemeket) is eltávolította, a hajtás elszáradt.

Megfigyelései alapján 1675-ben leírta, hogy a szerves tápanyagok szállítása a hajtás kéreg alatti külső sejtsoraiban, a víz szállítása a lomblevelek irányába pedig, beljebb (a faelemekben) történik. A kidudorodást egyértelműen a növény által készített anyagok felhalmozódásával magyarázta, és leszögezte, hogy a szerves anyagok keletkezésének a helye a lomblevelekben van.

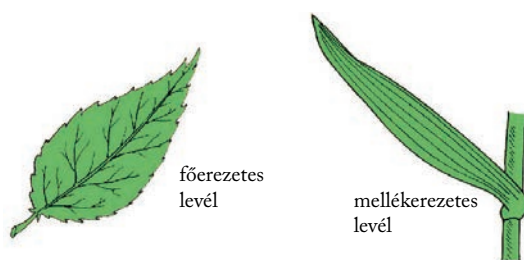
A levél

A **lomblevél** a fotoszintézis, a párologtatás és a gázcseré szerve. A növényvilág fejlődése során azonban számos működés végrehajtására módosultak, lomblevél-eredetűek a virág részei is. Levélnyélből, levéllemezről és levélalaplából áll (14.6. ábra), a levélnyelet levélalaplal kapcsolja a szárhoz. A levélnyel a benne futó szállítóanyag révén ellátja a levél lemezeit vízzel és ásványi sókkal, valamint elszállítja a keletkezett szerves anyagokat belőle. Fontos működése még, hogy a levéllemez a fényviszonyoknak megfelelően a legkedvezőbb helyzetbe állítja.

A levélnyel szállítóanyagja a levéllemezben elágazik, és a levél *erezetét* képezi. Az erezet lehet *hálózatos*, amely egy főérből és a belőle kiágazó oldalerekből áll. Hálózatos erezete van a kétszikűeknek, például a bükkfának és a gyermekláncfűnek. Az erezet lehet *párhuzamos* is, ebben az esetben egyforma méretű, ívelt *mellékerek*ből áll. Párhuzamos



14.6. ábra. A levél részei



14.7. ábra. A levélerezet két fő típusa

erezet jellemzi az egyszikűeket, például a pázsitfűvet vagy az orchideákat (14.7. ábra).

A levéllemez látja el a lomblevél fenti alapműködéseit. Megkülönböztetünk rajta egy felső oldalt, ez a levéllemez *színe*, és egy alsó oldalt, ez a *fonáka*. Alakja nagyon sokféle lehet. Egy levélnyelen általában egy levéllemez található, ezek az *egyszerű levelek*. Ha több van rajta, a levél *összetett* (14.8. ábra). Ennek két formája ismert. Tenyeresen összetett a levél akkor, ha a levél nyeléhez kapcsolódó levélkék egy pontból, a tenyér ujjaihoz hasonlóan erednek, mint például a vadgesztenye levele. Szárnyasan összetett a levél akkor, ha a levélkék egy központi tengelyről, a levélgerincről kétoldalt, egymással szemben erednek, mint az akác lomblevelén.

Keress különböző lomblevéltípusokat! Legyenek közöttük egyszerűek és összetettek is, valamint különböző erezettel rendelkező levelek! Készíts róluk rajzot vagy fotókat!

Szöveti felépítésére jellemző, hogy mindkét oldala felől bőrszövet fedi. Közöttük táplálékkészítő alapszövet található, amelyben nagy számban vannak *zöld színtestek*. Az alapszöveti sejtek meg-

nyúltak, oszlopszerűek vagy laza elhelyezkedésűek, sok sejtközötti járattal. Bennük játszódik le a fotoszintézis folyamata.



14.8. ábra. Egyszerű levél (a bab első levelei) és összetett levelek (vadgesztenye, akác)

Gázcserenyílások vizsgálata mikroszkópban

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, tárgylemez, fedőlemez, borotva, szövettani csipesz, óraüvegek, toluidinkék-oldat, víz, szobai ciklámen lomblevele

Végrehajtás: Ciklámen lomblevelének felső oldaláról készítsünk bőrszöveti nyúzatot! Tegyük a nyúzatot tárgylemezre, cseppentsünk rá egy csepp vizet, fedjük le fedőlemezrel, és vizsgáljuk meg fénymikroszkópban közepes nagyítással! Ezután a lomblevél fonákáról is készítsünk bőrszöveti nyúzatot és hasonlóan járjunk el vele. Figyeljük meg a sejtek alakját, és keressünk gázcserenyílásokat. Nagyobb nagyítással figyeljük meg a gázcserenyílás zárósejtjeit és a közöttük lévő légrést!

- *Megfigyeléseinkről készítsünk pontos rajzokat! Írjuk alája a megfelelő elnevezéseket!*

Askenasy kísérlete

A párologtatás jelentőségét egy német botanikus, Eugene Askenasy (1845–1903) a víz felfelé való *mozgatásában* látta, kiemelte a „vizet emelő” hatásában betöltött szerepét, és kísérletileg is bizonyította. A vízmolekulák közötti összetartó erőnek tulajdonított nagy jelentőséget ebben. Teóriáját, amelyet „*kohéziós elmélet*”-nek nevezett, egy szemléletes kísérlettel igazolta. Egy hosszú szárú üvegtölcsér felső végét folyékony gipszpéppel töltötte fel, úgy, hogy az a tölcsért teljesen kitöltötte. A felfordított tölcsérbe a szárán keresztül meleg vizet eresztett, és átította vele a már megszilárdult gipszkúpot is. Ügyelt arra, hogy a vízoszlop összefüggő legyen, sehol ne keletkezzen benne légbuborék. Az üvegtölcsér szárának alját az ujjával elszorította, visszafordította, és függőlegesen szorítódióba fogta, közben a szár alsó végét higanyal töltött tálba süllyesztette. Adott idő elteltével azt tapasztalta, hogy a higany az üvegcsőben lassan emelkedni kezdett. Sőt, a higany egészen magasra felkúszott, még a légköri nyomásnál is magasabbra. A gipszkúpban lévő kapillárisok vízfelszívásának okát Askenasy a párologás következtében fellépő szívóerőben látta. Ez a szívóerő emelte fel a higanyt az üvegcsőben. A gipszkúp párologása a levelek párologtatását utánozta.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Hogyan tükröződik a gyökér szöveti felépítésén működése?
- 2 Miben hasonlítanak és miben térnek el egymástól a hánchrész és a farész szállítóelemei?
- 3 Mivel magyarázhatók a szövettanilag megfigyelhető eltérések és megegyezések?
- 4 Keress példákat az alapfunkciókon kívül egyéb működést is ellátó lomblevelekre!

15. lecke

A növényi szaporítószervek evolúciója, felépítése és működése

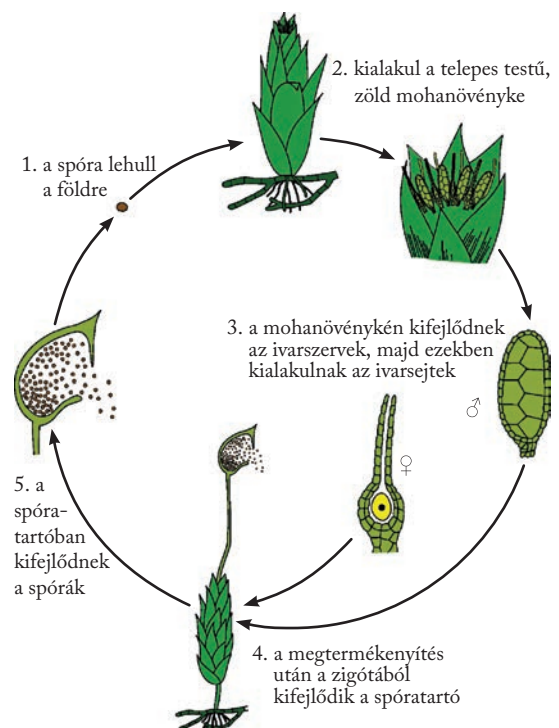


A nemzedékváltkozás kialakulása

A soksejtű moszatok szaporodása a vizekben ivartalanul spórákkal és ivarosan ivarsejtekkel egyaránt zajlott. Idővel kialakultak olyan típusok, amelyeknél a kétféle szaporodási mód nemzedékről nemzedékre szabályosan váltogatta egymást. Például a tengeri saláta ivaros nemzedéke ivarsejteket termel, ivartalanul nem tud szaporodni. A hímivarsejt és a petesejt egyesülését követően kifejlődik a következő utódnemzedék. Ezek a zöldmoszatok azonban nem termelnek ivarsejteket, kizárólag spórákkal képesek szaporodni, amelyekből egy újabb nemzedék fejlődik. Ez a nemzedék azonban megint ivaroson fog szaporodni. A kizárólag ivartalanul és kizárólag ivaroson szaporodni képes nemzedékek egymást követő szabályos ismétlődését **nemzedékváltkozásnak** nevezzük. A nemzedékváltkozás kialakulása nagy jelentőségű volt a szárazföld meghódításában, mert lehetővé tette a szaporodás víztől való elszakadását.

A mohák szaporodása

A már szárazföldön élő mohák spórákkal szaporodnak. A spórák nedves helyre kerülve kihajtanak, előtelepet hoznak létre, és ebből kifejlődik



15.1. ábra. A mohák kétszakaszos egyedfejlődése

a mohanövényke, amely a zöldmoszatok ivaros nemzedékének felel meg (15.1. ábra). Ennek csúcsán ún. ivarszervek alakulnak ki. (Nem valódi szervek, hiszen nem szövetekből épülnek fel.) Az „ivarszervek” termelik az ivarsejteket. Az ostoros hímvarsejt vízceppben úszva eléri, majd megtermékenyíti a petesejtet (ez az ivartalan szakasz kezdete). A megtermékenyült petesejtből, a zigótából fejlődik ki az új spóratartó, benne rengeteg apró *spórával*. Ezzel újakezdődhet a szaporodási folyamat. A zöldmoszatokkal szemben a megtermékenyítés tehát nem a vízben történik, hanem az ivaros nemzedéken maradt női ivarszervben. A zigóta is abban indul fejlődésnek, és differenciálódik egy nyélen álló spóratermő tokká. Ez a nyél a spóratermő tokkal a zöldmoszatok ivartalan nemzedékének felel meg. Mivel itt mohák esetében a két nemzedék már együtt marad, nemzedékváltkozás helyett **kétszakasos egyedfejlődésről** beszélünk.

Gondold végig, vajon melyik osztódási típusal keletkeznek a növények spórái!

Mohák vizsgálata a laboratóriumban

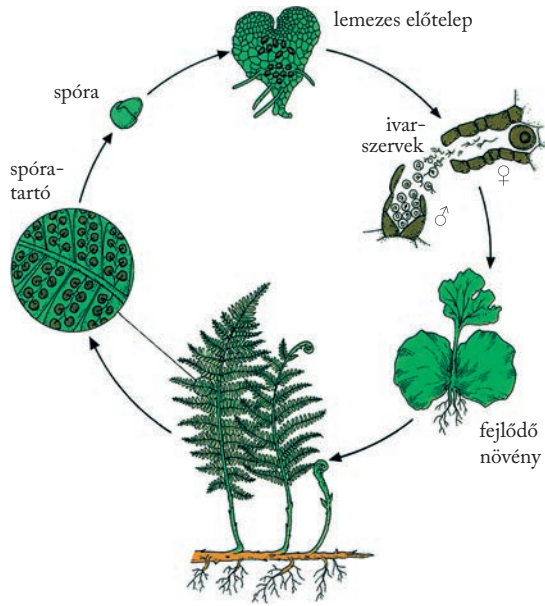
Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, sztereomikroszkóp vagy kézi nagyító, tárgylemez, desztillált víz, fedőlemez, szövettani csipesz, cseppentő

Végrehajtás: A terepen begyűjtött mohákat vizsgáljuk meg kézi nagyítóval vagy sztereomikroszkóppal a laboratóriumban! Figyeljük meg sokféleségüket, valamint az ivaros és ivartalan nemzedékek eltérő szerkezeti felépítését!

- *Készítsünk rajzot egy, a kétszakasos egyedfejlődés mindkét szakaszát magán viselő növényről, jelöljük a szakaszokat, és nevezzük meg rajta a részeket!*

A harasztok szaporodása

A második szárazföldre települt növénycsoport, a már szövetes felépítésű harasztok szaporodására a mohákhoz hasonlóan a kétszakasos egyedfejlődés jellemző (15.2. ábra). Mivel a megtermékenyítés folyamatához vízre van szükségük, ezért többnyire nedves, árnyékos helyen élnek. A kihulló spórából soksejtű, lemez formájú előtelep alakul ki. Ellenében a mohákkal, ezen közvetlenül kifejlődnek az ivarszervek. Az előtelep felületét borító vízben



15.2. ábra. Az erdei pajzsika kétszakasos egyedfejlődése

a csillós hímvarsejtek úszva jutnak el a petesejthez. A megtermékenyített petesejtből azután kifejlődik a harasztnövény, rajta a spóratartókkal. A harasztok kétszakasos egyedfejlődésében – a mohákkal szemben – az ivaros szakasz erősen leegyszerűsödött, hiszen csupán az előtelepre korlátozódik. A spóratermő szakasz viszont jóval fejlettebb, ez a differenciált szöveti felépítést mutató harasztnövény. A mohák és a harasztok szárazabb területeken való elterjedését gátolta a megtermékenyített petesejtből fejlődő csira kiszáradásának veszélye. A törzsfajlásban a kiszáradás elleni védekezést a **magvas növények** kialakulása oldotta meg.

Gondold végig, vajon melyik osztódási típusal keletkeznek a növények ivarsejtjei!

A mag kialakulása

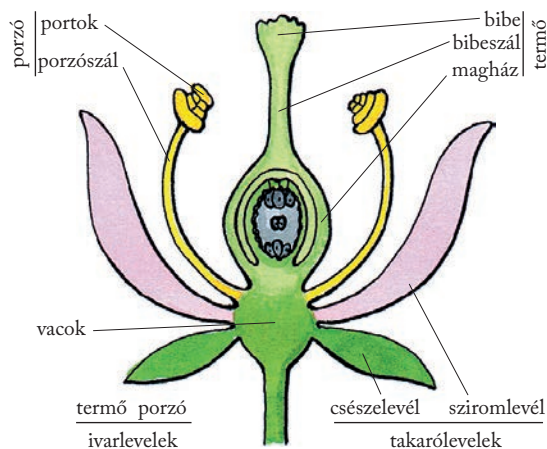
Az ősi harasztok kezdetben egyforma spórákat fejlesztettek, és ezekből olyan előtelepek képződtek, amelyek egyaránt tartalmazták a hím- és a női ivarszervet is. A magvas növényekben az egyforma spórák helyett sok kicsi és egy nagy spóra fejlődött ki. Ezek voltak a *heterospóras harasztok*. A nagy spórákat védőburok vette körül, kialakítva ezzel az ősi **magkezdeményt**, amelyben a petesejt képződött. A magkezdemény nem vált le az anyanövényről, hanem petesejtje itt termékenyült meg. A megtermékenyítést a kisebbik spórából, azaz a virágporból

képződő redukált (leegyszerűsödött) előtelepen létrejövő hímivarsejtek végezték el. A megtermékenyített magkezdeményből az anyanövényen alakult ki a soksejtű **mag**. Az evolúció során a spóra szerepét a védettebb körülmények között lévő mag vette át. A megtermékenyítés folyamatához vízre már nem volt szükség. A hímivarsejtek a virágorban, a szél segítségével jutottak el a petesejthez. E fejlődési folyamat következménye, hogy a magvas növények az egész szárazföldön elterjedtek. A magvas növényeket két csoportba soroljuk aszerint, hogy magkezdeményeik mennyire védettek a környezet kedvezőtlen hatásaival szemben. Az ősi magvas növények a **nyitvatermők**. Porzóleveleiken jön létre a hímivarsejteket tartalmazó virágor. Termőleveleik tövén egy vagy több magkezdemény fejlődik. A termőlevelek nem zárják körül a magvakat, azok szabadon, fedetlenül alakulnak ki a magkezdeményből. A termőlevelek a legtöbb fajnál (pl. a fenyők), tobozt alkotnak.

A virágos növényekre is jellemző tehát a két szakaszos egyedfejlődés, de az ivaros folyamatok nagy fokú leegyszerűsödése következtében szabad szemmel nem követhető nyomon.

A virág

A **virág** módosult levelekből álló *szaporító hajtás* (15.3. ábra). Szárának megnyúlt, alsó része a *koszány*, ez vacokká szélesedik ki. Az ivarleveleket védő külső takarólevelek a *csészelevelek*, összességük a *csésze*, a belső takarólevelek a *szíromlevelek*,



15.3. ábra. A virág általános felépítése

összességük a *párta*. Ha a külső és a belső takarólevelek megegyező alakúak és színűek, *lepellevelekről* beszélünk, összességük a *lepel*. Az ivarlevelek, a porzók és a termők az ősi harasztok spóratermő lombleveleinek felelnek meg. A mikrosporát termők porzókká fejlődtek, a makrosporát termő levelek termőkké. A porzók *porzószálból* és *portokból* állnak. A portokban a mikrosporából keletkezik a redukált előtelep a *pollen* vagy *virágor*. A legfejlettebb típusú virágokban a termőlevél *magházból* és *bibéből* áll. A magházban jönnek létre a makrospora anyagsejtjeiből makrosporák, melyek közül egy marad amiből az embriózsák fejlődik. A virágos növényeken a pollen **megporzás** során kerül a szél útján vagy rovarok segítségével az embriózsák közelébe a termőre. A termő szaporítószervvé, terméssé alakul, amely a magot az éréséig körülveszi, védi és elterjedésében segíti.

Érdekességek a virágokról

Ismerünk olyan virágokat, amelyekből valamelyik virágrész az evolúció során visszafejlődött, eltűnt a virágból. Az ilyen virág *hiányos*. Hiányozhat valamelyik takarólevélkör, de hiányozhatnak ivarlevelek is. Ha a virágban csak az egyik ivar található meg, a virág *egyivarú*, szemben a mindkét ivarlevelet tartalmazó *kétivarú* virággal (15.4. ábra). Egyivarú virágai vannak például a *kukoricának*, a porzós virágok a címerben, a termős virágok pedig a „cső” összetett virágzatában találhatóak. A kukorica *egylaki* növény, mert mindkét jellegű egyivarú virága ugyanazon a növényegyeden megvan. Ha az egyivarú virágok külön női, illetve külön hím egyedeken találhatóak, a növény *kétlaki*. Termesztett növényeink közül például ilyen a *kender*. A *meddő* virágokból mind a porzó, mind pedig a termő hiányzik. A virágok járulékos részei a *mézfajtók*. Apró, különböző alakú képződmények, amelyek a szíromleveleken, azok tövén vagy a vacokon alakulnak ki, és a hancsrész szállítóelemeiből származó, magas cukortartalmú, édes nedvet választanak ki. A nektáriumok fontos szerepet játszanak a megporzást végző rovarok csalogatásában.

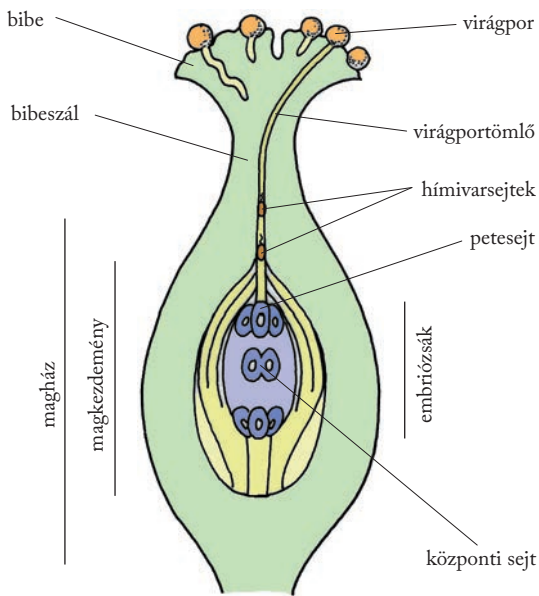
Olvasmány



15.4. ábra. Gyepürózsa

A zárvatermők kettős megtermékenyítése

Olvasmány



15.5. ábra. A zárvatermők kettős megtermékenyítése

eredményez, amelyből három-három az ellentétes csúcsi részekre kerül, kettő pedig középen marad. A csírákapunak is nevezett, pollentömlőhöz közelebbi oldalon találjuk a petesejtet és a két *kísérősejtet*, míg a sejt túlsó pólusán az *ellenláb* sejtek foglalnak helyet. A két sejt középen egyesül, és diploid *központi sejt*té lesz. A leérkező két hímivarsejt közül az egyik a petesejttel, a másik a központi sejtrel egyesül, ezért a zárvatermők megtermékenyítése *kettős megtermékenyítés* (15.5. ábra).

A zárvatermők kétszakaszos egyedfejlődésére a harasztokhoz képest további leegyszerűsödés a jellemző. A meiózissal létrejövő haploid mikrosporából keletkezik a virágpor vagy pollen. A pollen mitózissal két sejté, egy *vegetatív* és egy *generatív* sejté osztódik. A mikrospora sejtmagja mitózissal ketté osztódik, egy vegetatív és egy generatív sejt-maggá. A vegetatív sejt az előtelepnek, a generatív sejt a hímivarszervnek felel meg. A vegetatív sejt-mag a megporzást követően egy csatornát, *tömlőt* képez a bibeszálon keresztül, miközben elpusztul. A másik haploid sejt-mag ezen a tömlőn közelíti meg a magház belsejében lévő embriózsákot.

Vándorlásuk közben a generatív sejtek mitózissal kettéosztódnak, és két ivarsejtet hoznak létre. Egyidejűleg a magkezdeményben meiózissal kialakul négy makrosporának megfelelő embriózsák-kezdemény. Közülük egy marad meg. A makrospora három egymást követő mitózissal nyolc haploid sejtet

Kérdések és feladatok

- 1 Miért volt nagy jelentősége a nemzedékváltozás kialakulásának a növényvilág evolúciója szempontjából?
- 2 Evolúciós szempontból a heterospóras harasztok kialakulása is igen jelentős volt. Miért?
- 3 Miért mondhatjuk azt, hogy a virág módosult levelekből álló szerv?
- 4 A virágban mely sejtek lehetnek haploidok, és melyek diploidok?

16. lecke

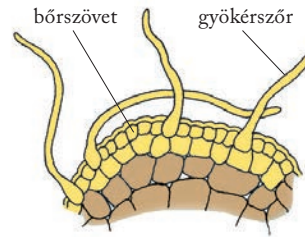
A növények önfenntartó működései

A tápanyagfelvétel

A szárazföldi növényeknek ősi evolúciós hagyatékként sok vízre van szükségük, amelynek mintegy 99%-a változás nélkül keresztülhalad rajtuk.

A hajtásos növények **vízfelvétele** a gyökéren át történik (16.1–2. ábra). A víz a sejtthártyán keresztül a gyökér sejtjeibe, a sejtben lévő töményebb oldat felé áramlik, majd bejut a szállítóyalábok farészébe. A szár és a levél szállítóyalábjain keresztül a levelek alapszövetének sejtközötti járataiba kerül át. Innen a nyitott gázcsere nyíláson **keresztül** a légkörbe jut.

Ha fiatal búzanövénykéket üvegpohárral lefedünk, egy idő után a légtér vízgőzzel telítődik. Ekkor a búzanövénykéek csúcsán kis vízcseppek jelennek meg, ami azt bizonyítja, hogy a gyökerek képesek a lombozattól függetlenül is felvenni és továbbítani a vizet. Ennek oka a *gyökérszórás*, amelynek kiváltója a gyökérsejt és a talajoldat tö-



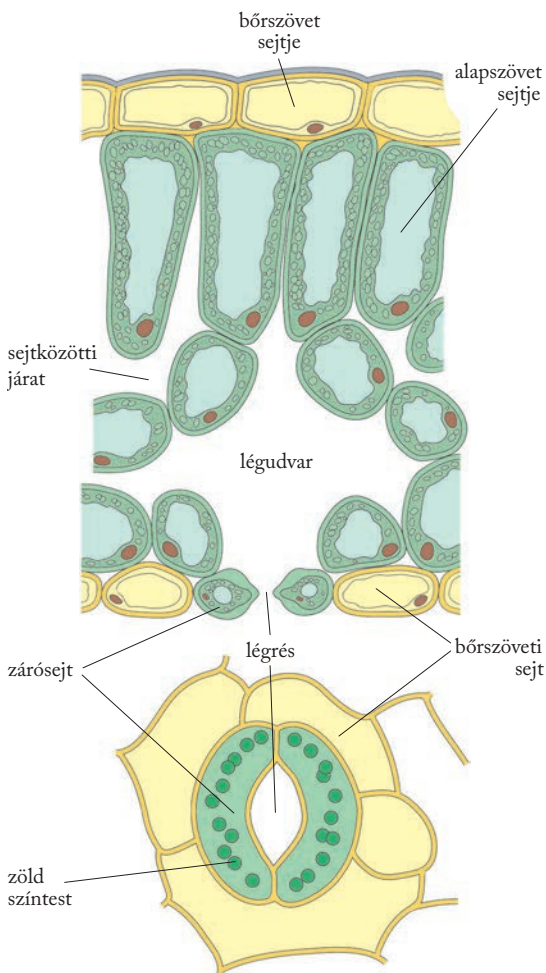
16.1. ábra. Gyökérszőrök



16.2. ábra. A gyökérzet vízfelvétele

ménysége közötti különbség. A gyökérnyomás önmagában azonban nem magyarázza a növények vízszállítását.

A növény egy élettani folyamattal, a **párologtatással** adja le a vizet. A vízgőz elpárologtatása a gázcserenyílásokon keresztül történik (16.3. ábra). A gázcserenyílások nyitottságát elsősorban a növények víztartalma befolyásolja. Ha a növény víztartalma csökken, akkor csökken a zárósejték is, ennek következményeként a légrés bezáródik. Vízfelvétellel a zárósejték víztartalma helyreáll, így a légrés kinyílik. A párologtatás mértékét külső tényezők is befolyásolják, mint a légkör víztartalma, a hőmérséklete vagy a szél. A párologtatáskor leadott víz utánpótlását a levél sejtjei a szállítóyalábok vízszlopából fedezik. Ily módon a gyökértől a levélig terjedő szállítóyalábok faelemeit kitöltő vízszlopra *szívóhatás* érvényesül. A párologtatás szívóhatása, a gyökérnyomás és a vízmolekulákat



16.3. ábra. A levélkeresztmetszet és a gázcserenyílás felépítése (felülnézet)

összetartó erők együttesen tartják állandó mozgásban a növényeken belüli vízáramlást.

Nézz utána, hogy a különböző éghajlatokon hogyan alkalmazkodtak a növények az eltérő vízellátottsághoz! Készíts erről ppt-t!

A felvett víz 1%-át a növény tápanyagként használja fel a fotoszintézis során. A növények autotróf szervezetek, szerves anyagaikat szerves anyagokból állítják elő. A fotoszintézis során a levegővel felvett szén-dioxidot a vízből származó hidrogénnel szénhidrátokká alakítják. Az autotrófia azonban nemcsak a szén, a hidrogén és az oxigén felhasználására vonatkozik, hanem a testük felépítéséhez szükséges összes többi kémiai elem felvételére és szerves vegyületekbe való beépítésére is. A növények az ásványi anyagokat a talajból veszik fel. A hajtásos növényekbe a talaj tápanyagai a **gyökérszőrökön keresztül**, energiabefektetéssel jutnak be a sejtbe. A növények számára legfontosabb tápelem a *nitrogén*, a *foszfor* és a *kálium*. Fejlődésükhöz még számos további elemre is szükség van. Ilyenek például a vas, a mangán, a cink és a kén.

Kiderült, hogy száraz éghajlati körülmények között különösen sok káliumot halmoznak fel magukban a gyökérszőrök. Mit gondolsz, miért?

Vízszállítás sebességének mérése növényi szárban

Anyagok és eszközök: kémcső, kémcsőállvány, piros tinta, szike vagy éles kés

Végrehajtás: Töltsünk meg egy kémcsövet félig piros tintával! Ezután egy friss orgonahajtást óvatosan faragjunk meg gyűrűszerűen a felszínén 3-4 cm-re egymástól legalább 4-5 gyűrűt képezve, úgy, hogy a farészt már ne sértsük meg! Ezután állítsuk a hajtást a piros tintába, és stopperrel mérjük, hogy mennyi idő telik el a piros tinta megjelenéséig az egyes gyűrűkben!

- Írjuk fel a mérési eredményeinket, és számítsuk ki a vízáram sebességét a szárban!

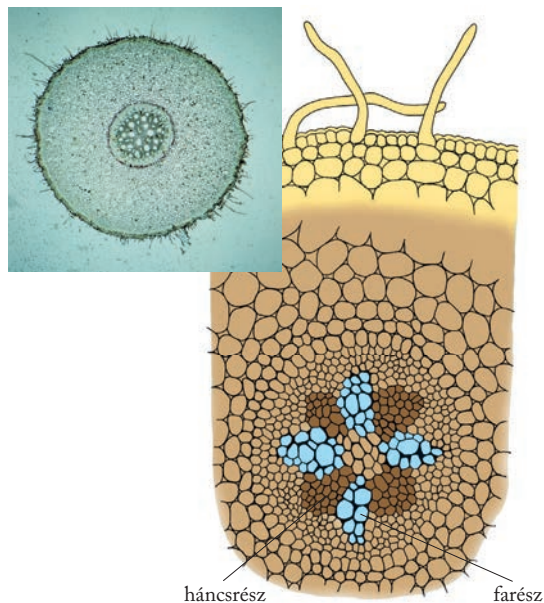
A gázcseré

A növények gázcserét is végeznek. A **gázcseré** a növényi test belseje és a növényt körülvevő légkör között zajlik. Így jutnak a növények fotoszintézis-

hez szükséges szén-dioxidhoz. A közben keletkező oxigént pedig kibocsátják a környezetbe. A növények légzésük során viszont a lebontott szerves molekulákból képződött szén-dioxidot távolítják el, és oxigént vesznek fel. A két folyamat gázcseréjét természetesen nem lehet teljesen elkülöníteni egymástól. Nappal a fotoszintézis igen erőteljes, a termelt oxigén jelentős része a légkörbe kerül, de egy kis részét a növény közvetlenül felhasználja az anyagcsere-folyamataihoz. Éjszaka, amikor fény hiányában szünetel a fotoszintézis, a növény a szükséges oxigént a légkörből veszi fel. A gázcsere a levél és a légkör között, a **gázcserenyílásokon keresztül** történik. A növények légzését a környezeti tényezők befolyásolják. Jelentős hatása van például a hőmérséklet változásának, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ körül már a minimumra csökken.

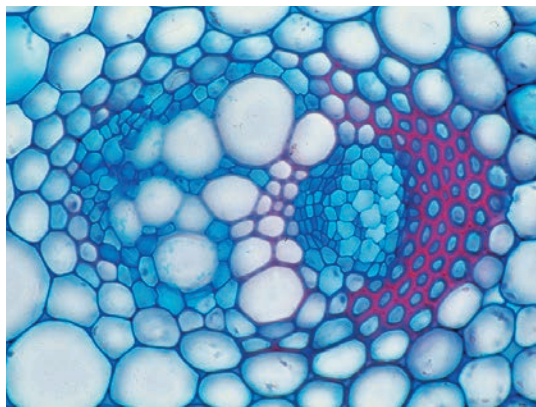
Az anyagszállítás

Anyagszállítás a növény valamennyi szervében történik. A gyökér középső részét egy viszonylag kis átmérőjű *központi henger* foglalja el (16.4. ábra). Ebben található a farész és a háncsrész különálló, egyszerű szállítónyalábjai alapszövetbe ágyazva. A gyökér és a szár közötti átmenetben azonban megváltozik a nyálábok elrendeződése. A különálló fa- és háncsrésznyálábok mindkét részt tartalmazó összetett szállítónyalábokban folytatódnak. A szár szállítónyalábjai a levelekbe vezetnek. Itt szabad szemmel is jól láthatók a levelek erezeteként. A levelekben a kambium csak a szállítónyalábok kialakulásáig működik. A szállítónyalábok farésze a levél színe felé, a háncsrésze a levél alsó része felé helyezkedik el. A növényi anyagszállító rendszer működése több tényező együttes hatásának az eredménye. A különböző *szerves molekulák*



16.4. ábra. Gyökérkeresztmetszet fénymikroszkópos képe a gyökérszőrökkel és a gyökér szállítónyalábjai

vizes oldatainak szállítása a keletkezési helyek felől a felhasználási vagy a raktározási helyek felé irányul (16.5. ábra).



16.5. ábra. Összetett szállítónyaláb a szárból (keresztmetszet)

- 1 Milyen fizikai hatások segítik a növények szállítónyalábjaiban lévő vízszlop mozgását?
- 2 Mi a növényi gázcsere szerepe? Hol, milyen mechanizmussal játszódik le?

Kérdések és feladatok

- 3 Miért szükségesek a növények számára az ásványi anyagok?
- 4 Miért kiemelkedő jelentőségű a növények megfelelő nitrogénellátottsága?

17 lecke

A növények élet- folyamatainak össze- hangolása



Az életfolyamatok szabályozása

Az egysejtű ostorosok a többi élőlényhez hasonlóan a környezetükből tápanyagot vesznek fel, amelyet anyagcsere-folyamataikban átalakítanak. E a folyamatok energiával látják el, és sejtjének felépítéséhez szükséges molekulákat hoznak létre. Az egysejtű élőlény életműködései egy sejtben játszódnak le.

A többsejtű élőlényekben ez jóval bonyolultabban megy végbe. A különféle feladatok ugyanis számos elkülönült sejtszövet, szövet és szerv között oszlanak meg. Ezek többnyire nagyobb távolságra vannak egymástól, így közös, rendezett működésükhöz megfelelő összehangolás, a sejtek kommunikációja, **szabályozás** szükséges. A szabályozás a sejtek közötti információcsere útján jön létre. A sejtek közötti információátadás *hírvivő molekulák* segítségével megy végbe. A szabályozás hírvivő anyagai a hormonok. Ezek termelődési helyükről elszállítódnak egy másik szervbe, szövetbe, és ott fejtik ki hatásukat.

Hormonok a növényekben

A növényekben található hírvivő anyagok, a **növényi hormonok** valamennyi életműködés szabályozását ellátják, ez azegyetlen szabályozási forma. A működések közé elsősorban a növények növekedése, valamint egyedfejlődésük során a gyökér, a szár, a levél, a virág és a termés kialakulása tartozik, amelyek az anyagcsere-folyamatok összehangolásán alapulnak. Egy-egy növényi hormon szabályozó hatása nem korlátozódik egyetlen életműködésre. Mindegyikük jellemzője, hogy többféleképpen is hatnak a növények növekedésére és fejlődésére.

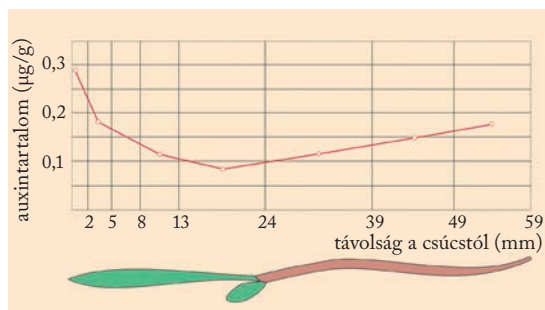
Az auxin nevű hormon a sejtek megnyúlását serkenti, emellett azonban a hajtásokat fölfelé, a gyökereket lefelé való növekedésre is készíti. Ugyancsak jellemző a növényi hormonok egymásra gyakorolt hatása is. Így például fiatal növényekben az auxinszint emelkedése elősegíti a növény növekedését, de egyúttal fokozza egy növekedést gátló hormont, az etilén termelődését is. A két hormon kölcsönhatása biztosítja a növény normális növekedését. A növények hormonális szabályozása tehát több hormon együttes hatásának eredménye.

Egy befőttesüvegbe tegyél egy túlérett banánt és egy éretlen gyümölcsöt! Egy másik üvegbe csak éretlen banánt tegyél. Mit tapasztalsz egy-két nap után? Nézz utána, mi a magyarázata!

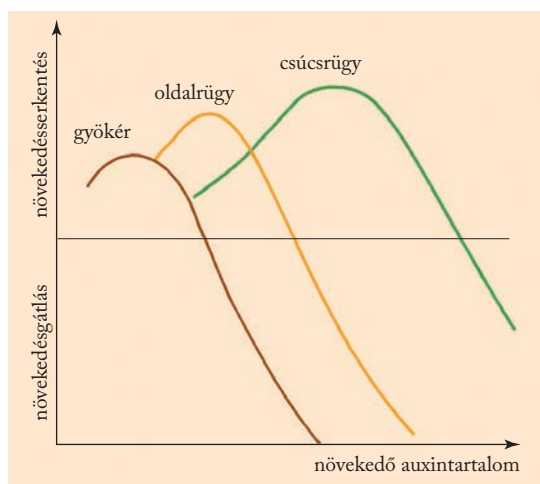
Az auxin

Az elsőként felfedezett növényi hormon, az **auxin** valamennyi magasabb rendű növényben előfordul, de sok egyszerűbb növény is előállítja. Képződési helye elsősorban a növekvő hajtáscsúcsokban található. Innen a szállítószövetek háncsrészében szállítódik a szárból a gyökér felé, a gyökérben pedig a gyökércsúcs irányába. Az *auxin eloszlása* a növényben egyenlőtlen (17.1. ábra). A fiatal növények hajtásának legerőteljesebb növekedése közvetlenül a csúcs alatti részen tapasztalható, míg az alaphoz közel eső rész a megnyúlásos növekedést már befejezte. Hasonló jelenség a gyökérben a gyökércsúcs mögötti megnyúlási zóna növekedése is. Ennek megfelelően a hajtásban, a csúcstól a gyökérnyak felé haladva fokozatosan csökken az auxintartalom, majd a gyökérnyaktól a gyökércsúcs felé újra emelkedik. Az auxintartalom és a megnyúlásos növekedés között tehát összefüggés van.

A különböző szervek egészséges növekedésükhöz egymástól igen eltérő auxinkoncentrációt igényelnek. Az auxinnak például az a mennyisége, amely



17.1. ábra. Az auxin eloszlása a zabcsíranövényben



17.2. ábra. A különböző növényi szervek eltérő auxintartalma

optimális a szár növekedéséhez, a gyökér növekedését már teljesen meggátolja (17.2. ábra). Ugyancsak a hajtáscsúcs nagyobb mennyiségű auxintermelése az oka, hogy a levelek hónaljában lévő nyugvó rügyek nem hajtanak ki. Ha a csúcsrügyet eltávolítjuk, csökken a hajtás auxintartalma. Ez lehetővé teszi a nyugvó rügyek oldalhajtásokká fejlődését. A jelenséget a kertészek tudatosan alkalmazzák a gyümölcsfák metszésekor, a fa koronájának kialakításában. Az **auxin hormonális hatásai** közül alapvető jelentőségű a *sejtek megnyúlásának* serkentése. Ha a fiatal babnövény hajtásának csúcsi részét egyik oldalon auxinoldattal kezeljük, bizonyos idő elteltével növekedés közben erőteljesen meggömbül a hajtás (17.3. ábra). Ennek oka az auxin egyenlőtlen eloszlása a hajtás két oldala között. A hajtás kezelt oldalán a nagyobb auxinkoncentráció a sejtek erőteljes megnyúlását idézi elő. Így a hajtás ezen oldalának aránytalanul erős növekedése az ellenkező irányba görbíti a növényt. A növények *helyzetváltoztató mozgásainak* is elsősorban az auxintartalom egyenlőtlen eloszlása az oka. Közismert jelenség például, hogy megvilágítás hatására a növények hajtása a fény felé gömbül. Ez a helyzetváltoztató mozgás a *fototropizmus*. Ilyenkor a hajtáscsúcs megvilágított oldaláról auxin áramlik az árnyékos oldal irányába. Ott az auxintartalom megváltozása elindítja a sejtek megnyúlásos növekedését, amelynek következtében a növény a fény felé hajlik. A nehézségi erő a gyökerek lefelé, míg a hajtás fölfelé növekedését váltja ki, ez a *geotropizmus* jelensége. Ezt is elsősorban az auxin mennyisége szabályozza. Megfigyelték, hogy a vízszintesen fektetett gyökérben a Föld belseje felé eső oldalon felhalmozódik az auxin. A nagy mennyiségű auxin a gyökér ezen oldalán a megnyúlásos növekedést erőteljesen gátolja. Így a nem gátolt felső oldal normális növekedése a gyökérkeret lefelé görbíti.

Nézz utána, hogy az auxinon kívül mely növényi hormonokat sorolhatunk a klasszikus növényi hormonok közé!



17.3. ábra. Fiatal babnövény növekedésének megváltozása auxinos kezelésre

Újabban felfedezett növényi hormonok

Olvasmány

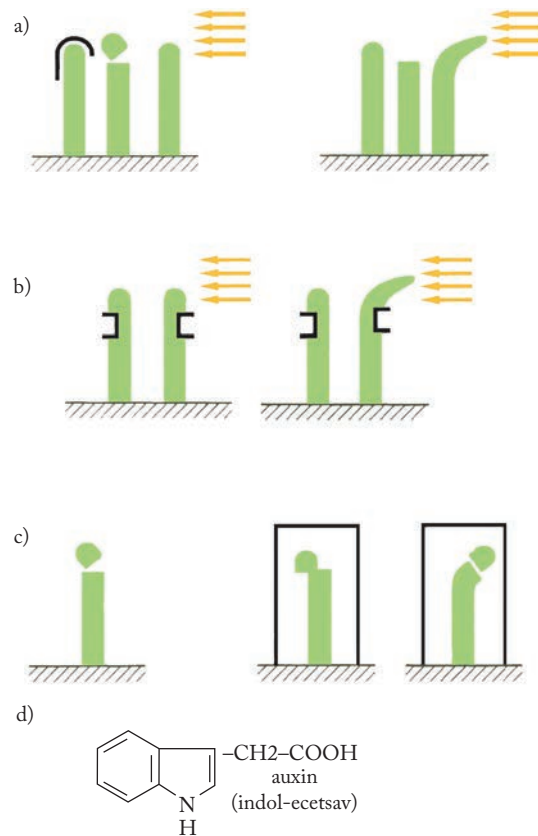
A ma már klasszikusnak tekinthető hormonok mellett a XX. század második felében további növényi szabályozóanyagokat ismertek fel a kutatók. 1979-ben mutattak ki először egy növényi hormoncsoportot, a *brasz-szinoszteroidokat*, amelyek a növények általános fejlődésére vannak hatással. 1990-ben írták le a *jazmonátokat*, amelyek a növények különböző kártevők – baktériumok, gombák, rovarok – elleni védekezésében játszanak szerepet. Nevük kémiai összetételükre utal, jázminsavból, annak metilszármazékából és linolénsavból keletkeznek. Végül említésre méltók az 1995-től ismert növényi peptidhormonok, mint például burgonya-félékben található 18 aminosavból álló *szisztemin*. Ez a növényi „vészreakció” anyaga, amely sérülés esetén szabadul fel. A sérülés helyéről a hánccselemeden keresztül jut el a növény minden részébe, és segíti olyan anyagok felszabadulását, amelyek fokozzák a sérülés kedvezőtlen hatásainak elhárítását és a regenerációt.

Darwin kísérlete

Élete alkonyán Charles Darwint is foglalkoztatta a növényi szabályozóanyagok kérdése. Fiával, Francis Darwinnal (1848–1925) csírázó kölest használtak a vizsgálataikhoz. A koleoptillal végzett kísérletekből 1880-ban arra a következtetésre jutottak, hogy a fejlődésnek induló növény növekedését valamilyen vegyi hatás indukálja. Híres kísérletükben a csíráztatott köles koleoptilját egyik oldalról megvilágították, ugyanakkor egy ezüstpapírdarabkával a fény felől leárnyékolták. Azt tapasztalták, hogy a koleoptil az ezüstpapírlemez felett, a fény irányába elgömbült. Az elgömbülés azonban elmaradt, ha a kísérletet úgy ismételték meg, hogy a koleoptil csúcsát egy kis ezüstpapírsapkával lefedték vagy a csúcsot levágták (17.4. ábra).

A koleoptil a csírázó gabonafélék henger alakú képződménye, amely az első lomblevelet fejlődésének kezdeti időszakában sűvegszerűen beburkolja. Később mások is szívesen használták a növekedéssel kapcsolatos kutatásaikban. Sejtjei ugyanis a kialakulását követően – amikor nyolc-tíz milliméter hosszú – már nem osztódnak, ellenben akár öt centiméteresre is megnőhet a sejtek megnyúlásával.

- Egy magyar kutató is folytatott hasonló vizsgálatokat. Ki ő, és milyen eredményre jutott?



17.4. ábra. Az auxin hatása a koleoptil növekedésére

Kérdések és feladatok

- 1 Mit értünk a sejtek kommunikációján?
- 2 Milyen szabályozóanyagok a hormonok?
- 3 Miért hajolnak a fény felé a szobanövények?
- 4 Mi az alapja a gyümölcsfák koronájának metszéssel történő alakításának?

18. lecke

A növények szaporodása és egyedfejlődése



A szaporodás során keletkező utódok biztosítják a faj fennmaradását és elterjedését. Ha az utódok egyetlen sejtből vagy testi sejtekből keletkeznek, akkor ivartalanul szaporodnak. Ha viszont az utódok létrehozására két különböző ivarsejt egyesül, akkor ivaros szaporodásról beszélünk.

Az ivartalan szaporodás

A növények **ivartalan szaporodása** történhet *szaporítósejtekkel*. Ilyenek az alacsonyabb rendű növények már említett spórái, amelyek nagy számban keletkeznek, és könnyen terjednek. A spóratartókban keletkeznek spóraanyasejtekből meiózissal. Ilyen módon szaporodnak a mohák és a harasztok.

Az ivartalan szaporodás történhet *vegetatív testrészekkel* is. A hajtásos növények vegetatív szaporodása vegetatív szervek, a gyökér, a szár vagy a levél révén történik. Szaporodásra módosult az erdei szamóca indája, a hóvirág fiókhagymája, a fűfélék tarackja.

Keress példákat olyan növényekre, amelyek levéllel is szaporíthatók!

Egy tigriske (*Sansaviera*) levélszeletét állítsd egy cserép földbe, és locsold rendszeresen! Mit tapasztalsz néhány hét elteltével?

Az ivaros szaporodás

A növények **ivaros szaporodására** a hímivarsejt és a petesejt egyesülése, a megtermékenyítés jellemző, amelynek eredménye a megtermékenyített petesejt, a zigóta.

A magvas növényeknél a virágokban megy végbe az ivaros szaporodás. Ennek előfeltétele a *megporzás*, amely során a virágpór a porzólevelekről a termőlevelekre kerül. A megporzáshoz a víz áramlása, a levegő mozgása vagy az állatvilág nyújt segítséget (18.1. ábra). Az állat porozta virágok és a megporzást végző állatok között a hosszú evolúciós folyamat során nagyon szoros és kölcsönös alkalmazkodás alakult ki. Ennek révén jött létre a virágok megporzást elősegítő számtalan berendezése, feltűnő színe és illata.

A zárvatermő növények virágaiban a termőlevelek ugyanis zárt termővé nőttek össze. Ennek megfelelően az egész virág átalakult. A termő üreges magházában körülzárva, teljes védettségben fejlődhetnek a magkezdemények. A termő csúcsi része a



18.1. ábra. Rovarbeporzás

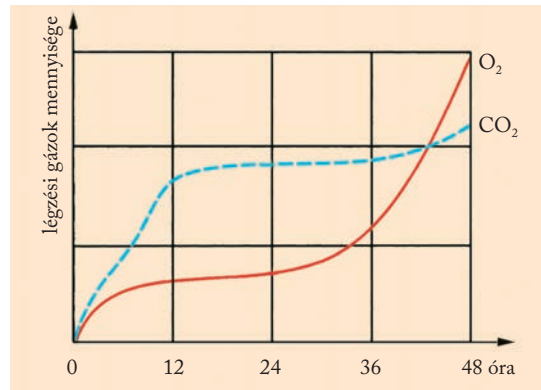
bibe. A porzóból a bibére kerülnek beporzásokor a virágporszemek. Itt elbontják a bibe laza szövetét és egy lefelé nyíló csatornát, pollentömlőt hoznak létre, amely a magházba vezet. A virágporszemekből képződő hímivarsejtek ezen a tömlőn keresztül érik el és termékenyítik meg a petesejtet. A teljes magvas növény a magból fejlődik ki.

Már a magban megtalálható a gyökér, a hajtás kezdeménye és a sziklelevél. A mag víztartalma ezután fokozatosan csökken, anyagcsere-folyamatai a minimálisra korlátozódnak, beáll a mag nyugalmi állapota. Ebben az állapotban akár éveket eltölthet, csíráképessége akkor is megmarad. Ha azután kedvező körülmények közé kerülnek az érett magvak, megindul csírázásuk.

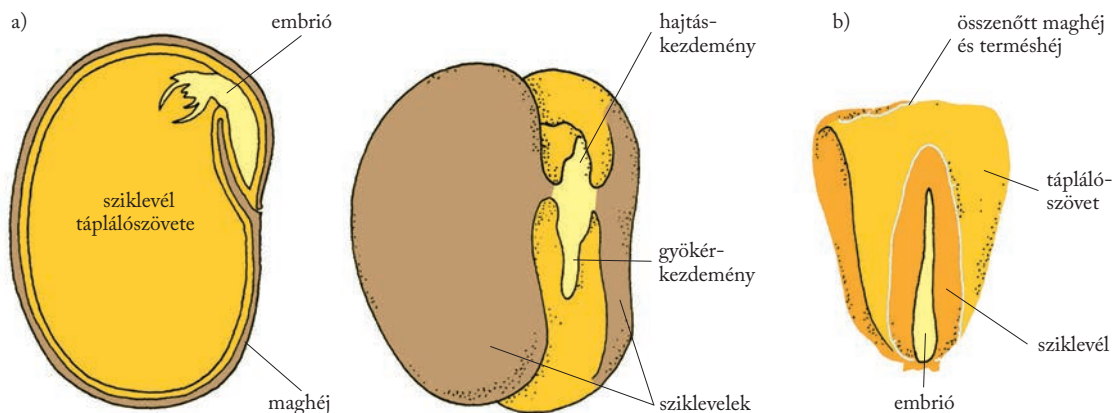
■ Nézz utána, hány sziklelevéllel csíráznak a fenyők!

Magból növény

A **csírázás folyamatának** kezdeti szakaszában a nedves környezetbe jutott száraz magvak *víz*et vesznek fel, és megduzzadnak. A vízfelvétellel tömegük és térfogatuk jelentősen megnő. A magvak víztartalmának növekedésével párhuzamosan az anyagcsere-folyamatok egyre élénkebbé válnak. Ehhez *oxigénre* van szükség, ezért már a csírázás elején kimutatható a magvak légzésének jelentős növekedése. Az így aktiválódott anyagcsere-folyamatok az embrióban képződő növényi hormonok hatására megindítják a mag *tartalék tápanyagainak* lebontását. A mag táplálószövetének (18.2. ábra) anyagai ezzel részben az energiatermelésben hasznosulnak, részben beépülnek az egyre növekvő embrióba. A csírázó magban előbb a csíra gyököcskéje indul fejlődésnek, és hamarosan gyökér lesz belőle. Közben a sziklelevél feletti rügyecskéből kifejlődik a hajtás, többnyire elágazó szárral és a levelekkel. A csíranövény számára a mag táplálószo-



18.3. ábra. A légzés intenzitása a borsó csírázásának kezdeti szakaszában



18.2. ábra. A kétszikű (bab, a) mag és az egyszikű (kukorica, b) szemtermés felépítése

vete jelenti az egyetlen szervesanyag-forrást mindaddig, amíg saját maga nem képes a fotoszintézisre (18.3. ábra). A mag duzzadása és a benne növekvő embrió nyomására egy idő után a maghéj felreped. Ezt követi a gyökér és a hajtás kialakulásának folyamata. A gyökézzel és a hajtás zöldülő leveleivel a fiatal növény autotróf táplálkozásra képes.

A vegetatív szakasz

A növények egyedfejlődésének **vegetatív szakaszában** alakul ki a teljes hajtásrendszer és a gyökérzet. A vegetatív szervek kialakulását a környezeti

Növények nyugalmi állapotának megszakítása

Anyagok és eszközök: mandulafa, cseresznyefa, kecskefűz vagy aranyfa (*Forsythia*) ága, váza

Végrehajtás: Késő ősszel vagy télen vágjunk le egy kb. 1 méteres mandula- vagy aranyfaágat. Helyezzük egy vázába, amelyet félig megtöltöttünk vízzel, és állítsuk mérsékelt meleg, kb. 10 °C-os helyiségbe! Végezzük el a kísérletet olyan hajtásokkal is, amelyek elágazóak! Az elágazó hajtás egyik oldalágát fél napra merítsük olyan üvegcádba, amelybe 30 °C-os vizet teszünk!

- *Állapítsuk meg, mennyi időre van szükség a mandula vagy az aranyfa virágzásához! Jegyezzük fel, mennyi idő kellett a meleg vízzel is kezelt és a nem kezelt hajtások virágzásához! Adjunk magyarázatot az észlelt változásokra!*

tényezők erőteljesen befolyásolják. Ahogy a csírázás előfeltétele a víz és az oxigén jelenléte, a fiatal növény további fejlődéséhez a kellő mennyiségű fény és a megfelelő hőmérséklet nélkülözhetetlen. Jellemző példa erre a sötétben tárolt burgonyagumó hosszúra nyúlt, sárgásfehér hajtása. Világosban viszont a burgonya hajtásai erőteljesebbek és sötétzöldek lesznek, belőlük normális termetű burgonyató fejlődik. A fény a növekedési hormonok eloszlását befolyásolja a vegetatív szervekben, és ezen keresztül gyakorol hatást a fiatal növény növekedésére. Az egyedfejlődéshez optimális hőmérsékletre is szükség van.

A reproduktív szakasz

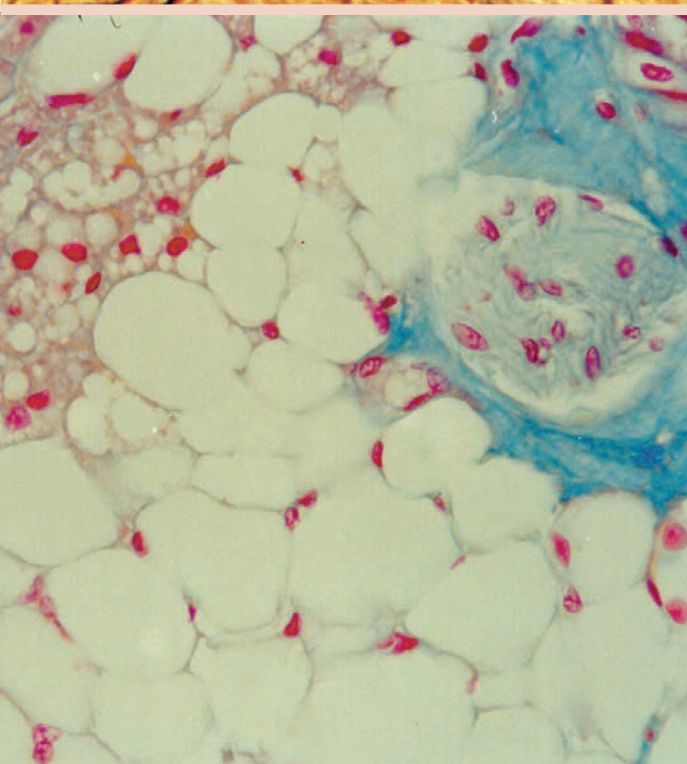
Az egyedfejlődés **reproduktív szakaszában** alakul ki a virág és a termés. Ez a folyamat szintén megfelelő fény- és hőmérsékleti viszonyokat igényel. Egyes növények virágzását a hosszan tartó megvilágítás serkenti, ezek a hosszú nappalos növények. Például a fejes saláta mint *hosszú nappalos növény* csak a vegetatív részeit növeli, fejesedik. Virágzását csak a napi hosszan tartó megvilágítás idézi elő. Másokét ugyanez gátolja, és csak a naponta rövidebb ideig tartó megvilágítás indítja el a virágzást, ezek a *rövid nappalos növények*. A hosszú nappalos növények a mérsékelt övben őshonosak, a rövid nappalosok pedig a trópusokon. A hőmérséklet is befolyásoló tényező lehet. Például az őszi búzát késő tavasszal elvetve a kikelt növény csak bokrosodik, de nem hoz termést. Egyedfejlődéséhez ugyanis szüksége van a csírázást megelőző hosszabb hideg időszakra.

Kérdések és feladatok

- 1 Hasonlítsd össze a növények ivaros és ivartalan szaporodását! Milyen előnnyel vagy hátránnyal jár az egyik, és milyennel a másik?
- 2 Miért mondhatjuk azt, hogy a növények fejlődésének külső és belső feltételei is vannak?
- 3 Melyik életszakaszban kezdődik egy új zárva-termő növény élete?
- 4 Hogyan lehet befolyásolni a növények egyes egyedfejlődési szakaszainak hosszát? Mondj egy példát ennek gyakorlati jelentőségére?

19. lecke

Az állatok szövetei

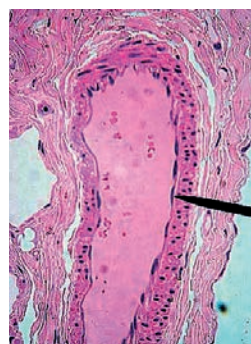


A sejt → szövet szerveződés az állatvilág fejlődése során is végbement. A kialakult szövettípusokat négy csoportba soroljuk.

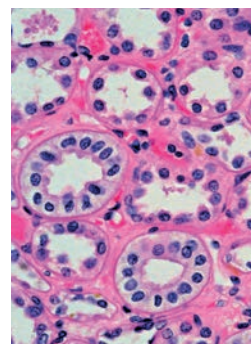
A hámszövetek

Az elsőt a **hámszövetek** képezik. Az állati szervezet védelmét látják el vagy váladékot termelnek. A hámszövetek a külső és belső testfelszínen helyezkednek el. Sejtjeik szorosan illeszkednek egymáshoz, jól záró réteget alkotnak. Ereik nem járják át, a tápanyagok az alatta lévő szövetrétegekből diffúzióval jutnak a hámszövetekbe. A szomszédos sejteket keskeny csatornák kötik össze. Ezeken keresztül egyik sejtől a másikba könnyen átjuthatnak a kisebb molekulájú anyagok. Ezáltal az egész hám egy összefüggő, élő szövetrendszernek tekinthető.

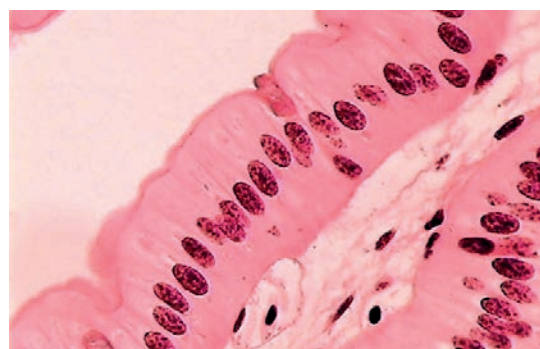
A *fedőhámok* közül a legegyszerűbb felépítésűek az egyrétegű hámszövetek. Lap, köb vagy henger alakú sejtjeik egyetlen réteget alkotnak (19.1–3. ábra). Vannak olyanok közöttük, amelyek külső felszínén mikrobolyhok figyelhetők meg. Ezek a sejt-plazma kitüremkedései, amelyek megnövelve a felületet, elősegítik a sejtek felszívóképességét, például a bélcsatornát borító hámszövetekben. Más



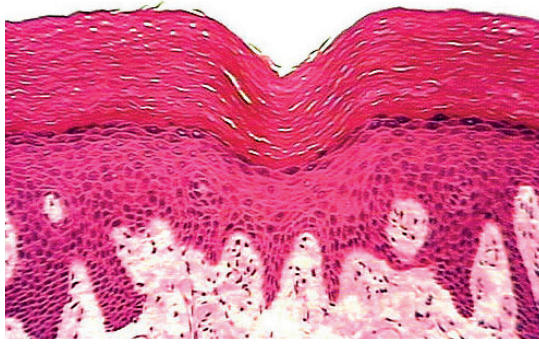
19.1. ábra. Egyrétegű köbhám



19.2. ábra. Egyrétegű laphám



19.3. ábra. Egyrétegű hengerhám



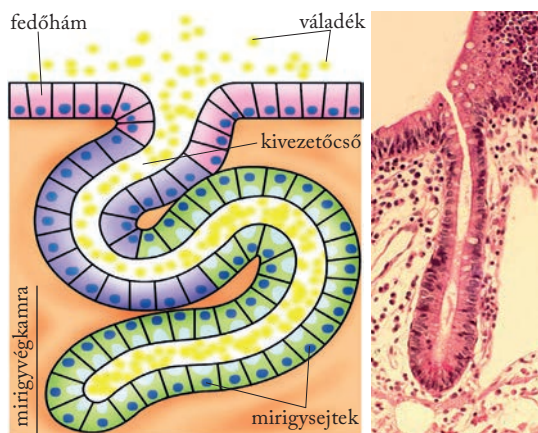
19.4. ábra. Többrétegű elszarusodó hám

esetben csillók sokasága borítja felszínét. Ezek összerendezett mozgásukkal különböző részecskéket képesek elmozdítani, például a légcső csillós hámjában a légcsőből kifelé hajtják a levegővel bekerülő apró részecskéket.

Állhatnak több rétegből is. A többrétegű fedőhámokat változatos alakú sejtek építik fel. A legfelső rétegük elszarusodhat, mint az ember bőrén (19.4. ábra). A megkeményedő szaruréteg a hámot sokkal ellenállóbbá teszi a külső behatásokkal szemben.

A *mirigyhámok* váladéktermelést végeznek. Különböző alakú végkamrákat és abból kivezető csöveket képeznek (19.5–6. ábra). A váladéktermeléshez szükséges anyagokat a mirigyek a testfolyadékból veszik fel. A termelt váladékot kiüríthetik a test külső felületére, ilyen például a verejték vagy a nyál elválasztása. Ezek a külső elválasztású mirigyek. A belső elválasztású mirigyek a termelt váladékot közvetlenül a testfolyadékba juttatják, így kerülnek például a hormonok a vérbe.

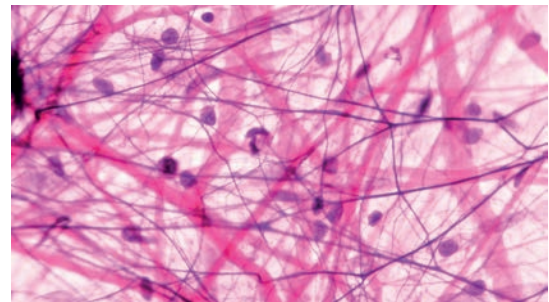
■ Nézz utána, hogy az egyes szövetek melyik csírártégből alakulnak ki az egyedfejlődés folyamán!



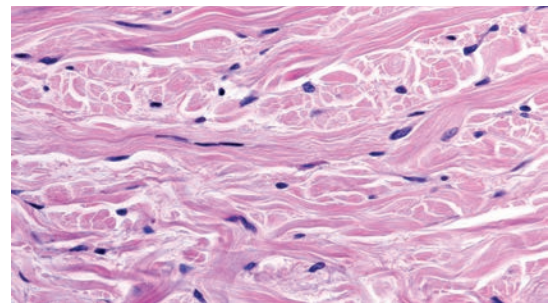
19.5–6. ábra. Külső elválasztású mirigy rajza és mikroszkópos felvétele

A kötő- és támasztőszövetek

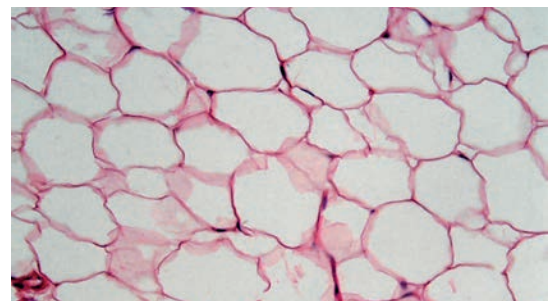
A második csoportba a **kötő- és támasztőszövetek** tartoznak. Az állati test különböző szerveinek összeköttetésében, a váz kialakításában különböző típusai vesznek részt. Közös jellemzőjük, hogy bennük a sejtek nem alkotnak egységes réteget. A kötőszöveti sejtek egymástól távolabb helyezkednek el, közöttük *sejtközötti állomány* van. A sejtközötti állomány jellegzetes képződményei a fehérjéből felépülő kötőszöveti rostok, amelyeket a sejtek termelnek. A *rostos kötőszövetek* sejtjei között lazább vagy tömöttebb szerkezetű hálózatot képeznek. A laza rostos kötőszövet (19.7. ábra) szinte minden szerv felépítésében részt vesz, hézagokat tölt ki, vékony hártályakat alkot, válaszfalakat képez. A tömött rostos kötőszövet rostjai szorosan egymás mellett helyezkednek el, rendkívül szívós szövetet alkotva (19.8. ábra). Belőlük



19.7. ábra. Laza rostos kötőszövet



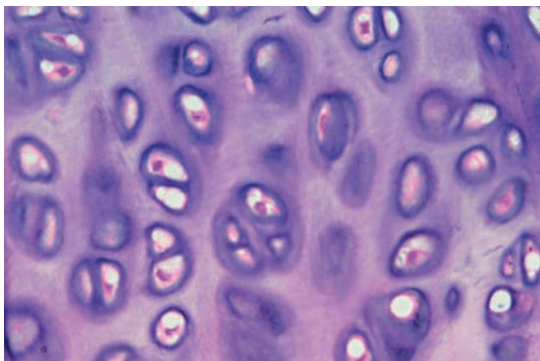
19.8. ábra. Tömött rostos kötőszövet



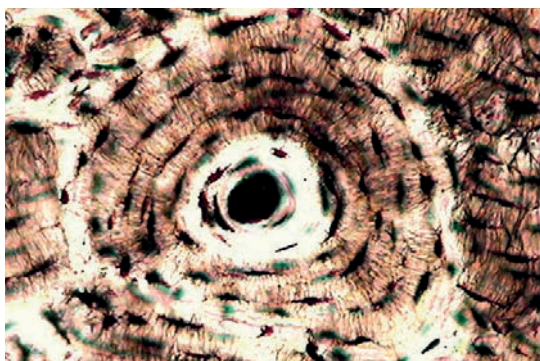
19.9. ábra. Zsírszövet

épülnek fel az *inak*. A *zsírszövetben* a szövet fő tömegét a nagy, kerek zsírsejtek adják (19.9. ábra). Bennük a felhalmozódó zsír jóformán az egész sejtet kitölti. A zsírsejtek között vékony kötőszöveti rostok találhatóak. Az állatok bőr alatti zsírszöve tápanyagot raktároz, szigetel, és a szervezet hőszabályozását is szolgálja. A *vért* szintén a kötőszövetek közé sorolhatjuk, mivel nagy mennyiségű folyékony sejt közötti állománnyal rendelkezik.

A támasztószövetek felépítése a kötőszövetekéhez hasonló, de tőlük eltérően igen szilárd, ugyanakkor rugalmas vázelemek épülnek fel belőlük. Közéjük tartoznak a *porcszövetek*. Ezekben a porcsejtek egyesével vagy kisebb csoportokban helyezkednek el a rugalmasan szilárd sejt közötti állományban (19.10. ábra). Rostokat a támasztószövetek is tartalmaznak. A rostos porc rugalmasabb, de kevésbé kopásállóbb, mint az üvegporc. A gerincesek fontos vázépítő elemei. Támasztószövet a csontszövet (19.11. ábra) is, amely nagy teherbíró képességű, kemény, ellenálló. Szervetlen sók adják a keménységét, elsősorban kalciumfoszfát. Rugalmasságát a fehérjéből álló szerves állomány biztosítja. A csontszövetben is találunk *kötőszöveti rostokat*, amelyek hozzájárulnak a csont rugalmasságához.



19.10. ábra. Porcszövet (üvegporc)



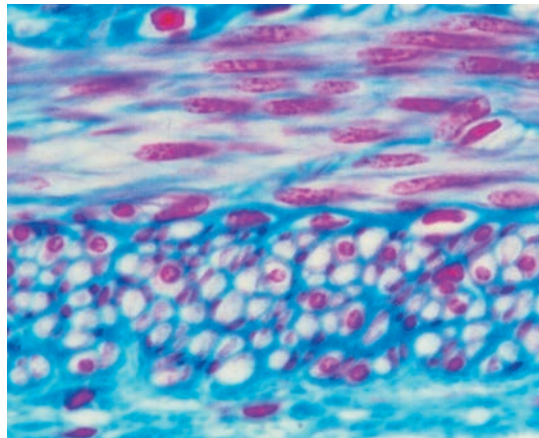
19.11. ábra. Csontszövet

Az izomszövetek

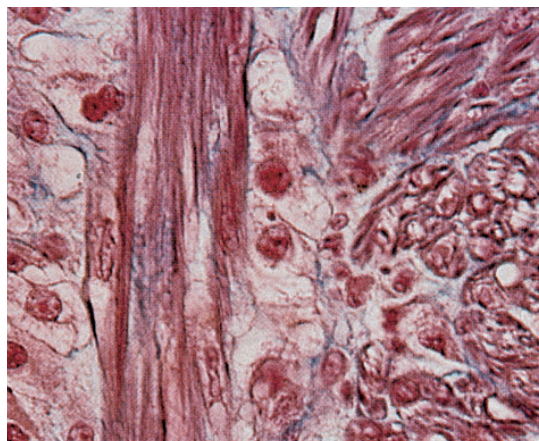
Az állati test mozgásában alapvető szerepük van a harmadik csoportot képező **izomszöveteknek**. Legjellemzőbb tulajdonságuk, hogy rövid idő alatt nagymértékű összehúzódásra képesek. Az izom összehúzódása, majd elernyedése mindig az izom hosszanti tengelyének irányában történik.

Tartós hatású, de kisebb erő kifejtésre képes a *simaizomszövet* (19.12. ábra). *Hosszú*, orsó alakú izomsejtjei egy sejtmagot tartalmaznak. Sejtplazmájukban sűrűn helyezkednek el a fehérjéből felépülő, összehúzó izomfonalak. A rajtuk keresztülhaladó fényt egész hosszukban egyformán törlik, így fénymikroszkópos képük egynemű állományt mutat. Simaizomszövetet találunk a gerincesek belső szerveiben, például a bélcsatorna falában. A gerinctelenekben a bőr izomtömlő épül fel simaizomszövetből.

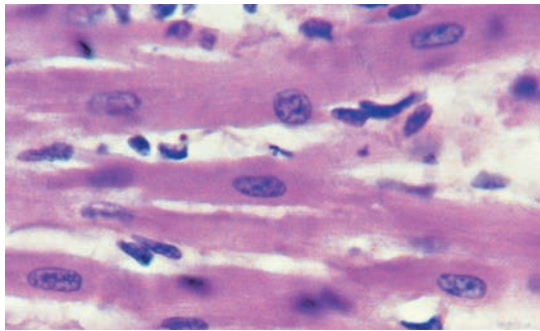
A *harántcsíkolt izomszövet* hosszú, sokmagvú izomrostokból áll. Egy-egy izomrostban több ezer



19.12. ábra. Simaizomszövet



19.13. ábra. Harántcsíkolt izomszövet



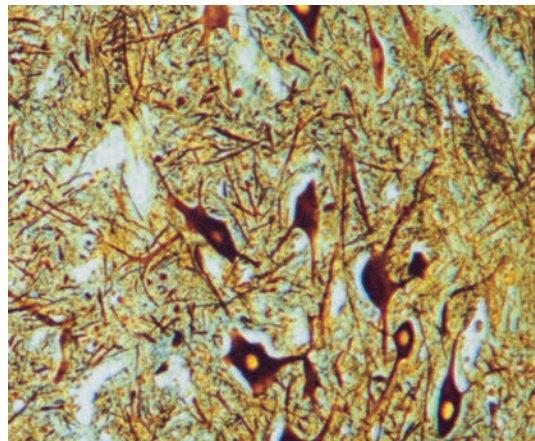
19.14. ábra. Szívizomszövet

izomfonal fut egymással párhuzamosan. Az izomfonalakban a fényt különbözően törő szakaszok váltakoznak. Ezért az izom mikroszkópos képén felváltva világos és sötét csíkok követik egymást (19.13. ábra), erre utal elnevezése. Az izomrostokat vékony kötőszöveti hártya fogja egybe. A harántcsíkolt izomszövet nagy erő kifejtésre képes, de fáradékony. Elsősorban a vázizmok felépítésében vesz részt.

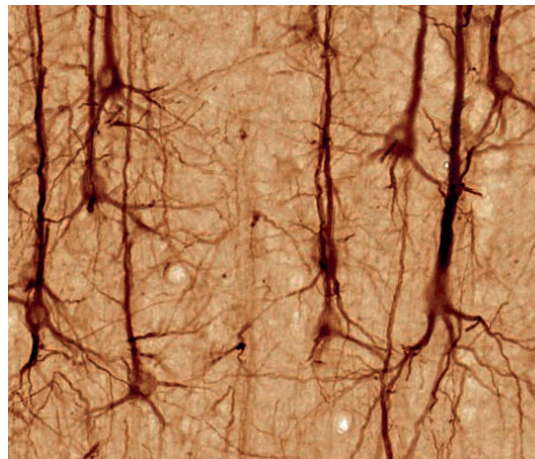
A *szívizomszövet* is izomrostokból épül fel (19.14. ábra), de hosszan tartó, nagy erő kifejtésre képes, és nem fáradékony. Tartósan nem tud összehúzódni.

Az idegszövet

Az **idegszövet** önállóan képezi a negyedik csoportot. Jellemző sajátossága, hogy *ingerelhető*. Képes az ingert felvenni, és ingerület formájában továbbítani. Kétféle sejttípus építi fel: az *idegsejt* (*neuron*) és a *gliasejt*. Az idegsejt *sejttestből* és *nyúlványokból* áll (19.15. ábra). Részletes működését az emberi idegrendszer kapcsán ismerjük majd meg. A gliasejtek számos típusát leírták. Alakjuk és működésük eltérő, közös sajátosságuk azonban, hogy osztódóképességüket mindvégig megőrzik. Legfontosabb feladatuk az idegsejtek tápanyaggal történő ellátása és az ingerlékenységhez szükséges ionok megfelelő koncentrációban való biztosítása.



19.15. ábra. Idegsejtek



Állati szövetek vizsgálata

Anyagok és eszközök: mikroszkóp, szövettani preparátumok

Végrehajtás: Vizsgáld meg fénymikroszkópban az emberi talpból (bőrből stb.) készült mikroszkópi metszetet!

- Milyen szövettípusokkal találkozta? Készíts rajzot a látottakról vagy készíts a telefonoddal fotókat az eltérő szövetekről!

Kérdések és feladatok

- 1 Vesd össze a simaizomszövet és a harántcsíkolt izomszövet felépítését és működését!
- 2 Milyen működéseket látnak el az állatok hám-szövetei?
- 3 Milyen kémiai vegyületekből épülnek fel a rostok, és hol keletkeznek?
- 4 Miben tér el egymástól, és miben egyezik meg a porcszövet és a csontszövet?

20. lecke

Az állatok kültakarója



Az állatok szervrendszerei

Szemben a növényvilággal, ahol a szervek elégségesek a szervezet működtetéséhez, az **állatvilágban** a szervekből egy újabb szerveződési szint, a **szervrendszerek** alakultak ki, mert a szervek csak szervrendszerekké szerveződve képesek a bonyolult életműködések ellátására.

A kültakaró

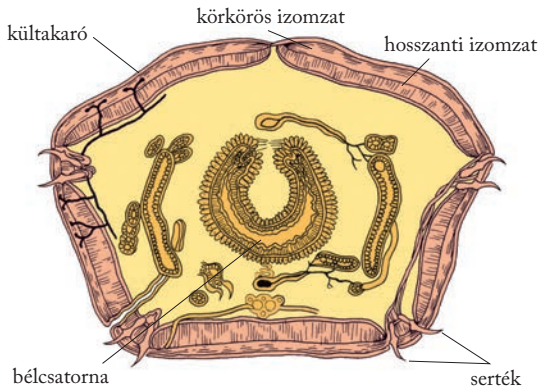
Az állatok testét a külvilágtól a külső csíralemezből fejlődő **kültakaró** határolja el, amely egyben össze is köti vele. Biológiai funkciója a belső szervek védelme a kiszáradástól és a külső környezetből érkező ártó hatásoktól. Működése fontos szerepet játszik a környezeti változások érzékelésében és azok továbbításában, mert sűrűn tartalmaznak különböző ingerekre érzékeny érzékszerveket.

A gerinctelen állatok kültakarója

A szivacsok és csalánozók kültakarója a külső sejtréteg. A szivacsoknál a kültakaró sejtjei részt vesznek a táplálékfelvételben, mert rajtuk keresztül áramlik be a víz a belső üregbe. A csalánozókon összhúzóknnyá váltak, és az állat védelmén kívül a test mozgatásában is fontos szerepet játszanak, mint például a **hámizomsejtek**.

■ Nézz utána, milyen a medúzák kültakarója!

A kültakaró és a mozgás szervrendszerének szoros kapcsolata a férgek és a puhatestűekre még inkább jellemző. A kültakarójuk *egyrétegű hengerhám*, amelynek sejtjei között sok mirigyhámsejtet találunk. Az általuk termelt nyálkás váladék megakadályozza a kiszáradásukat, mert gondoskodik a felszín állandó nedvesen tartásáról. A hám szorosan összenő az alatta húzódnó körkörös és hosszanti izmokból álló izomzattal, amellyel így egységes **bőrizomtömlőt** képez (20.1. ábra). Ilyen felépítésű kültakarója van például az éticsigának, a tavi kagylónak vagy a földigilisztának. A gerincesek bélcsatornájában élő, élősködő életmódot folytató férgek kültakarója ettől eltér annyiban, hogy az egyrétegű hengerhám a külső felszínén egy nagyon szilárd, ellenálló, rugalmas, fehérjékből álló *kutikularéteget* fejleszt. A kutikularétegen a levegő és a víz szabadon átdiffundál, ellenben megvédi a test szöveteit



20.1. ábra. Gyűrűsféreg bőrizomtömlőjének keresztmetszete

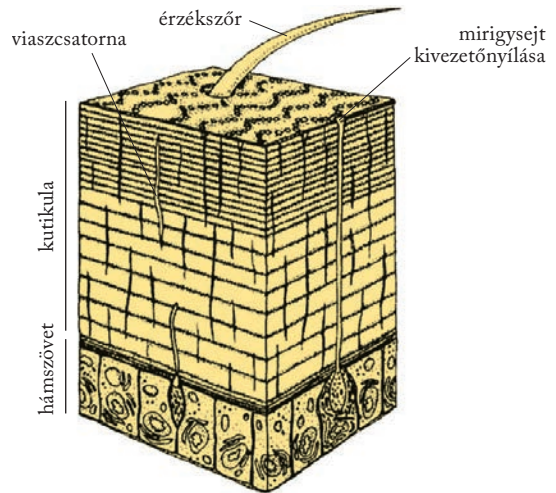
az emésztőnedvek károsításától. Ilyen kültakarója van például a laposférgek közül a horgasfejű galandféregnek, a májmételynek, a fonálférgek közül az orsógilisztáknak.

A puhatestűek kültakarójának mészmirigyei játszanak szerepet a **kagylóhéj** (20.2. ábra) és a **csigaház** anyagainak előállításában. Részben fehérjét termelnek, ez adja az alapvázat, amelybe folyamatosan kristályos mészt épül be.

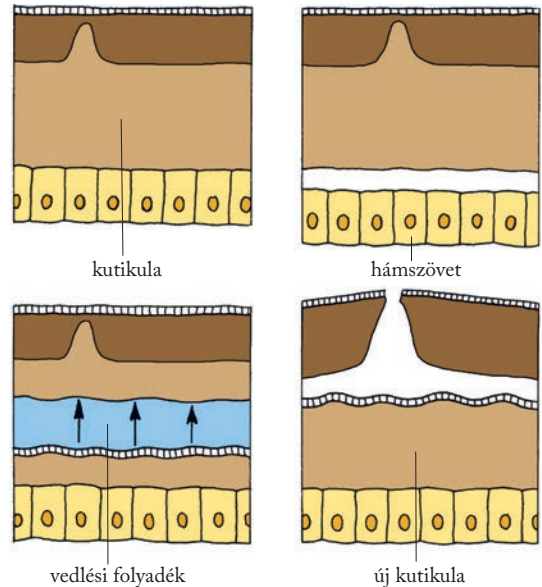
Az ízeltlábúak kültakarója ugyancsak egyrétegű hengerhám (20.3. ábra). A hengerhámsejtek ebben az esetben is kutikulát termelnek, amelybe azonban egy nitrogént is tartalmazó szénhidrát-származék, a **kitin** épül be. A létrejövő kitines kutikula rugalmas, pórusos szerkezetű, a hámsejtek a számtalan apró nyíláson keresztül kapcsolatban állnak a külvilággal. A környezetből érkező hatásokat a kutikulán áttörő érzőszőrök közvetítik a sejteknek. A rákoknál a kitines kutikulába mészt épül be, amely a szilárdságát tovább fokozza. A kitines kutikula növekedni nem képes, ezért a rákok életük során több ízben is vedlenek (20.4. ábra). A rovarok csak lárvaállapotban növekednek, akkor ved-



20.2. ábra. Tavi kagyló héja



20.3. ábra. Az ízeltlábúak kültakarójának felépítése



20.4. ábra. Az ízeltlábúak vedlésének folyamata

lenek is. A kifejlett rovarok nem növekednek már, ezért a kitines kutikulát soha nem vetik le.

■ Járj utána, mi a „vajrák”!

A gerinces állatok kültakarója

A gerincesek kültakarója a **bőr**, amely három rétegből áll. A külső a **hám**, amelyet hámzóvet alkot. Alatta az **irha** helyezkedik el. A legalsó réteg a **bőralja**, amely a bőrt az alatta lévő izomzathoz kapcsolja.

■ Keress az interneten képeket a halak kültakarójának szemléltetésére!

A *hámréteg* lehet egy sejtrétegű és állhat több sejtrétegből is. Az egyrétegű hám mirigysejtekben gazdag, ilyen például a halak bőrének hámja.

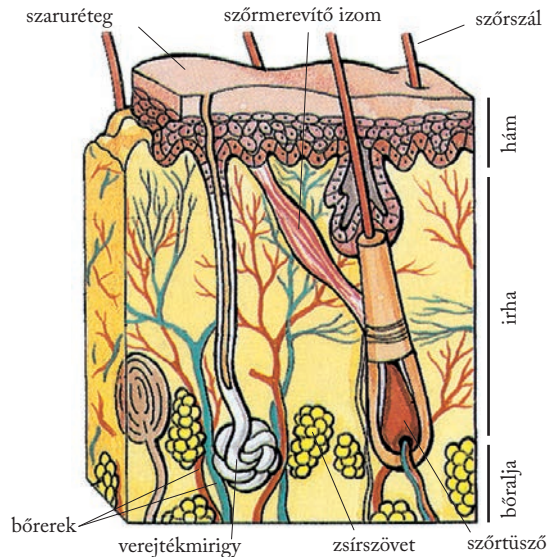
Halak bőrének szövettani vizsgálata

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, hal bőrből készített szövettani metszet

Végrehajtás: Tanulmányozd a hal bőréről készült szövettani metszetet!

- *Készíts rajzot a látottakról kis és közepes nagyságon! Magyarázd el a halak bőrének szövettani felépítését!*

Ha több sejtrétegű, akkor a legkülső hámsejtrétegek elszarusodnak, majd elhálnak. A szaru fehérjéből épül fel, vízben nem oldódik, kemény, ellenálló vegyület. A *kételtűek* bőrének felszíni hámját néhány sejtréteg képezi. Gyengén szarusodik el, ellenben mirigyekben nagyon gazdag. A *hüllők*, a madarak és az emlősök bőrének közös vonása, hogy hámjuk sok sejtrétegből áll, a felszíni sejtrétegek pedig teljes egészében elszarusodnak. A *hüllők* közül a gyíkok és a kígyók testfelszínén a hám nagy, lapos szarupikkelyekké vagy szarupajzsokká alakul. A krokodiloknál és a teknősöknél az irha kötőszövetéből *bőrcontok* jöhetnek létre, amelyek a bőrt kemény páncéllá alakítják. A *madarak elszarusodó hámja* vékony, mirigyek nincsenek benne, csak a faroktájékon található egy nagy, páros mirigy, a *farkcsíkmirigy*. A madarak ennek váladékát a csőrükkel naponta többször is szétkenik a tollazatukon, amely így vízhatlanná, vízlepergetővé válik. Az *emlősök bőrének* külső felszíne *többtrétegű, elszarusodó* laphám (20.5. ábra.). Erős, rugalmas és ellenálló, hatékony védelmet nyújt a környezet különböző károsító hatásaival szemben. Folyamatosan újul, mert a legfelső réteg elszarusodott sejtjei folyamatosan lekopnak a bőr felszínéről. Alulról azonban az irha újabb és újabb rétegeket termel. Az irhába süllyedve verejtékmirigyeket és



20.5. A bőr felépítése

faggyúmirigyeket találunk, váladékuk a bőr felszínére ürül. A verejtékmirigyek szerepet játszanak a hőszabályozásban, mert az elpárolgó izzadság hűti a testet. A faggyúmirigyek zsíros váladéka a szőrszálakat ápolja, és vízhatlanná teszi a bőrt. A szőrzet kizárólag az emlősökre jellemző szaruképződmény. A szőrszálak bőrfelszín apró besüllyedéseiben, a hajszálerekkel átszőtt szórtüszőkben lévő szőrhagymákból fejlődnek. A köztük megrekedő levegőréteg kiváló hőszigetelő.

Az *irha* laza rostos kötőszövetből épül fel, erekben és idegvégződésekben gazdag. A hámszövet sejtjei ezekből az erekből táplálkoznak. Sok, tapintást, nyomást, fájdalmat és hőváltozást érzékelő receptor található itt. Az irhában lévő, tápanyaggal dúsan ellátott szemölcsökből fejlődnek a madarak *tollai*. A tollazat kiváló hőszigetelő, és a kiszáradástól is védi a madarak testét. A repülésben is szerephez jut, mivel az *evezőtollak* megnövelik a szárnyak felületét.

A *bőrálja* állatcsoportonként változó vastagságú. Laz arostos kötőszövetet és zsírszövetet tartalmaz.

Kérdések és feladatok

- 1 Milyen működéseket lát el a csalánozók kültakarója?
- 2 Vizsgáld meg egy halon, hogy a pikkelyek az egyrétegű hám felett vagy alatt találhatók-e!
- 3 Miért fontos, hogy a gyűrűsférgék nyálkás kültakarója ne száradjon ki?
- 4 Miben különbözik és miben egyezik meg a szőr és a toll?

21. lecke

Az állatok mozgási szervrendszere



Theophrasztosz (i. e. 371–287) görög természet-tudós a növények és az állatok között alapvető különbséggént az aktív helyváltoztató mozgás képességét emelte ki.

Az állatok egyik legszembevetőbb jellegzetesége a helyváltoztató mozgás képessége, amit a **mozgás szervrendszere** biztosít. Néhány egyszerűbb felépítésű állatcsoporttól eltekintve **vázrendszerből** és **izomrendszerből** áll, amelyek működése szorosan összefügg egymással. A vázrendszer a mozgás szervrendszerének passzív, az izomrendszer aktív összetevője.

A vázrendszer

A csalánozókra és a férgekre **hidrosztatikai váz** jellemző. Belső váz, mert a test feszességét a testfolyadék biztosítja. Hasonló jellegű az előgerinchúrosok és fejgerinchúrosok váza is. A testet szilárdító *gerinchúr* rugalmassága és merevsége a magas víztartalmú, duzzadt állapotban lévő sejtek egymásnak feszülésének következménye.

A gerinctelenek egy részére külső váz jellemző. Ilyen a kagylók **héja** és a csigák **háza**. Meszes anyagát kültakarójuk egy felgyűrődő felületének, a *köpenynek* a mirigyhámsejtjei termelik. Háromrétegű felépítése biztosítja keménységét. A külső réteg kitinből és fehérjéből áll. A középső réteg anyaga kristályos mész. Legbelül vékony magas fehérjetartalmú *védőréteg* rakódik le.

Külső váz az ízeltlábúak **kitin kültakarója** is. Felületéhez belülről kapcsolódnak az állatok mozgását lehetővé tevő, egymástól elkülönült izmok.

A gerincesekre **csontvázrendszer** jellemző. Belső váz, amely csontokból, porcokból és tömött rostos kötőszövetből áll. Evolúciós előzménye az előbb már említett gerinchúr, amely még a gerincesekben is fellelhető egyedfejlődésük kezdeti szakaszán.



21.1. ábra. Éticsiga

A későbbiekben azonban ennek a helyén alakul ki a gerinces vázrendszer jellemző tengelye, a gerincoszlop. Ez a vázrendszer az egyedfejlődés kezdetén főleg kötőszöveti és porcos elemekből áll. A porcos halakban ez egész életükben így marad. A fejlettebb gerincesekben azonban az egyedfejlődés során elcsontosodik.

A csontok anyaga csontszövet. A csontszövet tömött vagy szivacsos szerkezetű csontokat képez. A *tömött csontállomány* kemény, tömör, a csontok felszíni rétegét képezi. Belül a csontok lazább szerkezetűek, pórusos *szivacsos állomány* vagy üregek vannak bennük. A csont belső állománya csontlemezeken szabályosan elrendeződő, ívekben futó hálózatból áll. A hálózat úgy alakul ki, hogy a legnagyobb megterhelésnek kitett részeket megerősítse. Az üregeket *csontvelő* tölti ki.

Keressünk építészeti megoldásokat, amelyek arra törekednek, a hogy a lehető legkevesebb anyagfelhasználással a legnagyobb teherbírást éri el!

Az izomrendszer és a különféle mozgástípusok

A szivacsok helytülő életmódot folytatnak, izomrendszerük nincs. A legegyszerűbb izom a csalanóznál jelenik meg önálló **hámizomsejtek** formájában. A bennük lévő összhúzóköny fehérjeshálók működése biztosítja egyszerű mozgásukat.

A fejlettebb állattörzsekben **izomzat** alakult ki. Az izomzat lehet *egységes*, vagy egymástól *elkülönült izmokból* áll. Ebben az esetben működésük szigorúan összerendezett.

Egységes izomzat a puhatestűekre és a férgek jellemző **bőrizomtömlő**. Benne a hám és az izomzat szorosan összenőtt, és egy egységes működési rendszert képez. Simaizomszövet építi fel. Hosszanti és körkörös izomkötegekből áll, ezek összerendezett működése eredményezi a *féregmozgást*.

Az egymástól elkülönült, *kiegyénült izmok* a külső vagy belső vázhoz kapcsolódnak. Harántcsikolt izomszövetből állnak. Az izmot *rostnyalábokba* rendeződött *izomrostok* építik fel, és kívülről ereket és idegeket tartalmazó *kötőszöveti hártya* burkolja. Az elkülönült izmok működésük során igen változatos mozgásformákat valósítanak meg.

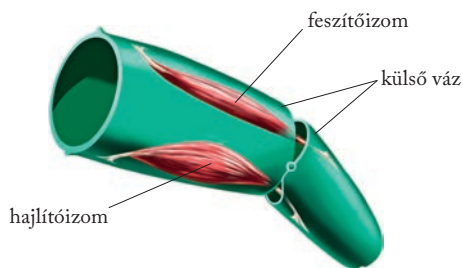
A rovarok ízelt lábaik segítségével *másznak*. A láb ízeit vékony, mozgékony kitinhártyák kapcsolják egymáshoz (21.2. ábra). Az ízeket ellenté-

Rovarláb izomszövetének vizsgálata

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, rovarláb izomzatából készített hosszmetset

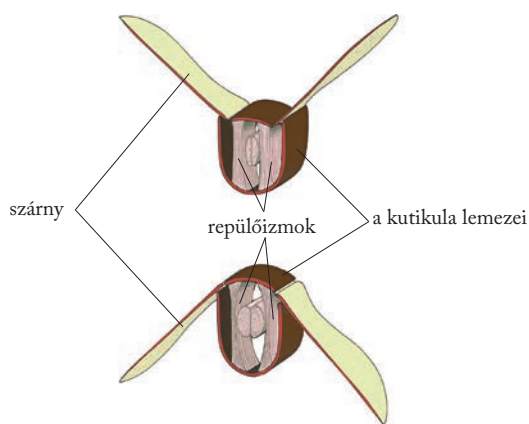
Végrehajtás: Helyezzük el a fénymikroszkópban a rovarláb izomzatából készített hosszmetsetet, és először tájékozódjunk kis nagyítás mellett! Vigyázzunk, a preparátum apró, ezért jól állítsuk be a tárgyasztalt, hogy a tárgylemezen lévő izomkészítmény éppen a fénysugár útjába essen! Apró fekete foltokat látunk, mert egy metseten több izom hosszmetsete található.

- *Állítsuk közepes nagyításra a fénymikroszkópot, és vizsgáljunk meg egy rovarizmot!*
- *Mit látunk a fénymikroszkópban? Melyik típusú izomszövet építi fel a rovarlábát?*
- *Készítsünk rajzot a látottakról!*



21.2. ábra. Az ízeltlábúak végtagjának mozgása. A vázhoz belülről tapadó izmok az ízeltlábúaknak nagy mozgékonyaságot biztosítanak.

tes működésű hajlító- és feszítőizmok mozgatják. A szárnyak a tor kultakarójának, kitüremkedett, vékony hártyaí. Izmok nem kapcsolódnak hozzájuk, a tor hátoldala és hasoldala között feszülnek. Össze-



21.3. ábra. A rovarok szárnyának mozgatása

húzódásukkor a tor összelapul, és a szárnyak felfelé csapódnak, elernyedéskor viszont a kidomborodó tor a szárnyakat lefelé mozdítja el (21.3. ábra).

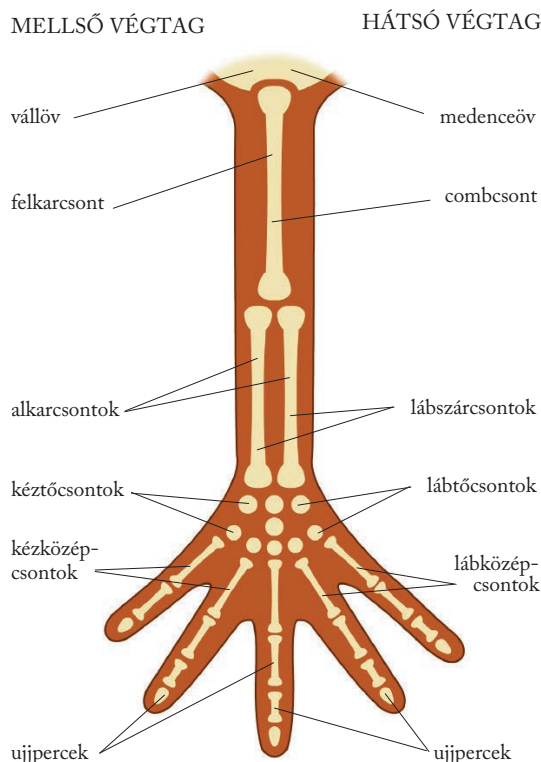
A halak izomzata is egységes. Az úszóknak sincs elkülönült izomzata. A páros úszók nem a mozgásban, az egyensúly tartásában játszanak szerepet.

A gerincesek evolúciója során az elkülönült izmok és az összetett mozgásokat biztosító végtagok a kétélteknél jelentek meg. A végtagok vázrendszerének szerkezete valamennyi gerinces csoportban erre az ötujjú végtagtípusra vezethető vissza (21.4. ábra).

A végtagok kialakulásával a mozgás biztosította lehetőségek tovább bővültek. A békák megnyúlt hátsó lábai az *ugrást* teszik lehetővé. A hullók toló-lábai pedig a *mászást*, amelyet a törzsizomzat segít. Sőt a kígyóknál pusztán a törzsizomzat is elegendő a *kígyózó mozgás* biztosításához.

Hasonlítsd össze a feregmozgást a kígyózó mozgással!

A madarak és emlősök lábai az állatok testét magasra emelik, *járólábak*. A madarak jellemző mozgásszerve a végtag eredetű *szárnyak* is, amelyek révén repülni képesek. Az emlősök – a vízi emlősök és a denevérek kivételével – a talajon járnak. Aszerint, hogy lépés közben a lábuk melyik része támaszkodik a talajra, vannak közöttük *talpon járók*, ők a teljes talpukra lépnek, ilyenek a medvék. Vannak *félíg ujjon járók*, amelyek lépés közben csak félíg lépnek a talpukra, félíg az uj-



21.4. ábra. Az ötujjú végtag csontváza

jaikra támaszkodnak. Közéjük tartozik például a menyét és a mezei görény. Az *ujjon járók* csak az ujjakra támaszkodnak. A leggyorsabb futást az ujjon járás teszi lehetővé. A lovak egyetlen ujjukon, a patával burkolt középső ujjuk hegyére támaszkodva járnak, futnak.

Kérdések és feladatok

- 1 Milyen kapcsolat van az állatok vázrendszere és izomzata között?
- 2 Hasonlítsd össze a gyűrűsférgék és az ízeltlábúak mozgási szervrendszerét és az eltérések következményeit!
- 3 Gondold végig a külső és a belső vázrendszer előnyeit és hátrányait!
- 4 Milyen előnyökkel járt a gerincesek evolúciója során a végtagok kialakulása? Módosulásai milyen új lehetőségeket kínáltak?

22. lecke.

Az állatok táplálkozási szervrendszere



A táplálkozási folyamat részei

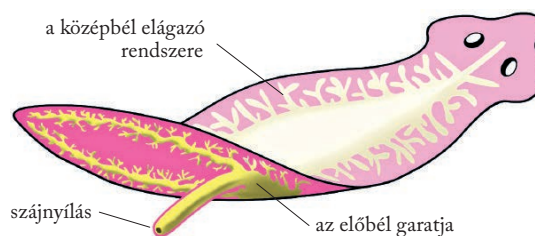
Az állatok **heterotróf** táplálkozásúak, azaz energiában gazdag szerves anyagokat vesznek fel. A felvett anyagok egyrészt **építőanyagul** szolgálhatnak testük további gyarapításához, másrészt lebontásukkal az életműködéseikhez szükséges **energiához** jutnak. A szervrendszer működése biztosítja a táplálék felvételét és energiatartalmának hasznosítását.

Szerinted hány jól elkülöníthető szakaszra osztható fel a táplálkozási szervrendszer működése? Indokold válaszodat!

A táplálkozás négy szakaszra osztható fel. Az első szakaszban történik a *táplálék felvétele*, a másodikban a *megemésztése*, a harmadikban a hasznosítható anyagok *felszívódása*, végül a negyedikben az emészthetetlen *salakanyagok kiürítése*. Az emésztés történhet sejten belül és sejten kívül. Az ősbibb, sejten belüli emésztés során a táplálék előbb bekerül a sejt belsejébe, és ott, a táplálék körül létrejövő üregecskékben kezdődik meg a kémiai lebontása. Így emésztenek a szivacsok. Az állatok túlnyomó többsége azonban fejlettebb módon, sejten kívül emészt. A sejtek leadják az általuk termelt emésztőenzimeket a bélcsatorna üregébe, amelyek bontó hatásukat annak belső felszínén végzik el. A felszívódás során csak a megemésztett anyagok kerülnek a sejt belsejébe.

A gerinctelen állatok táplálkozása

A táplálkozás szervrendszere az állatvilág fejlődése során fokozatosan alakult ki és vált egyre hatékonyabban működő, összetettebb rendszerre. Legegyszerűbb formájában az **ősbélüreg** látja el a szervrendszer működéseit. Ez jellemző a szivacsokra és a csalánozókra. Később egy egynyílású cső, a **bélcső** alakult ki. Egyetlen nyílású bélcsövük a laposférgeknek van. A közéjük tartozó örvényférgek a hasi oldalon található szájnííláson keresztül veszik fel a táplálékot (22.1. ábra), ami onnan a

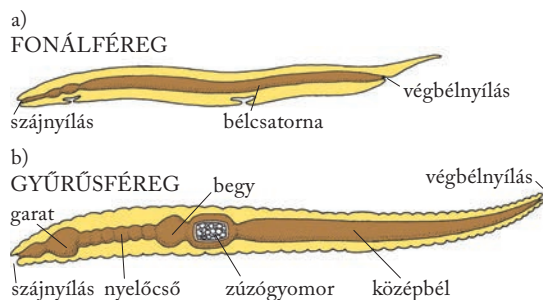


22.1. ábra. Az örvényféreg bélrendszere

mirigyekkel ellátott előbélbe, a garatba jut, amely gyakran ormánszerűen kitérhető. A táplálék útja a garatból a gazdagon elágazó, vakon végződő középbélbe vezet, ahol a sejtek bekebelezik és megemésztik a táplálékreszecskéket. Az emészthetetlen maradék a szájnyíláson keresztül távozik.

A fonálféreg testében az előbél és a középbél együtteséhez csatlakozva utóbél is kialakult a végbéllyílással (22.2. a ábra). Így létrejött az állat egész testén végighúzódó és mindkét végén nyitott **bélcsatorna**. Azzal, hogy ebben a csatornában a táplálék egy irányban halad végig, az evolúció során lehetővé vált az egyes bélszakaszok működésének elkülönülése.

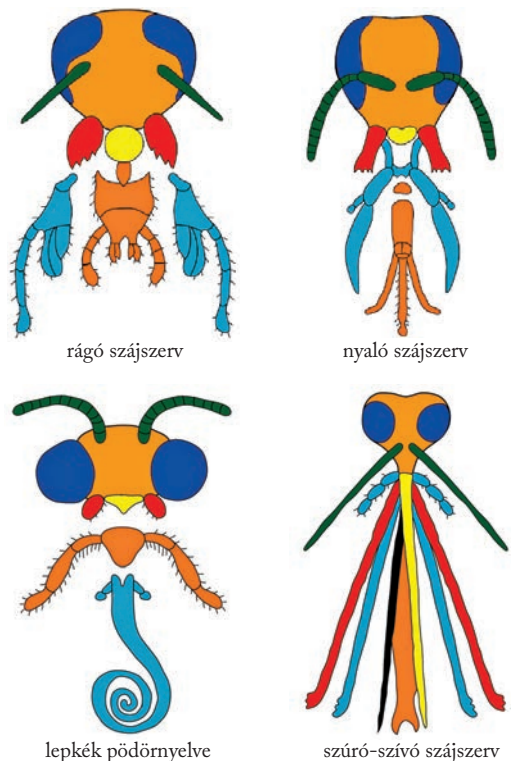
A gyűrűsféreg testében ez az elkülönülés már jól észlelhető (22.2. b ábra). Az *előbél* szájüregre, izmos garatra, nyelőcsőre, begyre és zúzógyomorra tagolódik. Bennük a táplálékkal együtt felvett szilárd ásványi szemcsék összekeverednek, felaprózódnak és részben megemésztődnek. Az ezt követő *középbélben* az emésztés befejeződik, és a tápanyagok lebontott molekulái felszívódnak a bélcsatornát határoló sejtekbe. Az emészthetetlen maradék a felvett ásványi szemcsékkel együtt az *utóbélben* keresztül kiürül.



22.2. ábra. A fonálféreg (a) és a gyűrűsféreg (b) tápcsatornája

Az ízeltlábúaknál további differenciálódás figyelhető meg. Változatos táplálkozásuknak megfelelően a táplálék felvételére különféle típusú *szájszervek* alakultak ki, például a rovarok rágó, szívó és szűrő szájszervei (22.3. ábra.). A felvett táplálék részecskéi ezek segítségével jutnak be a szájüregbe. Többségüknek *nyálmirigye* is van, amely a szájüregbe nyílik, és váladéka a táplálék előemésztését végzi. Az előbél a *nyelőcsőben* folytatódik, ami fokozatosan kiszélesedve *beggyé* tágul. Ez elsősorban táplálékátárolásra szolgál. A szilárd táplálékon élő ízeltlábúakban vastag falú, izmos *rágógyomor* alakult ki. Belsejében kemény kitintüskék végzik a táplálék összeőrlését. A középbélben történik

a táplálék emésztése és felszívódása (22.4. ábra). A rákok és a pókok emésztőnedveit külön *középbéli mirigy* termeli, a rovarokban csak a bélcsatorna kitérőszakasza végzi az emésztőnedvek termelését. Az emészthetetlen anyagok az utóbélbe kerülnek, majd a végbélben keresztül kiürülnek.



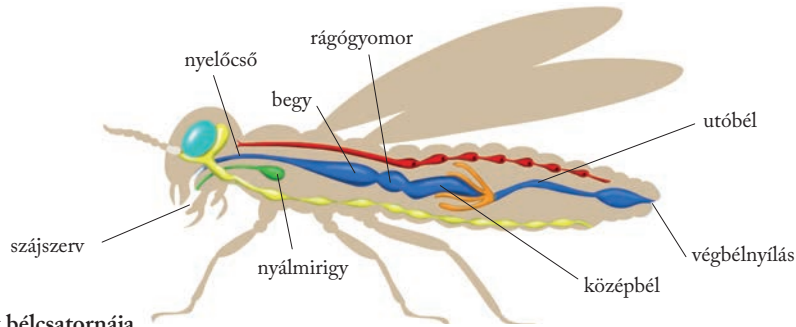
22.3. ábra. Rovarok szájszervei

Óriáscsótány emésztő szervrendszerének vizsgálata

Anyagok és eszközök: bonctál, fehér ívpapír, gombostűk, szike, bonctű, lándzsatű, szövettani olló, kézi nagyító, sztereomikroszkóp

Végrehajtás: Tanulmányozzuk a túlatlatott óriáscsótányt! Nézzük meg kézi nagyítóval a fejen lévő szájszerveket! Ezután szövettani ollóval vágjuk végig a potroh két oldalát az oldallemezek fölött, majd harántirányban is átvágva távolítsuk el a kitinlemezeket! Óvatosan távolítsuk el a testet jobbára kitöltő zsírtesteteket! Keressük meg és azonosítsuk a tápcsatorna egyes szakaszait! Azonosítsuk a begyet és az emésztésben fontos szerepet játszó nyálmirigyeket! Távolítsuk el az állat fejét!

- Sztereomikroszkóp alatt azonosítsuk a rágót, az állkapcsot, a felső és alsó ajkat, az állkapcsi és ajaktárogatókat! Készítsünk rajzot a látottakról!



22.4. ábra. A rovarok bélcsatornája

A rovaranatómia kezdetei

Francesco Redi (1626–1697) itáliai anatómus *A rovarok származása* című munkájában ismertetett sok rovaranatómiai újdonságot és egyértelműsített számos régóta használt anatómiai kifejezést. Ábrákkal gazdagon illusztrált könyvében pontos képet kapunk a testtájakról, az azokat felépítő ízek számáról, az ízelt lábak, a csápok sajátosságairól és a táplálkozás szervrendszeréről. Vele egy időben élt és munkálkodott egy holland orvos, Jan Swammerdam (1637–1680) (22.5. ábra). Bár számos gerinces állatot felboncolt, illetve megfigyelte életműködéseiket, főképp a gerinctelen állatok szervezeti felépítésének megismerésében végzett úttörő munkát. A tudománytörténet a rovarvilág anatómusaként tartja számon, ám nemcsak holtan tanulmányozta, hanem élve is megfigyelte őket. Feljegyzései a legelső etológiai tapasztalatok. Rengeteg rovar felboncolt, kiemelte az egyes szervrendszereiket, mikroszkópban megvizsgálta, összehasonlította őket, majd részletes ismertetést adott róluk. Hangsúlyozta a gerincesek és a gerinctelenek anatómiája közötti lényeges különbségeket (bár a két fő csoportra még nem használta ezt az elnevezést!).

Olvasmány

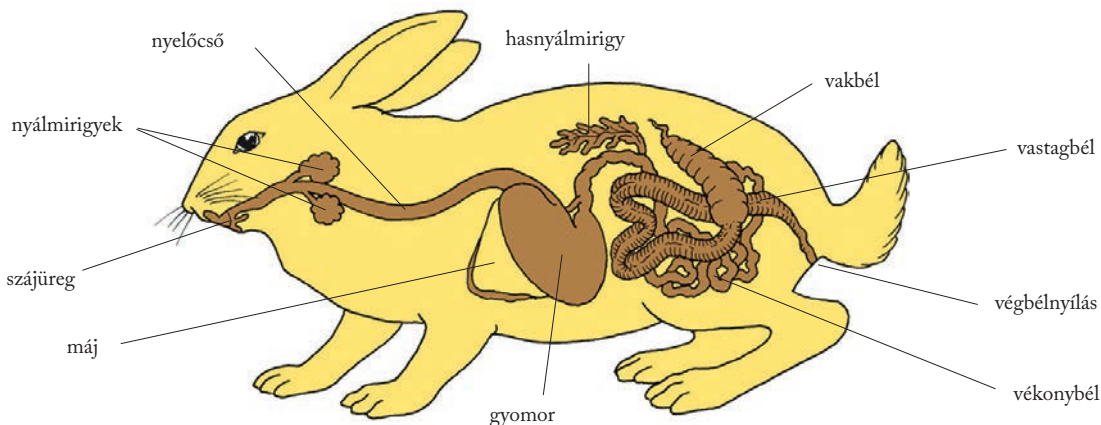


22.5. ábra. Jan Swammerdam

A gerinces állatok táplálkozása

A gerincesek bélcsatornája is az elő-, a közép- és az utóbél szakaszaira osztható. Az emésztési működés szempontjából azonban az egyes szakaszok erőteljesebben különböznek el, mint a gerinctelen állatoknál (22.6. ábra).

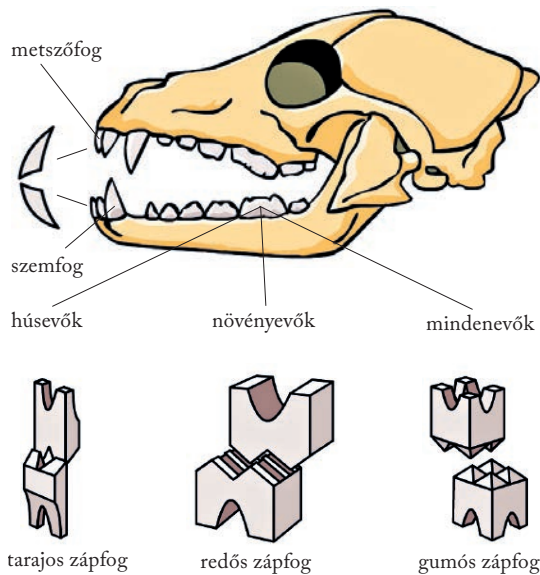
A gerinces állatok bélcsatornájában az előre haladó táplálékra mindig újabb és újabb emésztőnedvek hatnak a számukra optimális körülmények között. Csak a gerincesekre jellemző a **máj** és a **hasnyálmirigy** kialakulása is. Az előbél a szájüreggel kezdődik, működése a táplálék felvétele, felapritása, nyállal való összekeverése és továbbjuttatá-



22.6. ábra. A gerincesek bélcsatornája

sa. A gerincesek állkapcsához csatlakozó **fogak** a harapás és a rágás szervei. A halak és a kétéltűek közül számos faj fogatlan. A teknősök és a madarak őseinek még volt foga, de az evolúciójuk során eltűnt, és a fogakat a ma élő fajoknál szarukávék pótolják. A legfejlettebb fogazattal az emlősök rendelkeznek (22.7. ábra). A szájüregben foglal helyet a **nyelv**, amely a táplálék felvétele és továbbítása mellett fontos ízlelő- és tapintószerv is.

A gerincesek többségénél a szájüreghez **nyálmirigyek** is csatlakoznak. Váladékuk átnedvesíti a táplálékot, megkönnyíti a nyelést, és emésztőnedv-tartalma megkezdik a szénhidrátok emésztését. A szájüregben felaprított és nyállal összekevert táplálék a **nyelőcsőbe** továbbítódik. A madarak többségénél a nyelőcső sajátos ki-

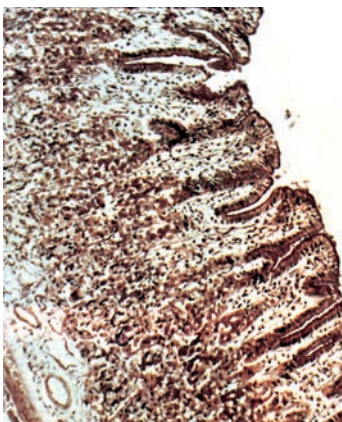


22.7. ábra. A gerincesek fogtípusai

tágulása a **begy**, amely a táplálék időleges raktározását, a magevőknél pedig a magvak puhítását végzi. A nyelőcsőből az előbél utolsó szakaszába, a **gyomorba** kerül a táplálék. A gyomor falában (22.8. ábra) olyan mirigyek találhatók, amelyek a fehérjéket bontó emésztőnedvet, valamint sósavat termelnek. A savas kémhatású gyomorban megkezdődik a fehérjék emésztése. A gyomor lehet egy- vagy többüregű.

A halak, a kétéltűek és a hüllők, valamint sok emlős, például a ragadozók gyomra együregű. A madaraké kettő, mert a mirigyos gyomorhoz egy zúzógyomor is csatlakozik, amely vastag, izmos falával a táplálék mechanikai aprítását végzi. A kérődző emlősök közül például a tevék gyomra három, a szarvasmarhafélék gyomra négy üregre tagolt. Ez teszi lehetővé a táplálék anyagainak hatékonyabb hasznosítását.

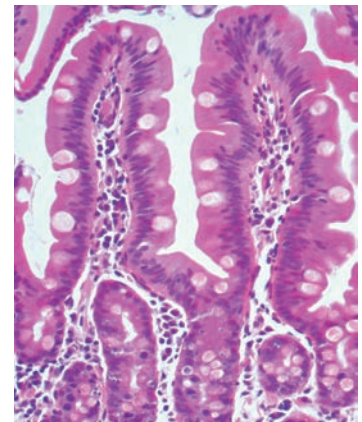
A gerincesek középlebe is eltérő működésű szakaszokra tagolt. Kezdeti szakaszába torkollik a **máj** és a **hasnyálmirigy** vezetéke. A májban termelődő epe a táplálék zsírcseppjeinek szétosztatását segíti elő. A hasnyálmirigyben termelődő emésztőnedv a fehérjék, a szénhidrátok és a zsírok, valamint a nukleinsavak emésztését végzi. Ehhez a vékonybél falában termelődő emésztőnedvek is hozzájárulnak. A megemésztett tápanyagok felszívódása a vékonybél falán keresztül történik. A felszíváshoz a vékonybél falát a belőle ezerszámra kitüremkedő apró **bélbolyhok** hatalmas felszívófelületté növelik (22.9. ábra). Számos gerinces bélcsatornájában a középbél és az utóbél határán a vakbél alakult ki. A gerincesek utóbele a vastagbéllal kezdődik, befejező szakasza a végbél.



22.8. ábra. Emlős gyomornyálkahártyája



22.9. ábra. Emlős vékonybélbolyha elektronmikroszkópos és fénymikroszkópos felvételen



Az emlősök fogtípusai

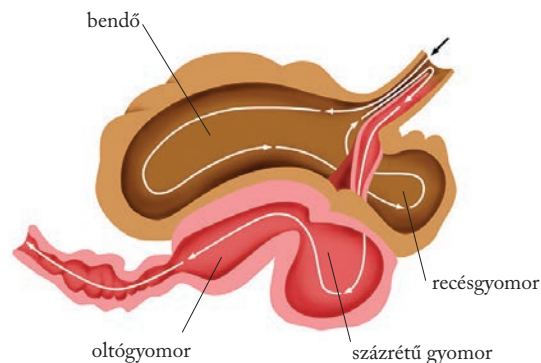
Olvasmány

Az emlősök fogazata különböző típusú fogakból áll. Ezek mérete és száma attól függ, hogy az állat milyen táplálékot fogyaszt. A növényevő rágcsálók elöl erős zománccal fedett metszőfogai folyamatosan nőnek, véső alakúra kopnak. A húsevő ragadozóknak a metszőfogaik kicsik, szemfogaik ellenben nagyok, kúp alakúak, hegyesek, a zsákmány megragadását szolgálják. Hasonlóan erőteljesen fejlett az első nagyírlő foguk, a tépőfog is. A záp- vagy őrlőfogak felszíne is a táplálkozásnak megfelelően többféle alakú lehet. A rágófelület széle végződhet éles csúcsokban, ilyen típusú foga van a ragadozóknak. A felülete lehet tompa gumókkal borított, mint a mindenevő medvék őrlőfoga. Lehet zománcredőkkel borított redős zápfog is, ilyen a növényevőké.

Az emlősök gyomra

Tagozódása szerint az emlősök gyomra lehet *együregű* vagy *többüregű*, azaz *egyszerű* vagy *összetett*. A ragadozók gyomra például egyszerű, mert egyetlen üregből áll. A rágcsálók közül egyeseknek, például a mezei pocoknak vagy a mezei hörcsögnek a gyomra kétüregű. A tevék gyomra háromüregű, és kérődzők is, míg a szarvasmarhafélék gyomra négyüregű (22.10. ábra), és szintén kérődzők. A négyüregű kérődzőgyomor első három ürege valójában nem gyomor jellegű, mert ezekben emésztést nem történik. Az első üreg a *bendő*, a nyelöcső kiöblösödésének tekinthető, mint a madarak begye, működése a lelegelt növényi részek raktározása. A bendőtartalom teljes mennyiségének mintegy 15%-a cellulózbontó baktérium és egysejtű, amely a gazdaszervezettel szimbiózisban él. Ebben kezdődik meg a cellulóz lebontása. A második üreg a *recésgyomor*, ide kerül át a bendőből a lenyelt táplálék. A recésgyomorban elpépesedik a tartalom, majd kis adagokban visszakerül a szájüregbe, ahol az állat újra átrágja, újra összekeveri nyállal, majd ismétlen lenyeli. Az emésztéshez előkészített anyag ezúttal már a *százzrétűnek* nevezett harmadik gyomorüregbe kerül. A százzrétű gyomrot a belső felületét borító felületnövelő levelek miatt *levelesgyomornak* is szokták nevezni. Az utolsó üreg az *oltógyomor*, a százzrétű gyomorból ide került táplálék megemésztése ebben az üregben történik.

A kérődzés kialakulását nem csak a cellulózbontás hatékonyságának növelésével magyarázzák, abból ugyanis az állat nem jut energiához, csak a tápanyag feltárása miatt fontos. A nagytermetű növényevők ragadozók elleni egyik stratégiája a gyors, habzsoló legelés, majd a lassú, kényelmes kérődzés. Eközben ugyanis a csoportosan élő kérődzők úgy tudtak elhelyezkedni, hogy minden irányba figyeljen valaki, és idejében észrevegyék az őket fenyegető veszedelemet. Ezt láthatjuk még ma is a delelő csorda egyes teheneinek elhelyezkedésében.



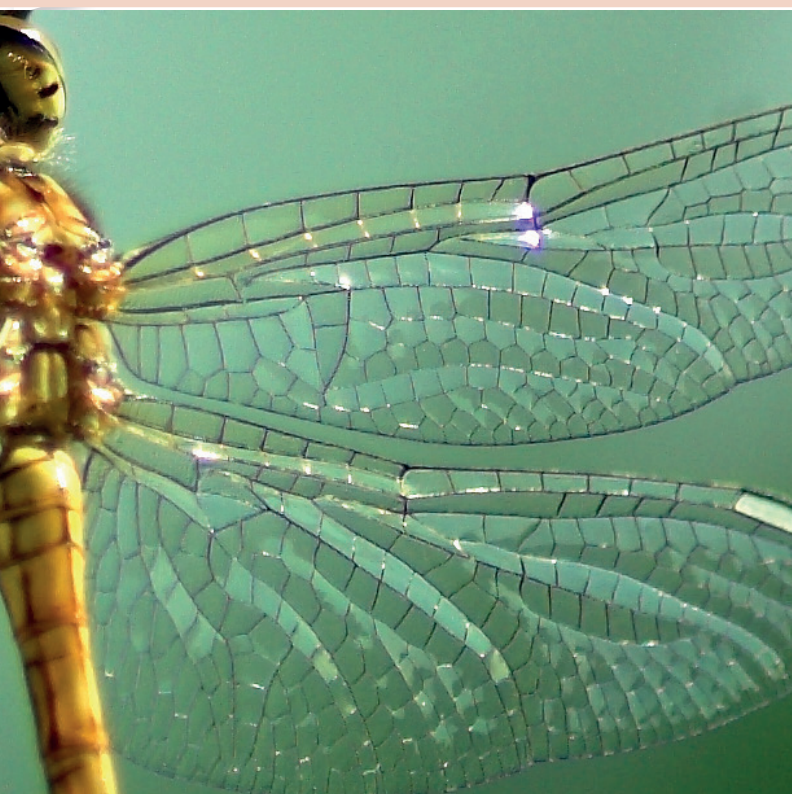
22.10. ábra. A kérődző állatok gyomra

Kérdések és feladatok

- 1 Mely folyamatokból tevődik össze az állatok táplálkozása?
- 2 Hasonlítsd össze a laposférgek, a fonálférgek és a gyűrűsférgek bélcsövét!
- 3 Mi a begy szerepe a madarak táplálkozásában?
- 4 Mondj példákat többüregű gyomorral rendelkező állatokra! Mi a különbség közöttük?

23. lecke

Az állatok légzési szervrendszere



A légzés funkciója és részfolyamatai

Az állatok az életfolyamataikhoz szükséges energiát az elfogyasztott táplálék oxidációjából nyerik, amelyhez oxigénre van szükségük. Az oxigént gáz formájában a levegőből vagy a vízből veszik fel. A **légzés szervrendszere** a szervezetek gázcseréjét, azaz az **oxigénfelvétel** és a **szén-dioxid-leadás** feltételeit teremti meg.

A gázcsere alapvető feltétele, hogy az állatokon kialakuljon egy olyan testfelület, amelyen csak igen vékony szövetréteg választja el a külvilágtól, így semmi nem akadályozza a légzési gázok diffúzióját. A vékony, nedves kültakarójú, egyszerű felépítésű állatok teljes testfelülete alkalmas lehet erre. Ilyenkor a gázcsere nem koncentrálódik egy légzőszervre, a test egész felületén történik, ezért **diffúz légzésnek** nevezzük. Ilyen a szivacsok, a csalánozók légzése. Az állatok többségénél azonban légzőszerv alakult ki. A légzőszervek igen változatos felépítésűek lehetnek.

A légzés az állatok többségénél szoros kapcsolatban áll az anyagszállító szervrendszerrel, mert a rovaroktól eltekintve a légzési gázokat a testfolyadék viszi a felvétel helyétől a felhasználás helyéig, illetve vissza. A légzés így összetettebbé vált, több szakaszra, **légcserére**, valamint **külső és belső légzésre** különült.

A **légcsere** a külvilág és a légzőszerv között megvalósuló levegőcsere. Két részből áll: a **belégzésből** és a **kilégzésből**. Belégzéskor oxigénben gazdag levegő kerül a légzőszervbe, kilégzéskor pedig a szén-dioxidban gazdag levegő elhagyja azt. A légcsere a légzőszervben zajlik, de nem minden légzőszervvel rendelkező állatnak van légcseréje. Például a halak-

Légzési gázok vizsgálata

Anyagok és eszközök: gézháló, kisebb Erlenmeyer-lombik dugóval, cérna, olló, meszes víz, gyászbogárlárvák

Végrehajtás: Egy kis gézhálóba tegyünk néhány gyászbogárlárvát! Kössük össze a hálót, lógassuk egy cérnaszállal egy olyan kémcsőbe vagy kisebb Erlenmeyer-lombikba, amelyet egyharmadig meszes vízzel töltöttünk meg, majd dugaszoljuk be a kémcsövet jól záró gumidugóval úgy hogy a háló ne érjen az oldat felszínéhez!

- Milyen változást tapasztalunk kis idő elteltével? Adjunk magyarázatot a látottakra!

nak van légzőszervük (ez a kopoltyú), légcseréjük azonban nincsen. A kétéltűeknek lárvá állapotban van légzőszervük, légcseréjük azonban nekik sincs, a kifejlett békáknak azonban már van.

A **vérfestékek** megjelenése sokszorosára növelte a szállítható gázmennyiséget. A gerincesek vérében a vörösvérsejtekben lévő hemoglobinnal szállítja az oxigénmolekulák 98 %-át, és a vörösvérsejtek a szén-dioxid-transzportban is részt vesznek.

A **külső légzés** a légzőszerv tere és a vér között zajlik. A gázcseré azért következik be, mert a tüdőben lévő levegő oxigén részaránya magasabb, mint a szövetek felől érkező véré, szén-dioxid-tartalma viszont alacsonyabb. Ezért az oxigén bediffundál a vérbe, a szén-dioxid pedig kidiffundál onnan. A **belső légzés** a vér és a sejtek, szövetek között valósul meg, és a gázok mozgása fordított irányú.

A légzőszervek típusai

A rovarok a kültakarójukból származó **légcsőrendszerrel** lélegeznek. A légcsőrendszer igen sokféle elágazva közvetlenül a sejtekig vezet a friss levegőt, ezért a rovarok testfolyadékai gázokat nem szállít. Vékony kitinhártyából áll, azon keresztül gyorsan lezajlik a gázcseré. A test oldalán lévő bevezetőnyílásait vékony kitinlemezek fedik.

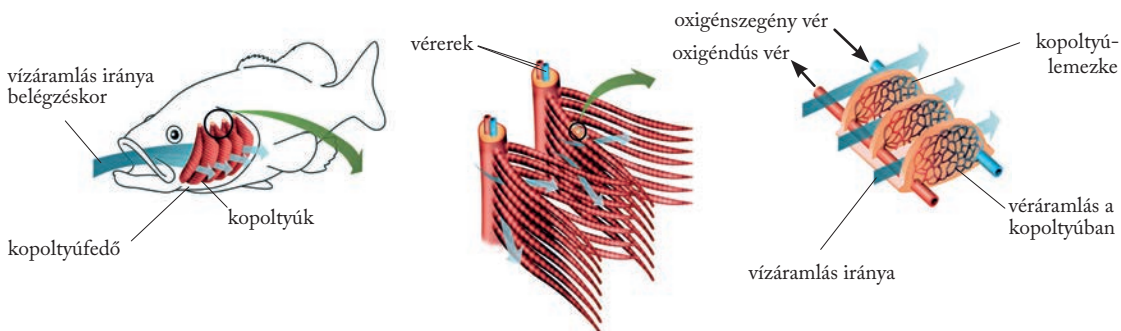
Azokat a légzőszerveket, amelyek vízből veszik fel az oxigént és a szén-dioxidot is oda adják le, **kopoltyúnak** nevezzük. A kopoltyúk fejlődhetnek a kültakaróból, mint a vízben élő gerinctelen állatok többségén. A légzőhám a rákokon a lábukon alakul ki, a vízben élő csigákon és a kagylókon a köpenyüregükben, de kialakulhat a bélcső végső szakaszából is, például a szitakötőlárvák lélegeznek így.

A gerincesek közül a halak lélegeznek kopoltyúval. Ez a szerv az előbélből származik.

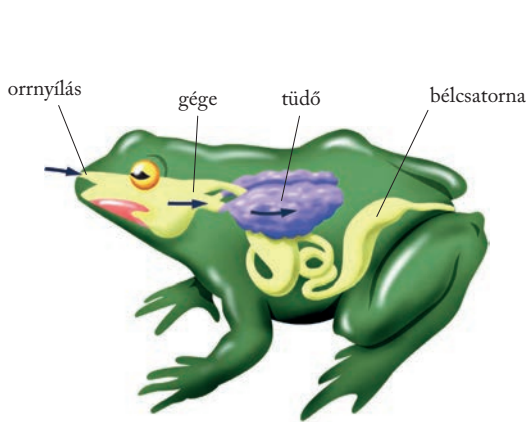
A garat két oldalán lévő kopoltyúüregben helyezkednek el (23.1. ábra), oldalról az üreget mozgatható kopoltyúfedő borítja. A kopoltyúk szilárd alapjai a kopoltyúívek, amelyekben nagyszámú kopoltyúlemez található. A hajszalérhálózattal átszőtt kopoltyúlemezeken vékony hámszövettel borított felületén történik a gázcseré. A gázokat a kopoltyúlemezeken és a sejtek között a vér szállítja. A légzőmozgást a száj és a kopoltyúfedők összerendezett működése biztosítja.

Minden állat, amely légköri levegővel folytat gázcserét és nincs légcsőrendszere, **tüdővel** lélegzik. Fejlődéstanilag a tüdők is különböznek egymástól. A szárazföldi csigák tüdeje a vízikéhez hasonlóan a köpenyüreg fala. Valamennyi gerinces tüdeje viszont az előbélből származik, akár a halak kopoltyúja. A gerincesek tüdejének nincs izomzata, a bordaközi izmok és a rekeszizom működtetik. Összehúzódásuk következtében nő a tüdő térfogata, emiatt csökken benne a levegő nyomása, és beáramlik még a levegő. Kilégzéskor ezen izmok elernyedése következtében a tüdő térfogata lecsökken, a benne lévő levegő nyomása megnő, és a levegő kiáramlik.

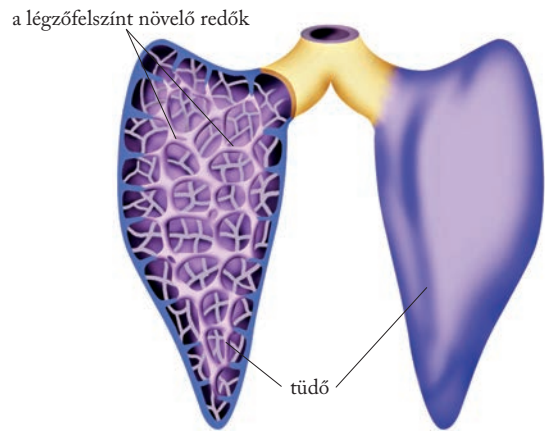
A gerincesek közül a kétéltűek tüdeje a legfejletlenebb. Ezért még a legfejlettebb kétéltűeknél, a békáknál is jelentős szerepet kap a bőrön keresztül történő kiegészítő diffúz légzés. Egyedfejlődésük kezdetén az állandóan vízben élő lárváik még kopoltyúval lélegeznek. A kifejlett állaton a levegő egy rövid légcsővön keresztül jut be a páros, zsák alakú tüdőbe (23.2. ábra), amelynek belső felületét vékony hámszövet borítja. Ezen keresztül folyik a gázok diffúziója. A gázok továbbállítását a hámszövet alatti dús hajszalérhálózat biztosítja. Mivel a kétéltűeknek nincsenek bordáik, és rekeszizmuk sincsen, a légzőmozgásokat a mellüreg helyett a szájüreg nyelőmozgása végzi.



23.1. ábra. A halak légzése



23.2. ábra. A békák légzőszervei. A nyilak a belégzéskor áramló levegő útját jelzik. A kétlétűekben és a magasabb rendű gerincesekben keresztezi egymást a belélegzett levegő és a táplálék útja. A légutakba kerülő falat a levegő áramlását akadályozná, ezért nyelésnél a porcos gége elzárja a légsőbe vezető utat.



Bőrlégzés

Több állatcsoportnál nagy jelentőségű az egész testfelületen keresztül megvalósuló diffúz bőrlégzés, annak ellenére, hogy az állatoknak légzőszerve is van. A békák gázcseréjük 55-60%-át (23.3. ábra), a halak 60%-át, a gótéek 70%-át a nedves bőrükön keresztül bonyolítják le.

- *Nézz utána, hogy ki és milyen – mai szemmel nézve meglehetősen barbár – kísérlettel igazolta a békák bőrlégzésének jelentőségét! Mi a véleményed erről?*

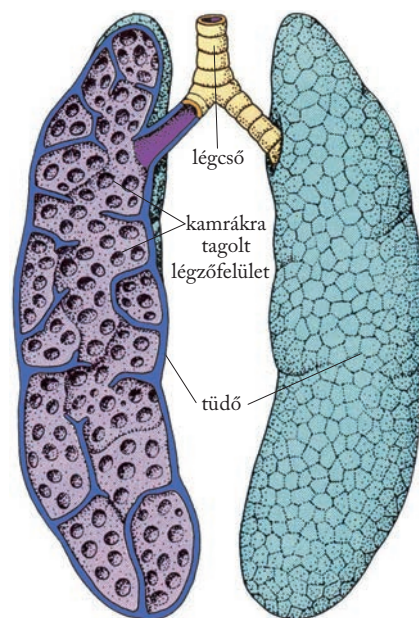
Olvasmány



23.3. ábra. A békák nedves, nyálkás kültakaróján keresztül bőrlégzés játszódik le

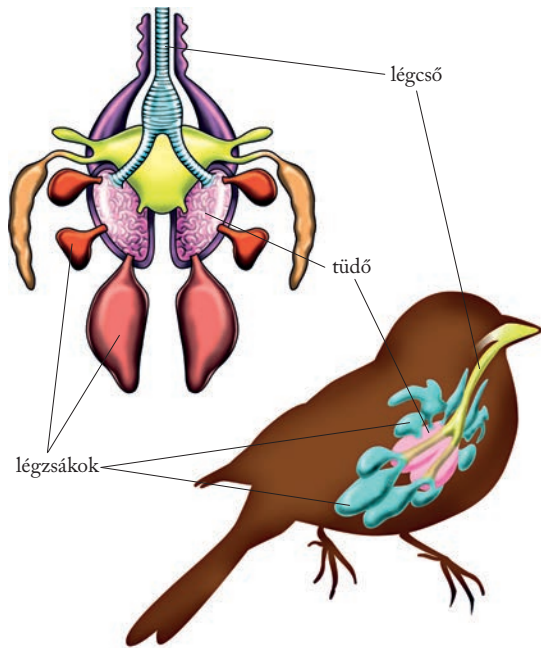
A hüllők tüdejében a központi üreget egyre több válaszfal növi be, így jelentősen megnő a légzőfelület (23.4. ábra). Erre szükségük is van, mert kültakarójuk erősen elszarusodott, és ezért már nem alkalmas kiegészítő légzésre.

A madarak tüdeje a legfejlettebb az állatok között. A levegő az orrüregben vagy a szájüregben keresztül jut a garatba, majd a légcsőbe. A légcső alsó végén *alsó gégefővé* szélesedik ki. Ez a madarak hangadó szerve. Innen két hörgővé ágazik szét, amely belép a tüdőbe és hörgőcskékre oszlik. A hörgőcskékből erednek a *tüdőstipok*, belőlük pedig a *lég-hajszálcsövek*, rajtuk keresztül folyik a külső légzés. A madártüdőben a lég-hajszálcsövek összefüggő, igen nagy felületű egységes rendszert alkotnak. A madarak tüdejének különleges kiegészítő szervei a *légzsákok*. Tüdejükhöz általában öt pár légzsák csatlakozik, amelyek légzéskor megtelnek levegővel. Így a madarak tüdeje két irányból kap



23.4. ábra. A hüllők tüdeje

friss levegőt, belégzéskor a légcsövön keresztül, kilégzéskor a légzsákokból. A légzsákok jelentősége a levegő tárolásában van, a gázcsereben



23.5. ábra. A madarak légzőszerve

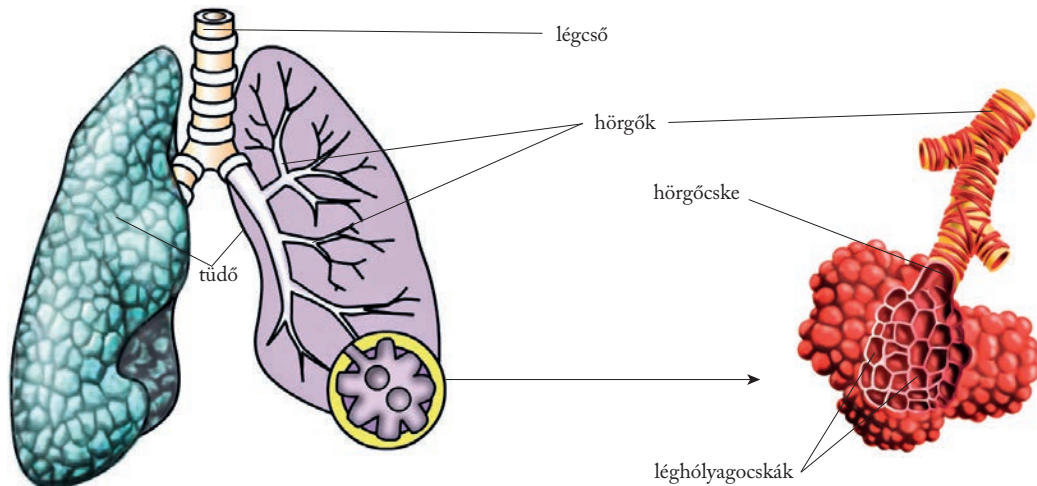
nem vesznek részt (23.5. ábra). Az emlősök tüdeje nagyobb lebenyekre tagolódik. A lebenyekben gazdagon elágazó hörgőrendszer alakult ki, a hörgők végső elágazásai nagyon kicsiny, szőlőfürtre emlékeztető **léghólyagocskákban** végződnek (23.6. ábra). Ezek vékony falát kívülről szorosan rátapadó hajszálerek hálózják be, tökéletes diffúziós lehetőséget biztosítva a gázcserehez.

Emlős tüdejének szövettani vizsgálata

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, emlőstüdő mikroszkópi preparátuma

Végrehajtás: Helyezzük el a preparátumot a fénymikroszkóp tárgyasztalán és tájékozódjunk kis nagyításon! Állítsuk át a fénymikroszkóp nagyítását közepes értékűre! Figyeljük meg a tüdő szerkezetét, és azonosítsuk a felépítésében részt vevő szöveteket!

- *Készítsünk látótérrajzot a látottakról, jelöljük a fontosabb részleteket, és nevezzük is el őket!*



23.6. ábra. Az emlősök légzőszerve

Kérdések és feladatok

- 1 Mi jellemző a kételtűek tüdőlégzésére? Mi pótolja a bordaközi izmok hiányát?
- 2 Miért beszélhetünk a madarak esetében kettős légzésről?
- 3 Miért nevezhetjük a madarak tüdejét a legfejlettebbnek az állatvilágban?
- 4 Mi a különbség a tüdősíp és a léghólyagocska között? Miben egyezik meg a működésük?

24. lecke

Az állatok anyagszállító szervrendszere



Az anyagszállítás funkciója

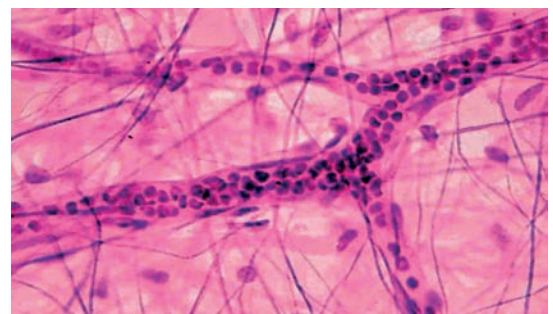
A többsejtű állatokban a táplálkozással és a légzéssel felvett anyagok általában nem a felvétel helyén hasznosulnak, hanem a szervezet belsejében lévő sejtekhez kell eljutniuk. A szervezetben belül a különböző **anyagok továbbítását az anyagszállítás szervrendszere** végzi. Működése eredményeképpen kerülnek a felszívott tápanyagok a felhasználás vagy a raktározás helyszínére. Fontos szerepet tölt be a *fejlettebb szervezetekben* a **légzési gázok transzportjában**, és nélkülözhetetlen a sejtekben keletkező **anyagcseretermékeknek** és felesleges anyagoknak a **kiválasztás helyszínére juttatásában**. Biztosítja azt is, hogy a szervezetben termelt **szabályozó anyagok** eljussanak a **célszervekhez**.

Az anyagszállítás evolúciója

Az anyagszállítás legegyszerűbben az egyik sejtől a másikba történő **közvetlen anyagátadással** zajlik. A folyamat lehet diffúzió, de történhet aktív anyagátadás, illetve -átvétel is két sejt között. A legegyszerűbb felépítésű állatoktól a legfejlettebbekig az összes állatban találni erre példát.

Az anyagtranszport történhet aktív helyváltoztató mozgásra képes **amőboid vándorsejtek** közvetítésével is. A vándorsejtek állábakkal rendelkeznek, a szervezet egy pontján bekebelezik az elszállítandó anyagot, majd odavándorolnak, ahol szükség van rá, és az anyagot leadják. Ez az anyagszállítás jellemző például a szivacsokra.

Az egyszerűbb felépítésű soksejtűekben – pl. egyes csalánozóknál és a laposférgekben – még nem különül el az anyagszállítás szervrendszere a táplálkozás szervrendszeréről, a **béledényrendszer** mindkét működést ellátja. A béledényrendszer vakon végződő, dúsán, vékony csövecskékre szétágazó bélcsator-



24.1. ábra. Az anyagszállító rendszer minden sejthez eljuttatja a tápanyagokat

na, amely szinte minden sejthez képes eljuttatni a szükséges anyagokat. Légzési gázokat nem szállít.

A többsejtű állatok túlnyomó részében azonban külön anyagszállító rendszer alakult ki, amelyben a **közvetítő folyadék** végzi a szállítást. Ez legegyszerűbb formájában *testüregfolyadék*, amely a bélcső és a test fala között szabadon áramlik. Ilyen a fonálféreg anyagszállító szervrendszere. A fejlettebb állatcsoportokban a szervezetet csőrendszer szövi át, ebben a folyadék (24.1. ábra) mozgása határozott irányú körfolyamat, és az áramló folyadék mindig visszatér kiindulási helyére, **keringési rendszer** alakul ki. A keringési rendszer lehet nyitott és lehet zárt.

A nyitott rendszerben áramló folyadékot **vérnyiroknak**, a zárt rendszerben áramlót **vérnek** nevezzük. A folyadék mozgását az anyagszállító rendszer összhúzószakaszai – szívek – végzik.

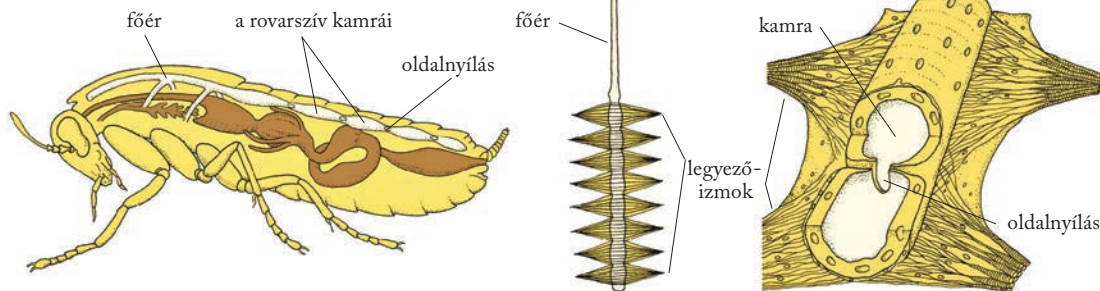
A **nyílt keringési rendszerben** a vérnyirok részben a gyorsabb és irányítottabb mozgást biztosító erekben áramlik, részben a szövetek között szaba-

don folyik szét, majd újra erekbe szedődik össze. Nyílt keringési rendszere van például a rovaroknak (24.2. ábra) és a puhatestűeknek.

A **zárt keringési rendszer** közvetítő folyadéka *vér* (24.3. ábra), az önmagába visszatérő érrendszerben kering. Működtető szerve a **szív**. Egyszerűbb formájában – például a gyűrűsféregknél – csak egy megvastagodott falú ér, a fejlettebb állatokban azonban üregekből álló, bonyolultabb felépítésű szerv.



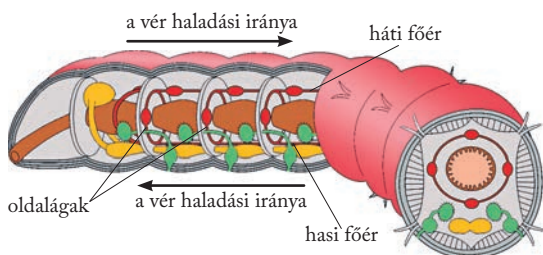
24.3. ábra. A vérben különböző szerepet betöltő véralakítók találhatók



24.2. ábra. A rovarok anyagszállító rendszere

A rovarok és gyűrűsféregek anyagszállítása

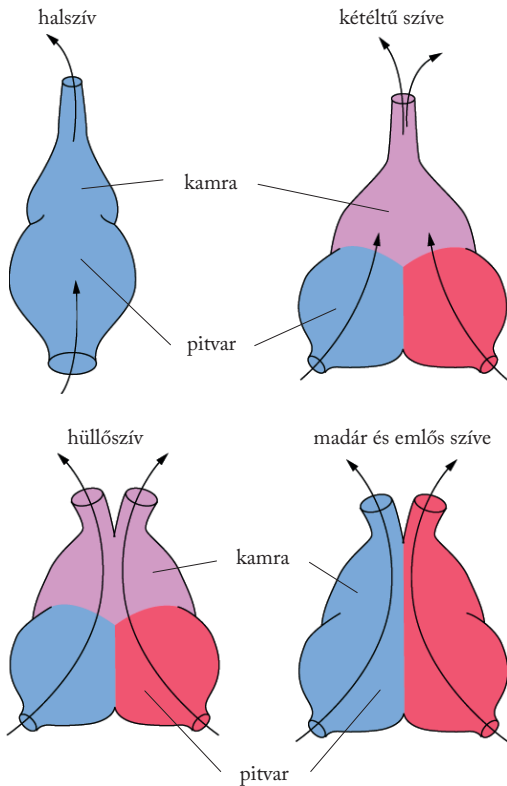
A rovarok testfolyadékának áramoltatását az összehúzó és elernyedő rovarszív végzi. Összehúzóása a saját falában levő izmokkal és a kamrák falához tapadó legyezőizmok segítségével történik. A legyezőizmok másik vége a rovartest háti lemezéhez csatlakozik. A rovarszív hátsó vége zárt, elülső vége a tor főerében folytatódik. A szív felől benyomódó testfolyadék a főérből a rovar testüregeibe ömlik, ahonnan a különböző szövetek sejtjeihez szállítja a tápanyagokat. Az elernyedő rovarszív a testüregekből az oldalnyílásain keresztül beszívja a visszafelé áramló testfolyadékot. A nyitott anyagszállítási rendszerben a testfolyadék áramoltatása lassú folyamat.



24.4. ábra. A földigiliszta anyagszállító rendszere

A gyűrűsféregek zárt anyagszállítási rendszere egy háti és egy hasi főérből áll (24.4. ábra). A háti főérben a vér hátulról előre, a hasi főérben előről hátrafelé halad. A két főeret egymással oldalágak kötik össze.

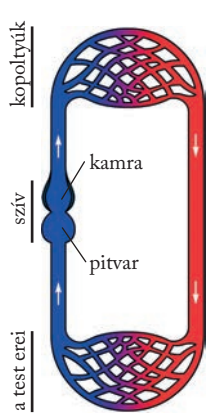
Olvasmány



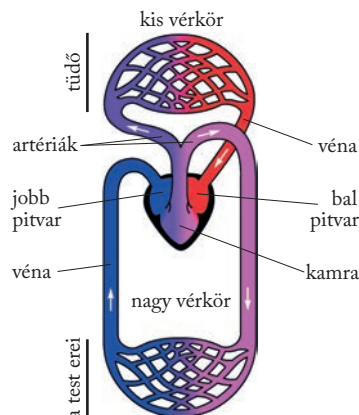
24.5. ábra. A gerinces állatok szívének felépítése

A halak vérét az egy pitvarból és egy kamrából álló szív tartja mozgásban (24.5. ábra). Keringési rendszerük egy vércörű (24.6. ábra).

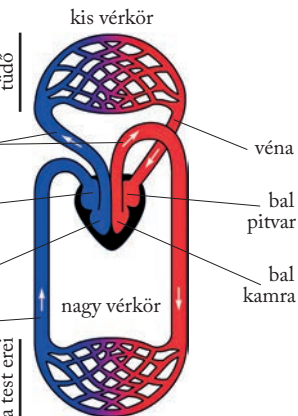
A kételtűek szívében a pitvar jobb és bal oldala között az evolúció során már válaszfal alakult ki (24.5. ábra). A kételtűekben a két pitvar elkülönülése együtt járt a szív–tüdő közötti kisebbik vércör és a szív–test közötti nagyobbik vércör kialakulásával. A kételtűeknek így már két vércörük van (24.7. ábra). Mivel szívében a kamra még osztatlan, egyetlen kamrájukban mindig kevert vér található.



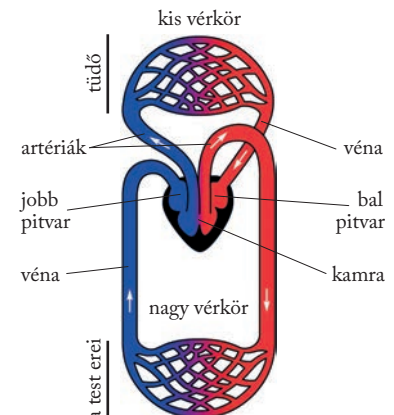
24.6. ábra. A halak keringése



24.7. ábra. A kételtűek keringése



24.9. ábra. A madarak és az emlősök keringési rendszerének vázlatja. A két vércör elkülönülésével a bal szívfelel csak oxigéndús, a jobb szívfelel csak szén-dioxid-dús vér áramlik át.



24.8. ábra. A hüllők keringése

Az evolúció során a hüllők szívében megindult a kamra kettéválásának folyamata. A szívük a kételtűekéhez hasonlóan még háromüregű, de a legtöbb fajban már többé-kevésbé kétfelé osztott (24.5. ábra), ezért vérük ott még keveredik. Kivételt a krokodilok jelentenek, szívük két tökéletesen elkülönült kamrából áll, igaz, a vér az aorta kilépésénél még kismértékben keveredik (24.8. ábra).

A madarak és az emlősök szíve már négyüregű, a két pitvar és a két kamra teljesen elkülönült egymástól (24.5. ábra), ami egyben a két vércör teljes elkülönülését is jelenti (24.9. ábra). A két vércör elkülönülésével a bal szívfelel csak oxigéndús, a jobb szívfelel csak szén-dioxid-dús vér áramlik a szív bal pitvarába, majd innen a bal kamrába.

A szív működése során **pulzál**, kitégűl, majd elernyed, ezzel tartja mozgásban a vért. A szívből kilépő erek, amelyeken keresztül a vér elhagyja a szívet, a **verőerek** vagy **artériák**, a szívbe a vért visz-

szavezető erek a *gyűjtőerek* vagy *vénák*. A verőerek kisebb átmérőjű erekre ágaznak szét, végül *hajszálereket* képeznek. A hajszálerék vagy kapillárisok fala igen vékony egyrétegű laphám, rajta keresztül az anyagleadás és az anyagfelvétel gyorsan lezajlik. A hajszálerék kisebb gyűjtőerekbe szedődnek össze, azok nagyobb vénákat képezve egyesülnek. Végül a test felől egy nagy véna vezet vissza a szívbe a vért.

A halak, a kétéltűek és a hüllők változó, a környezet hőmérsékletétől nagyban függő testhőmérsékletének egyik oka keringési rendszerük viszonylagos fejlettségében rejlik.

Gerincesek szívének összehasonlítása

Anyagok és eszközök: szike vagy éles kés, halszív, csirkeszív

Végrehajtás: Éles késsel hosszában vágjunk ketté egy halszívet és egy csirkeszívet! Figyeljük meg a szívek üregeit, és a ki-, valamint a belépő erek helyét a szíven!

- *Készítsünk rajzot a látottakról, jelöljük a fontosabb részleteket, és nevezzük is el őket!*

1 Mi jellemző a halak szívére és a zárt vérkeringési rendszerükre?

2 Milyen élettani következményei vannak a kétéltűek és a hüllők még nem tökéletesen két vérkörre különült vérkeringési rendszerének?

Kérdések és feladatok

3 Látsz-e összefüggést a kétéltűek keringési rendszere és a bőrlégzésük fejlettsége között?

4 Ábrázold grafikusán, hogyan változik a véráramlási sebessége az emlősök keringési rendszerében!

25. lecke

Az állatok kiválasztó szervrendszere



A kiválasztás funkciója és folyamata

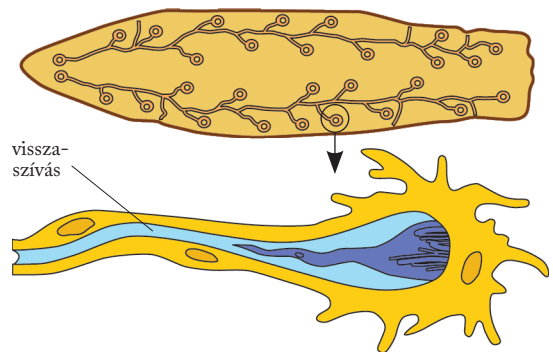
Az állatokban az anyagcsere-folyamatok során számos olyan anyag keletkezik, amelyeket a továbbiakban nem tudnak felhasználni az életfolyamataikhoz, sőt mérgezőek is lehetnek. A feleslegessé vált anyagok nagyobb részét a **kiválasztó szervrendszer** távolítja el a szervezetükből. Emellett biztosítja a testfolyadékok megfelelő térfogatát, ion-összetételét, koncentrációját, valamint kémhatását.

A kiválasztás legegyszerűbb formában az egész **testfelületen keresztül**, közvetlenül a sejtekből történik. Így távolítják el felesleges anyagaikat például a szivacsok és a csalanózők.

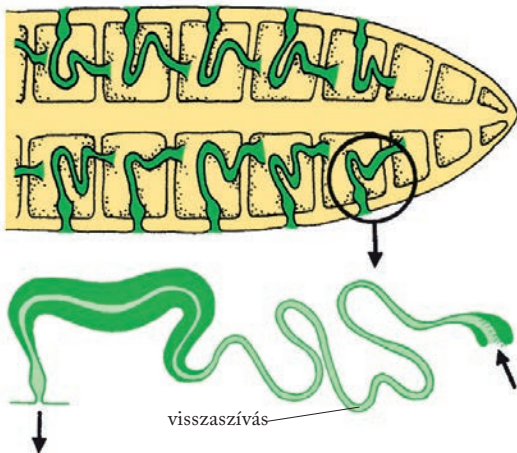
Fejlettebb formában a kiválasztást különböző típusú szervekből szerveződő szervrendszerek végzik. Közös működési sajátosságuk, hogy a vérnyirokból vagy a vérből **szűréssel**, valamint **aktív kiválasztással** különböző anyagok jutnak a kiválasztó szervrendszerbe. A szűrés *passzív folyamat*, fizikai-kémiai okok miatt következik be. Aktív kiválasztással viszont a szervezet energiabefektetéssel olyan anyagokat távolít el, amelyek feleslegesek, károsak vagy mérgezőek, de nem szűrődtek ki. A kiválasztott folyadékból **szelektív visszaszívás** tartja vissza a szervezet számára még fontos anyagokat.

A kiválasztó szervek evolúciója

Az evolúció során kiválasztó szerv – az **elővesécske** – a laposférgekben jelent meg (25.1. ábra). Ez egy hosszú cső, amelynek kezdeti szakaszán a testfolyadék átszűrését végző csillós sejtet találjuk. Az átszűrődött folyadékot a csillónyaláb imbolygó mozgása a vékony elvezető csatorna felé áramoltatja. A csatornából a víz és a még felhasználható



25.1. ábra. A laposférgek kiválasztószerve az elővesécske



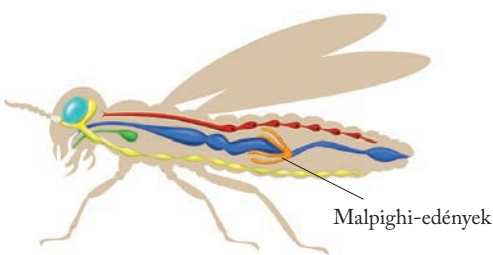
25.2. ábra. A gyűrűsféregek kiválasztó szerve a vesécske

ionok egy része visszaszívódik a szövetekbe, a többi pedig a kiválasztó sejteket összekötő közös gyűjtőcsövön keresztül távozik az állat testéből.

Ennél fejlettebbek a gyűrűsféregnél megfigyelhető **vesécskék**. Minden testszelvényükben egy-egy pár van (25.2. ábra). belőlük. A vesécske egy mindkét végén nyitott cső, amely összeköti a testüreget a külvilággal. A csövet vérerek veszik körül. A vérerekből kiszűrődő bomlástermékeket tartalmazó folyadék a testüregbe, majd a kiválasztó szerv tölcser alakú csillós nyílásán keresztül annak elvezető csatornájába kerül. A szűrlet egy része itt visszaszívódik, a többi a csatornán keresztül a külvilágba ürül.

Az ízeltlábúak közül a rovarok és a pókok **Malpighi-edényei** más típusú kiválasztó szervek (25.3. ábra). Ezek a közép- és utóbél határán kezdődő és a testfolyadékba nyúló, vakon végződő csövecskék. Számuk fajonként változó, általában ötventől több százig terjed. A testfolyadékból felszívott bomlástermékeket a bélcsatornába vezetik, azon keresztül ürülnek ki. A visszaszívás a bélcsatornában történik.

Nézz utána, hogy a Malpighi-edények kiről kapták elnevezésüket!

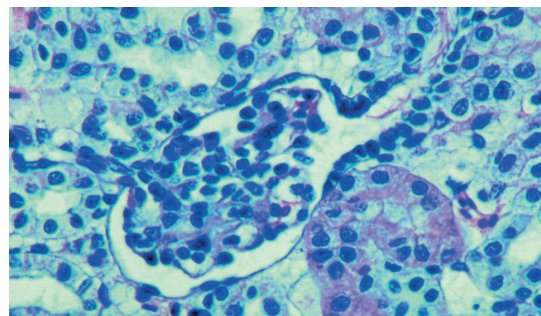


25.3. ábra. A rovarok kiválasztó szerve

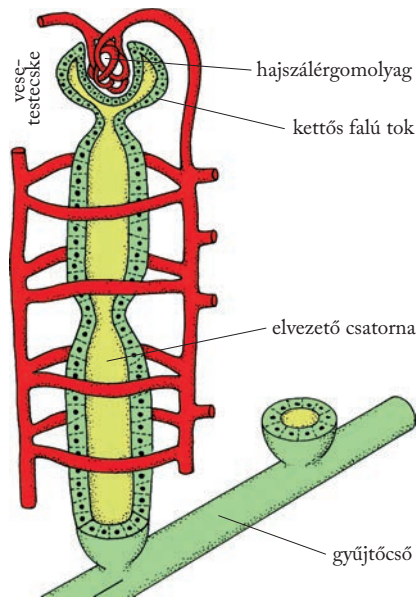
A gerincesek kiválasztó szervei a különböző típusú vesék. Legegyszerűbb felépítésű közülük a fejgerinchúros állatokra és egyes halakra jellemző *elövese*. Ősi jellege a szelvényezettsége, mert egymás után elhelyezkedő csillós tölcserékből áll. A tölcserék a testüregbe nyílnak, elvezető csatornáik egy közös csőbe torkollanak. A csillós tölcserével szemben érgomolyagok találhatóak, ezek vékony falán keresztül keletkezik a szűrlet, amely csillós tölcserékbe kerül. A szűrlet a csőben végig haladva egyre töményebb lesz és összetételében is változik, így jut a külvilágba.

A fejlettebb *övese* a halakra és a kételtűekre jellemző. Bár még szelvényezett felépítésű, előremutató jellege, hogy a csillós tölcserék már hiányoznak. A szűrést hajszálérgomolyagok végzik, amelyeket egy kettősfalú tok fog körül, ebből vezetődik el a szűrlet. A tok és a hajszálérgomolyag *vesetestecskét* alkot. A vesetestecskék kialakulásával megnő a szűrőfelszín, az elvezető csatornák pedig jóval hosszabbak, így nő a visszaszívás hatékonysága.

A legfejlettebb vesetípus az *utövese*. Utóveséje van a hullóknak, a madaraknak és az emlősöknek. Egy-egy utóvesét nagyszámú *nefron* épít fel, amely a vese működési egysége (25.4. ábra). Ez vesetestecskéből és elvezetőcsatornából áll (25.5. ábra). A vesetestecskébe belépő verőerek hajszálérgomolyagot képeznek, amelyet a csatorna kiszélesedő része kettős falú tokként vesz körül. A hajszálérgomolyagba beérkező vérből a vérplazma egy része, benne a kiválasztandó anyagokkal, átszűrődik a kettős falú tokba. Onnan a szűrlet az elvezető csatornába kerül. Az elvezető csatornát körül hálózó érrendszeren keresztül a még szükséges anyagok és a szükséges víz teljes mennyiségben visszaszívódnak a vérkeringésbe. A kiválasztott anyagok pedig a felesleges vízzel, vizes oldatként mint vizet a gyűjtőcsövekbe kerülnek, majd az összegyűlt vizet a veséből a húgyutakon keresztül kiürül az állatból.



25.4. ábra. Emlősök vesetestecskéje



25.5. ábra. Egyszerű felépítésű nefron egy gerinces állat veséjéből

Emlősvese szövettani felépítésének vizsgálata

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, emlősvese-preparátum

Végrehajtás: Helyezzük az emlősvese-preparátumot fénymikroszkópba és először tájékozódjunk kis nagyításon! Állítsuk a fénymikroszkóp nagyítását közepes nagyságúra. Keressünk egy olyan részletet, amelyen az inhomogenitást eredményező foltokból több is van a látótérben. Válasszunk ki egy működési egységet, és tanulmányozzuk!

- *A vese mely részletei azok, amelyek elkülönülő foltokban jelennek meg a látótérben? Mi ezeknek a részleteknek a biológiai működése?*
- *Készítsünk rajzot a látottakról, jelöljük a fontosabb részleteket, és nevezzük is meg őket!*

A madarak kiválasztó szervrendszere

A madarak kiválasztó szerve utóvese típusú, páros, hosszúkás, háromkaréjú vese. A gerincoszlop két oldalán találjuk őket, folytatásuk a páros vesevezeték, amely a kloákába torkollik. Húgyhólyagja a madaraknak nincsen. A szűrlet magas koncentrációban tartalmaz húgysavat. Mivel a kiválasztott víz nagy része visszaszívódik, a vesék váladéka sűrű, fehér színű, a bélsárral együtt távozik.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a kiválasztás biológiai funkciója és mely szervek révén valósul meg az állatvilágban?
- 2 Magyarázd el, hogy miért váltak hasonlóan működő szervekké a különböző állatcsoportok eltérő származású és felépítésű kiválasztó szervei?
- 3 Miért jelent az utóvese nagyobb működési hatékonyságot az elővesénél?
- 4 Mi a különbség a kiszűrés és a kiválasztás mechanizmusa között? Hasonlítsd össze ezeket a visszaszívás mechanizmusával!

26. lecke

Az állatok szaporító szervrendszerei és egyedfejlődésük



Ivartalan és ivaros szaporodás az állatvilágban

Az állatvilágban a szaporodás formái közül az **ivartalan szaporodás** csak az alacsonyabb rendű állatokra jellemző. Ennek során az állat testéből több sejtet magukban foglaló részek, *bimbók* válnak le, amelyekből új egyedek képződnek. Ez a szaporodási forma a *bimbózás*, amely a szivacsok és a csalanózők között fordul elő (26.1. ábra).

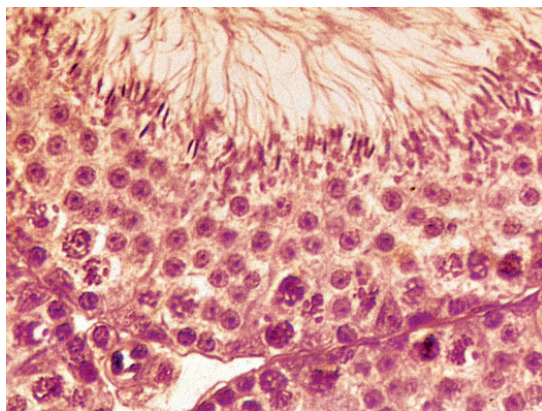
Az állatok túlnyomó többsége **ivarosán szaporodik** egy hímivarsejt és egy petesejt egyesülésével. Az ivarsejteket az *ivarmirigyek* termelik. A női ivarsejtek, a *petesejtek* a petefészkekben, a hímivarsejtek, a *spermiumok* a hím ivarszervekben, a herékben keletkeznek. A szivacsoknál és a csalanózőknél az ivarszervek kisebb sejtcsoportok, a férgekénél és a puhatestűekénél különböző átmérőjű szakaszokból



26.1. ábra. Bimbózó hidra



26.2. ábra. Szitakötők párzása

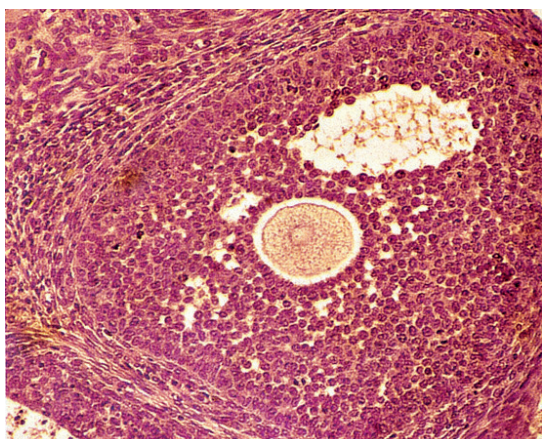


26.3. ábra. Hímivarsejtek

álló csövek, a gerinceseknél összetettebb felépítésű és bonyolult működésű szervek. A kétféle ivarmirigy a legtöbb állatfajnál külön egyedekben, a hímekben, illetve a nőstényekben fejlődik ki, ezek a **váltivarú állatok** (26.2. ábra). Számos fajnál egyazon állatban található mind a kétféle ivarmirigy, ezek hímnösek.

A hímivarsejtek nagy tömegben képződő kicsiny és mozgékony sejtek (26.3. ábra). Sejttestük alakja állatcsoportonként igen változatos, de mind-egyikük ostorral mozog. A petesejt önálló mozgásra képtelen, nagy méretű ivarsejt (26.4. ábra). Sejt-plazmájában tartalék tápanyag halmozódik fel.

A **megtermékenyítésnek** két formája alakult ki az evolúció során, a **külső** és a **belső megtermékenyítés**. Az ősből külső megtermékenyítés esetén a nőstény nagymennyiségű petét rak le, melyekre a hím az anya szervezetén kívül ereszti rá a hímivarsejtjeit, testi kontaktus nincs az állatok között. Külső megtermékenyítésük például a tengeri sünök, a csontos halak, kétéltűek. *Belső megtermékenyítés*kor védettebb helyen, az anya szervezetén belül, a női ivarutakban kerül sor a hímivarsejt és a petesejt



26.4. ábra. Petesejt

egyesülésére. A hímivarsejtet a hímek *párzószervük* segítségével juttatják a női ivarutakba. Belső megtermékenyítésük például a fonálférgék, az ízeltlábúak, a madarak és az emlősök. A hím- és a női ivarsejtek egyesüléséből jön létre a megtermékenyített petesejt, a *zigóta*, amely továbbfejlődésre képes. Az állatok további egyedfejlődése két szakaszra osztható. Az első szakasz az *embrionális*, a második a **posztembrionális fejlődés**.

Az embrionális fejlődés

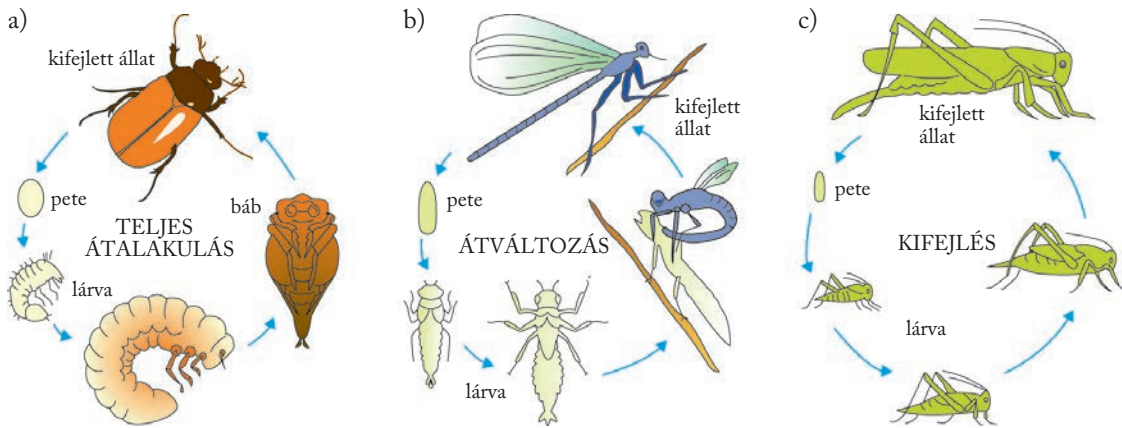
Az **embrionális fejlődés** a megtermékenyítéstől a peteburokból vagy a tojásból való kikelésig, emlősöknel a megszületésig tart.

A zigóta osztódása a **barázdálódás** (8.9. ábra). Elsőként egy olyan sejtcsoport jön létre, amelyben a sejtek elrendeződése a szeder termésére emlékeztet, ezért ezt az állapotot *szedercsírának* nevezzük. Mivel a nagyméretű zigóta sok kisebb sejtre osztódik, a szedercsíra lényegében nem nagyobb, mint a megtermékenyített petesejt. További lépésként a szedercsírában egy üreg keletkezik, emiatt a sejtek egy rétegben egy gömbfelszínen rendeződnek el, kialakul a *hólyagcsíra*. A hólyagcsírából *bélcsíra* alakul ki. Ez úgy megy végbe, hogy a hólyagcsíra felületének egy részlete betüremkedik a központi üreg felé. Ez a betüremkedő sejtréteg alkotja a kialakuló bélcsíra belső csíralemezét, míg a kívül maradó fal a külső csíralemez. A két csíralemez határán a betüremkedés helye az *összaj*, amely a belső csíralemezzel határolt ösbélüregbe vezet. A csalánozóknál fejlettebb állatokban egy kétrétegű középső csíralemez is kialakul. A szervrendszerek az egyedfejlődés későbbi szakaszaiban az egyes csíralemezekből jönnek létre.

A posztembrionális fejlődés

A **posztembrionális fejlődés** az embrionális fejlődés befejezésekor kezdődik, és a halálig tart. Két típusa lehet: a **közvetlen** és a **közvetett** fejlődés.

A *közvetlenül fejlődő állatok* kezdettől fogva hasonlítanak szüleikre. Növekedésük során fontos minőségi változásuk az ivarérettségük bekövetkezése. Közvetlen fejlődésük például a csigák, a gyűrűsférgék és az emlősök. A *közvetett fejlődésű* állatok lárva formájában hagyják el a peteburkot (tojást), és ez alakul át szaporodni is képes kifejlett egyedé. Közvetett fejlődésük például a rovarok és a kétéltűek.



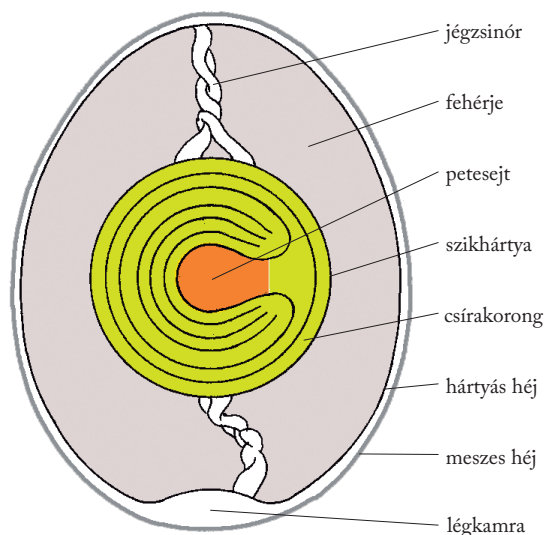
26.5. ábra. A rovarok fejlődési típusai

A rovarok közvetett fejlődésének három típusát ismerjük, az **átváltozást**, a **kifejlést** és a **teljes átalakulást**. Az átváltozás során a petéből kikelő lárva sem testfelépítésében, sem életmódjában nem hasonlít az ivarérett egyedhez (26.5. b ábra). Átváltozással fejlődnek például a szitakötők. A szitakötők lárvajának szárnya nincs, vízben él, kopolytúval lélegzik. A kifejlett szitakötők jól repülnek, és légcsőrendszerrel lélegző szárazföldi állatok. A **kifejlés** ugyancsak pete- és lárvaállapotokon megy keresztül, a lárva alakja és életmódja azonban megegyezik a kifejlett állattal, a szárnyai azonban hiányoznak (26.5. c ábra). Így fejlődnek például a sáskák és a poloskák. A **teljes átalakulás** során a petéből kifejlődő lárva egyáltalán

nem hasonlít a szüleiére (26.5. a ábra). Például a lepkék lárvája, a hernyó falánk növényfogyasztó, repülni nem tud. A lárvaállapot végső stádiumában bebábozódik. Ebben a szakaszban az állat nem táplálkozik, miközben szervezete gyökeres változásokon megy keresztül. Egyes szervei, amelyeket csak lárvakorban használt, felszívódnak, és megjelennek a kifejlett állatra jellemző szervek. Egy idő után a báb burka felreped, és kibújik a teljesen kifejlett, ivarérett, röpképes rovar. Teljes átalakulással fejlődnek például a bogarak, lepkék, legyek, darazsak és a hangyák.

A kételtűek lárvai (pl. a békák ebihalai) fokozatos fejlődéssel alakulnak át kifejlett állattá. Ez a fejlődési forma az **átalakulás**.

A gerincesek szaporodása



26.6. ábra. A tojás felépítése

Olvasmány

A gerincesek többségére a **váltivarúság** jellemző. Hímivarsejtjeik az összetett csöves mirigyű herékben képződnek, és itt érnek be ostorral mozgó, bonyolult felépítésű spermiumokká. Petefészük általában tömör test, amelynek kéregrészében fejlődnek a petesejtek. Az ivarsejtek keletkezési helyükről különböző felépítésű ivarutakon haladnak a külvilág felé.

A **halak** petesejtjeiket, a halikrákat a vízbe rakják, ahol a hímek ondófoladékában, népies nevén a haltejben lévő spermiumok szintén a vízbe jutva megtermékenyítik azokat. A **kételtűek** petéit a petevezető falában lévő mirigyek által termelt kocsonyás fehérjeburok veszi körül. Petéiket a vízbe rakják, ott megy végbe a külső megtermékenyítésük. Egyes fajok nőtényei a vízből felvett spermiumokkal kloákájukban termékenyítik meg az ott tárolt petesejtjeiket. A **hüllők** petéjére is fehérjeburok rakó-



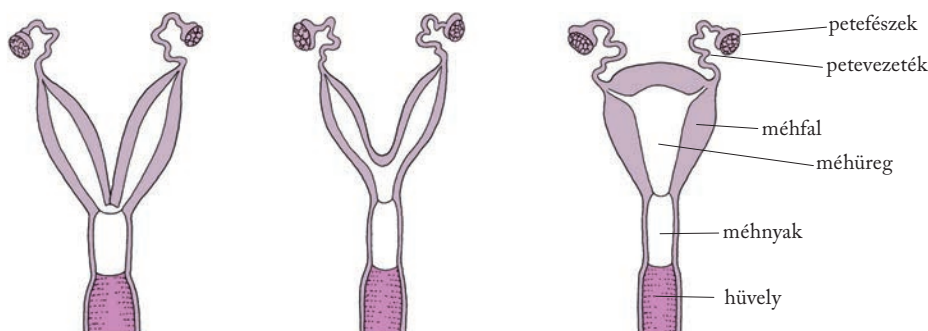
26.7. ábra. Madár tojásokkal

dik a petevezetékben, és a fehérjeburkot még egy lágy héj is borítja, így alakul ki a hullőkre jellemző lágy héjú tojás. Legtöbbjük tojásrakó, tojásaikat a Nap melege költi ki. Egyes eleventojó fajoknál a tojás nemcsak tárolódik a petevezetékben, hanem ott ki is kel, és az utód az ivarúton keresztül hagyja el az anya testét. A madarak petesejtjében található szikanyag a tojássárgája, amely a tojásban fejlődő embrió táplálékát biztosítja a költés idejére. Az ivarvezeték utolsó szakaszában a tojássárgájára még egy külső fehérjeréteg rakódik, végül itt képződik a madártojás megkeményedő meszes héja is (26.6. és 26.7. ábra). A lerakott tojásokat a madarak állandó hőmérsékletű testük melegével költik ki. Az emlősök pázásakor a spermiumok a nőstény hüvelyébe vezetett hím pároszerven keresztül feljutnak a pete-

vezetékbe. Az ott megtermékenyített petesejt az elágazó vagy az egyszerű típusú méhbe kerül (26.8. ábra), ahol a duzzadt nyálkahártyán ágyazódik be.

A megtermékenyítésre váró peték száma fajonként igen változó. Ahol az ivadék gondozás a peték továbbfejlődését biztosítja, általában kevesebb a peték száma. A halak közül például a tüskés pikó hímje őrzi a nőstény által lerakott petéket. A nőstény átlag száz petét helyez egy fészekbe. Azok a halak, amelyek petéiket csak egyszerűen kiürítik a víznövényekre vagy kövekre, sokkal több petét termelnek. A ponty például félmillió, a menyhal közel egymillió petét rak le egy alkalommal. A hímivar-sejtek száma is különböző fajonként, de mindig jóval felülmúlja a petesejtek számát.

A női ivarutak az evolúció során az egyszerűsödés, jeleit mutatják. A tojásrakó emlősök és az erszényesek méhe még *páros*. A méhlepényes emlősök közül a denevérek, a rágcsálók stb. méhe *kettős méh*, ami azt jelenti, hogy két méhtest van, a kivetőnyílásuk azonban közvetlenül egymás mellett torkollik a hüvelybe. A páros- és páratlanujjú patások méhe *kétszarvú*, azaz a két méhtestnek egy közös kivezetőnyílása van, míg a főemlősöknek a méhe már *együregű*.



26.8. ábra. Az emlősök méhtípusai (balról jobbra: kettős méh, kétszarvú méh, együregű méh)

Regeneráció

A regeneráció szövetpótló folyamat. Elpusztult sejtek, megsérült szövetek keletkeznek újra, mivel a már differenciálódott sejtek visszanyerik osztódóképességüket, sőt akár totipotenssé is válhatnak, bármilyen szövet képződhet belőlük. A regeneráció következtében gyógyulnak be a sérülések, forr össze a csont, képződik újra a kopott porc. Regeneráció eredménye az is, hogy újraképződhet egy götte lába, újra kinő a gyík letört farka. A szövetek közül az idegszövet kivételével minden szövet nagyon jól regenerálódik.

Olvasmány

Felmerülhet kérdésként, hogy vajon a regenerálódás képessége csökkent-e az evolúció folyamán. Hiszen a kettévágott földigilisztából két teljesen ép egyed képes kiegészülni, és a gőteláb vagy gyíkfarkok regenerálódása is roppant bonyolult folyamatnak tűnik. Valójában a regeneráció képessége egyáltalán nem csökkent a törzsféjlődéssel. Egy izomszakadással tetézett eltört emlősláb teljes begyógyulása, az izomszövetek, kötőszövetek regenerációja sokkal összetettebb és komplexebb fiziológiai folyamat az alacsonyabb rendű szervezetek akár teljes újra képződésénél.

Mi az a birkecs?

Olvasmány

Egy dán állatorvos, Steen Malte Willadsen (1943–) az 1980-as évek elején birkák és kecskék szedercsírát egyesítette sikeresen. A két fajtól létrejött kimérák, az új élőlények mindkét faj sejtjeit keverten tartalmazták. Némelyik *birkecs* ivarérett lett, sőt szaporodóképesnek bizonyult, azonban tulajdonságaikat nem tudták utódaikban továbbörökíteni, hiszen ivarsejtjeik vagy birka-, vagy kecskeivarsejtek voltak. Willadsen 1986-ban sikeresen klónozott birka-, később szarvasmarha-embriókat. Eljárásaihoz a fejlődésnek indult barázdálódó sejtek sejtmagjait használta fel. Úgy tapasztalta, hogy a 64 sejtből álló szedercsíra-állapot valamennyi sejtjének sejtmagja alkalmas még a klónozásra.

Kérdések és feladatok

- 1 Keress példákat az interneten hímnős állatcsoportokra!
- 2 Miért jelent minőségi ugrást az ivarérettség elérése?
- 3 Sorold fel az állatok egyedfejlődésének kezdeti szakaszait!
- 4 Hasonlítsd össze a sebes acsa, a csíkos pajzsos poloska és a galagonyalepke egyedfejlődését!

27. lecke

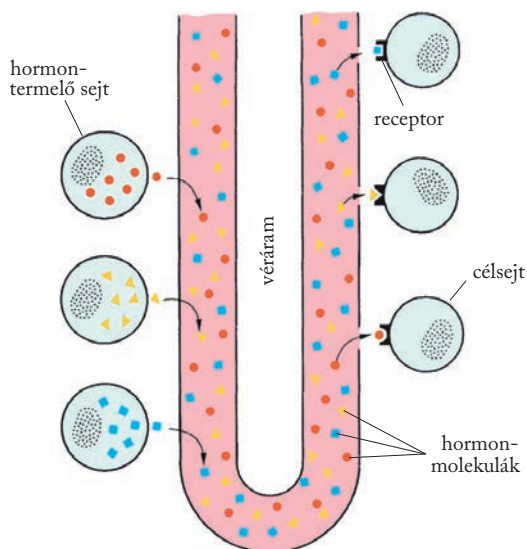
Az állatok életműködéseinek szabályozása



Az állatok életműködéseinek harmóniája, belső környezetének állandósága, amely alapvető életfeltétel, csak abban az esetben tartható fenn, ha legfontosabb jellemzői a külső környezet szüntelen változásai ellenére is optimális vagy ahhoz nagyon közeli értékeken maradnak. Mindezt a szervezet ingerlékenysége biztosítja, azaz az a képessége, hogy a környezeti feltételek változásaira, az *ingerekre alkalmazkodási reakciókkal* válaszol. Ezeket a működéseket valósítják meg a **szabályozási folyamatok**. Mögöttük minden esetben az anyagcsere-folyamatok egyes lépéseinek megváltozásai állnak. Két formájuk alakult ki az állatvilágban: az ősbibb vegyi vagy **hormonális**, valamint a később kifejlődött **idegi szabályozás**.

Hormonális szabályozás

A **hormonális szabályozás** hatóanyagai a növénykéhez hasonlóan szerves vegyületek, az állati **hormonok**, amelyek a test bármely részén lévő sejtekre kifejthetik hatásukat. A hormonok többségét a **belső elválasztású mirigyek** sejtszetei termelik. Közös sajátosságuk, hogy a váladékuk közvetlenül a testfolyadékba kerül, és a keringési rendszer segítségével jut el a célszervekhez. Kis mennyiségben is befolyásolni tudják a sejtek működését. A célsejteken olyan érzékelőmolekulák, receptorok találhatóak, amelyek csak a nekik megfelelő hormonmolekuláját képesek megkötni. Ezáltal a célsejtek receptorai felismerik és kivonják a testfolyadékból azokat a hormonokat, amelyek hatása a sejtre irányul (27.1. ábra). Hormonok szabályozzák egyebek



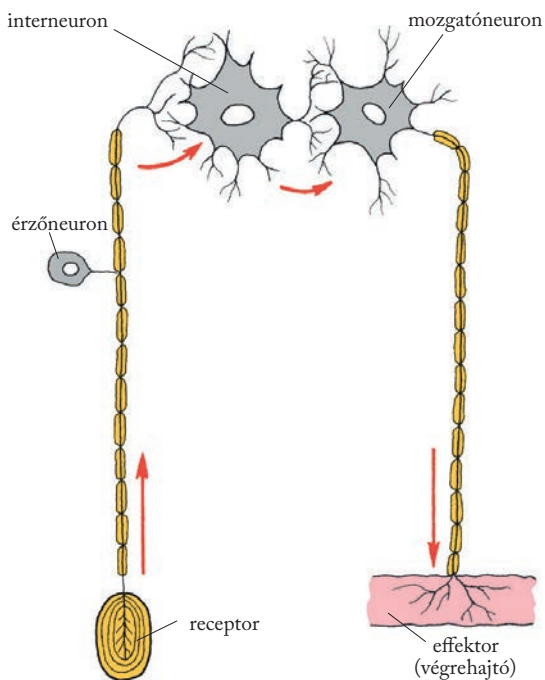
27.1. ábra. A hormonok útja a célsejtekig

közt a rovarok egyedfejlődését, színváltozását, a gerinces állatok növekedését, anyagcsere-folyamatainak egyes szakaszait, ivarsejtképzésüket. Az evolúció folyamán hormonok először a csalánozóknak és a laposférgekben jelentek meg.

Idegi szabályozás

Az **idegi szabályozás** az idegrendszert felépítő **idegszövet** sejtjeinek működése révén valósul meg. Az idegrendszer a hormonális szabályozással együtt egyrészt a szervezet összehangolt működését biztosítja, másrészt képes a környezetből érkező különböző hatások érzékelésére, azok feldolgozására és a megfelelő válaszreakció megszervezésére. A működés elemi egysége a **reflex**. A reflexek működési sémája a reflexív. A reflexívek speciális érzékelősejtekkel, *receptorsejtekkel* kezdődnek. Feladatuk a szervezet külső vagy belső környezetéből érkező ingerek érzékelése. Ezek egy rendszerint több idegsejtből álló láncon, az érzőrendszeren mint *ingerület* – egy információ – bejutnak a központba. A központ megfelelő része felfogja az ingerületeket, értelmi információtartalmukat, majd egy tőle független másik idegsejtláncon, a mozgató rendszeren keresztül egy választ küld, amely az inger hatásának megfelelő változást eredményezi (27.2. ábra.).

Például ha egy szobában pihenő kutya orra véletlenül hozzáér a forró fűtőtesthez, akkor az orr



27.2. ábra. A neuronok főbb működési típusai

bőrében lévő hőreceptorok érzékelik, hogy a környezetük sokkal melegebb az optimálisnál. A receptorokból ez az információ mint *ingerület* egy *érző idegroston* befut a kutya központi idegrendszerének megfelelő területére. Az érzőközpont elemzi az információt, és gondoskodik a megfelelő válaszról. A működés az érzőközpontból a mozgató központba tevődik át. Onnan egy *mozgató idegroston* olyan parancs fut ki, amelynek hatására az állat az orrát azonnal elkapja a radiátortól. Fontos, hogy az információ a bőrből érkezett ugyan, a válasz azonban egy izomcsoportba futott.

A valóságban az idegrendszer működése ennél jóval bonyolultabb kapcsolatokon alapszik. Nemcsak a receptorokból a végrehajtó szerv felé futnak információk, hanem a receptorokhoz is futnak olyan idegrostok, amelyek a *receptorok érzékenységét* állítják be. Például alvaskor a kutya füle éppen úgy nyitva van, mint ébrenlétkor, mégsem reagál olyan hangerősségre amelyet ébren meghall. A központ alvaskor megemeli az *ingerküszöböt*, és a kutya csak az átlagosnál hangosabb ingerre fog reagálni.

Az idegi szabályozás evolúciója

Az evolúció során az idegi szabályozásnak különböző fejlettségű típusai alakultak ki az állatvilágban. Közülük a legegyszerűbb az *idegrendszer nélkül* zajló idegi szabályozás. Ez a jellemző a szivacsokra. Vannak már idegsejtjeik, ezek azonban függetlenek egymástól és önmagukban képesek felfogni az ingereket és azokra a válaszokat megadni.

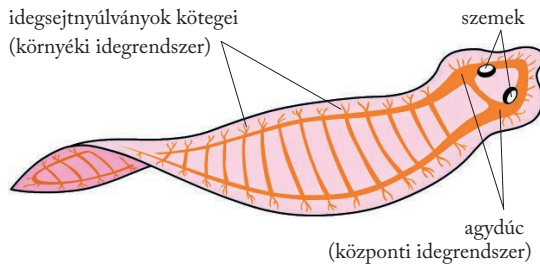


27.3. ábra. A csalánozóknak diffúz idegrendszere

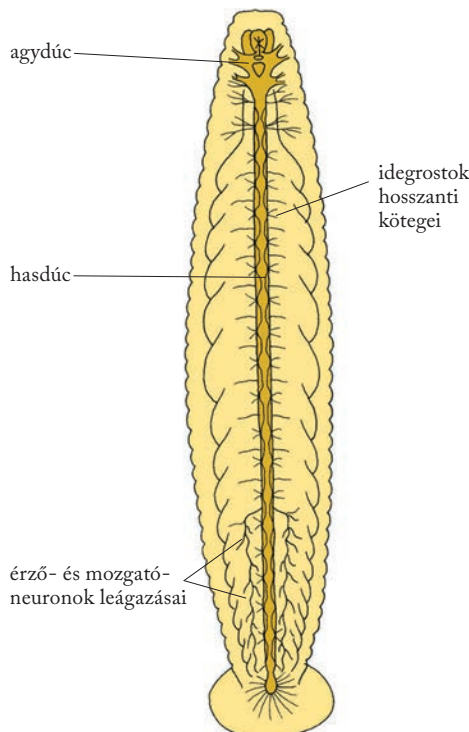
Az idegrendszer legősibb típusa a csalánozók testében figyelhető meg. Az idegsejtek az egész testet behálózó, az ingerületet minden irányban vezető **diffúz idegrendszert** alkotnak (27.3. ábra).

A fejlettebb idegrendszerek központosultak. Ez azt jelenti, hogy egy-egy ingerre nem az egész állat, hanem csak egy szerv vagy egy testrész reagál. A **központosult idegrendszer** egy vagy több *központból* valamint a központon kívül eső *környéki* részből áll. A központosult idegrendszernek két típusa alakult ki, a **dúccidegrendszer** és a **csőidegrendszer**.

A **dúccidegrendszer** a központosult idegrendszer egyszerűbb formája. Jellemzője, hogy az állat testében az idegsejtek kisebb, önálló központokba, a dúccokba tömörülnek. A bennük lévő neuronok nyúlványai meghosszabbodnak, és egy irányba futó



27.4. ábra. A laposférgek idegrendszere

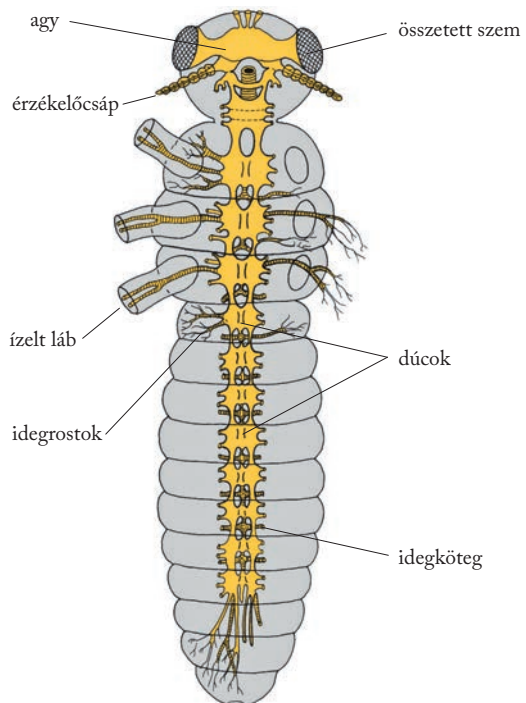


27.5. ábra. A gyűrűsférgek idegrendszere

idegrostkötegeket alkotnak. A kötegekből kilépő rostok az állat egész testét behálózzák. Ezzel kialakul a dúccokból álló központi idegrendszer, valamint az idegrostok és kötegek hálózatából álló környéki idegrendszer.

A dúccidegrendszer a laposférgeknél (27.4. ábra) és a fonálférgeknél még csupán két hosszanti idegtörzsből áll, amelyeket a garat körül kapcsol össze egy ideggyűrű. Fejlettebb formája a gyűrűsférgek *hasdúclánc-idegrendszere*. Benne jól elkülönülnek egymástól a szelvényenként ismétlődő hasi dúccok láncolatai (27.5. ábra), amelyet idegrostok kötegei kapcsolnak egymással össze, kialakítva az egységes központi idegrendszert. A puhatestűek központi idegrendszere testtájanként egy-egy egymással kapcsolatban álló dúcpárból áll. Legfejlettebb a rovarok dúccidegrendszere, amelynek testszelvényenkénti dúcpárjai többé-kevésbé összeolvadtak, feji dúcai pedig egységes *aggyá* nőttek össze (27.6. ábra).

Az állatvilágban a kétoldali szimmetria megjelenésével kialakul a test feji és farki vége. Az evolúciós folyamat során a test feji végén összpontosultak az ingereket felvevő érzékelősejtek, amelyekből később az **érzékszervek** alakultak ki. Agyról akkor beszélhetünk, ha az idegrendszer feji vége egyértelműen irányítja a többi idegsejt működését.



27.6. ábra. A rovarok idegrendszere

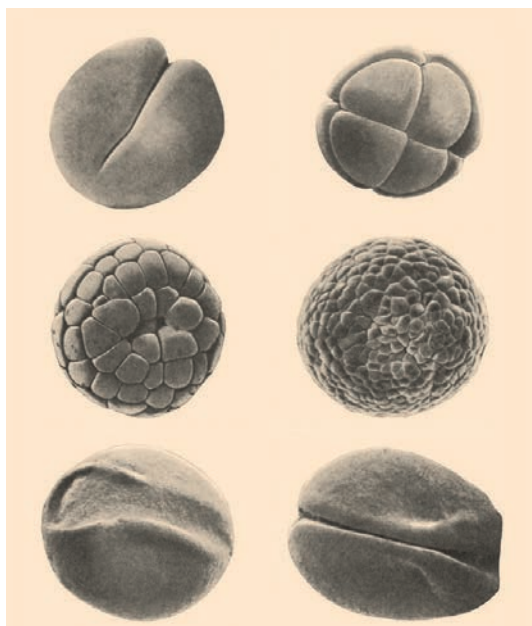
Dél-amerikai óriáscsótány hasdúcánrendszerének vizsgálata

Anyagok és eszközök: bonctál, fehér ívpapír, gombostűk, szike, bonctű, lándzsatű, szövettani olló, kézi nagyító, sztereomikroszkóp

Végrehajtás: A túlaltatott csótányról távolítsuk el a szárnyakat, ezután szövettani ollóval vágjuk végig a potroh két oldalát az oldallemezek fölött, majd harántirányban is átvágva távolítsuk el a kitinlemezeket! Távolítsuk el a zsírtesteket és a tápcsatornát!

- Figyeljük meg a hasoldalon a hasdúcán idegrendszert!
- Készítsünk róla rajzot!

A központosult idegrendszer másik típusa a **csőidegrendszer**. Fejlettebb a dúcidegrendszerénél, mert a csőszerű fejlődésnek induló szervrendszer egyre nagyobbá váló felületén sokkal több idegsejt fér el, mint a tömör dúcokban. A központi idegrendszer fejlődése a bélcsíra hátoldalán elhelyezkedő területből, a velőlemezéből indul ki (27.7. ábra). Ennek szélei az embrionális fejlődés során felemelkednek és egymáshoz hajlanak. Így alakul ki a *velőbarázda*, amely végül *velőcsővé* zárul. A bezárulás után a velőcső besüllyed a külső csíralemez alá, és az embrió további fejlődése során a feji végéből az *agyvelő*, a törzsi részéből pedig a *gerincvelő* alakul ki. A környéki részét az *idegek* és a központi részen kívül tömörülő sejtek csoportjai, a *dúcok* képezik. Csőidegrendszere van valamennyi gerinces állatcsoportnak.



27.7. ábra. A velöcsö kialakulása az embrionális fejlődés során

Macskagerincvelő-keresztmetszet szövettani vizsgálata

Anyagok és eszközök: fénymikroszkóp, mikroszkópi preparátum

Végrehajtás: Helyezzük el a fénymikroszkóp tárgyasztalán a macskagerincvelő keresztmetszeti preparátumát, és először kis nagyítás mellett tájékozódjunk!

- Keressünk idegsejteket! Rajzoljuk le és nevezzük meg a legfontosabb részleteit!

Érzékszervek az állatvilágban



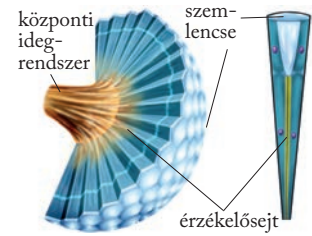
27.8. ábra. A fésűs csáp

lyezkedő nyílások, amelyeken vékony hártya feszül. Ez fogja fel a másik rovar által leadott hangok rezgését, majd továbbítja az érző idegrostokba.

Az evolúció során a gerinctelen állatok közül az ízeltlábúakban fejlődtek ki a legváltozatosabb érzékszervek. Testük különböző részein a tapintás érzékszervei találhatóak. Hasonló képződmények a száj környékén található ízlelőszervek. A csápon helyezkednek el a szaglászervek (27.8. ábra). Rendkívüli érzékenységükre jellemző, hogy pár molekula már elegendő az ingerület kiváltására. Kémiai kommunikációjuk éppen ezen alapul. Például a nőtény cserebogarak által kibocsátott vegyületet a hím állat több száz méterről is megérzi. A hangot adó rovaroknak hallószervük is van. Ezek többnyire az ízelt lábak vagy az első potrohszélvény oldalán elhe-

Olvasmány

Az ízeltlábúak összetett szeme (27.9. ábra) ugyan nem ad lehetőséget olyan éles látásra és formafelismerésre, mint például az emlősök szeme, de jóval nagyobb a látóttere, és gyorsabban fogja fel az egymás után érkező fényingereket. Az összetett szem még a másodpercenkénti 200 képet is külön-külön képes érzékelni és nagy a felbontóképessége.

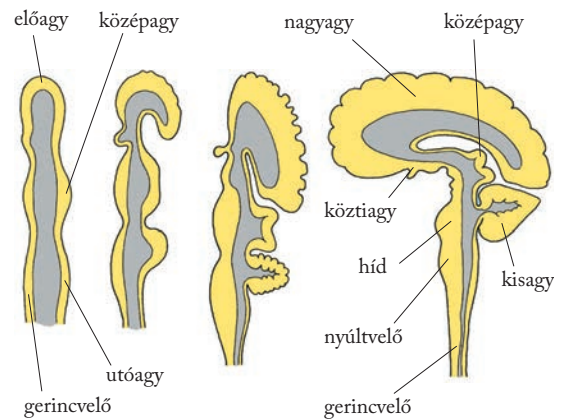


27.9. ábra. Az összetett szem felépítése

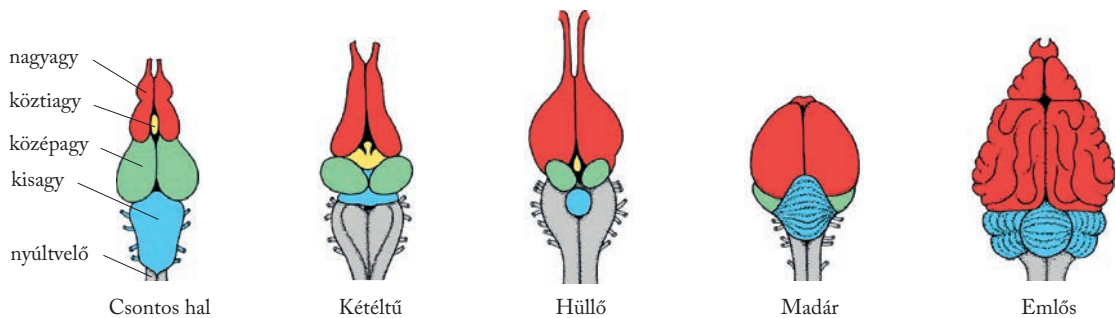
A gerincesek központi idegrendszerének evolúciója

A gerincesek fejlett csőidegrendszere központi részből és környéki (perifériás) részből áll. A központi rész *koponyaagyra* és *gerincvelőre* tagolódik. A koponyaagy a fejlődés során három fő részre különült, az *előagyra*, a *középagyra* és az *utóagyra*. A továbbiakban az előagyból különült el a köztiagy, az utóagy pedig a *hidnak* nevezett agyterületet, a *nyúltagyat* és a *kisagyat* foglalja magában. A nyúltagyat, a középagyat és a hidat együtt *agytörzsnek* is nevezzük.

Az egyes gerinces osztályok között az idegrendszer fejlődésében a legnagyobb különbség az előagy eltérő terjedelmében és differenciált működésében tapasztalható (27.10-11. ábra).



27.10. ábra. A gerincesek központi idegrendszerének kialakulása



27.11. ábra. A gerincesek agyának fejlődése

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- Miért tekinthetjük a reflexeket az idegi működés elemi egységeinek?
- Miért mondhatjuk a sejtmembránok hormon-receptorairól, hogy szelektív működésűek?
- Miben egyezik meg és miben tér el egymástól a dűcidegrendszer és a csőidegrendszer?
- Melyik csíralemezből fejlődik a csőidegrendszer?

ÖSSZEFOGLALÁS

1 Hasonlítsd össze a sejtmembrán és a sejtfa kémiai összetételét és biológiai működését!

2 Olvasd el az alábbi idézetet, majd oldd meg a hozzá kapcsolódó feladatot!

„...James Frederic Danielli (1911–1984) angol biológus felvázolt egy elméletet, amely „szendvics-szerkezet” néven vált ismertté. (Két réteg fehérje között egy kettős lipid réteg). Elképzelése szerint ugyanis a membrán háromrétegű. Belül egy kettős lipidhártyából áll, amelyet amfipatikus molekulák képeznek. A molekulák poláris végei egymástól elfordulva „kifelé” állnak, az apoláris végeik viszont egymás felé mutatnak. A kettős lipidhártyához kívülről mindkét irányban – azaz egy sejtthártyában a sejt belső tere és a külső tere irányába is – hidrofil fehérjemolekulák kapcsolódnak. Így a sejtmembrán egyaránt illeszkedni képes a sejt belső és külső környezetének vizes közegébe”

A tudósok egy része kezdettől fogva nagy fenntartással fogadta ezt a szerkezetet. Mit gondolsz miért?

3 Hasonlítsd össze egymással a passzív és az aktív transzportot!

4 Keress példákat olyan sejtekre, amelyekben a) nincs sejtmag, b) egy sejtmag van, c) több sejtmag van!

5 A meiózis régies elnevezése számfelező sejtosztódás. Miért nevezhették így a folyamatot?

6 Olvasd el figyelmesen a szöveget, és válaszolj a kérdésekre!

„A nedves környezettől való elszakadás csak a hajtásos növényeknek sikerült maradandóan. A szárazföldi környezetben a növény nem jut korlátlan mennyiségben vízhez, nem tudja teljes testfelületén felvenni a tápanyagul szolgáló ionokat és nem lebegteti testét a minden oldalról körülfogó víz. A szárazföldre kikerült növények evolúciója során lépésről lépésre szelekciós előnyt élveztek azok a csoportok, amelyek sejtjei fokozatos munkamegosztás révén szövetekké differenciálódva meg tudták valósítani a tápanyag felvételét és gyors továbbítását,

Kérdések és feladatok

az intenzívebb fotoszintézist és a növényi test minél hatékonyabb megtartását, magasabbra emelését a legfontosabb tápanyagban, a szén-dioxidban gazdag új közegben.”

A környezeti tényezők közül melyik megváltozása játszott fontos szerepet a szövetek kialakulásában?

Milyen hatással volt ez a változás a telepes növények életfolyamataira?

A növények milyen adottságai jelentettek szelekciós előnyt az új környezetben?

7 Hogyan tükröződnek a lomblevél szöveti szerkezetén biológiai működései?

8 Sorold fel egy mohanövénykének azokat a részeit, amelyekben a kromoszómaszám haploid!

9 Melyek egy harasztnövény diploid kromoszómaszámú szervei?

10 Hasonlítsd össze a párologtatást és a párolgást!

11 Hogyan függ össze a növények helyzetváltoztató mozgása az auxinkoncentrációval?

12 Vizsgálj fénymikroszkópban – vagy az internetről letöltött felvételen – emlősbélcső-metszetet! Milyen szövettípusokat látni kívülről befelé haladva?

13 Hasonlítsd össze az emlősbőr rétegeit egymással!

14 Mit értünk ötujjú végtagtípuson?

15 Hogyan függ össze a szilárd váz és a test mérete?

16 Mutasd be egy tetszés szerinti gerinces példán, hogy az állat táplálkozási szervrendszerének felépítésén hogyan tükröződik az, hogy mivel táplálkozik!

17 Milyen összefüggést látsz a rovarok légzési rendszerének fejlettsége és az anyagszállító szervrendszerük fejletlensége között?

18 Készíts vázlatos rajzot az emlősök keringési rendszeréről! Kövesd végig a rajzon a vér útját a bal kamrától addig, ameddig egyszer körbefut!

19 Mutass rá a felépítésbeli eltérésekre és a működésbeli azonosságokra a rovarok és a gyűrűsférgék kiválasztó szervrendszerében!

20 Hasonlítsd össze egymással a rovarok két egyedfejlődési típusát, a kifejlést, és az átváltozást.

21 Egy kísérletben egy kifejlett levelibékát világos alapra helyeztek, majd egy óra elteltével mindkét szemét leragasztották sötét szalaggal. Azt tapasztalták, hogy a béka színe hamarosan sötétre változott. Ezt követően a békát áttették egy fekete alapra. Ezután újra világos alapra tették a békát, és azt tapasztalták, hogy a színe tovább nem változott.

Értelmezd a kísérlet eredményét! Hozd kapcsolatba az állat idegi vagy hormonális szabályozásával!

22 Olvasd el a rovarok fejlődéséről szóló szöveget, majd oldd meg a hozzá kapcsolódó feladatot!

A rovarok egyedfejlődésének típusait a holland orvos Jan Swammerdam írta le. Leszögezte, hogy egy lerakott petéből kikelő lepkehernyó, majd a báb és az imágó ugyanaz az egyed. Ezzel nem kis meglepetést keltett. Ismertette a közvetlen fejlődés, a kifejlés, az átváltozás és a teljes átalakulás szakaszait, rámutatott ezek eltéréseire.

Mai ismereteink szerint a folyamatok hormonális szabályozás alatt állnak. A hormontermelést az agy neuroszekréciós sejtjei végzik. Váladékuk, a prothoracotrophormon a garat felett elhelyezkedő szervben raktározódik. E terület közelében más hormontermelő sejtsoportok is vannak, amelyek juvenilis hormont termelnek. A juvenilis hormon hatása késlelteti a lárva vedlését és bebábozódását, azaz a fejlődését hátráltatja. A prothoracotrophormon hatására egy, a rovarok torában található további endokrin mirigy vedlési hormont termel. Ez a juvenilis hormonnal ellentétes hatású, serkenti a rovarlárva vedlését és bebábozódását. A két ellentétes hatású hormon együttese szabályozza az egyedfejlődés folyamatát. A lárva egyedfejlődésének egyes szakaszaiban – két vedlés között – a vedlési hormon szintje fokozatosan emelkedik, végül sor kerül a vedlésre. Ezt követően azonban a juvenilis hormon termelése nő meg, és a lárva tovább növekszik. A bebábozódást megelőzően a juvenilis hormon termelődése leáll.

Keress az interneten rovarok átalakulását bemutató videófelveteleket! Figyeld meg az egyes rész-folyamatokat, majd készíts róla bemutató előadást!



Etología

28. lecke

Viselkedés az élővilágban



A növények „viselkedése”

A szabályozó működések eredményeképpen az élőlények reagálnak a külső vagy belső ingerekre. A reakció az esetek túlnyomó többségében valamilyen mozgás. Mivel a **növények** aktív helyváltoztató mozgásra nem képesek, válaszreakcióik **helyzetváltoztató mozgások**. E mozgások hátterében minden esetben vagy a növekedés, vagy a sejtek víztelítettségi állapotának a megváltozása áll. Ha a mozgás a kiváltó inger irányába történik, a válasz *pozitív*, ha ellentétes irányban, abban az esetben a válasz *negatív*.

A **növekedési mozgások** vagy **tropizmusok**, a növények egyenlőtlen növekedése miatt alakulnak ki, amely mögött az auxin egyenlőtlen eloszlása rejlik. Például a fény mint inger hatására a növények hajtásai az inger irányába elhajolnak. Az inger tehát nemcsak kiváltja a választ, hanem a mozgás irányát is megszabja. A jelenség *pozitív fototropizmus*. A reakció magyarázata az, hogy auxin a fény hatására a szár árnyékos oldalán halmozódik fel, és ott intenzívebb növekedést eredményez. A Föld gravitációjának hatására növekedik a gyökér lefelé, az ingerválasz *pozitív geotropizmus*. *Negatív geotropizmus* viszont a hajtás ellentétes irányú növekedése.

A sejtek víztelítettségi állapotának – a turgor nyomásnak – inger hatására történő megváltozása áll a *nasztiák* mögött. Például a kerti tulipán lepelleveli délelőtt a magasabb léghőmérséklet hatására kinyílnak, míg délután, ahogy hűl le a levegő, a szirmok becsukódnak. Az ingerválasz *termonasztiá*, mert hő váltotta ki, de a mozgás az inger irányától független.

Öröklött magatartásformák

Az állatok aktív helyváltoztatásra képesek, ezért az ingerekre adott mozgásválaszaik – szemben a növényekével – bonyolult magatartásformákban vagy viselkedésben nyilvánulnak meg.

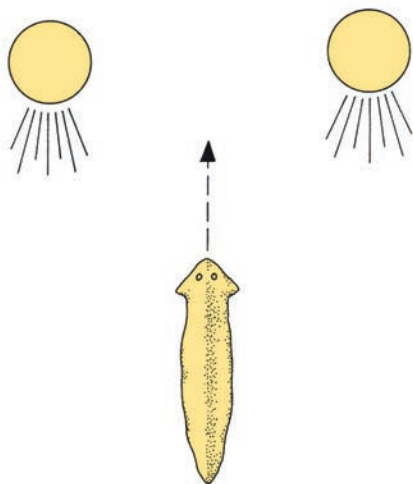
Számos olyan viselkedési forma alakult ki az állatvilágban, amely egy faj minden egyedénél egyformán és minden elemében azonos sorrendben játszódik le. Ilyen például a pókok hálókészítése. A tevékenységet nem szüleiktől vagy fajtársaiktól tanulják meg, a végrehajtás képessége velük születik. A fiatal állatok egyéni tapasztalat nélkül, már az első alkalommal képesek a fajra jellemző háló felépítésére. Ha ez megsérül, megjavítani nem

tudják, ilyenkor új hálót építenek. Ezeket a nem tapasztalatokon alapuló viselkedéseket **öröklött magatartásformáknak** nevezzük. Az öröklött magatartásformáknak több típusát ismerjük.

A rovarok többsége egy hirtelen ható kellemtelen ingerre teljes mozdulatlansággal válaszol. A zsákmányállat érintése azonnal befogó mozdulatot vált ki a csalánozók tapogatóiban. Ezek a válaszok törvényszerű egyformasággal jönnek létre mindig, egy meghatározott külső inger hatására. Az adott ingerre azonnal bekövetkező öröklött választ **feltétlen reflexnek** nevezzük.

Ugyancsak öröklött magatartásforma a **taxis**. Jellemző vonása, hogy az inger nemcsak kiváltja az állat mozgását, hanem annak irányát is meghatározza, ráadásul folyamatosan vezérli is a tevékenységet. Ha a külső inger már nem hat tovább, a mozgás is megszűnik. A légy lárvája a bábozódás előtt már kerül a fényt. Mászás közben testének feji végét váltakozva hol balra, hol jobbra fordítja. Haladási irányát a feji végét érő fényingerek határozzák meg. Az állat mindig a fénysegenyebb hely felé fordulva mászik tovább. Ha például egy laposférget két oldalról egyforma erősségű fényel világítunk meg, akkor az állat pontosan a két fényforrás közötti felezővonalon halad előre a vízben (28.1. ábra).

Egy további veleszületett magatartásforma az **öröklött mozgáskombináció**. Ilyen viselkedés például a mókusok diórejti tevékenysége. Ha a mókus több táplálékhoz jut, mint amennyit elfogyaszt, akkor a fölösleget elássa a földbe, és avarral betakarja. Egy kísérletben vizsgálták ezt a viselkedést. Születésük után elválasztották a mókusokat az anyaállattól, egymástól is elkülönítették, és mesterségesen nevelték fel őket. Az így



28.1. ábra. A laposféreg taxisá fény hatására

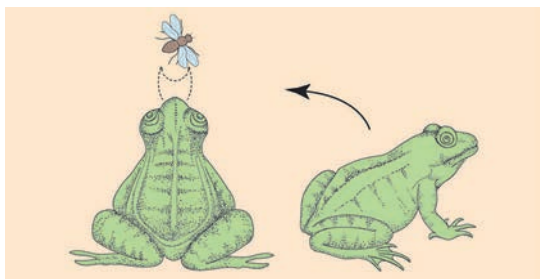
nevelt mókusok ősszel életükben először kaptak diót. Valamennyi kísérleti állat miután jóllakott, nyomban keresni kezdett egy alkalmas helyet a ketreben, és a fémpadlón is elvégezte a fölös élelem elásásának a mozdulatsorát. Ebben a magatartásformában tehát a dió mint kiváló inger beindította a szigorú sorrendben lejátszódó öröklött mozgássorozatot.

Kulcsinger és motiváció

Az öröklött magatartásformákra sokszor használják tévesen az *ösztönös* jelzőt. Az állatok ösztönös viselkedése vagy röviden ösztöne azonban nem azonos az öröklött magatartásformákkal. **Ösztön** alatt egy olyan összetett magatartáscsoportot értünk, amelyben öröklött és tanult elemek egyaránt felfedezhetőek. Így például a pulykák ivadékgondozó ösztönét vizsgálva azt tapasztalták, hogy a fiatal, első alkalommal költő pulykatorj is teljes mértékben képes csibéinek felnevelésére. Ha azonban a tojót az első költés előtt hallásképtelenné tették, akkor a kikelő csibéit megölte, mivel első alkalommal kizárólag hangjáról ismeri fel ivadékait. Az idősebb, már többször költött pulykatorj, hallása elvesztése után is gondozta utódait. A megelőző tapasztalatai révén ugyanis már látás alapján felismerte csibéit. Az ivadékgondozó ösztönben tehát öröklött és tanult magatartásformák épülnek egymásra.

Az öröklött magatartásformákat mindig két alapvető tényező váltja ki. Az egyik a külső környezet, a másik az állat belső állapota. A külső környezet hatásaiból az állat érzékszerveivel nagyon sokat felfog, de közülük csak néhány váltja ki belőle az öröklött viselkedési formákat. Ezeket közös néven **kulcsingereknek** nevezzük. Az állat belső állapota a **motiváció**.

Ha a béka látóterében nagy mozgó tárgy jelenik meg, az állat elmenekül. Ha azonban egy kis méretű mozgó tárgyat észlel, például egy rovar kerül elé, az állat a szemével, sőt egész testével követi a rovar mozgását. Amikor már elég közel kerül hozzá, a béka gyors mozdulattal kiölti a nyelvét és bekapja az állatot. A békát zsákmányszerzése közben egyszerre többféle inger is éri. Ilyen a zsákmányállat színe, szaga, formája, mozgása, nagysága. Ezekből a béka cselekvését csak két inger, a zsákmányállat nagysága és mozgása indítja el. Ezek jelentik a béka viselkedése szempontjából a kulcsingert (28.2. ábra), a motiváció pedig az éhségérzete.

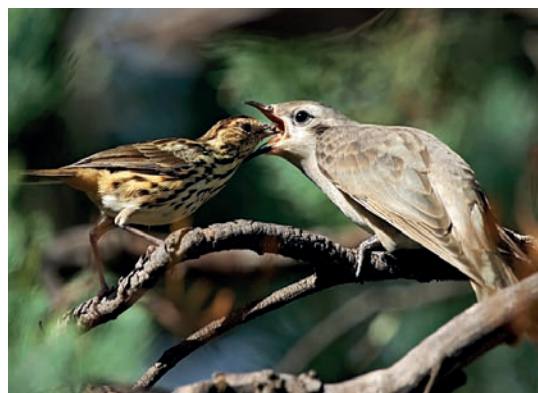


28.2. ábra. A béka zsákmányszerző magatartása



28.3. ábra. A csigaforgató madár válasza a szupernormális ingerekre

Ismert, hogy a kakukk más énekesmadarak fészkébe helyezi tojását, és azok költik ki, majd nevelik fel a kakukkfiókat. Közben saját utódaikat nem táplálják. A madárszülőknek erre a furcsa viselkedésre egy másik madár, a csigaforgató költési magatartásának vizsgálata adta meg a magyarázatot. Megfigyelték, hogy a csigaforgató a három tojásból álló normális fészke helyett mindig a mellé helyezett öt tojásból álló fészket választotta. Még meglepőbb viselkedést tanúsított akkor, amikor a saját tojása, az ennél nagyobb ezüstsírálytojás és a még ennél is jóval nagyobb heringsírálytojás közül mindig a legnagyobbat választotta, noha ezen tudott legkényelmetlenebbül megülni (28.3. ábra). Az ilyen, a normálisnál hatékonyabb választ kiváltó ingereket **szupernormális ingerek** nevezük. Ezzel magyarázható a kakukkfióka felnevelése is (28.4. ábra).



28.4. ábra. A kakukkfióka etetése

Az etológiai kutatások úttörői

A viselkedéssel az etológia tudománya foglalkozik. Az első tudományos megfigyeléseket az állatok viselkedésével kapcsolatosan Charles Darwin tette. Az etológia megszületését 1973-ra tesszük, mert ebben az évben kapott három etológus (Konrad Lorenz osztrák, Nikolaas Tinbergen holland és Karl von Frisch osztrák) megosztva orvosi Nobel-díjat magatartás-biológiai kutatásaiért. A magyar etológiai kutatások úttörője Csányi Vilmos (1935–).

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Keress példát ösztönös viselkedésre az emlősök világából!
- 2 Készíts mozgóképes kiselőadást kedvenc állatod egy jellemző viselkedéséről! Keress magyarázatot is a felvett magatartás-megnyilvánulásra!
- 3 Mit gondolsz, miért repülnek a rovarok este a lámpa körül?
- 4 Mondj példát egy emberi feltétlen reflexre!

29. lecke

Az állatok tanult magatartásformái

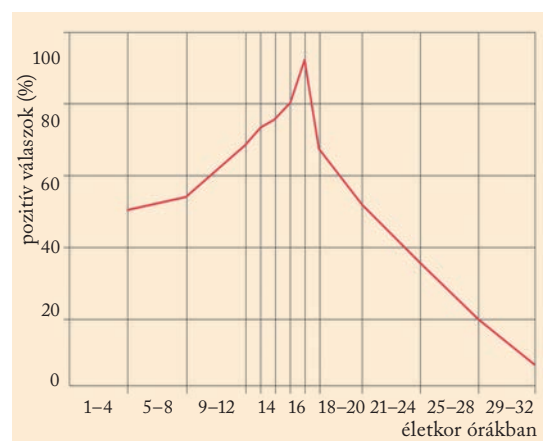


Az állatoknak közvetlenül a születésük utáni viselkedését a fajra jellemző öröklött magatartásformák határozzák meg. Környezetük azonban állandóan változik, és az így kialakuló új helyzetekhez való alkalmazkodást az állat a személyes tapasztalatszerzésén keresztül sajátítja el. A tapasztaltak hatására az öröklött magatartásformák mellett **tanult magatartásformák** alakulnak ki az állat egyedi élete során. Ezeket – ellentétben az öröklött viselkedéssel – nem örökölhettek az utódok. Az öröklött és a tanult magatartási elemek egymással összekapcsolódva hozzák létre a kifejlett egyedre jellemző viselkedést.

A bevésődés

A különböző állatfajoknál igen eltérő a magatartás kialakításában részt vevő öröklött és tanult elemek aránya. A törzsejlődés magasabb fokán álló állatcsoportoknál a tanulás egyre nagyobb szerepet játszik az alkalmazkodásban.

Vannak olyan viselkedési formák, amelyek tanulása bizonyos életszakaszhoz kötött. Alapvető közülük a bevésődés folyamata. A libák a tojásból való kikelés után azonnal követik szüleiket. Ha a tojásokat mesterségesen keltetik, a kislibák az első mozgó lényt követik, akivel találkoznak. A szüleikhez való kötődés csak a néhány órás fiatal állatnál alakul ki. A követendő képének megtanulása, bevésődése az emlékezetbe csak pár percet vesz igénybe, és egész életre szólóan megmarad. Ha a mesterségesen keltetett kislibákat a kikeléstől számított két-három napig sötétben tartjuk, az érzékeny periódus elmúlása után a tanulási folyamat már nem alakítható ki (29.1. ábra).



29.1. ábra. A kislibák bevésődési reakciójának erőssége

Ragadozók zsákmányszerzési viselkedése

Fiatalkorban kell megtanulni egyes ragadozóknak a **zsákmányszerzési viselkedést** is. Például ha a felnőtt görény hörcsöggel kerül szembe, egyetlen mozdulattal átharapja a zsákmányállat nyakszirtjét. Ez a fajra jellemző viselkedés a születéstől elkülönítve nevelt és nyers húson tartott görényeknél nem figyelhető meg. Ha az így nevelt fiatal állatot hörcsöggel eresztik össze, a görény minden támadó szándék nélkül játszani kezd vele. A görény közeledtére a hörcsög védekező magatartással, felemelkedéssel, harapással válaszol. A hörcsög viselkedése kiváltja a görényből a fajra jellemző zsákmányolási mozdulatsort. Rövid harc után a görény a hörcsög gerincére mért harapással megöli a zsákmányállatot. Néhány hasonló alkalom már elég arra, hogy a harapás pontos legyen, és a mozdulatsor végleges magatartásformává alakuljon. A görény tehát *megtanulja a vadászharapást*, de nem a szüleinek vagy a társainak a példáján, hanem a zsákmányállat reakciója váltja ki a tanulási folyamatot. Az állatban ugyan öröklött formában jelen vannak a zsákmányszerzés magatartási elemei, de ezeket *a zsákmányállat viselkedése rendezi megfelelő sorrendbe*.

■ Nézz utána, mi a bevésődés élettani alapja!

Megszokás és érzékenyítés

A tanult magatartásformák kialakulásának többsége nem kötődik egy bizonyos életkorhoz, hanem az állat bármelyik életszakaszában létrejöhet. A tapasztalatszerzés egyik legegyszerűbb formája a **megszokás** (habitáció). Ezen keresztül az állat tulajdonképpen azt tanulja meg, hogy milyen ingerekre ne válaszoljon. Minden hirtelen mozgó tárgy, látható vagy hallható új inger az állatban védekező viselkedést vált ki. Ha az állat ezekhez nem szokna hozzá, és nem tudna különbséget tenni a veszedelemes és az ártalmatlan ingerek között, akkor az egész életét állandó meneküléssel tölthetné. Az állat a környezetéből ismételtelen fellépő, sem jó, sem rossz következményekkel nem járó ingereket úgy megszokja, hogy azokra egy idő után már egyáltalán nem válaszol.

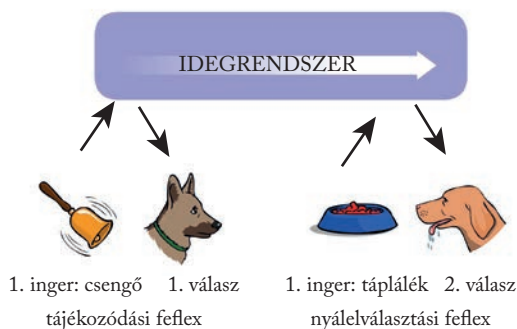
Ha például éticsigákat egy deszkalapra helyeznek, és megvárják, amíg azok kibújnak a csigaház-

ból és mászkálni kezdenek, majd a deszkára ütnek egy bottal, akkor a csigák mind a házaikba húzódnak. Ezt többször egymás után megismételve, egy idő után már nem reagálnak a csigák a zörejre, és zavartalanul mászkálnak tovább. Az ismételt ingerek hatására tehát csökkent a válaszreakció erőssége. A megszokás nem elfáradás, mert az állat csak arra az ingerre nem válaszol, amelyik nagyon sokszor ismétlődik. A megszokásnak nagyon fontos jelentősége van az állatok viselkedésében, mert megkíméli őket a környezetből rájuk zúduló különböző ingerek tömegétől.

Ennek éppen ellenkezője az **érzékenyítés** (szenszitivizáció). Az örvényférgek például, ha gyenge áramütést kapnak, erre válaszként összerándulnak. Ha az áramütéseket sorozatosan ismétljük, majd egy másik ingert, például fényfelvillanást alkalmazunk, az állat arra is összerándulással reagál, holott csupán a fényfelvillanás önmagában az összerándulást nem váltja ki.

A feltételes reflex

A kutya szájában a táplálék ízére nyáleválasztás indul meg. Ez a reakció **öröklött magatartásforma, feltétlen reflex**. Egy kísérlet során a táplálék ingeréhez egyidejűleg közömbös ingert is társítottak. A táplálkozások alkalmával mindig megszólalt egy csengő. *A két inger társítását* rendszeresen ismételve bizonyos idő után a kutya nyáleválasztása már csak a csengőszóra is megindult (29.2. ábra). Ez a reflex már nem öröklött, hanem az állat a kísérlet folyamán tanulta meg. A reflex kialakulásának alapvető feltétele, hogy a két inger egy időben gyakoroljon hatást az állatra. A feltételes reflexeken keresztül tanulják meg az állatok természetes környezetük ingereit – szag, ágpogós – összekötni a zsákmány vagy az ellenség közeledésével.



29.2. ábra. A feltételes reflex kialakulása



29.3. ábra. Az operáns tanulás kísérleti vizsgálata

Az operáns és a belátásos tanulás

Bonyolultabb tanulást jelent az **aktív cselekvés útján történő tapasztalatszerzés**. Ennek lényege, hogy az állat a szükségletei kielégítése érdekében új mozgásformákat sajátít el. Egy éhes macskát ketrecbe zártak, a ketrecen kívül pedig húst helyeztek el. Ha a macska orrával vagy lábával megnyomta a padozaton levő fogantyút, az ajtó azonnal kinyílt. A ketrecbe zárt állat első alkalommal mindent kipróbált, hogy ki tudjon jönni, és a ketrec mellé helyezett táplálékhoz jusson. A fogantyú véletlen megnyomásával végre kinyílt a ketrec. Az első kiszabadulás hosszú időbe telt, de sokszor megismételve a próbálkozást az állat végül megtanulta a feladatot pontosan és gyorsan megoldani ezzel a próba-szerencse módszerrel. Hasonló kísérletet patkánnyal is végeztek (29.3. ábra). A kísérletek során az állatok a tájékozódó mozgásaik közül felismerték a hatásosakat, amelyet a táplálék elérése megerősített. Mivel ebben az esetben **az állat önmagát idomította, vezérelte**, a folyamatot **vezérlő** vagy más néven **operáns tanulásnak** nevezzük. Ha a rendszeres megerősítés elmarad,



29.4. ábra. A csimpánz eszközt használ a természetes megszerzéséhez

akkor a válaszreakciók lassan kioltódnak, és az így tanult viselkedési forma megszűnik.

Az állatok tanult magatartásformái közül a legösszetettebb a **belátásos tanulás**on alapuló viselkedés. Ez elsősorban az eszközt használó állatoknál figyelhető meg. A csimpánz például meglévő **tapasztalatait előrelátó viselkedéssé képes formálni**, és az eszközt a maga javára felhasználni (29.4. ábra). Így például faág segítségével fel tudja törni a természetes várát, majd a beledugott faágra kapaszkodó természeteseket gyorsan kiemeli és lenyalja. Ha egy fogva tartott csimpánz ketrecébe egymásba illeszthető rövid botokat helyeznek, és a botok egyenkénti hosszát meghaladó távolságba gyümölcsöt tesznek a ketrecen kívülre, az állat megpróbálja bekotorni a táplálékot valamelyik bottal. Mivel ez nem sikerül rögtön, megtoldja azt egy másikkal, és így szerzi meg a gyümölcsöt. A tanulás itt abban nyilvánult meg, hogy az állat a probléma megoldására **előzetesen kialakított viselkedési elemeket használt fel**, és azokat megfelelő sorrendbe illesztve egymás mellé, újonnan tanult magatartásformát alakított ki belőlük.

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a bevésoedés lényege? Mondj rá néhány példát!
- 2 Miért tanulási folyamat a megszokás, és mi a viselkedésbiológiai jelentősége?
- 3 Miben tér el a feltételes reflex az operáns tanulástól?
- 4 Mondj példákat a saját életedből a viselkedésedet befolyásoló feltételes reflexekre!
- 5 Készíts mozgóképes kiseloadást kedvenc állatod egy tanult viselkedéséről! Mutasd be és magyarázd el a viselkedést!
- 6 Keress az interneten olyan felvételeket, amelyek eszközt használó állatokról készültek!

30. lecke

Az állatok kommunikációja és önfenntartó viselkedése



Etológia

Figyeld meg a környezetben élő állatokat! Jegyezd fel néhány példát arra, hogy milyen helyzetben hogyan viselkednek! Ha lehet, készíts fotókat is a megfigyelt viselkedésről!

Az élővilág evolúciója során mindegyik állatcsoport – azon belül minden egyed – küzdelmet folytatott a fennmaradásáért. A folytonos szelekciós nyomás sajátos viselkedésformák megjelenéséhez vezetett elsősorban a **tájékozódóképesség kifejlődésében**, a **táplálékszerző magatartásokban**, valamint a rájuk leselkedő **veszedelmek elhárításában**. A természetben az egyes magatartásmegnyilvánulások komplex módon jelentkeznek. Ezért sok olyan elemét ismerjük, amelyek a fenti csoportok bármelyikébe sorolhatók, hiszen valamennyi viselkedésforma vizsgálata során egyaránt megfigyelhetjük. Ilyen megnyilvánulás az állatok kommunikációja, amely valamennyi állati magatartásformában nélkülözhetetlen.

Kommunikáció az állatok között

A **kommunikáció** nem más, mint információközlés. A kommunikáció közben leadott információ a közlő fél agyi modelljének működési eredménye, biológiai működése pedig az, hogy a fogadó fél (vagy akár mindkettőjük) agyi modelljében alkalmazkodási reakciót váltson ki, vagyis megváltoztassa a viselkedésüket. A kommunikáció lehetősége alapvető feltétele a társas kapcsolatok kialakulásának és fenntartásának. A csoportba tartozó egyedek a kommunikációs jeleken keresztül ismerik fel egymást, közlik fajtársaikkal a rangjukat a hatalmi sorban, és segítségével fejezik ki közölnivalójukat. A jelek befolyásolják a fajra jellemző magatartást. Viselkedéseket indítanak be, megváltoztatják vagy éppen megszüntetik azokat.

Az állatvilág számos képviselője olyan szaganyagokat termel, amelyekkel **kémiai kommunikációra** képes. Ezeket az anyagokat közös néven *feromonoknak* nevezzük. A kültakaró mirigyekben termelődnek, majd levegőbe vagy vízbe kerülnek. Sok esetben a fajra, a csoportra vagy az egyedre jellemző szagok elősegítik az állatok egyedfelismerési képességét (30.1. ábra). A kémiai jelzések sajátossága, hogy hosszabb ideig is hatásosak maradnak. Lehetnek veszélyre figyelmeztető riasztójelzések, amelyek kiáltják például a hangyák védekező vagy menekülő magatartását (30.2. ábra). A párvalasztásban az ivari feromonoknak van igen jelentős szerepük. Példa lehet a lepkék érzékeny reagálása ezekre az anyagokra.



30.1. ábra. A kutyák szagingerek alapján ismerik fel egymást



30.2. ábra. A hangyák a feromonösvény alapján haladnak egymás mögött

Nézz utána növényvédelmi honlapokon, hogy milyen gyakorlati célra lehet felhasználni a lepkek ivari feromonokra való érzékenységét!

Gyakori jelenség az egyedek térbeli eloszlásának kémiai szabályozása, sok állat feromonok segítségével jelöli ki saját területének határait.

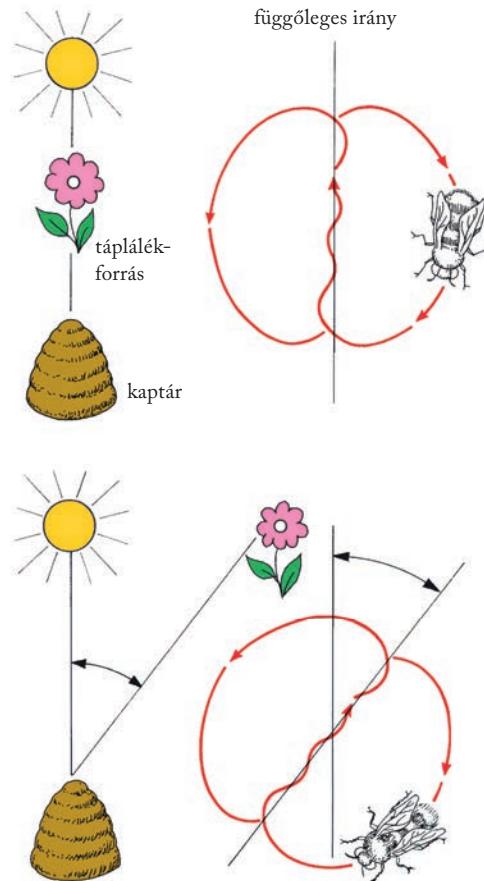
A **vizuális kommunikáció** az állatok látására épül. A mozgással történő vizuális kommunikáció legjobban felderített példája a méhek tánca. A táplálékforrásra és az odavezető útra vonatkozó szinte minden információ közlésére képesek. A felderítő méh a kaptárba visszatérve közli társaival a lelőhely irányát és távolságát. Ezt egy nyolcas alakban végzett gyors mozgással jelzi (30.3. ábra). A nyolcas középső vonala mindig a

táplálékforrás irányába mutat, a méh előrehaladásának megfelelően. A kaptárba érkező méh a lép függőleges síkján úgy járja a táncát, hogy a nyolcas középső szakasza és a függőleges irány pontosan akkora szöget zárjon be, hogy az megegyezzen a táplálékforrás Naphoz viszonyított helyzetével.

Keress videót a méhek táncáról! Azonosítsd be a tánc azon elemeit, amelyek a társak számára lényeges információt jelentenek!

A szentjánosbogarak hímje a párzás idején az esti repülés közben, szabályos időközönként felvilan. A nőstény felmászik egy fűszálra és ott marad, miközben ő is villog válaszul a hím jelzéseire.

Megtalálható az állatok közötti vizuális kommunikáció a társas viselkedésben is. A rangsorrend kialakításában vagy a területvédő magatartási formákban az állatok kifejező mozdulataikkal, testtartásaikkal közlik hangulatukat a társaikkal. A kutya például farkcsóválással üdvözlést, örömet, míg a magasra tartott farokkal fenyegetést, haragot fejez ki. Félelmét a hátsó lábai közé behúzott farkával jelzi.



30.3. ábra. A méhek tánca a táplálék megszerzésére vonatkozó vizuális kommunikáció

Az állatok hangadási jelrendszerén és hallásán alapul az **akusztikus kommunikáció**. A hangjelzések főleg olyan esetekben segítik elő a társas érintkezést, amikor a látási vagy szaglási ingerek nem érvényesülhetnek (30.4. ábra). A rovarok hangjelei részben az ivari pár hívására szolgálnak, és jelezhetik a vetélkedő hímek rivalizálását. A kételtűek hangjelzései is a szaporodással kapcsolatosak. A békák hívójelzésére, amit ha távolról hallat a hím, arra kórusban mind a hímek, mind a nőstények közösen válaszolnak. Ha közelről hangzik a hívójel, akkor vonzólag hat a nőstényre. A madarak akusztikus jelrendszere a legváltozatosabb az állatvilágban. Ennek része a fajra jellemző öröklött hangjelzés, másik részét az egyedi a saját élete során tanulja meg.



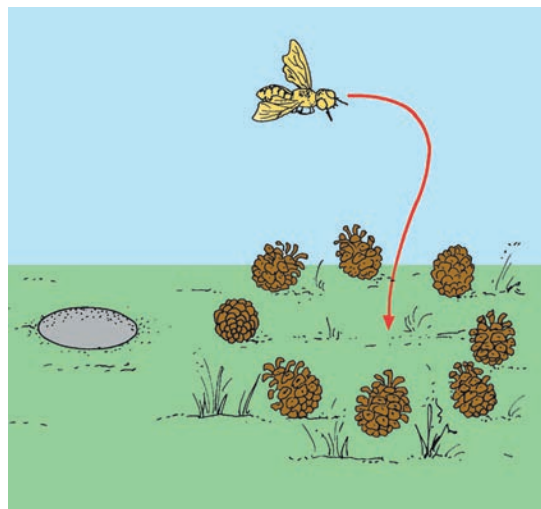
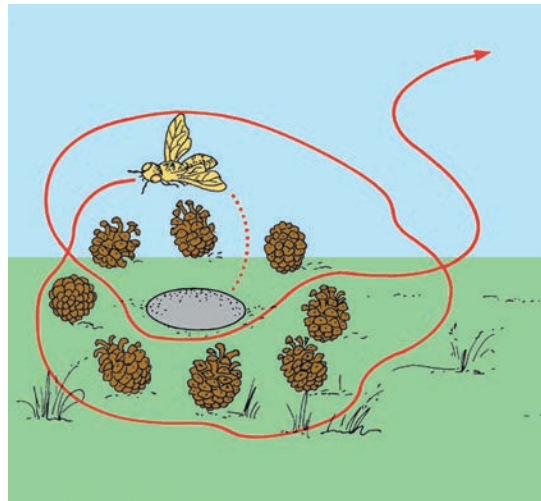
30.4. ábra. Az akusztikus kommunikáció nagyobb távolságon belül is hatásos

Önfenntartási viselkedésformák

Az állatok alapvető létfenntartási viselkedése a **tájékozódás**. Ennek legegyszerűbb formái a *taxisok*. Összetettebb formája a tárgyak megjegyzéséhez kötött. A terep tárgyainak megjegyzésével történő tájékozódásra jó példa egy darázs faj, a méhfarkas viselkedése (30.5. ábra). Tájékozódásának vizsgálatához a földbe ástott fészke körül fenyőtobozokat helyeztek el. A fészekből távozó darázs előbb mindig helyszínvizsgálatot tartott, majd elrepült. Ha a fészek körüli fenyőtobozokat más helyre tették, az állat nem az eredeti fészekbe repült vissza, hanem a tobozokkal megjelölt új helyre.

A denevérek repülésük közben szájukon keresztül ultrahangot sugároznak a levegőbe, és ezek visszaverődése alapján tájékozódnak és kutatják fel a zsákmányukat (30.6. ábra).

Az állatok közül a madarak hazatalálási módját, vonulási tájékozódását (30.7. ábra) vizsgálták



30.5. ábra. A méhfarkas tárgyhoz kötött tájékozódása



30.6. ábra. A denevérek ultrahanggal tájékozódnak

legtöbbször. Megállapították, hogy a térbeli tájékozódásuk egy része öröklött viselkedés, a másik, nagyobb részét viszont hosszú tanulás útján szerzik meg. A nappali vonuláshoz a Nap állását, az éjszakai vonuláshoz a csillagok helyzetét képesek felismerni, és ezeket saját mozgásuk iránytartásához felhasználják.



30.7. ábra. A madarak vonulásában fontos szerepe van a tájékozódásnak

Az állatok között a létfenntartásért folyó versengés elsősorban a megfelelő mennyiségű és minőségű táplálkozásra irányul. A **táplálkozási viselkedés** egyedenként is igen változó magatartási elemekből áll. Az egyszerűbb táplálékkeresés azokra az állatokra jellemző, amelyek közvetlen környezete egyben a táplálékot is tartalmazza. Például a talajban élő földigiliszták a földdel együtt

lenyelt szerves anyagokat hasznosítják, vagy a bálnák a szájukba tóduló vízből egyszerűen kiszűrik a táplálékul szolgáló apró élőlényeket. Más esetekben az állat felkutatja, megkeresi táplálékát. Ebben a látás, a szaglás, a hallás útján felismerhető jelzések segítik az állatot. A növényevő állatoknál ez nem okoz különösebb nehézséget. A táplálékuk megszerzését és elfogyasztását időzíthetik, rendszeressé tehetik. A ragadozó állatok zsákmányszerzése azonban támadó magatartással párosul. A zsákmányszerzés öröklött magatartásformái tehát igen változatos közvetlen és közvetett, tanult viselkedési elemekkel bővülnek az állatok élete során. A ragadozók támadó, zsákmányszerző viselkedésformáival párhuzamosan alakultak ki az evolúció során a zsákmányállatok védekező, menekülő magatartásai.

■ Mutasd be kiselőadásban néhány tetszés szerint kiválasztott ragadozó rá jellemző zsákmányszerző magatartását!

A lazacok vonulása



30.8. ábra. A lazacok évente visszatérnek az ivóhelyükre

A tájékozódásnak fontos szerepe van az állatok vonulásában is. A tengerben élő halak közül a lazacok, amelyek édesvizekben, hegyi patakokban ikráznak le és ott indul meg a fejlődésük, minden évben egy alkalommal az ivóhelyükre vonulnak (30.8. ábra), hogy ikráikat lerakják, pontosan ugyanoda, ahol kikeltek. Az ikrából kibújt ivadék valószínűleg bevésődéssel egy életre megjegyzi a szülőhelyének kémiai jellemzőit. Ez azonban csak feltételezés, a lazacok bonyolult tájékozódóképességének egyelőre még nem találták meg a teljes magyarázatát.

Olvasmány

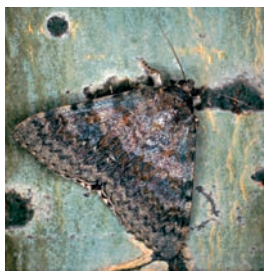
Eszközhasználó állatok



30.9. ábra. Pintyék eszközhasználata

Egyes állatok eszközöket használnak a táplálékuk megszerzéséhez. Az alkalmazott eszközök nagyon sokfélék lehetnek. Egy trópusi halfaj a víz fölé hajló növényekre telepedett rovarokat megcélazza, és lelövi a szájából kinyomott vízszugár segítségével. A vízbe esett zsákmányt azután elfogyasztja. A Galápagos-szigeteken élő pintyek közül több faj egyedei vékony tüskéket törnek le a kaktuszokból, majd egyet a csőrükbe vesznek, és ezzel piszkálják ki a fakereg alól a táplálékként szolgáló rovarokat (30.9. ábra). A tengeri vidrák fő tápláléka egy kagyló, amely erősen rátapad a víz alatti sziklákra. A vidrák egy kő segítségével távolítják el a sziklafalról a táplálékukat. A keselyű is követ használ: csőréből ejti rá a kemény héjú strucctojásra, így töri fel, hogy utána megehesse.

Rejtőzködés



30.10. ábra. A közönséges övesbagolylepke rejtő- és riasztószíne



30.11. ábra. A levelibékák rejtőszínük miatt szinte teljesen beleolvadnak a környezetükbe

Gyakori védekezés az állatvilágban a rejtőszínek alkalmazása, a környezethez való hasonulás, azaz a mikri jelensége. A fakérgen meglapuló, összecukott szárnyú övesbagolylepke elülső szárnyának mintázata tökéletesen belesimul a fa kérgének mintázatába (30.10. ábra). Ha viszont szárnyait szétnyitja, a hátsó szárnyak feltűnő színei riasztó hatásúak a madarak számára. Színeivel alkalmazkodik a levelibéka is, a lombozatban zöld, a fakérgen barnás színárnyalatú (30.11. ábra).

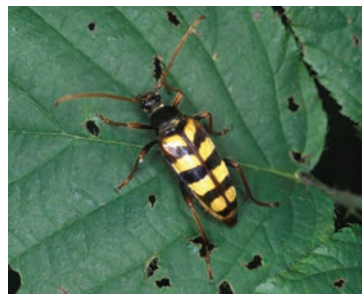
Riasztás



30.12. ábra. Mocsári szitkár

A riasztószín kommunikációs jelzés is lehet egyben, veszélyre figyelmezteti a támadót. Ilyen a darazsak feltűnő, sárga-fekete színkombinációja. A rovarok között vannak olyanok is, amelyek teljesen ártalmatlanok, azonban más, veszélyes rovarokhoz hasonló külsejük biztonságot jelent számukra. Ilyenek például a darazsakat utánozó lepkek, a szitkárók. A képen a mocsári kutyatejben fejlődő, védett lepkeritkaságunkat, a mocsári szitkárt látjuk (30.12. ábra), amely darazsat utánoz. Darazsakra emlékeztető megjelenésűek az ugyancsak teljesen ártalmatlan darazscincérek (30.13. ábra) is.

A riasztószín kommunikációs jelzés is lehet egyben, veszélyre figyelmezteti a támadót. Ilyen a darazsak feltűnő, sárga-fekete színkombinációja. A rovarok között vannak olyanok is, amelyek teljesen ártalmatlanok, azonban más, veszélyes rovarokhoz hasonló külsejük biztonságot jelent számukra. Ilyenek például a darazsakat utánozó lepkek, a szitkárók. A képen a mocsári kutyatejben fejlődő, védett lepkeritkaságunkat, a mocsári szitkárt látjuk (30.12. ábra), amely darazsat utánoz. Darazsakra emlékeztető megjelenésűek az ugyancsak teljesen ártalmatlan darazscincérek (30.13. ábra) is.



30.13. ábra. Darazsmintázatú cincér

Kérdések és feladatok

- 1 Határozd meg a kommunikáció fogalmát, és mutasd be egy példán!
- 2 Mit gondolsz, mely rovaroknak van hallószervük az állatvilágban?
- 3 Milyen vizuális kommunikációs formákat ismeresz? Említs konkrét példákat!
- 4 Milyen tényezők játszanak szerepet az önfenntartási viselkedésben?

31. lecke

Az állatok szaporodási viselkedése



Az állatok alapvető magatartás-megnyilvánulása a **szaporodási viselkedés**. Ez az ivarérettséget elért egyedekre jellemző. Fellépését belső és külső tényezők összhatása határozza meg. A belső tényező hormonális hatás, a külső tényezők – a kulcsingerek – viszont sokfélék lehetnek. Például a napszakok hosszabbodása vagy rövidülése, a táplálék bőőség vagy az időjárás változása.

A párválasztás

A szaporodás kezdeti időszakának magatartási jellemzője a **párválasztás**. A kiváltó ingerek közül jelentős szerepe van a szagnak, a hangnak, a színnek és a mozgásnak. A rovarok közül a tücskök hímjei ciripelésükkel hívják fel magukra a nőstények figyelmét. A szentjánosbogarak fénykibocsátása is a párok egymásra találását szolgálja. A szúnyogok vagy a hangyák rajzó mozgása is ezt segíti elő. Sok fajnál az ivari kétalakúság csak a szaporodás időszakában jelentkezik, amikor a hímek színes nászruhát öltenek, és így mutatkoznak a nőstény előtt. Hazai vizeinkben a szivárványos ökle ilyenkor a szivárvány összes színében pompázik. A tuskés pikó tűzpiros hasával kelti fel a nőstény figyelmét. A kétéltűek közül a békák hímjei harsány hangjukkal igyekeznek partnert találni. A madarak párválasztása bonyolult viselkedésmintákon alapul. Fontos szerepe van ebben a hangnak, a díszes tollruhának (31.1. ábra) és a táncmozdulatoknak is. Az emlősök egymásra találásában a szagjelzések játsszák a főszerepet.

A párválasztáshoz hozzátartozik a hím egyedek közötti *küzdelem* is, a szaporodási terület vagy éppen a nőstény megszerzéséért. A küzdelem rendszerint csak rituális, fenyegetésben, riasztó színek mutogatásában vagy elijesztő mozgásokban fejeződik ki. Tényleges összecsapásra csak ritkán kerül sor.



31.1. ábra. Pávakakas díszes tollazata

Az udvarlás és a párzás

A győztes hímek **udvarlási viselkedései** azt a célt szolgálják, hogy fokozzák és időben összehangolják az ivari partnerek izgalmi állapotát, legyőzve az egyedek közötti távolságtartást, és lehetővé válik a testi érintkezés, ami a párzás előfeltétele.

Egyszerűbb formái már az alacsonyabb rendű állatoknál is előfordulnak. A puhatestűek közül a nyolckarú polip hímje a párzás szolgálatában álló karjával a nőtény testét simogatja, miközben mindkettő színüket változtatják. Számos hazai lepkefajnál megfigyelhető, hogy a párzásukat a hím és a nőtény együtt repülése előzi meg (31.2. ábra). A madarak udvarló viselkedése a legváltozatosabb. Nászjátékukban fontos szerepet kap hangadásuk, színes tollruhájuk, illetve bonyolult mozgású násztáncuk. Érdekes az Új-Guineában és Ausztráliában élő lugasépítő madarak viselkedése (31.3. ábra). A madár hímje a nászjátékhoz növények szárából lugast épít. A lugas előtti teret színes tárgyakkal – papagájtollakkal, csigaházakkal, virágokkal, bogyókkal és magvakkal – díszíti. A lugasnál megjelenő nőtényt a hím kecses táncmozdulatokkal fogadja. Ha a lugas megnyeri a nőtény tetszését, akkor elfogadja a hímét párjának.

Keress videót az interneten a lugasépítő madarak viselkedéséről!

A *párzás* során megtermékenyül a petesejt. A tojások lerakásával sok állatfajnál le is zárul a szaporodás viselkedéssorozat.

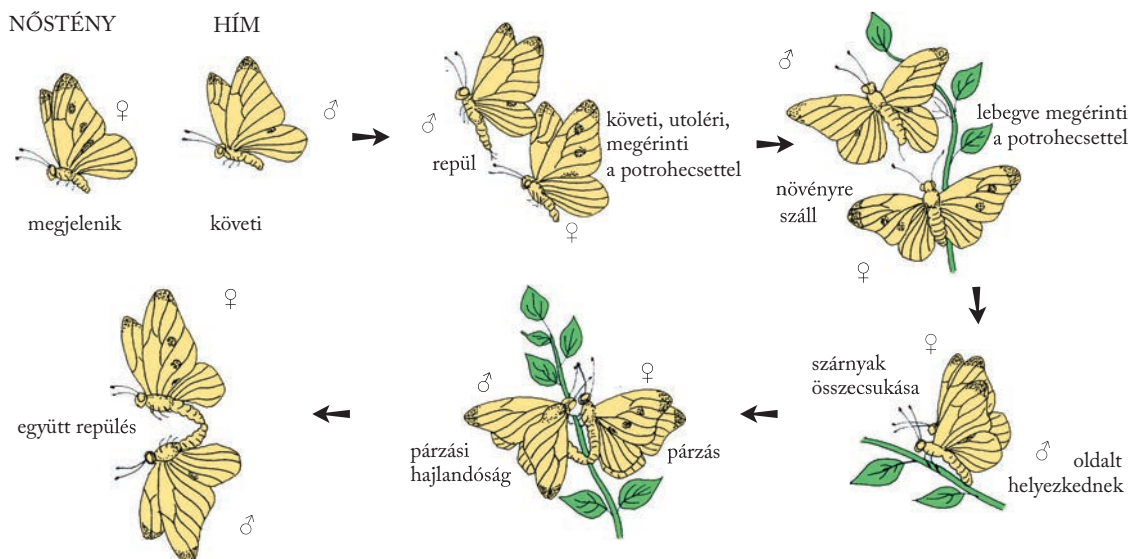


31.3. ábra. A lugasépítő madár hímje színes tárgyakkal díszíti gondosan felépített lugasát

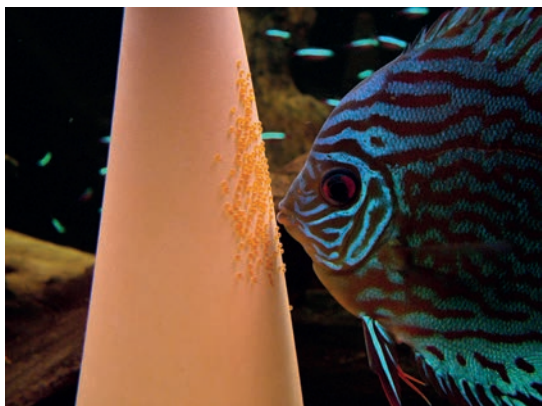
Az ivadékgondozás

Az állatok egy része gondoskodik utódjairól. Minden olyan magatartásformát, amely az utódok védelmét és táplálását szolgálja, **ivadékgondozásnak** nevezünk.

A bölcsőszájú halak a szájukban költik ki az ikrákat, és csak az úszóképességük elérése után engedik ki az utódokat (31.4. ábra). A sziámi harcoshalak és a paradicsomhalak hímjei habfészket építenek, és ebbe helyezik az ikrákat, majd a kikelő ivadékokat őrzik. A dajkabéka hímje a nőtény fonalszerűen lerakott petéit több hétig a hátán hordja, majd a vízbe viszi, ahol kikelnek az utódok. A teknősök elássák a tojásokat, esetleg őrzik is a fészket, ahogyan a krokodilok is ezt teszik. A madarak saját testük melegével költik ki tojásaikat. A fészkegényő madarak utódai már röviddel a kikelés



31.2. ábra. Egy lepkefaj udvarló magatartása



31.4. ábra. Bölcshal az ikráival



31.5. ábra. A fészekhagyó madarak utódai születésük után hamarosan követik anyjukat



31.6. ábra. A ragadozó madarak fiókái fészeklakók (fülesbagoly-fiókák)

után önálló életre képesek (31.5. ábra). A fészeklakók azonban hosszabb időn keresztül táplálják, gondozzák kicsinyeiket (31.6. ábra). Az emlősök szoptatják a megszületett utódokat, megvédik a ragadozóktól, majd fokozatosan megtanítják a zsákmányszerzés módjaira (31.7. ábra).

■ Nézz utána, mit értünk altruizmuson, és mi a jelentősége az állatok társas kapcsolataiban!



31.7. ábra. A szülők megtanítják a kölyköknek a zsákmányszerzés módját

Szociális kapcsolatok a közösségben

Az ivadék gondozás fejlettebb formáinál megfigyelhető **szociális kapcsolatok** az egyedek között egyéb körülmények között is kialakulhatnak. Ennek előfeltétele a genetikusan meglévő *társulási hajlam, szociális vonzódás*, amely az egyedek közötti távolság csökkenéséhez és ezen keresztül csoportok kialakulásához vezet. A szociális kapcsolatok legegyszerűbb formája az **időleges tömörülés**. Ilyen társaságot alkothatnak a vonulásra összegyűlt állatok, mint a vándormadarak, a vonuló heringek (31.8. ábra) vagy a rénszarvasok. Ezek a vonulás alatti közös védelem és biztonság céljából tömörülnek össze. Hasonló kapcsolat a közös vadászat alkalmával időleges csoportot alkotó farkashorda vagy a telelésre egy helyre húzódó denevérek csapata is. Az időleges tömörülések nyitott közösségek. A tagjaik bármikor kicserélődhetnek más egyedekkel, a létszám tág határok között mozoghat.

A *zárt közösségek* egyedeit viszont *erős szociális vonzalom* tartja össze. A kapcsolat tartós, többnyire a teljes szaporodási időszakra, de sokszor az egész élettartamra szól. A közösségbe bekerülő idegen egyedekkel szemben elutasító magatartást tanúsítanak. A gerinces állatokra jellemző zárt közösség a szülőállatok és ivadékaik társas együttése a **család**. Ez az állatok többségénél rövid életű közösség, az ivadékok felnevelése után általában feloszlik. Ha ez nem következik be, hanem a szülők együtt élnek az egymást követő nemzedékekkel, kialakul a **nagycsalád**. Ez főleg a rágcsáló emlősökre jellemző. Sok család más szerveződésű együttélése a **kolónia**. Ezekben a család fennmarad, a szülőállatok saját utódaikat gondozzák, de sok család él együtt. Ilyenek a pingvinek kolóniái. A társas költés előnye a nagyobb biztonság, akár az időjárás viszontagságaival, akár a tojásrabló madarakkal szemben. Hasonló jellegű közösség az emlősök legtöbb csordaformája is.

Milyen szaporodási stratégiával élnek túl a sarkvidéki telet a császárpingvinek?



31.8. ábra. Vonuló halraj közös mozgása

Sajátos társas együttélés jellemzi az államalkotó rovarok közösségeit. A hangyák, a méhek, a trópusi területeken élő természetes fajú **rovarállamokat** alkotnak. Ezek közös jellemzői a rovarok óriási létszáma, a közös fészeképítés, a rendszeres lárvagondozás és a kasztrendszer kialakulása. Ez azt jelenti, hogy a közösségen belül az egyes feladatok elvégzésére tökéletes *munkamegosztás* alakult ki a kifejlett rovarok különböző alakjai között. A rovarállamban minden egyed öröklött magatartásformáival járul hozzá a társas viselkedés összhangjához. A rovarállamok tökéletes összhangú működését bonyolult biológiai mechanizmusok szabályozzák.

Rangsor a közösségben

Az együtt élő zárt közösségekben az egyedek ismerik egymást, és a csoporton belül **rangsor** alakul ki közöttük. A rangsorban elfoglalt helyekért az állatok egymás között megküzdenek (31.9. ábra). A küzdelem az **állati agresszió** egyik **menyilvánulása**, amely csak saját fajtárral szemben értelmezhető. A legyőzött egyed elismeri vereségét, és behódoló pózt vesz fel. Gyakran csak az erő jelzése is elegendő a rangsorvita eldöntésére.



31.9. ábra. A kölykök játéka az erőviszonyok felmérését is szolgálja

A személyes tér kialakítása és védelme

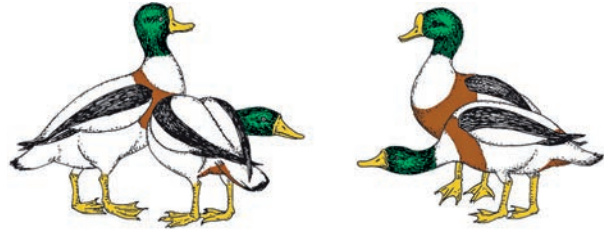
Még a csoportosan élő állatokra is jellemző az egyedek közötti távolságtartás igénye. A **személyes tér** nagysága fajonként különböző. Vannak testérintkezést tűrő állatok – pl. a denevérek és a vaddisznók –, ezek egyedei elviselik a többiek közelségét, sőt a közvetlen érintkezést is. A testérintkezést nem tűrő állatok viszont egy bizonyos ponton túl megakadályozzák más egyedek közeledését, elhúzódnak tőlük vagy elzavarják azokat.



31.10. ábra. A sirály rátámad a betolakodó „fajtársára”

Készíts képes bemutatót az állati agresszió értelmezéséről, és mutasd be néhány példán!

Az állatoknak létfenntartási és szaporodási viselkedésükhöz megfelelő területre van szükségük. A legtöbb állat az életét egy jól körülhatárolt területen éli le. A saját terület lehet egyetlen állaté vagy azonos fajú egyedek kisebb-nagyobb csoportjáé. Ez a **territórium**, amelyet az egyed vagy csoport kizárólagosan használ. Kiterjedése az állat méretétől és életmódjától függ. Birtokbavétele lehetővé teszi a rajta élők táplálkozását, szaporodását, ivadékgondozását, megfelelő védelmét. Ezt a területet az állat sajátjának érzi, és még betolakodó fajtársaival szemben is védelmezi (30.10–11. ábra). Ebben az esetben területvédő agresszióról beszélünk, amely elsősorban rituális elemekből áll.



31.11. ábra. Ásóludak területvédő magatartása

Kérdések és feladatok

- 1 Milyen elemekre bontható fel az állatok szaporodási viselkedése?
- 2 Mi lehet a magyarázata annak, hogy a hímek közötti küzdelem általában csak szimbolikus jellegű? Miért lenne hátrányos egy-egy populációra, ha minden esetben tényleges összecsapásokra kerülne sor?

- 3 Hogyan függ össze az ivadékgondozás és a megtermékenyített peték száma? Igazold példákkal!
- 4 Milyen környezeti okok válthatják ki az alkalmi tömörülést? Sorolj fel példákat alkalmi tömörülésre! Készíts erről fotókat a környezetedben, és azonosítsd be, milyen állatról van szó!

ÖSSZEFOGLALÁS

- 1 Milyen mozgás a napraforgó tányérjának fény irányába történő elfordulása?
- 2 Keress az interneten videót a mimóza érintésre bekövetkező nasztikus mozgására (tigmonasztia)!
- 3 Keress videót az interneten arról, hogy a mimóza elaltatható, azaz éter hatására megszűnik az érzékenysége! Mi a jelenség magyarázata?
- 4 Hasonlítsd össze egymással a feltétlen reflexet és a feltételes reflexet!
- 5 Készíts ki előadást Konrad Lorenz életéről és munkásságáról!
- 6 Mi a különbség az ösztön és a feltétlen reflex között?
- 7 Miben egyezik meg, és miben tér el egymástól a feltételes reflex és az operáns tanulás?
- 8 Milyen kommunikációs formákkal találkozunk az állatvilágban?
- 9 Keress videót az interneten a darvak táncáról!
- 10 Mutasd be videón egy tetszés szerinti ragadozófaj zsákmányszerző stratégiáját!
- 11 Felcserélhetők-e egymással a szaporodási viselkedés szakaszai? Válaszodat indokold!
- 12 Mi a különbség az időleges tömörülés és a kolónia között?

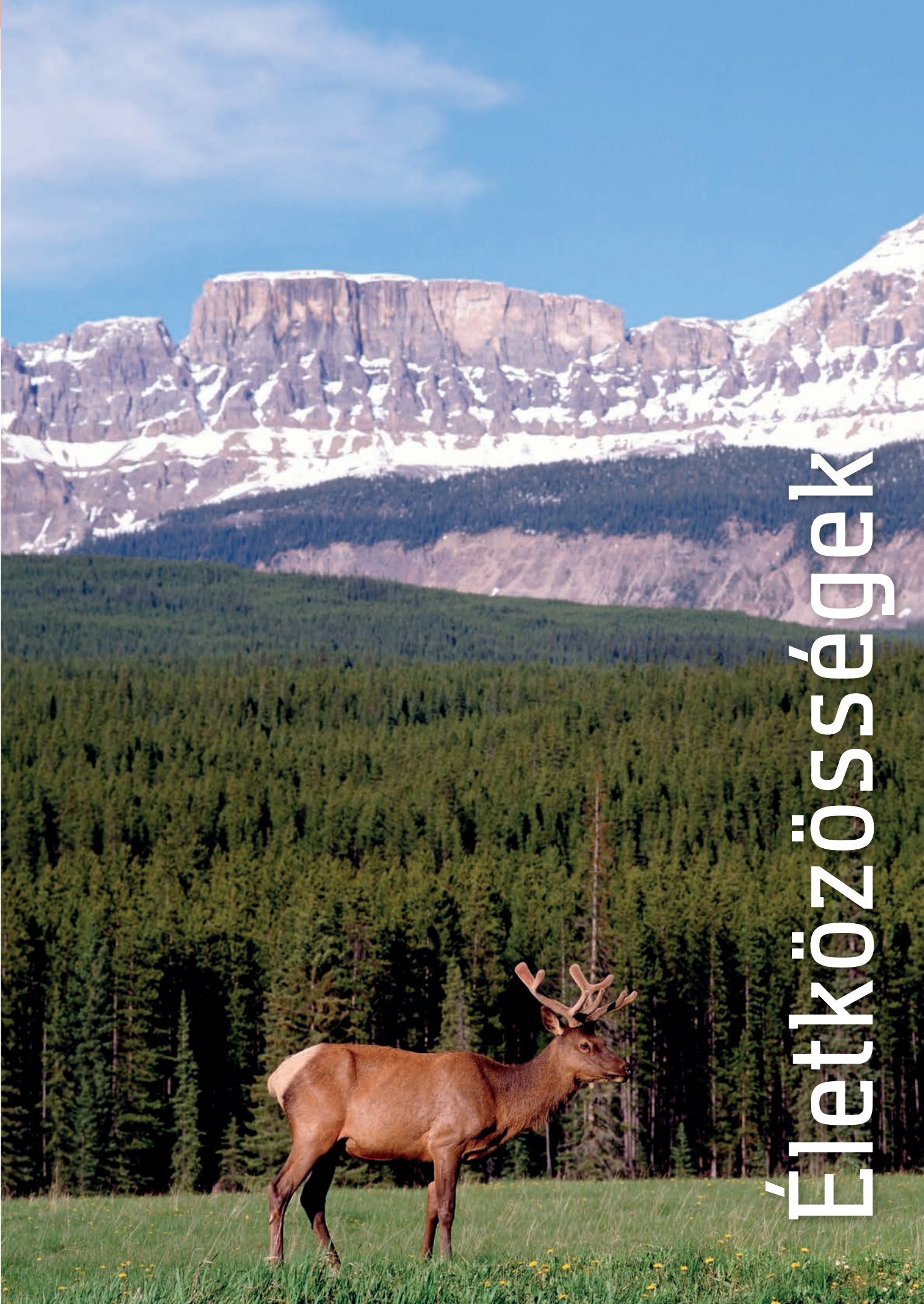
Kérdések és feladatok

13 Széchenyi Zsigmond (1898–1967) neves vadász írónk írja: „Világos bükkfaszálás, messzire ellátok benne. Nemsokára meg is pillantom a bikákat, – mindkettőt egyszerre. Mégpedig ugyancsak különös, soha nem látott helyzetben! Szorosan szemközt állnak egymással. Köztük azonban, akárcsak eleven sorompó, vitájuk tárgya – magányos ünő. További tarvad nem látszik. A bikák oly közel esnek egymáshoz, orruk csaknem összeér. Egymás szájába ordítóznak – úgyszólván. Egyikük se mer nekimenni a másiknak, egyik sem meri félretaszítani a közöttük lévő eleven sorompót...”

Elemezd Széchenyi Zsigmond írását etológiai szempontból!

14 Nikolaas Tinbergen (tinberhen) (1907–1988) holland biológus egyik fő kutatási területe az öröklött magatartásformák vizsgálata volt. Számos kísérlete irányult a kulcsingerek vizsgálatára, így például a tüskéspikó halfaj viselkedésének tanulmányozására is. A tüskés pikó hímje a nász ideje alatt erőteljesen védelmezi a fészke körüli területet más hímektől. A hím nászruhájának legfőbb ékesége a hasi oldalon látható vörös folt. A kísérletben azt vizsgálták, hogy mi váltja ki a hím függőleges testtartású támadását a vetélytársakkal szemben. A vizsgált hímeknek tüskéspikó-modelleket mutattak. A modellek egy része nagyon durva utáztat volt. Hiányoztak belőlük a faj, sőt sokszor még a halak általánosan jellemző vonásai is, de mind-egyiknek piros volt a hasi oldala. Más modellek tökéletes másai voltak a tüskés pikónak, de nem voltak pirosak. A kísérletben vizsgált hímek mindig a piros foltú modelleket támadták meg, még akkor is, ha annak formája teljesen eltért a valódi hímekétől. A hím tüskés pikó tehát egyetlen tulajdonságra, a piros színre reagált, ez volt a kulcsinger.

Készíts bemutatót a leírás alapján!



Életközösségek

32. lecke

Az egyed feletti szerveződési szintek



Az egyed feletti szerveződési szintek

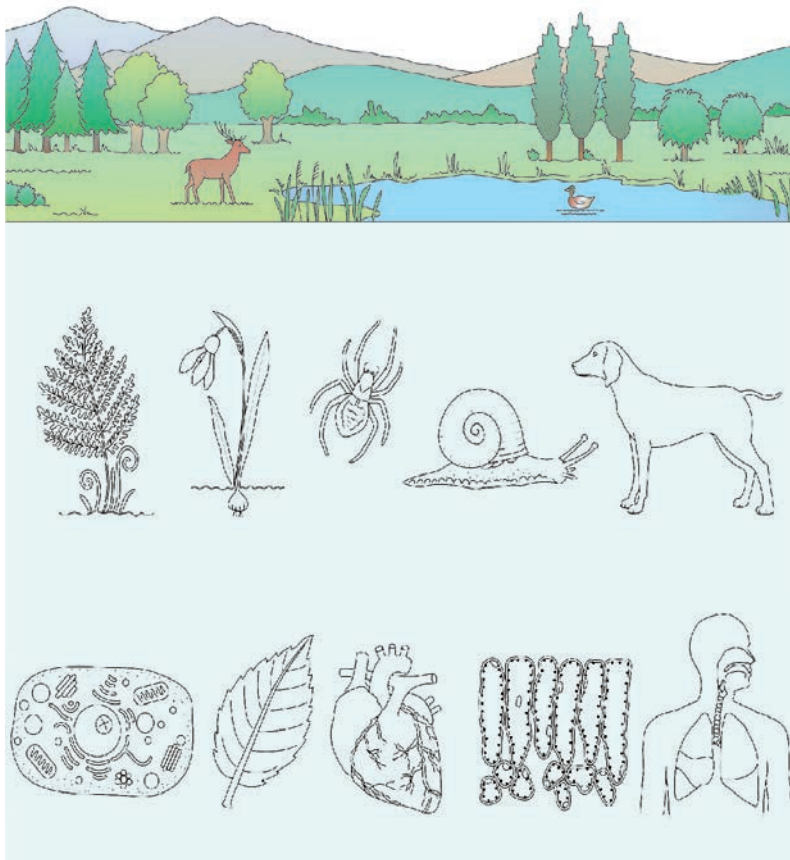
Az élő anyag szerveződésével kapcsolatban korábban már említettük, hogy az élővilág *egyedek* formájában létezik, amelyek egyed feletti szintekre szerveződnek. A legegyszerűbb egyed feletti szerveződési közösségben azonos fajhoz tartozó egyedek, egy időben, egy helyen élnek. Ezek a **populációk**. A populációt képező egyedek egymás között szaporodnak, utódaikkal biztosítják a populáció fennmaradását. A Gemenci-erdőben élő szarvasnépesség vagy a debreceni Nagyerdő tölgyeseiben a gyöngyvirágok összessége egy-egy populáció.

Természetes körülmények között a különböző fajok populációi nem elszigetelten, hanem egymással szoros kölcsönhatásban álló, összefüggő közösségben, **társulásban** élnek. A társulásban egyidejűleg mindig több faj populációi vannak jelen. A társulást alkotó populációk együttélése szabályozott csoportosulás. Az egyes populációk ugyanis csak meghatározott környezeti feltételek között képesek fennmaradni. Ilyen társulás például a bükkös, amelyben a társulás jellegét meghatározó bükk mellett erre az erdőtípusra jellemző többi növényfaj és állatfaj populációit is megtaláljuk. A földrajzi övezetekre jellemző éghajlatot együttesen alakítja ki a Föld felszínére jutó napenergia mennyisége, a sugárzást felfogó felszín sajátosságai és a helyi hatásokat módosító lég- és tengeráramlások. A társulások az éghajlati övezetekhez igazodva nagy egységekben szintén övezetes módon rendeződnek. Ezt a jelenséget nevezzük **zonaritásnak**. A társulások zonárisan elhelyezkedő, egész kontinensekre kiterjedő nagy egységei a **biomok**. Egy-egy biomot képez például a hideg övezeti tundra, a mérsékelt övezeti lomb-erdő vagy a forró övezeti szavanna összes élőlénye.

■ Kis csoportokban mutassátok be röviden a biomok jellemzőit!

Élet a bioszférában

A Föld felszínét alkotó földrajzi burok – a levegő, a víz és a kőzetburok – egy részét benépesíti a földi élővilág. Az élővilág szerveződésének ezt az egész földi életet átfogó legmagasabb szintje a bioszféra (32.1. ábra). A folyton mozgó, állandóan változó bioszféra szinte átszövi a Föld felszínét, az óceánok mélységeitől a magas légrétegekig, a trópusoktól a sarkvidékekig (32.2. ábra). Kiterjedésének a föld-



EGYED FELETTI SZINTEK

- bioszféra
- biom
- társulás
- populáció

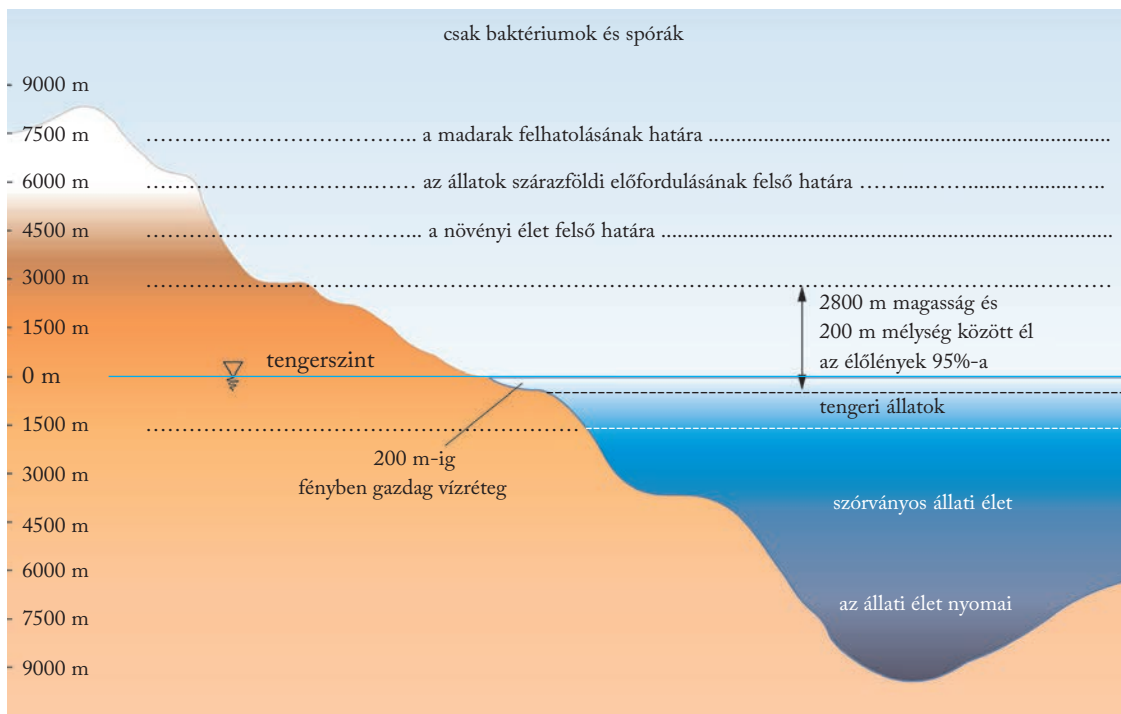
EGYED SZINTJE

- szervezet

EGYED ALATTI SZINTEK

- szervrendszer
- szerv
- szövet
- sejt

32.1. ábra. A szerveződési szintek hierarchiájának áttekintése



32.2. ábra. Az élőlények elterjedése a bioszférában

rajzi burok éghajlati és talajviszonyai szabnak határt. Ugyanakkor a bioszféra is visszahat a földrajzi burok változásaira, például növeli a levegő oxigéntartalmát és vízgőztartalmát, vagy lebomló szerves anyagaival részt vesz a talaj létrejöttében. Az élőlények tehát egymástól sohasem elzártan, magányosan élnek a természetben, hanem meghatározott felépítésű és működésű közösségeket alkotnak. Ezek hierarchikusan egymásra épülő szerveződési szinteket jelentenek: a populációkat, a társulásokat, a biomokat, végső soron a bioszférát.

A környezet általános jellemzői

Az élőlények közösségei egy adott földrajzi térben, az élőhelyen élnek. Ebben a térben a közösséget számos hatás érheti például a hőmérséklet ingadozása, a változó fény- és talajviszonyok vagy a környező élővilág összetételének megváltozása. Ezek összessége ökológiai szakkifejezéssel a **környék** (miliő). Mindezek a hatások természetesen eltérő módon érintik a különböző fajok közösségeit. Egy adott faj populációját (32.3. ábra) érő összes külső



32.3. ábra. A hangyaboly egyedei egy populációt alkotnak

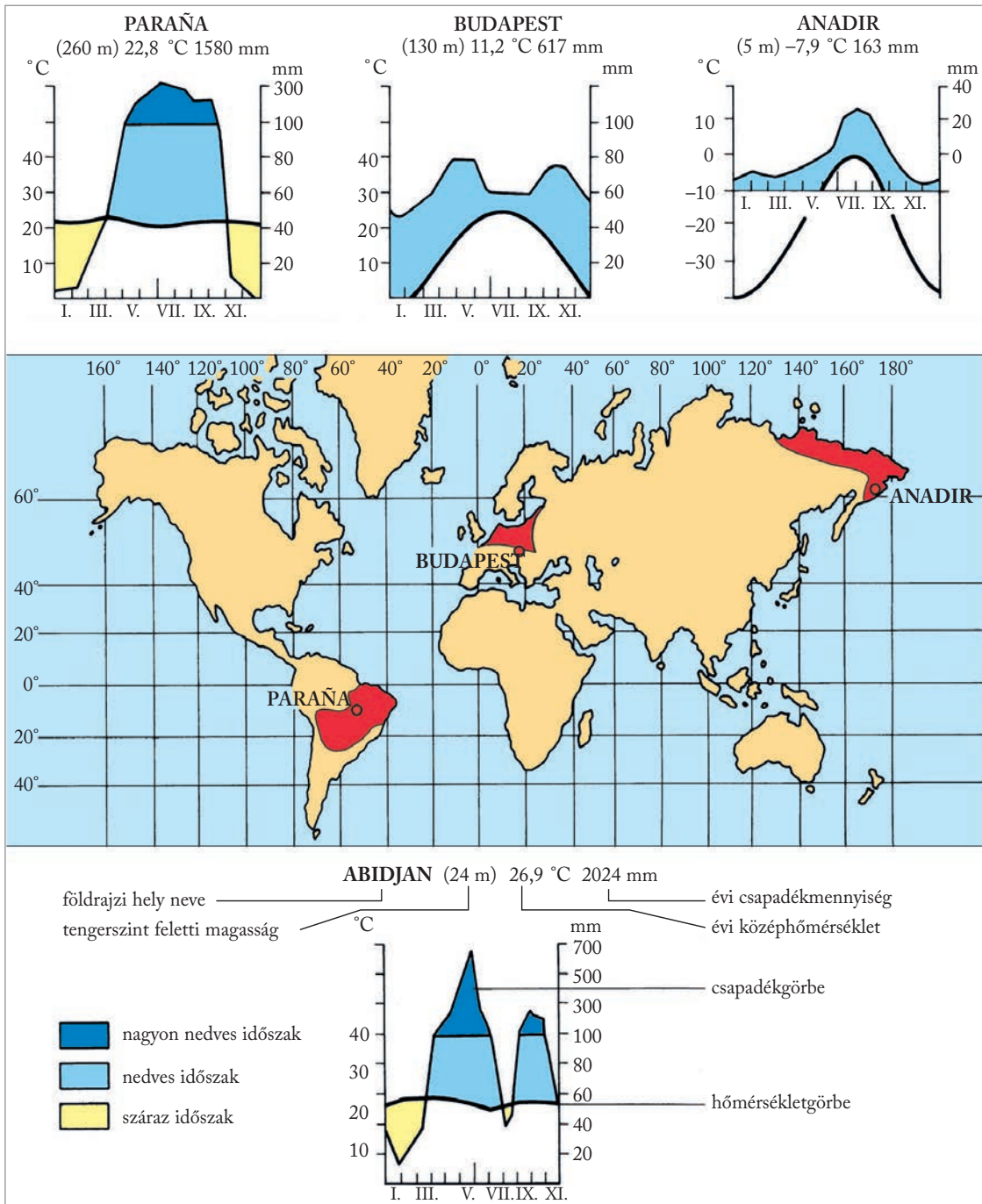
tényező közül általában csak néhány megváltozása gyakorol hatást a populáció együttes viselkedésére, térbeli eloszlására vagy bármilyen más működésére. A többi tényező hatástalan az illető populációra. Az élőlények közösségeire az adott élőhelyen ténylegesen ható tényezők összességét ökológiai környezetnek nevezzük. Például a nagy hőscincér lárvája korhadó öreg tölgyfákban fejlődik. Ha egy erdőből ezeket kivágják, a nagy hőscincér is populációja eltűnik onnan, mert a lárvának nincs tápláléka. Az öreg tölgyek ezért a nagy hőscincér számára az ökológiai környezet részét jelentik, míg a fiatal tölgyek csupán a környék részei, hiszen azok eltűnése nincs hatással a bogárpopulációra. A környezeti tényezők jellemző tulajdonsága a folytonos változás. Változhatnak az idő múlásával. Egy azon a helyen ható környezeti tényezők ereje és minősége a nap különböző szakaszaiban, vagy akár egy teljes év folyamán, gyakran igen széles határok között változik. A mi földrajzi övezetünkben például a levegő hőmérséklete napkeltétől kora délutánig növekszik, azután folyamatosan csökkenve közvetlenül napkelte után éri el a legalacsonyabb értéket. Az év folyamán is állandó változást tapasztalhatunk: hazánkban január a leghidegebb és július a legmelegebb hónap. E kettő között 23 °C a hőmérséklet évi közepes ingása (32.4. ábra). A környezeti tényezők térbeli változásai is jól észlelhetők. Míg a forró övezet tájaira a nagyon magas hőmérséklet jellemző, a sarkok felé haladva a hőmérséklet egyre csökken. Hasonló változás figyelhető meg a hegyvidékek különböző magassági szintjein. De gyakran egymáshoz közel eső területek viszonyai között is lehet szembetűnő különbség, például a domborzat hatására.

Keress hazai példákat a domborzat léghőmérsékletet befolyásoló hatására!

Humboldt és Dokucsajev

A bioszférának a földrajzi burokban betöltött fontos szerepére elsőként Alexander von Humboldt (humboldt) (1769–1859) német természettudós mutatott rá. A XIX. század elején beutazta Közép- és Dél-Amerikát, majd az Urál, az Altáj és a Kaszpi-tenger vidékét kutatta. Utazásai során a növényzet változásain keresztül felismerte a földfelszínnek az éghajlat szerinti egységes részekre való tagolódását. A növényzet nagy egységeinek leírását is elvégezte. Legjelentősebb műve a *Kosmos*, amelyben összefoglalta mindazt, amit abban az időben a Földről, az égitestről és a világmindenségről tudtak. Vaszilij Dokucsajev (1846–1903) orosz természettudós az oroszországi talajok tanulmányozása közben jutott el a zonalitás elvének felismeréséig, amelyet azután a XIX. század végére mint általános természetföldrajzi törvényszerűséget dolgozott ki.

Olvasmány

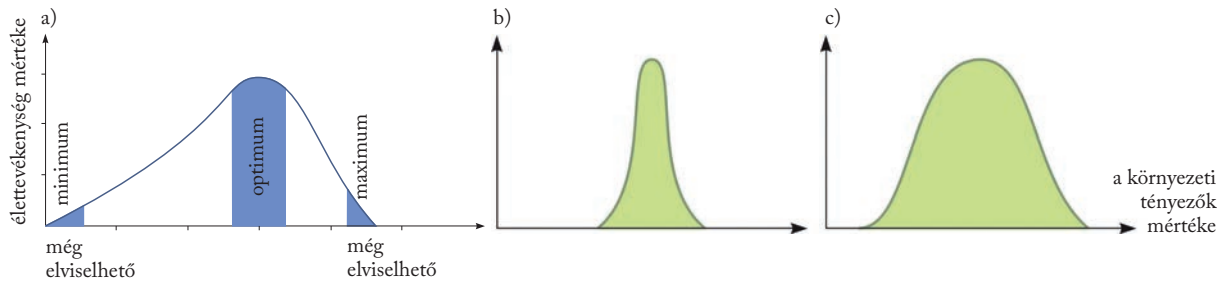


32.4. ábra. A csapadék és a hőmérséklet évi változása a különböző földrajzi övezetekben

A tűrőképesség

Miután a környezeti tényezők időben és térben nagy változékonyságot mutatnak, ezért nincs olyan élőlény, amely egyaránt képes lenne alkalmazkodni a legkülönbözőbb élőhelyekhez. Hogy egy adott faj populációja hogyan tud alkalmazkodni a változó környezethez, milyen mértékben reagál a környezet hatásaira, azt a **tűrőképessége** határozza meg.

A különböző fajok populációi azonos tényezőkre más és más tűrőképességet mutatnak. Az egyes környezeti tényezőket – pl. a hőmérsékletet vagy a nedvességet – csak bizonyos értékhatárokon belül képesek elviselni. A környezeti tényező még éppen elviselhető felső, illetve alsó értékhatára a *maximum*-, illetve a *minimum*pont. Ezek az értékek egyre csökkenve, illetve emelkedve elhagyják a kedvezőtlen tartományt, és eléri a populáció számára a



32.5. ábra. Általános tűrőképesség-görbe (a). Szűk és tág tűrű fajok ökológiai igényének grafikonjai (b és c)

legkedvezőbb értékeket, az optimum tartományát. Ezt az egyedek leggyakoribb előfordulása jelzi (32.5. ábra). Vannak olyan fajok, amelyek a környezeti tényezők értékeinek megváltozását tág határok között is elviselik. Ezek a *tág tűrű fajok*. Tág tűrű faj a vándorpatkány, amelyet az ember hurcolt szét a különböző éghajlati övezetek élőhelyeire. Más fajok viszont egyes környezeti tényezőknek csupán kismértékű ingadozását viselik el. Ezek a *szűk tűrű fajok*. Ilyenek például a zátonyképző korallok (32.6. ábra), amelyek az óceánoknak csak az egyenlítői övezetében élnek, ahol a víz hőmérséklete soha nem süllyed $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá, és a víz sótartalma is állandó. A szűk tűrű populációk *indikátorszervezetek*, mert előfordulásukkal adott környezeti tényezőket jeleznek. A tűrőképesség megítélésénél figyelembe kell vennünk azt is, hogy ugyanazon faj tűrőképessége a különböző környezeti tényezők szempontjából más és más lehet. A foltos maláriaszúnyog például a hőmérséklet szempontjából tág tűrű állat. A nyári időszakban aktív, amikor a levegő hő-

mérséklete elérheti a $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, noha télen a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is képes elviselni. Ezzel ellentétben nagyon érzékeny a levegő vízgőztartalmának változására. Legkedvezőbb számára a 90%-os relatív vízgőztartalom. A szárazabb levegőt nehezen vagy egyáltalán nem viseli el. A foltos maláriaszúnyog ennek a környezeti tényezőnek a szempontjából szűk tűrű fajnak számít. A számos ökológiai tényezőre nézve tág tűrű populációkat *generalistáknak*, a szűk tűrűeket pedig *specialistáknak* is szokták nevezni.



32.6. ábra. A korallok általában a trópusi-szubtrópusi tengerekben fordulnak elő, a tengervíz hőmérsékletére és sótartalmára nagyon érzékenyek

Kérdések és feladatok

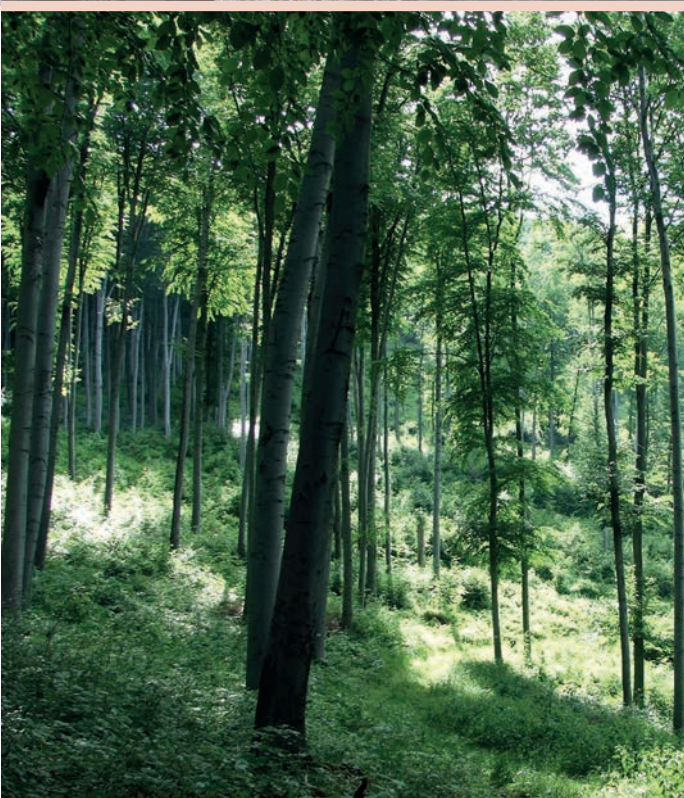
1 Számítsd ki a bioszféra térfogatát! (A 32.2. ábra adataiból állapítsd meg az élőlények földfelszíni és nem szórványos tengeri elterjedésének határa közötti távolságot! A Négyjegyű függvénytáblázatok című könyvből keresd ki a Föld átlagos sugarát!)

2 Az élővilág szerveződési szintjeivel más és más tudományág foglalkozik. Mely tudományágak foglalkoznak a 32.1. ábrán feltüntetett szintekkel, és milyen módszerekkel vizsgálják a bioszféra szintű folyamatokat?

3 A foltos maláriaszúnyog tűrőképessége a hőmérsékletet tekintve $+30$ és $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ között van, míg a levegő páratartalmát tekintve 85 és 95% között található. Rajzold meg a két tűrőképesség-görbét! Készíts olyan ábrát, amelyen az x tengelyen a hőmérsékletre vonatkozó tűrőképességet tünteted fel, az y tengelyen pedig a páratartalomra vonatkozó tűrőképességet ábrázolod! Jelöld, hogy e két tényező szempontjából milyen „helyen” találkozzunk foltos maláriaszúnyoggal!

33. lecke

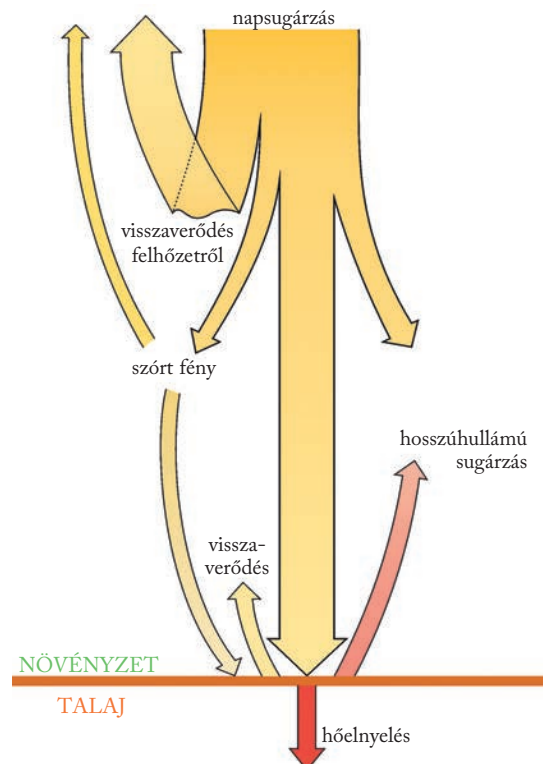
A napsugárzás mint ökológiai tényező



A napsugárzás összetevői

A bioszféra számára az egyedüli jelentős energiaforrás a Nap sugárzása. Ez az energia különböző hullámhosszúságú elektromágneses sugarak formájában éri a Földet. Több mint a fele a **fénysugárzás**, kisebb része hősugárzás és néhány százaléka az ultraibolya sugárzás. A földfelszínre jutó fény *közvetlen fényből* és visszavert, ún. *szórt fényből* áll. A közvetlen fényben sok a hosszuhullámú sugárzás, amelynek erőteljes a melegítő hatása. A szórt fény viszont több olyan energiát tartalmaz, amely a fotoszintézis folyamatára kedvezőbb hatású (33.1. ábra).

A Földre érkező fénysugárzás nem oszlik el egyenletesen a bioszférában. Egy adott terület *fényviszonyait* elsősorban a közvetlen és a szórt fény aránya, a megvilágítás erőssége, valamint a megvilágítás időtartama jellemzi. Ez változik a földrajzi szélesség szerint. Az egyenlítői vidéken a déli órákban a Nap sugarai szinte merőlegesen érik a felszínt, és ez rendkívül erős, közvetlen fényt jelent. A sarkvidékek körül viszont a napsugarak kis hajlásszöge miatt a sugárzás vastag levegőrétegen keresztül érkezik, ezért jóval nagyobb a szórt fény aránya. A *földrajzi szélesség* szerint változik a nap-



33.1. ábra. A légkörön áthatoló napsugárzás formái

palok és az éjszék hosszúsága, vagyis a megvilágítás időtartama is. Grönlandon például a nyári időszakban még éjjel is olyan erős a megvilágítás, mint egy közép-európai bükkerdő alján nappal. Egyes sarkvidéki növények a rövid nyári időszakban napi 24 órán keresztül fotoszintetizálnak. A hideg övezet és a mérsékelt övezet növényei hosszú nappalos növények, amelyeknek legalább napi 12-16 órás megvilágítás szükséges ahhoz, hogy virágozzanak. Ilyen például a búza vagy a rozs. A forró övezetben a nappalok rövidebbek, innen származnak a rövid nappalos növények, amelyeknek 8-12 óra napi megvilágítás is elegendő. Ilyen növény például a kukorica vagy a szója.

A bioszféra fényviszonyai a földfelszínen *függőleges irányban* is változnak. A 2000 méternél magasabb hegységekben a vékonyabb levegőréteg a napsugarak 75%-át átengedi. Ez az erős közvetlen fény az élővilág szempontjából már a maximum körüli határértéket jelenti. A tenger szintjére érve ez az érték 50%-ra csökken. Mivel a víz a levegőnél nagyobb mértékben nyeli el a napsugarakat, ezért a tengerek mélye felé már néhány száz méteren belül a teljes fényenergia elnyelődik.

A fotoszintetizáló élőlények számára ezért csak a felszíni vizek jelentenek élőhelyet. A vízbe érkező napsugárzásból először a hosszabb hullámú vörös és sárga fény szűrődik ki. Továbbhaladva 100 méteres mélységben már csak zöld és kék fény van. Körülbelül 200 méternél szürkületi de-rengés tapasztalható, míg 400 méter mélyen beáll a teljes sötétség. A fényviszonyok nemcsak földrajzi övezetenként változnak, hanem azonos földrajzi területen is többféleképpen lehetnek. Ennek egyik oka a terület feletti *felhősödés* mértéke. Derült időben több a közvetlen fény, míg a felhősödéssel a szórt fény aránya növekszik. Befolyásolják a fényt a domborzati viszonyok is. A napsütésnek kitett déli lejtők természetesen jobb megvilágításúak, mint ugyanazon terület északi lejtői. Végezetül igen jelentős hatással van a fényviszonyok alakulására a *területet borító növényzet* is. Az erdő fainak lombja nagymértékben csökkenti a napsugárzás erejét. Emiatt azok a növények, amelyek az erdő alsóbb szintjein élnek, általában sokkal kevesebb fényt kapnak, mint a nyílt területen élő. A lombdőkben a fényviszonyok a lombzat fejlettségétől is függenek. A tavaszi rügyfakadás



33.2. ábra. Az erdei aljnövényzet és a fényviszonyok összefüggése

előtt például a bükkerdő gyepszintjéig a teljes fényerőnek körülbelül 20%-a érkezik be. Ugyanez júliusban, amikor a fákat már beborítja a lombzat, mindössze 2%-os értéket mutat. Természetesen az ilyen sötét bükkös aljnövényzete sokkal szegényebb, mint a jobb megvilágítású tölgyerdő (33.2. ábra).

Hogyan változtatja meg a bükkerdő életközösségét egy tarvágás?

Az élőlények fénytűrése

Az élőlények fénytűrő képessége alapvetően különböző az autotróf és a heterotróf szervezetek esetében. A fotoszintetizáló növények számára a fény az alapvető energiaforrás a saját szerves anyagaik felépítéséhez. A fényigényes növények fejlődéséhez sok napfény szükséges. A fény- és árnyéktűrő növények elsősorban a virágzáshoz igénylik a teljes megvilágítást, egyéb időszakokban a beárnyékolást is jól tűrik. Az árnyéktűrő növények

A fotoszintézis vizsgálata

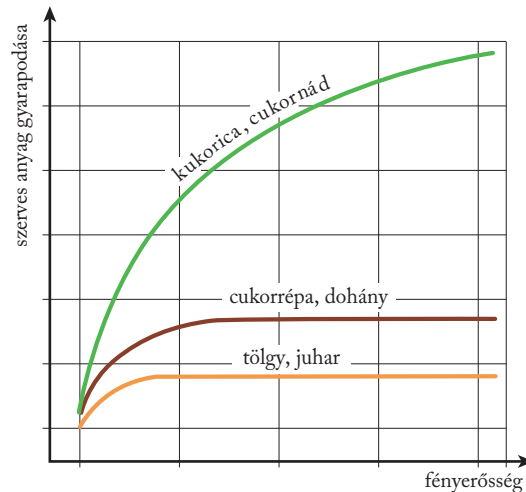
Anyagok és eszközök: kanadai átokhínár vízinövény, 0,5%-os nátrium-hidrogén-karbonát-oldat, főzőpoharak, üvegbot, 2 db 100 wattos asztali lámpa, stopper, cérna

Végrehajtás: Frissen vágott akváriumi növényt cérnával köss üvegbotra, és a vágási felülettel felfelé merítsd 20 °C-os, 0,5%-os nátrium-hidrogén-karbonát-oldatba! A vágási felület az oldat felszíne alatt kb. 2-3 cm-re legyen!

Várd meg, amíg az oxigénbuborékok egyenletesen távoznak el a növény szárából, majd 20-20 centiméter távolságra a főzőpohártól helyezd el a két 100 wattos izzót!

Három alkalommal egymás után számold meg a távozó buborékok számát percenként, és a három mérésből számíts átlagot! Méréseidet ugyanígy ismételd meg 60, 100, 140, 180 cm-es távolságra is!

- Jegyezd fel adataidat, és foglald táblázatba a kapott értékeket!
- Ábrázold grafikonon az adatokat a fényforrás távolsága (cm) és az oxigénbuborékok átlagszámának viszonyában!
- Mire következtethetsz méréseidből?



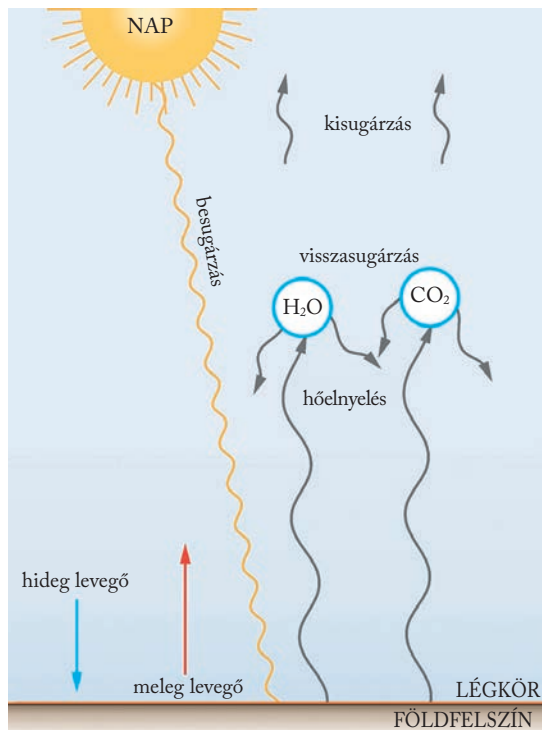
33.3. ábra. A fényerősség hatása különböző típusú növények fotoszintézisére

számára egyenesen káros a teljes megvilágítás, ezért a kifejezetten árnyékos élőhelyeken található (33.3. ábra). A heterotróf élőlények közül a gombák nem igényelnek fényt, sőt fejlődésükhöz a legtöbb esetben kedvezőbb a sötétség. A fény hatása az állatokra az aktív viselkedésükben és elterjedésükben nyilvánul meg. Megkülönböztethetünk nappal, szürkületkor és éjjel aktív állatokat, illetve amelyeknél a különböző élettevékenységek más-más napszakokra esnek.

Vannak olyan állatok is, amelyeknek egyedfejlődésük különböző stádiumaiban más és más a fényigényük. Például a kék dongólegy lárva- és imágóállapotban fénykedvelő, ám sötétben bábozódik be.

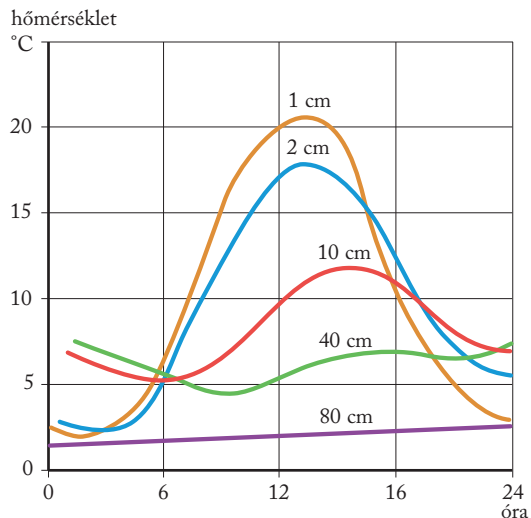
Az élőlények hőtürése

A bioszférában uralkodó **hőmérsékleti viszonyok** is a Nap sugárzásától, illetve a földfelszín és a légkör sajátosságaitól függenek. A levegő átengedi a Nap sugárzását, amely felmelegíti a földfelszínt. A felmelegedett felszín hőátadással a közvetlenül felette elhelyezkedő levegőréteget melegíti. A meleg levegő fölfelé áramlik, és helyébe fölről hideg levegő kerül. A földfelszín **hőkisugárzása** is a levegőbe jut, de annak vízgőz-, valamint szén-dioxid-tartalma elnyeli azt, hőenergiáját visszatartva a légkörben. Ez az ún. üvegházhatás jelentősen emeli a légkör átlaghőmérsékletét, és csökkenti a hőmérsékleti ingadozások szélsőségeit (33.4. ábra).



33.4. ábra. A hőmérsékleti viszonyok alakulása a bioszférában

A különböző területek hőmérsékleti viszonyait, hasonlóan a fényviszonyokhoz, több tényező is befolyásolja (33.5. ábra). A különböző földrajzi szélességeken más és más jellegzetes évi hőingást tapasztalhatunk. Az Egyenlítőtől a sarkok felé haladva az évi átlaghőmérséklet egyre csökken (32.6. ábra). Hasonlóan változik a földfelszínen függőleges irányban is a hőmérséklet. A hegysé-



33.5. ábra. Egy hazai homoktalaj hőmérsékletének napi ingása a talaj különböző mélységeiben (cm)

gekben fölfelé, a tengerszinttől lefelé haladva tapasztalhatunk csökkenő átlaghőmérsékletet. Mivel a domborzati viszonyok módosító tényezőként hatnak, gyakran egymáshoz közel álló területeken is kialakulhatnak jelentős hőmérsékleti különbségek. Ilyen például ugyanazon hegy meleg déli lejtője és az északi oldal völgyében összegyűlt hideg levegő közötti különbség.

Keress földrajzi példákat a domborzat hőmérsékletet befolyásoló hatására!

Az élőlények hőtűrő képessége szempontjából az élővilágot két nagy csoportra oszthatjuk. A tág hőtűrő képességű élőlények nagy hőingásokhoz is képesek alkalmazkodni. A különböző zuzmók és egyes mohafajok nemcsak a mérsékelt övezetben, hanem a hideg övezetben is elterjedtek. Néhány bálnafaj a sarki tengerek hideg vizében és a trópusi meleg tengerekben egyaránt megél. Azok az élőlények, amelyek csak kisebb hőingást képesek elviselni, a szűk hőtűrő képességű élőlények csoportjába tartoznak. Ezek vagy melegigényesek, mint a trópusokon élő emberszabású majmok, vagy hidegtűrők, amelyek az alacsony hőmérsékletet igénylik, mint a déli sarkvidék pingvinfajai. Az állatok számára a hőmérséklet az egyik legjelentősebb környezeti tényező. A legtöbb állatfaj részére a +20 °C és a +30 °C közötti hőmérséklet az optimális. Sok faj azonban alkalmazkodott a melegebb és a hidegebb viszonyokhoz is. Az alkalmazkodás szerint két típust különböztetünk meg. A *változó testhőmérsékletű állatok* testhőmérséklete az élőhely hőmérsékletétől függ (33.6. ábra). Ha ez



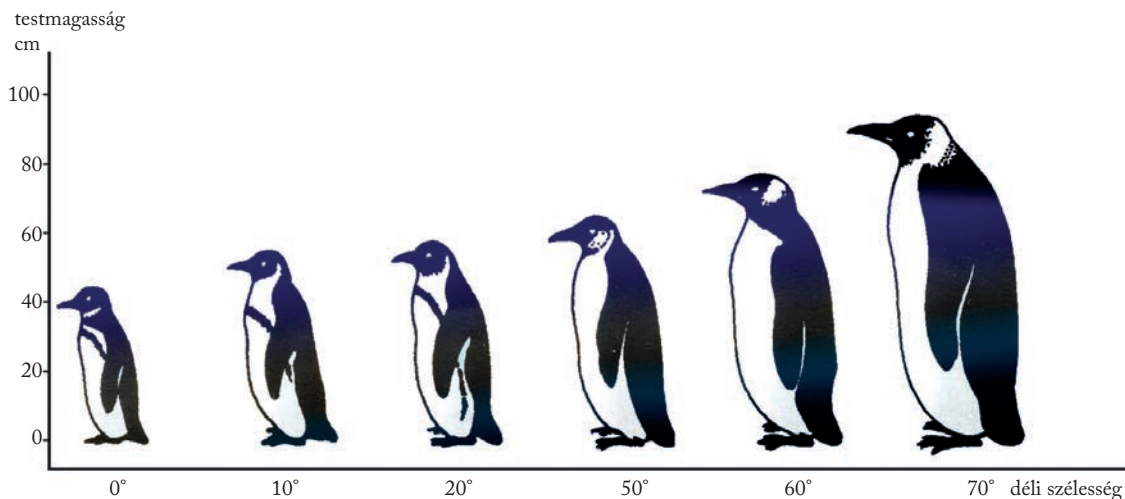
33.6. ábra. A hüllők testhőmérsékletét jelentősen befolyásolja a környezet hőmérséklete



33.7. ábra. A sarki nyúl és a mérsékelt övezetben élő szamárnyúl között a fül- és végtagméretet nézve jól látható a különbség. A melegebb éghajlaton élő állatok relatíve nagyobb testfelülete a nagyobb mértékű hőleadást szolgálja

eléri az állat hőmérsékleti minimumértékét, akkor az életműködések lelassulnak, és nyugalmi állapot lép fel. Ilyen a békák téli nyugalmi állapota. Ha a külső hőmérséklet emelkedik, a nyugalmi állapot megszűnik, és az állat ismét aktív lesz. Hasonló védekezés a sivatagi gyíkoké is. Néhány gyíkfaj a szélsőséges meleg elől a talaj mélyebb és hűvösebb rétegeibe ássa be magát. Egyes változó testhőmérsékletű állatok képesek testük hőmérsékletét aktív izommunkával növelni, ilyenek a lepkék. Az állandó testhőmérsékletű állatok testük hőmérsékletét a külső viszonyoktól függetlenül állandó hőfokon tudják tartani. Ilyenek a madarak és az emlősök.

A hőháztartás szempontjából az állandó testhőmérsékletű állatoknál fontos tényező a testtömeg és a testfelület aránya. A nagyobb testtömeg a hőtermelés, a nagyobb testfelület pedig a hőleadás szempontjából kedvezőbb (33.7. ábra). Mivel a testfelület a testtömeg négyzetével, a térfogata pedig annak köbével arányos, a hidegebb területeken előnyt jelent a nagyobb termet. Ezért az egy rokonsági körbe tartozó fajok közül a melegebb éghajlatú területeken élők mindig kisebb testűek. Ez jól megfigyelhető a legdélibb elterjedésű császárpingvin és a legészakibb pápaszemes pingvin összehasonlítása során (33.8. ábra).



33.8. ábra. A pingvinfajok testmérete és földrajzi elterjedése

Az Allen-szabály

Olvasmány

Joel Asaph Allen (1838–1921) amerikai zoológus szabálya szerint az egy rokonsági körbe tartozó állatfajok közül a melegebb területeken élőknek mindig nagyobbak a testfüggelékeik (fül, farok), mint a hidegebb területeken élő rokonfajaiké. A megnövekedett felület dús hajszálérhálózata ugyanis megkönnyíti a hő leadását. A sarki róka füle ezért kicsi kerek, a mi vörös rókánk füle közepes méretű, a legnagyobb füle a sivatagi rókának van (33.9. ábra). A velük rokon afrikai vadkutyák közül a lapátfülű kutya a trópusi szavanának meleg területein él. A havasi nyúl füle kicsi, a mezei nyúlé nagyobb, a meleg területeken élő szamárfülű nyúlé még nagyobb. Az afrikai elefánt fülei is jóval nagyobbak az északabbra élő ázsiai rokon füleinél. A már kihalt mamutok fülei az afrikai elefánttal összevetve testtömegükhöz képest kisebb.



33.9. ábra. Különböző éghajlatokon élő rókák

Kérdések és feladatok

- 1 Hasonlítsd össze a közvetlen és a szórt fény hullámhossztartományait, ökológiai, valamint növényélettani hatásait!
- 2 Milyen kapcsolat van az 32.4. ábra földrajzi övezeteket reprezentáló hőmérsékleti grafikonjai és a fényviszonyok között?
- 3 Hazánkban a hegyek északi oldalán olyan növényeket találunk, mint az adott helytől kissé északabbra lévő sík területen, a déli oldalon pedig olyan a növényzet, mint az adott helytől kissé délebbre lévő síkságon. Mi ennek az oka?
- 4 Mi határozza meg egy élőhely hőmérsékleti viszonyait?

34. lecke

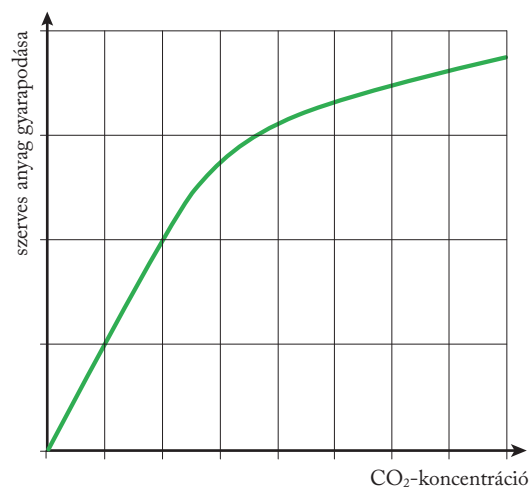
A levegő és a víz hatása az élőlényekre

A levegő kémiai és fizikai tulajdonságai

A levegő kémiai és fizikai tulajdonságaival hat az élőlények életfolyamataira, elterjedésére, társulásbeli viselkedésére. A levegő **kémiai tulajdonságai** az összetételétől függenek. A levegő összetételére jellemző a nagy nitrogén- (78%) és oxigén- (21%) tartalom. A maradék (1%) alkotói vízgőz, szén-dioxid, hidrogén, nemesgázok és különböző szennyező anyagok. Mivel a légköri nitrogén és oxigén mennyisége meghaladja az élőlények igényeit, így egyikük sem korlátozza az életlehetőségeket a bioszférában. Az élethez nélkülözhetetlenül szükséges gázok közül csak a szén-dioxid fordul elő olyan mennyiségben, amely esetenként a minimumértéket is megközelítheti. A légkör szén-dioxid-készlete tehát alapvetően befolyásolja a bioszférában folyó fotoszintézis folyamatát (34.1. ábra).

Ha a szén-dioxid mennyisége 0,03%-nál alacsonyabb, gyengül a fotoszintézis, sőt a minimális értékre is csökkenhet. A szén-dioxid koncentrációjának növekedésével a fotoszintézis mértéke eleinte gyorsan nő, majd lassul a folyamat, végül egy meghatározott szinten folyik tovább, tekintet nélkül a szén-dioxid koncentrációjának növekedésére. A szén-dioxid-koncentráció hatását a fotoszintézis másik alapvető szabályozó tényezője, a fény is befolyásolja. A fényerősség növekedésével ugyanis a szén-dioxid-koncentráció emelkedésének is nagyobb a hatása.

A levegő szén-dioxid-tartalma a fotoszintézis következtében állandóan csökken. Pótlása mindenekelőtt a talajban lévő baktériumok és mikro-



34.1. ábra. Az erdeifenyő fotoszintézisének mértéke a levegő szén-dioxid-koncentrációjának függvényében

szkopikus gombák működésének tulajdonítható. Ezek a szerves maradványok lebontásával lényeges mennyiségű szén-dioxidot termelnek. A növények és az állatok légzésekor is keletkezik szén-dioxid. A növekedés és a csökkenés irányába ható tényezők értékei természetes körülmények között kiegyenlítik egymást.

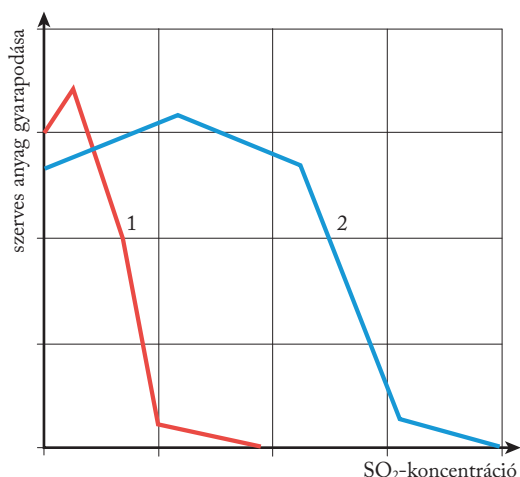
A bioszférának ezt a kiegyenlített állapotát az emberi tevékenység megbonthatja. Napjainkban mérésekkel pontosan igazolható, hogy a légkör szén-dioxid-tartalma egyre emelkedő értéket mutat.

Nézz utána, mennyi a levegő átlagos szén-dioxid-koncentrációja jelenleg, és milyen változás várható a prognózisok alapján!

A természetes növénytakarónak az ember által egyre nagyobb területeken történő kipusztítása csökkenti a bioszféra szén-dioxid-felhasználását. Ugyanakkor az ipari körzetekből nő a légkörbe kerülő szén-dioxid mennyisége (34.2. ábra). Mindezek együttesen fokozzák az üvegházhatást, amelynek hosszabb távon káros következményei lehetnek a földi élet egészére az átlaghőmérséklet emelkedése, a **globális felmelegedés** miatt. Egyes prognózisok szerint, ha a felmelegedés eléri a jósolt $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérséklet-emelkedést, a sarki jégmezők jelentős része felolvad, és a tengerek szintje akár 7 méterrel is megemelkedhet. Ez súlyosan ve-

szélyeztetne számos nagyvárost és mezőgazdasági területet.

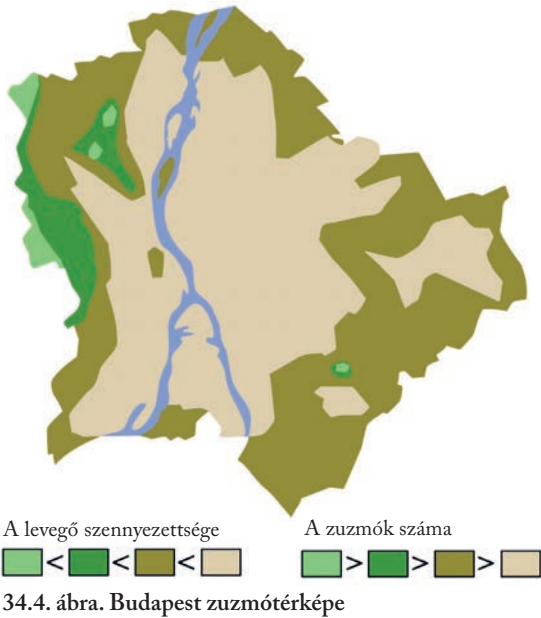
A levegő különböző szennyező anyagai közül a legelterjedtebb a légkör *kén-dioxid-tartalma*. Ez elsősorban a kéntartalmú tüzelőanyagok elégetésével kerül a levegőbe, ahol a vízgőztartalommal kénsavat, illetve kénsavat alkotva a csapadékkal lejut a földfelszínre. A savas csapadék hátráltatja a növények fejlődését, nagyobb koncentrációban akár pusztulásukhoz is vezethet (34.3–4. ábra). A savas csapadék a vizek élővilágára is káros, mivel a vizek pH-ját jelentősen eltolja savas irányba.



34.3. ábra. A levegő kén-dioxid-koncentrációjának hatása két különböző zuzmófaj élettevékenységére



34.2. ábra. Egy ipari létesítmény levegőszennyezése Kanadában



34.4. ábra. Budapest zuzmótérképe

Súlyos légszennyezést jelentenek azok az anyagok is, amelyek a felső légkörben lévő, káros UV-sugarakat elnyelő, ezzel a földi életet óvó ozonpajzs

Kipufogógázok növényélettani hatásának vizsgálata

Anyagok és eszközök: műanyag zacskó, búzaszemek, 2 db cserép, kerti föld

Végrehajtás: Számoljunk le 50 db búzaszemet, és tegyük műanyag zacskóba! Ezután a zacskóba fogjuk fel egy személygépkocsi vagy motorkerékpár (pl. régi kétüteműek, rosszul beállított vagy elöregedett dízelek) kipufogógázát, és a zacskót kössük el! Tartsuk a búzaszemeket 60 percig a kipufogógázban, majd vegyük ki őket, és ültessük el egy cserépbe (1. minta)! Ugyanakkor ültessünk el 50 db olyan búzaszemet is, amelyet nem kezeltünk (2. minta)! Neveljük őket hasonló körülmények között!

- *Értékeljük a vizsgálatot a kelési % összehasonlítása alapján!*

természetes fotokémiai egyensúlyát megbontják. Ilyenek a magaslégköri repülőgépek és a halogéntartalmú levegőszennyezők. Utóbbiak közül a **freonok** különösen veszélyesek. A freonokat hűtőgépekben alkalmazzák, valamint régebben aeroszolos szórópalackok hajtógázai voltak. Rendkívüli környezetszennyező hatásuk miatt alkalmazásuk már a világ jelentős részén visszaszorult.

A levegő fizikai tulajdonságai közül legfontosabb hatása a levegő áramlása. A szél ugyanis fokozza a párologtatást, elősegíti a növények elterjedését, és számos növényfaj beporzását is elvégzi. A szél mechanikai hatása főleg viharok alkalmával károsítja a fákat. Az állandó egyirányú levegőmozgás hatására jellegzetes deformált fakoronák alakulhatnak ki (34.5. ábra). A szél hatása az állatok közül elsősorban a repülő állatokat érinti. Így például sok jól repülő madár a szelet energiaforrásként használja fel, és órákig képes a levegőben tartózkodni a szárazföld vagy a tenger felett, ahol zsákmányra kémlel. Az állatok legtöbbje azonban az erős légáramlás elől elrejtőzik, széltől védett helyekre vonul. Ezzel védekezik az élőhelyről való elsodródás ellen.



34.5. ábra. A szélnyomás hatása egy fa alakjára

A víz szerepe a növények életében

A bioszférában a víz igen **fontos környezeti tényező**. Nemcsak az alapvető életműködésekben nélkülözhetetlen, hanem ebből eredően jelentő-

A levegő kén-dioxid-tartalmának indikátorai

A növények kén-dioxiddal szembeni tűrőképessége különböző. Sajnos sok erdőalkotó faj nagyon érzékeny erre a szennyeződésre. Ilyen például a lucfenyő, a bükk, a gyertyán. Külön említjük a zuzmókat, amelyeket a kén-dioxid-szennyezettséget jelző élőlényeknek is tekinthetünk (34.4. ábra). Az iparilag fejlett területekhez, közeledve egyre ritkábban fordulnak elő, a szennyeződés központjában pedig teljesen hiányoznak.

Olvasmány

A szárazföldi növények vízellátása tehát elsősorban a levegő és a talaj nedvességtartalmától függ. Ezt befolyásolja a földrajzi fekvésnek megfelelő hőmérsékleti érték, a csapadék mennyisége, a légmozgás és nagyon jelentősen a területet borító növényzet is. Ez utóbbi fontossága tapasztalható az erdővel borított és az erdőirtásos terület vízviszonyainak összehasonlításakor (34.7. ábra).

A víz szerepe az állatok életében

A **víz az állatok számára** is fontos környezeti tényező, elterjedésüknek lényeges feltétele. A különböző állatfajok tűrőképessége a vízvesztés

szempontjából jelentősen eltérhet egymástól. Az emlősfajok akkor is súlyos zavarokkal küzdenek, ha szervezetük víztartalmának csupán 15-20%-át veszítik el. A gerinctelen állatok számos faja sokkal nagyobb vízvesztéséget is képes elviselni, például egyes csigafajok a víztartalmuk közel 60%-át is.

Az állatok egy része kifejezetten vízi környezetben él. De még a szárazföldön élők legtöbbször is bőséges vagy elegendő nedvességű feltételek jelentik az optimális élőhelyet. Néhány kifejezetten szárazságtűrő faj is ismert, amelyek alkalmazkodtak a szélsőséges sivatagi körülményekhez. Ennek egyik módja, hogy az anyagcsere-folyamataikban keletkező víz egy részét képesek testükben raktározni, majd később felhasználni.

A növények vízellátottsági viszonyai

A vízellátási viszonyoknak megfelelően a hajtásos növényeknek többféle típusát különböztetjük meg. A *vízi növények* általában lebegő vagy az aljzatba rögzült hínárnövények, gyengén fejlett gyökérral (34.8. ábra). Keveset párologtatnak, szárazságtűrőségük minimális. Ilyenek például az átokhínár vagy a békalencsefajok. A *mocsári növények* sok vizet vesznek fel és erősen párologtatnak, ennek megfelelően már több légzőnyílás található a leveleken. Jól ismert hazai faj például a mocsári gólyahír (34.9. ábra). A *közepes vízellátottságú növények* közé főleg a zárt erdők növényei tartoznak. Idesorolható a természetett növényeink többsége is. Szárazságtűrő képességük az előzőkhöz viszonyítva már nagyobb, de még mindig jelentős vízmennyiségre van szükségük erőteljes párologtatásuk miatt. A *szárazságtűrő növények* a sivatagok, a füves puszták, a száraz déli lejtők növényei. Ilyenek például a merev szárú fűvek, a különböző pozsgás növények vagy a kaktuszok. A föld feletti részeik vastagok, nedvdúsak vagy kemény, száraz, merev tartásúak. Belső felépítésük miatt sok vizet képesek elraktározni. Légréseik majdnem állandóan zártak, párologtatásuk minimális. Lelassult fotoszintézissel kevés szerves anyagot állítanak elő, lassú növekedésűek.

Olvasmány



34.8. ábra. Víziboglárka



34.9. ábra. Mocsári gólyahír



34.10. ábra. Réti kakukkszegfű



34.11. ábra. Pozsgás szájsza

Kérdések és feladatok

- 1 Hasonlítsd össze a változó vízállapotú és az állandó vízállapotú növények vízháztartását!
- 2 A cukorrépa vagy a cukornád hasznosítja jobban a szén-dioxidot? (Vö. 33.3. és 34.6. ábra!)

- 3 Hasonlítsd össze egy erdővel borított és egy erdőirtásos terület vízviszonyait úgy, hogy előadásodba a 34.7. ábrán szereplő összes szót belefűzöd! (Az előadás alatt nézheted az ábrát!)

35. lecke

A talaj hatása az élőlényekre



A talajképződés folyamata

A **talaj kialakulása** a földkéreg felszíni rétegében történik, az éghajlati tényezők és az élőlények együttes hatására. A földkéreg felszíni kőzetei csak hosszú fizikai, kémiai és biológiai folyamatok során alakulnak talajjává (35.1. ábra). A fizikai aprózódást elsősorban a napi hőmérséklet ingadozása, illetve az így keletkezett kőzetrepedésekbe beszívárgott és megfagyott víz feszítő ereje okozza. A hosszabb-rövidebb idő alatt kialakult közettörmelék nagy felületen érintkezik a környező levegővel és vízzel. Ebben a közegben játszódik le a kőzetek *kémiai mállása*, amelynek során új anyagok keletkeznek. Ezek egy része a kőzetekből kioldott anyagok vizes oldata, más része a talajképződés szempontjából igen fontos, kolloid méretű közettörmelék az agyag.

A fizikai és a kémiai folyamatok eredményeként keletkezett agyag csak akkor válik termőképes talajjává, ha a *biológiai mállás* hatására megkezdődik a humuszképződés. Az agyagon először a legegyszerűbb élőlények telepednek meg. Elpusztulásuk után maradványaik a képződő talajt dúsítják, előkészítve ezzel a magasabb rendű növények és a talajlakó állatok megtelepedését. Az elpusztult élőlények maradványai a talajban lebomlanak. A bomlási termékek egy része sötét színű, savas kémhatású anyagokká alakul, ezek összessége a humusz. A humusz részecskéit a talajlakó élőlények táplálkozása és mozgása összekeveri a talaj agyagszemcséivel. Így különböző méretű és minőségű talajrészecskék alakulnak ki.

A talaj kémiai tulajdonságai

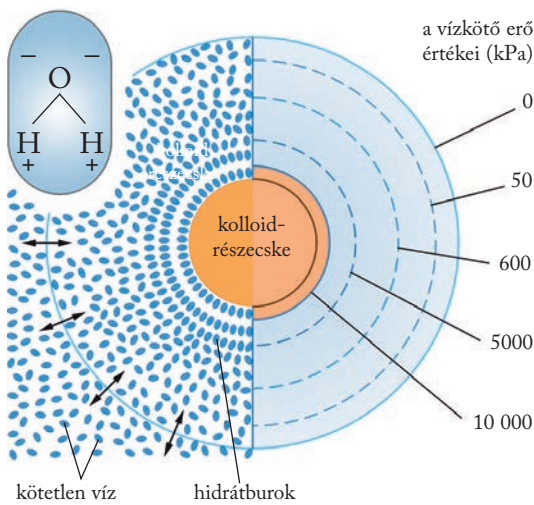
A talaj **kémiai tulajdonságait** elsősorban a *talajrészecskék* határozzák meg. Ezek egy részét alkotják az 1–500 nanométeres nagyságrendbe sorolható kolloidok, amelyek egyik legszembetűnőbb tulajdonsága, hogy az aprózódás során a részecskék kis



35.1. ábra. Talajszintek

tömegéhez képest óriási felület jön létre. Ezen a felületen a részecskék nagy mennyiségű anyagot képesek gyenge kölcsönhatással megkötni. A jelenség a kolloidok adszorpciója.

A talajkolloidok vízmolekulákat vagy vízben oldott ionokat adszorbeálnak felületükön (35.2. ábra). A különböző talajok vízmegkötő képessége a bennük található talajkolloidok mennyiségétől függ. A homoktalajok kevés talajkolloidot tartalmaznak, ezért aránylag kevés vizet tudnak tárolni. Az agyagban vagy a humuszban gazdag talajok ennek viszont akár húszszorosát is képesek tartalekolni. A talajkolloidok általában negatív töltésű részecskék, ezért felületükön különbö-



35.2. ábra. Vízburokkal körülvett talajkolloid

ző kationokat (Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , H^+) adszorbeálnak. A talaj kationjai egymással kicserélhetők. Közülük a kalciumionok a legkedvezőbbek a talaj szerkezetére. A kalciummal telített kolloidok ugyanis könnyen összeállnak nagyobb méretű talajrészecskévé, amelynek következménye a morzsás szerkezetű talaj kialakulása. Ez a szerkezet lehetővé teszi a megfelelő mennyiségű víz és levegő jelenlétét, amelyek nélkülözhetetlenek az optimális talajjeléhez.

Fontos kémiai tulajdonság a talaj *kémhatása* is. A felsőbb rétegekben több élőlény található, erőteljesebb a légzésből felszabaduló szén-dioxid hatása, valamint az ott található humusz-savak befolyása a kémhatásra. A talaj kémhatása ezért többnyire a savas tartomány felé tolódik el. A kémiai tulajdonságok közé tartozik a talaj tápanyagtartalma is. Ez a tényező aránylag gyorsan változik. Főleg biológiai felhalmozódással, illetve ráhordással gyarapszik, amelyet a víz vagy a szél munkája végez el. A csapadék kimosó hatása vagy a növények erőteljes tápanyagfelvétele viszont egy-egy időszakra jelentősen csökkentheti a talaj tápanyagtartalmát. Elemenként változó, hogy a növények számára a különféle tápanyagok mekkora hányada vehető fel a talajból. A talaj összes nitrogéntartalmából például mindössze 2% jut a növény által felvehető nitrátokra (NO_3^-). A foszfornek ugyan 60-70%-a szerves foszfát, de ebből könnyen csak a hidrogénfoszfátok (HPO_4^{2-}) vehetők fel. A kálium viszont a talajban lévő legtöbb vegyületéből jól felhasználható.

A talaj kémhatása



35.3. ábra. Fenyőerdő talaja a tűlevélszőnyeggel

Olvasmány

Az élőlények élettevékenységük folytatásához meghatározott kémhatású környezetet igényelnek. Ez sok esetben egész élőlénycsoportokra is jellemző lehet. Számos alkalommal egyértelmű az összefüggés a talaj kémhatása és az élőlények előfordulása között. A lúgos és a semleges kémhatású talajokban főleg a baktériumok száma magas, míg a savas kémhatású talajokban a gombákhoz tartoznak az uralkodó fajok. Sok esetben a növények teremtenek egy adott kémhatást a körülöttük lévő talajban. Így például a fenyők lehulló tűleveleiből képződött avar erősen savas kémhatásúvá változtatja a fenyőerdő talaját (35.3. ábra).

A szikes talajok ionjai



35.4. ábra. Szikes talaj

Ha a talajban a kalciumionokkal szemben a nátriumionok mennyisége aránytalanul megnő, csökken vagy megszűnik a talajkolloidok összeállása morzsás szerkezetté. Így azután az agyag- és a humuszalkotó részek könnyen kimosódnak a talajból. Ennek következtében rossz levegő- és vízellátottságú talaj alakul ki, amelynek felső rétegeiben még a nátrium- és a káliumionok is felgyülemlenek. Ez a legrosszabb összetételű szikes talajok (35.4. ábra) jellemzője.

Olvasmány

Talajok pH-értékének meghatározása

Anyagok és eszközök: univerzál indikátoroldat, papír összehasonlító színskálával, szilárd BaSO_4 desztillált víz, kémcső, kémcsőállvány, gumi kémcsődugó

Végrehajtás: Tiszta kémcsőbe rétegezzünk bárium-szulfátot mintegy 2-3 centiméter vastagságban, majd feleannyi talajt adjunk hozzá! Ezután 5 cm^3 univerzál-indikátoroldatot adjunk a kémcsőbe, majd a kémcsövet dugaszoljuk be gumidugóval és alaposan rázzuk össze! Fordítsuk a szájával lefelé, és hagyjuk állni öt percig, majd értékeljük!

- Vessük össze a tiszta folyadék réteg színét az indikátor színskálájával!

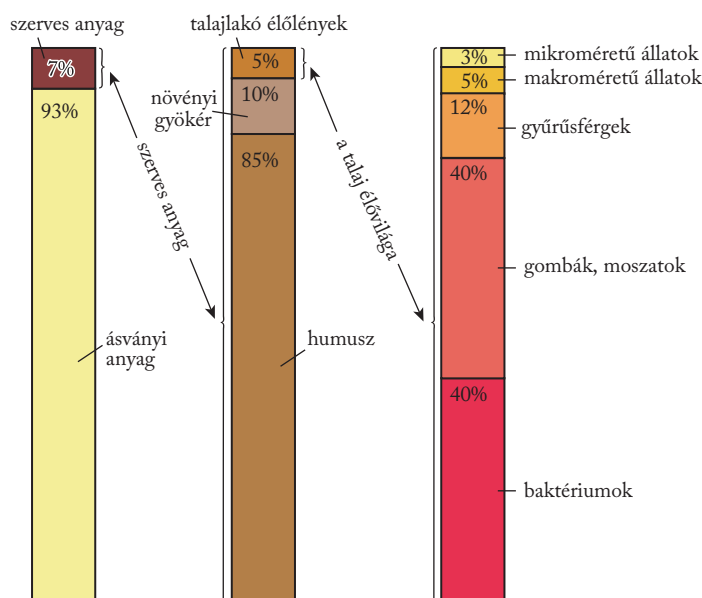
folyásolja a talajlevegő összetételét. Oxigéntartalma kisebb, szén-dioxid-tartalma többszöröse, mint a légköri levegőé.

A talaj víztartalmából a talajkolloidokhoz erősen kötött vizet a növények nem tudják felvenni. A nagy repedésekbe kerülő csapadék pedig gyorsan lefelé szivárog, ennek felvételéhez a növényeknek nincs elég idejük. Számukra a legjelentősebb a talaj pórusaiban, kapillárisaiban tárolt víz, amelyet könnyen és jól tudnak hasznosítani. A talaj levegő- és vízellátottságát tehát elsősorban a talaj szerkezete határozza meg, ezért környezeti tényezőként hat az élőlényekre (35.5. ábra). A különféle éghajlatokon különböző szerkezetű és vastagságú talajok képződnek. Például az esőerdők talaja, a trópusi vörösföld vastag málladéktakarón alakul ki, a növények gyökerei viszont csak a felső, vékony talajréteget szövik át. Ebből veszik fel a szükséges tápanyagokat. Lej-

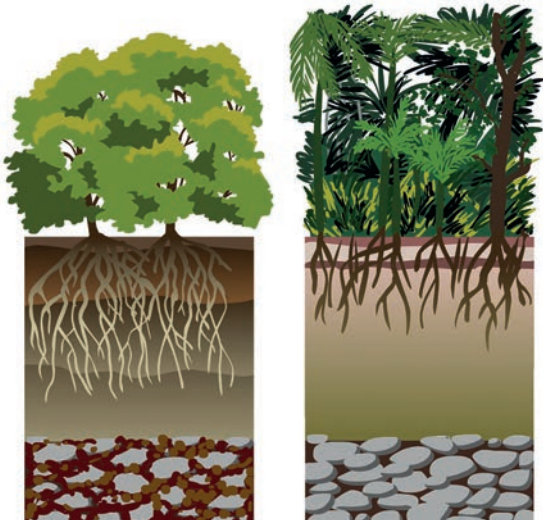
A talaj fizikai tulajdonságai

A talaj fizikai tulajdonságai közül az egyik legjelentősebb tényező a talaj szerkezete. Ezen azt értjük, hogy a mállás során létrejött talajrészecskék mekkora nagyságúak, hogyan helyezkednek el egymáshoz képest, és milyen az összekapcsolódásuk mértéke. A kedvező szerkezetű morzsás talajban a részecskék közötti hézagokban, pórusokban tárolódik a talaj levegő- és víztartalma.

A talajlevegő a pórusokon keresztül állandó kapcsolatban van a külső légkörrel. Összetétele azonban eltér attól, például vízgőztartalma jóval nagyobb. A talajban élő mikroszervezetek és a gyökérzet légzése is be-



35.5. ábra. A talaj szerkezete és összetevői



35.6. ábra. Mérsékelt övezeti lombhullató erdő és trópusi esőerdő talaja

tős területeken ez a felső talajréteg a rajta levő növényzettel együtt könnyen megcsúszik. A mérsékelt övezet lombhullató erdeinek talaja barna erdőtalaj. A fák gyökerei mélyen hatolnak a talajba, vagyis vastagabb talajrétegből jutnak a tápanyagokhoz, de a gyökérzettel átfogott vastagabb réteg nagyobb stabilitást is biztosít a talaj egészének (35.6. ábra).

A talajban élő állatok

A talaj összetevőihöz nemcsak a holt szerves anyag, hanem a benne lakó élőlények is hozzátartoznak. A talaj baktérium- és gombafőrája rendkívül gazdag. A talaj a növényekre hat a legközvetlenebbül, de a talajban élő állatoknak is alkalmazkodniuk kell a talaj környezeti tényezőihez (35.7–8. ábra). Ezek közül az állatok életére főleg a talaj fizikai tulajdonságai hatnak. Mozgásukat meghatározza a talaj szerkezete. Minél tömörebb és keményebb, annál nagyobb nehézséget jelent a táplálék megszerzése.



35.7. ábra. Cserebogár kifejletlen és lárvállapotban

séhez a járatok kiásása, például a vakondok esetében (35.8. ábra). A talaj hőmérséklete befolyásolja az állatok függőleges irányú mozgását. Jó példa erre a cserebogarak lárváinak (35.7. ábra) évszakos vándorlása a felszíni és a mélyebb rétegek között. A mérsékelt övezetben a talaj télen csak bizonyos mélységig hűl le annyira, hogy ott már nem tud az állat megélni. E határ alá húzódva átvészeli a legrosszabb időszakot. Az állatok szempontjából is lényeges tényező a talaj levegő- és víztartalma. A talajlakó állatok többségének fontos a megfelelő vízgőztartalom. De a hirtelen megnőtt vízmennyiség számos állatot a felszínre kényszerít. Ismert jelenség a földigiliszták tömeges megjelenése esőzés után a talaj felszínén. Ugyanakkor ezek az állatok a száraz időszakban a talaj mélyebb, nedvesebb rétegeit keresik fel a számukra végzetes kiszáradás elől.



35.8. ábra. Jellemző talajlakó állat a vakondok

Kérdések és feladatok

1 Készíts folyamatábrát, amely bemutatja a talaj kialakulását! Azt is írd be az ábrába, milyen környezeti tényezők vagy élőlények játszanak szerepet az egyes részfolyamatokban!

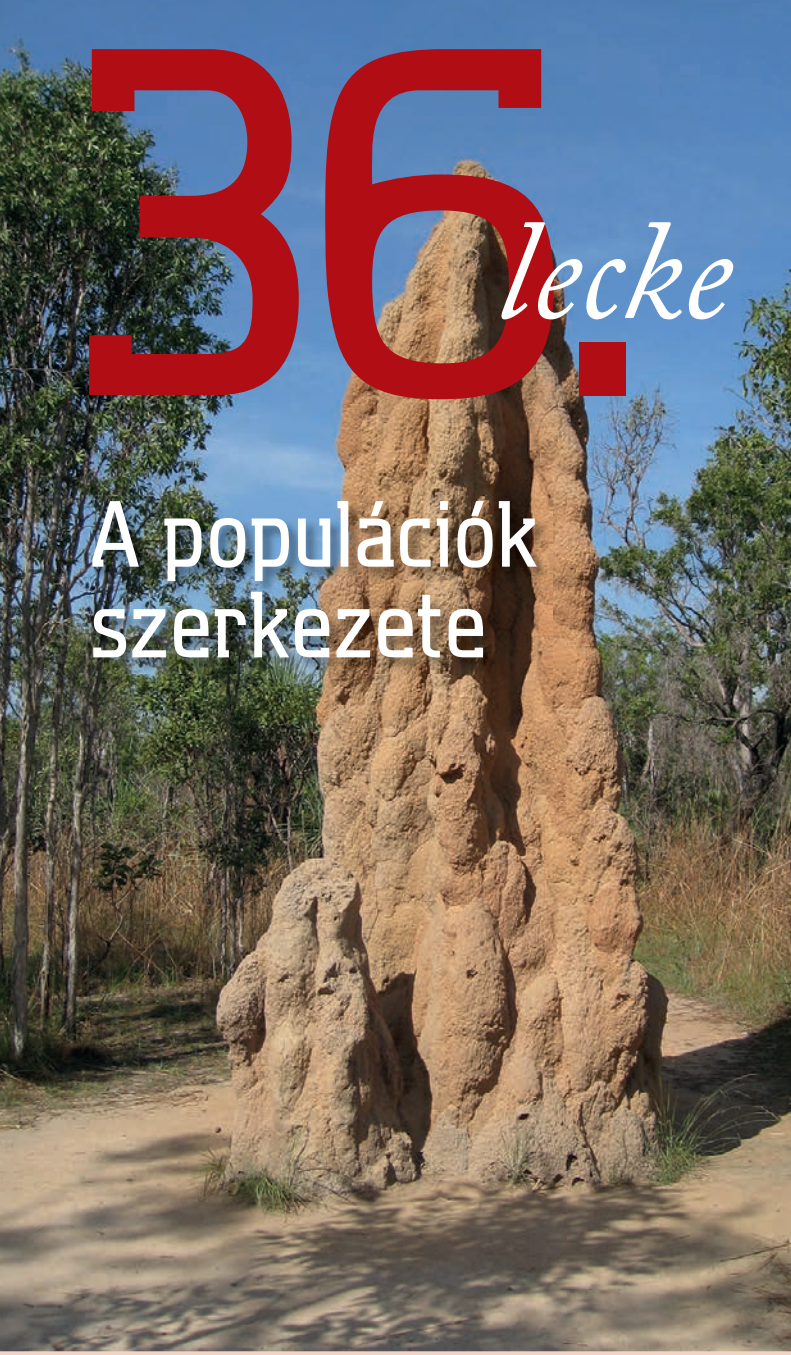
2 A talajrészecskék kolloid méretűek és negatív töltésűek. Mi következik a kolloid méretből, és mi a negatív töltésből?

3 Melyik ion kedvezőbb a talaj szerkezete szempontjából: a Na^+ , a K^+ vagy a Ca^{2+} ? Miért? Milyen következményekkel jár, ha a talaj felszíni rétegében feldúsul a Na^+ ? Mit eredményez a Ca^{2+} -ok feldúsulása?

4 Mi az összefüggés a fenyőerdő, a talaj kémhatása és a fenyőtinóru előfordulása között?

36. lecke

A populációk szerkezete



A populáció egyedei

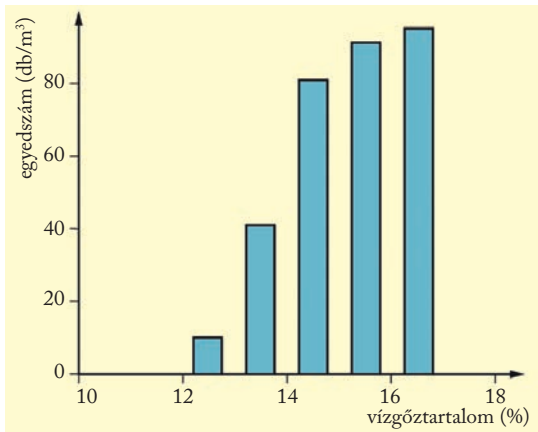
Az azonos fajhoz tartozó élőlények egyedei, amelyek adott helyen és időben együtt élnek és egymás között szaporodhatnak, a faj folytonosságát fenntartó szaporodási közösséget, a **populációt** alkotják (36.1. ábra). Egyetlen tölgyfa és egy lomberdő tölgy populációja között nemcsak mennyiségi, hanem jelentős minőségi különbség is van. A populációknak ugyanis olyan tulajdonságaik vannak, amelyek az egyedekre nem, csak az egyedek csoportjára jellemzőek.

Ilyen jellemző a populáció mérete. Egy populáció nagyságát kifejezhetjük egyedeinek összességével, az **egyedszámmal**. Ha összeszámolnánk egy adott mocsaras területen az ott élő széles levelű gyékények vagy a mocsári békák egyedeit, megkapnánk a gyékény populáció vagy a békapopuláció abszolút nagyságát. Az abszolút egyedszám azonban nem alkalmas összehasonlításra. Különösen, ha azt is figyelembe vesszük, hogy az összehasonlított élőhelyek méretei és környezeti tényezői is eltérőek lehetnek. Ezért célszerűbb az egyedszámot területi vagy térfogati egységre vonatkoztatni, mint például m^2 -re vagy m^3 -re. Ezt az értéket a populáció **egyedsűrűségének** nevezzük.

Egy populáció egyedsűrűsége sokféle tényezőtől függ. Megvizsgálták például, hogy egy tárolt gabonafélében az atka kártevők populációjának sűrűségét hogyan befolyásolja a levegő víztartalma. A különböző raktározási helyek eltérő vízgőztartalmát érzékenyen követte a populáció sűrűségének alakulása (36.2. ábra).



36.1. ábra. Egy populációt alkotó élő vadkacsaállomány a tó környékén



36.2. ábra. Egy atkapopuláció sűrűségének változása az élőhely vízgőztartalmának függvényében

Az élőlények méretének és táplálékigényének hatása van a populáció egyedsűrűségére. Így például egy lomberdő egy négyzetkilométernyi területén a szarvaspopuláció egyedsűrűsége tízes, a széncinege-populációé száz, míg a barna százlábú populációjának sűrűsége ugyanezen a területen milliós nagyságrendű is lehet.

Térbeli eloszlás

Az egyedszám és az egyedsűrűség csak akkor adna valós képet egy populációról, ha az egyedek teljesen egyenletesen oszlanának meg az élőhelyükön. A térbeli eloszlás azonban a legritkább esetben egyenletes, mivel az élőlények többnyire az élőhely azon részein csoportosulnak, ahol az adott időszakban a meghatározó életműködéseikhez a legkedvezőbb feltételeket találják (36.3. ábra). Talán az énekesmadarak populációi állnak a legközelebb ehhez, amikor az egyes párok a fészkelés idején szabályosan felosztják egymás között az élőhely területét (36.4. ábra). Gyakoribb a természetben a véletlenszerű eloszlás, amikor az egyedek különböző külső tényezők hatására, egymástól függetlenül oszlanak meg a térben. A felhalmozódó eloszlás

Egy erdei tisztás sáska (csiga) populációjának egyedszámbecslése

Anyagok és eszközök: 4 × 4 db karó, zsineg, mérőszalag

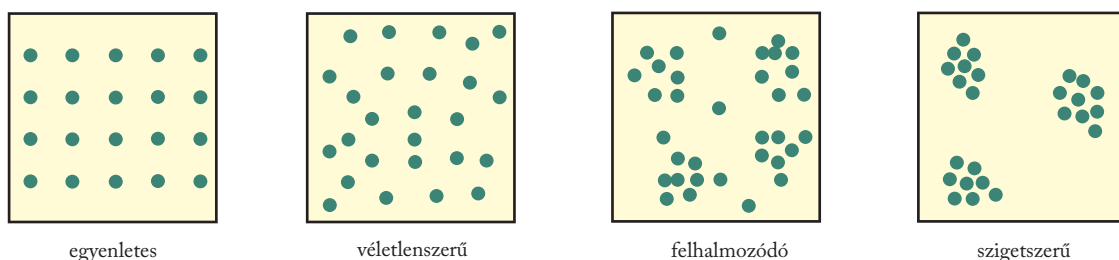
Végrehajtás: Jelöljünk ki 4 db 1 × 1 méteres mintanegyzetet (kvadrátot) karókkal és határoljuk körül zsineggel! A terület kijelölését követően a munkát abban a négyzetben kezdjük el, amelyet legelőször jelöltünk ki, mert így a jövés-menésükkel felzavart állatok addigra megnyugszanak! A vizsgálandó területen a kiválasztott faj, család, esetleg rend valamennyi egyedét hiánytalanul be kell gyűjteni (élve egy dobozba vagy befőttesüvegekbe)! Ezzel a módszerrel a gyepszintben minden lassúbb mozgású, röpképtelen faj abszolút egyedsűrűségét meg tudjuk határozni.

Ha a vizsgált réten, legelőn stb. négy véletlenszerűen kiválasztott kvadrátot megvizsgálunk, a teljes területre nézve már adatokat számolhatunk, vagy vállalkozhatunk a becslésükre. (A vizsgálat befejeztével az állatokat engedjük szabadon!)

főként a növényekre jellemző. Ez a szaporodási sajátosságokkal kapcsolatos. Az indákkal, sarjakkal szaporodó növények az anyanövény közelében csoportosulnak. Ez az eloszlás jellemző például az



36.4. ábra. Sárgarigó



36.3. ábra. Az egyedek térbeli eloszlásának főbb típusai a populációkban



36.5. ábra. Erdei vöröshangyák

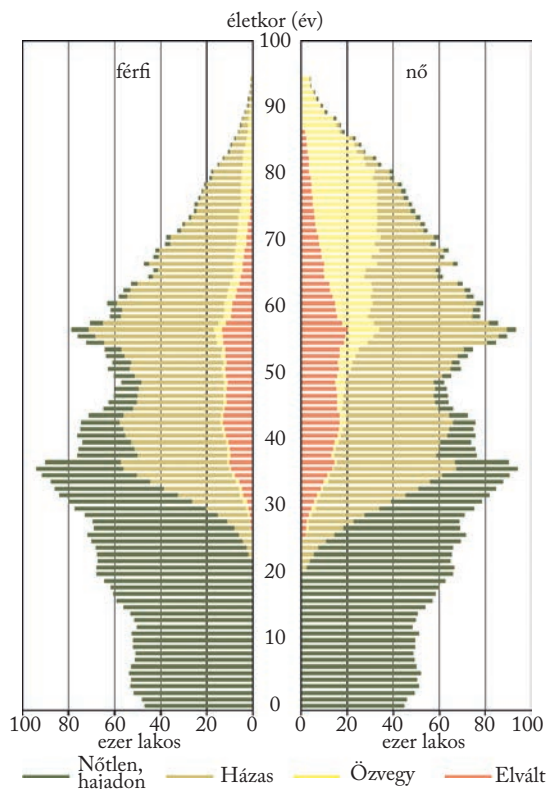
állatpopulációk közül az erdei vöröshangyák eloszlására (36.5. ábra). A negyedik a szigetszerű eloszlás, ez jellemző például a vaddisznókondák elhelyezkedésére.

I Miben tér el egymástól egy természetes („őserdő”) és egy kezelt erdő?

Kor szerinti eloszlás

Fontos jellemzője a populációknak a koreloszlás is. A természetes populációkban sok esetben együtt élnek a különböző korosztályok képviselői. Az évente több generációt létrehozó, gyorsan fejlődő lisztbogár-populációban például a peterakó nőtényektől kezdve a pete, a lárva, a báb és az ivarérett korosztály egyaránt megtalálható. Ha a populáción belül meghatározható az egyedek kora, ez lehetővé teszi az egyes korosztályok számszerű arányának feltüntetését. Közismert ennek alkalmazása az emberi populációkra vonatkozóan. Ha egy adott

terület – pl. Magyarország – népességének koreloszlását akarjuk ábrázolni, megszerkeszthető a **korfa** (36.6. ábra). A korfa függőleges tengelyének egyik oldalán a férfiak, a másik oldalán a nők korcsoport szerinti száma vagy aránya van feltüntetve. A korcsoportok éves, öt éves vagy tízéves periódusok. A vízszintes tengelyen középről balra, illetve jobbra haladva konkrét szám adatok vagy népesség belüli %-os érték olvasható.



36.6. ábra. Magyarország korfája 2012. január 1-jén

Kérdések és feladatok

- 1 Miből szerveződnek a populációk és mely új jellemzők megjelenését vonják maguk után?
- 2 Sorolj fel néhány olyan tulajdonságot, amelyek egy faj egyedeire nem, de a populációjára már jellemzőek! Változhatnak-e ezek a tulajdonságok térben és időben?
- 3 Mitől függhet egy populáció térbeli eloszlása? Mely tényezők befolyásolják egy populáció tényleges térbeli elrendeződését? Változhat-e ez az eloszlás, ha a tényezők megváltoznak?
- 4 Mondj példát olyan populációkra, amelyekre nem jellemző koreloszlás, mert bármely időszakban is vizsgáljuk, mindegyik egyede egy korcsoportba tartozik!

37. lecke

A populációk mennyiségi változásai

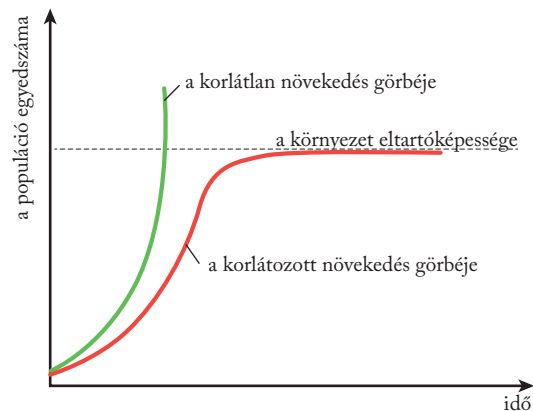


Egy populáció egyedszáma

A természetes populációk egyedszáma folyamatosan változik. Ezt alapvetően a populációban történő **születések és halálozások száma** befolyásolja. Elvileg minden populáció rendelkezik *potenciális szaporodóképességgel*. Ez az egyedek által elérhető legnagyobb utódszám abban az esetben, ha az utódok létrejöttét és fejlődését semmilyen belső vagy külső tényező nem zavarja. Ilyen feltételek között azonban az utódok száma, például az évi 15 nemzedékes levéltetű átlagos nagyságú populációja esetén, olyan valószínűtlenül nagy lenne, hogy az utódok a Föld teljes felületét több rétegben is befedhetnék. Ez lehetetlen, mert minden élőlény szaporodását környezete eltartóképessége behatárolja. Ezért a potenciális szaporodóképesség csak kis hányada realizálódik a természetes populációkban, ezt nevezzük reális szaporodóképességnek.

A populáció egyedszám-változása

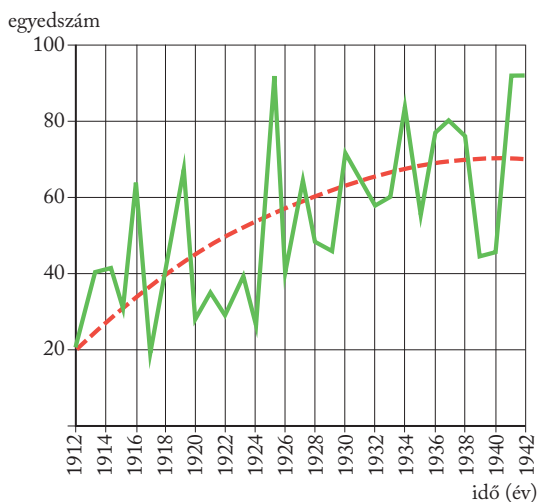
A populációk egyedszámának növekedését vagy csökkenését az egyedszám időegység alatti változásával fejezhetjük ki. Az egyedszám változási sebessége a születések és a halálozások időegység alatti különbségétől függ. Kisebb mértékben módosítja az egyedszámot az egyedek be- és kivándorlása. Egy fiatal koreloszlású populációban a születések száma jóval felülmúlja a halálozások számát, az egyedszám növekedése felgyorsul, egyre nagyobb lesz a populáció. Ez az eleinte **korlátlan növekedés** egy meredeken emelkedő, exponenciális görbével írható le (37.1. ábra). A környezetben azonban a populációk fenntartásához szükséges erőforrások mennyisége korlátozott. A környezet eltartóképessége idővel tehát csökkenti a populáció



37.1. ábra. A populációk növekedési görbéi

növekedésének ütemét. A populáció kezdi kimeríteni a környezet erőforrásait, egészen a korlátozó szintig, miközben nő a halálozások aránya. Ezt a reális szaporodóképességet, a populáció **korlátozott növekedését** egy másik görbével ábrázolhatjuk. A görbe felső része olyan egyedszámértékhez közelít, amelynek megfelelő populációnagyságot a környezet még el tud tartani. Az ilyen populáció a környezetével egyensúlyban van. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a populáció egyedszáma mentes minden ingadozástól, hanem azt, hogy minden további növekedésre egyedszámcsökkenéssel válaszol. Ha hosszabb időn keresztül nyomon követjük egy természetes populáció egyedszámváltozását, azt tapasztaljuk, hogy az egyedszám többnyire egy stabil érték körül ingadozik (37.2. ábra).

A különböző élőhelyeken a környezet eltartóképességének kihasználása érdekében a populációknak két eltérő alapvető szaporodási stratégiája alakult ki az evolúció folyamán. Az egyik csoportba tartozók *rövid idő alatt minél több utódot hoznak létre*, nemzedékeik gyorsan követik egymást, a rendelkezésükre álló élőhelyet hamar benépesítik. A környezet változásaihoz azonban csak kismértékben képesek alkalmazkodni, a sok utódból sok hamar el is pusztul. Populációik csak ritkán érik el a környezet eltartóképességének határát (37.3. ábra). Ezek az *r-stratégisták*. Közéjük tartoznak például a levéltetvek vagy a vízi élőhelyeken az ágascsapú rákok. A másik csoportba sorolható fajok populációi viszont *kevés utódot hoznak létre*, és ezek fejlődése hosszú ideig tart, ezalatt kitűnően alkalmazkodnak és tartósan megtelepednek az élőhelyen, valamint kihasználják a környezet teljes eltartóképességét



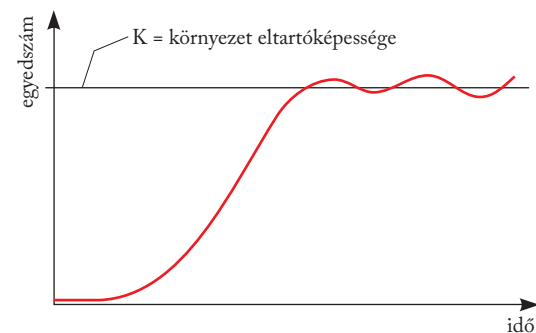
37.2. ábra. A széncíge egyik populációjának növekedési grafikonja

(37.4. ábra). Ilyenek a *K-stratégisták*, például a különböző fajok vagy a madarak és a zebrák.

Nézz utána, mit értünk gradáción! Mely stratégistákra jellemző? Mutasd be a folyamatot egy konkrét példán! Mely okok miatt omlik össze a túlszaporodott populáció?



37.3. ábra. Egy sáskapopuláció egyedszámváltozása

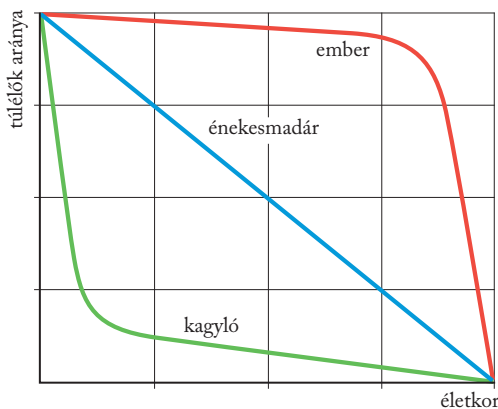


37.4. ábra. Egy zebrapopuláció egyedszámváltozása

Életkor és termékenység

A szaporodáshoz nem egyformán járulnak hozzá a populációt alkotó korosztályok. A csupa fiatal egyedekből álló populáció az ivarérett kor eléréseig nem szaporodóképes. A tisztán idős egyedeket tartalmazó populáció pedig a kipusztulás felé tart. Az **egyedek életkora** tehát jelentősen befolyásolja a populációk szaporodóképességét. A természetben csak kevés egyed éri el a fajra jellemző életkor végső határát (37.5. ábra). Vannak olyan populációk, amelyekben a halálozás valószínűsége minden életkorban közel azonos. Például az énekesmadaraknál minden korcsoport bizonyos hányadát rendszeresen pusztítják a ragadozók. A természetes populációkban azonban a leggyakoribb a harmadik eset, amikor nagyszámú utód keletkezik. Ezek többsége rövid idő alatt elpusztul (pl. a halivadékok), azoknak viszont, akik biztonságos élőhelyet találva túlélnek társaikat, jó esélyük van az ivarérettség elérésére.

Az ivarérettséget elért egyedek termékenysége is fajok szerint változik. Vannak olyan élőlények, amelyek halálukig termékenyek maradnak, mint például a bükkfa. Az élőlények másik típusára viszont egy bizonyos életkor után csökkenő, illetve teljesen megszűnő termékenység jellemző, mint például a főemlősök esetében.



37.5. ábra. A túlélés három alapvető típusa

Ki- és bevándorlás

A populációk egyedszámát bizonyos fokig az **egyedek vándorlása** is befolyásolja. Növelhetik az egyedszámot az eddig más területeken élő és most a populációhoz csatlakozó, bevándorló egyedek. Ez főként az állatpopulációkra jellemző, de a szél és a víz útján különböző növények is elvándorolhatnak más populációkba. Hasonló módon történik az egyedek kivándorlása is, csökkentve ezzel a populáció egyedszámát.

Egysejtű populáció egyedszámváltozásának nyomon követése

Anyagok és eszközök: főzőpohár, fénymikroszkóp, kivájt tárgylemez, cseppentő, szénabacillus-tenyészet. (Áztassunk be egy marék szénát, hagyjuk egy napig állni! A barna színű folyadékot öntsük le róla, majd egyenletesen meleg helyen 2-3 napig tároljuk!)

Végrehajtás: Pocsolyák, kisebb-nagyobb időszakos vizek rothadó növényeinek egy részét gyűjtsük össze egy főzőpohárba! Néhány órai várakozás után cseppentővel vegyünk mintát az anyagból, és kimélyített tárgylemez vájatába téve fénymikroszkóp alatt nézzük meg, hogy tartalmaz-e papucsállatkákat! Ha igen, a tárgylemezen lévő vizet desztillált vízzel öblítsük át egy főzőpohárban beállított szénabacillus, (*Bacillus subtilis*) tenyészetbe! Ismételjük meg néhányszor a mintavételt, és vigyünk át minél több papucsállatkát a másik tenyészetbe! A tenyészetbe kétnaponként adjunk egy csepp tejet is!

- *Kétnaponta vett mintákkal kövessük nyomon a papucsállatka-populáció egyedszámváltozást Bürker-kamra segítségével, vagy azonos nagytítás mellett egy-egy látótérben becsüljük meg az egysejtűek egyedszámát!*
- *Az adatokat ábrázoljuk az idő függvényében!*

Kérdések és feladatok

- 1 Sorolj fel olyan környezeti hatásokat, amelyek korlátozhatják egy populáció szaporodását!
- 2 Hasonlítsd össze a K- és az r-stratégista populációk szaporodási dinamikáját!
- 3 Melyik szaporodási stratégiára jellemző a fejtett ivadékgondozás?
- 4 Mit értünk egy élőhely eltartóképességén?

38. lecke

A populációk kölcsönhatásai



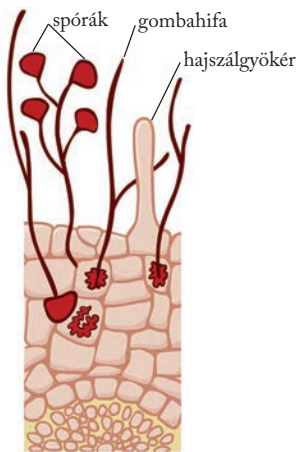
A populációk hatása egymásra

Egy élőhelyen mindig számos populáció él együtt, egymás élő környezeti tényezőit jelentik. Ennek megfelelően valamilyen mértékben befolyásolják egymás működését, *kölcsönhatásban* vannak egymással. A hatás lehet közvetlen, például egy ragadozó és egy zsákmányállat populációinak esetén. Más esetben közvetve hatnak a populációk egymásra, mint egy bükkpopuláció, amely az erdő alsóbb szintjein élő növénypopulációk fény- és hőmérsékleti viszonyait változtatja meg. A kölcsönhatások lehetnek előnyösek (+), hátrányosak (–) vagy közömbösek (0) valamelyik populációra nézve.

Együttélés (+, +)

Számos populáció között +, + típusú, kölcsönös előnyt jelentő kapcsolat, **együttélés** (mutualizmus) alakult ki. Ennek számos különböző szintű és fokozatú formája ismeretes. Ha a populációk egyedei között igen szoros a kapcsolat, abban az esetben az együttélés, idegen szóval **szimbiózis**. Szimbiózisra mind a növény-, mind az állatvilágban igen sok példát találni. A pillangósvirágú növények – mint amilyen a bab, a borsó, a lucerna – nitrogénkötő baktériumokkal élnek együtt. A talajban élő nitrogénkötő baktériumok behatolnak a pillangósvirágúak gyökérszövetébe, ahol szövetgócot, más néven *gyökérgümőt* képeznek. Ebben élve megkötik a talajlevegő nitrogéntartalmát. Az ebből keletkező ammónia már a pillangósvirágú növény számára is hasznosítható. Eközben a baktériumok szénhidrátigényüket a növény fotoszintézisének termékeiből fedezik. A zuzmók gombák és algák szoros együttéléséből álló szervezetek. Számos magasabb rendű növény (pl. a legtöbb lombos fánk és a fenyőfajok) gyökerével úgy élnek együtt gombák, hogy a gombafonalak behatolnak a gyökér szövetébe vagy a külső felületén szövetéket alkotnak. A gombák a víz, valamint a nitrogén és más elemek felvételét is elősegítik a talajból, miközben a velük szimbiózisban élő növénytől átveszik a kész szerves vegyületeket (38.1. ábra). Ez a speciális gombanövény kapcsolat a *gombagyökér* vagy *mikorrhiza*.

A gombák és az állatok együttélésére is találhatunk példákat. Érdekes a gombatenyésztő hangyák élete. A dél-amerikai levélnyíró hangyák egyedei levéldarabkákat visznek a föld alatti bolyba. Itt összerágnak és pépes anyaggá gyúrnak, majd kis üregeket bélelnek ki vele, és ürülékükkel meg is



38.1. ábra. Fenyő gyökereivel együtt élő gomba

trágyázzák. Rövidesen fehérjedús gombaszövedék tenyészik rajta, amelyből táplálkoznak a hangyák, miközben a gomba szaporodásának és elterjedésének is hasznos ez az együttélés.

Az egysejtű eukarióták közötti együttélésre példa néhány papucsállatkafaj és egy fotoautotróf egysejtű szimbiózis. E kölcsönhatás során az egysejtű zöldmoszat benne él a papucsállatka sejtjében. Megfelelő mennyiségű szerves tápanyag jelenlétében és sötétben a papucsállatka populációja túlnövi a vele együtt élő zöldalga populációját. Ilyenkor heterotróf módon él, és egyre több lesz azon egyedek száma, amelyek nem tartalmaznak zöldmoszatot. Ha a szerves tápanyag kevesebb lesz (pl. csökken a környezetben található baktériumok száma), és a fény bőséges, azon papucsállatka-egyedek szaporodnak el, amelyekben zöldmoszat is él. Ennek az együttélésnek a létrejöttét és elterjedését a környezet szabályozza. Általában a stabil együttélés fennmaradásának a feltétele, hogy a két populáció növekedési aránya dinamikus egyensúlyban legyen.

Zuzmótelep mikroszkópos vizsgálata

Anyagok és eszközök: zuzmótelep, borotva, tárgylemez, fedőlemez, víz, cseppentő, mikroszkóp

Végrehajtás: Készítsünk begyűjtött zuzmótelepből vékony metszetet! Cseppentsünk rá egy csepp vizet, fedjük le fedőlemezzel, és vizsgáljuk közepes nagyítással!

- Figyeljük meg a gombafonalak és az algasejtek együttélését!

Kommenzalizmus (0, +)

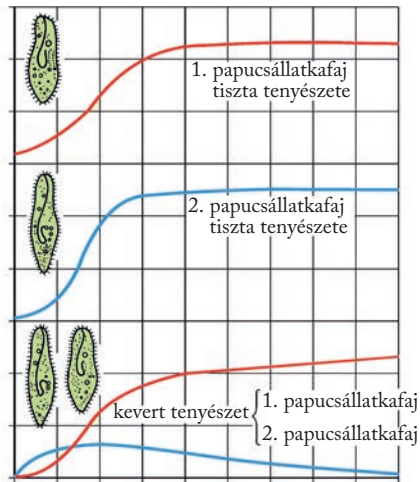
A populációs kapcsolatok egy másik elterjedt formája az egyik populáció számára előnyös, a másik számára közömbös kölcsönhatás (0, +). Gyakran előforduló példáját mutatják ennek a gólyafészkekbe telepedő verebek, amelyek kedvező táplálkozási lehetőséghez jutnak anélkül, hogy a gólyák életét befolyásolnák (38.2. ábra). Az ilyen kölcsönhatás neve **kommenzalizmus**, ami szó szerint asztalközösséget jelent. Ez a kölcsönhatás jellemzi a nagyragadozók és a zsákmányállat maradványait fogyasztó egyéb állatok populációinak egymás mellett élését. Az oroszlánok táplálkozása után a maradványokat például a sakálók, a hiénák és a keselyűk fogyasztják el. A tengerben élő kalauzshalak pedig csapatosan kísérik a vándorló cápákat, és ezalatt a cápák táplálékainak hulladékait fogyasztják, miközben a ragadozó jelenléte védelmet is jelent ellenségeikkel szemben.



38.2. ábra. A gólyafészkek alatt élő verebek a fészkek védelmét élvezik

Versengés (-, -)

A kölcsönhatások egy további, számos populációt érintő formája a –, – típusú kapcsolat, a **versengés**. A populációk együttes jelenléte többnyire egymás számára hátrányt jelent, mert egyik vagy másik létfeltétel, amit a populációk hasonló módon használnak fel, nem elegendő valamennyiük számára. Ilyenkor verseny támad a populációk között az erőforrásért. A versengés szabályozó hatása, mivel az érintett populációk toleranciaértékei soha nem azonosak teljesen! Emellett a versengés elősegítheti az adott helyzetben a viszonylag legalkalmassabb formák fennmaradását. Ha például két papucsállatkafajt azonos mennyiségű baktériumot tartalmazó táptalajon tenyésztünk külön-külön és együtt, az együttesen tenyésztett populációk mindkét fajnál lassabban növekednek a külön-külön te-



38.3. ábra. Két különböző papucsállatkafaj populációjának versengése

nyésztett populációkhoz képest. A táplálékért kialakuló versengésben a lassabban mozgó faj egyedei egy idő múlva táplálék híján kihalnak. E populáció nagyságának csökkenésével egy időben növekszik a versenytárs populációja, egészen addig, amíg a környezet eltartóképessége engedi (38.3. ábra). Más esetekben a versengés viszonylagos egyensúlyt is teremthet a populációk között, ha például a táplálékforrás különböző részeit megosztják egymás között. A versengés alakítja ki az élőhelyeken az egyes populációk ökológiai niche-ét (ejtsd: nis). A kifejezés a francia *fülke* szóból származik, és arra utal, hogy minden populáció a térben egy ténylegesen körülhatárolható területen él, és abban a rá jellemző működéseket végzi (táplálkozik, szaporodik stb.). Az egyes populációk az élőhelyen felosztják egymás között a rendelkezésre álló erőforrásokat, azaz egy-egy „fülkét” kisajátítanak maguknak. A **Gauze-elv** szerint egy élőhelyen soha nem lehet két olyan populáció, amely ugyanazt az ökológiai fülkét foglalja el, mert ebben az esetben teljes kompetíció áll fenn a populációk között, és valamelyik előbb vagy utóbb kiszorítja a másikat (38.4. ábra).



38.4. ábra. Az afrikai szavannán hiénák és keselyűk versengenek az állattetemen

Élősködés (+, -)

A populációk között többféle +, - típusú kölcsönhatás léphet fel. Közülük az egyik az **élősködés** vagy **parazitizmus**. Ebben a kapcsolatban az egyik populáció az élősködő, amely a gazdaszervezet populációjából táplálkozik. Az élősködés a gazdaszervezet károsodásával jár, többnyire azonban anélkül, hogy közvetlenül vagy azonnal elpusztulna. Parazita például a szőlő levelén élősködő peronoszpóragomba, a horgasfejű galandféreg (amely megtelepszik az ember, a sertés vagy a kutya bélrendszerében, és az ott található tápanyagokat fogyasztja) (38.5. ábra) és az emlősök epitéjain megtelepedő májmételey.



38.5. ábra. A bélsatornában élősködő horgasfejű galandféreg feji része

Zsákmányszerzés (+, -)

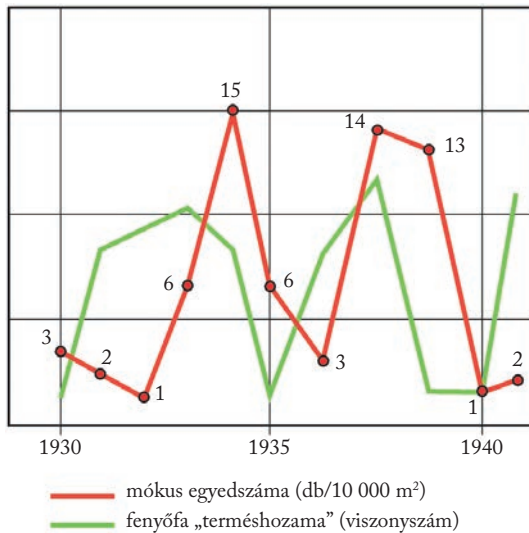
Egy másik hasonló jellegű kölcsönhatás, amely minden populációt érint, a fogyasztó-fogyasztott viszony vagy **zsákmányszerzés**, predáció (+, -). Ebben az esetben az egyik populáció mint zsákmányszerző táplálékként elfogyasztja a zsákmánypopuláció tagjait. A zsákmányt a legszélesebb értelemben használjuk, beleértve minden élő szervezet elfogyasztását.

Ha például egy ragadozópopuláció tíz különböző zsákmányfajon él, amelyek hosszú időn keresztül azonos bőségben állnak rendelkezésre, akkor mind a tíz faj hasonló mértékben játszik szerepet a ragadozók létszámának szabályozásában. Tegyük fel azonban, hogy a tíz zsákmányfaj közül egy igen nagy bőségben áll rendelkezésre, míg a többi kilenc igen ritka. Ezeknek a ritka fajoknak a ragadozópopuláció szabályozásában elhanyagolható szerepük van, ezért a ragadozópopuláció egyedszámváltozása úgy alakul, mintha csak egyetlen zsákmányfaj függvénye volna.

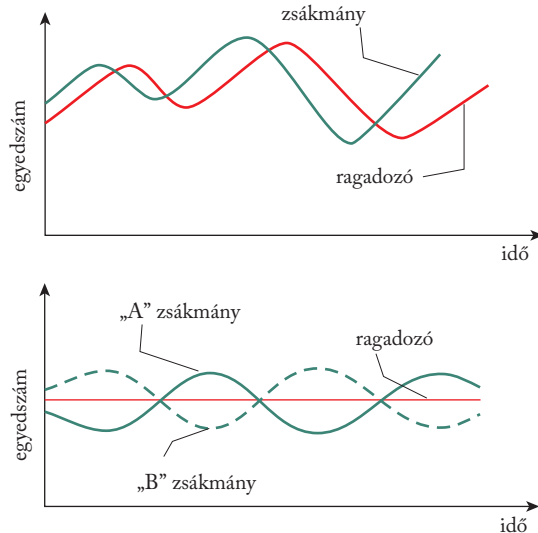
A fogyasztó és fogyasztott populációk kölcsönhatása

Olvasmány

Egy európai fenyőerdőben több éven keresztül megfigyelték egy mókuspopuláció egyedszámváltozását. A változásokra kivetítve ábrázolták a táplálékként szolgáló fenyőmagvak terméshozamának alakulását. A grafikus ábrázoláson jól megfigyelhető a két populáció szoros kölcsönhatása (38.6. ábra). Még hosszabb időn keresztül vizsgálták egy kanadai élőhelyen az állatevő populáció egyedszámváltozását. Ezen a grafikonon is követhető a ragadozópopuláció növekedésének állandó alkalmazkodása a zsákmánypopuláció változásaihoz (38.7. ábra).



38.6. ábra. Egy növény- és egy növényevő faj populációjának kölcsönhatása



38.7. ábra. Ragadozó- és zsákmánypopuláció kölcsönhatása

Antibiózis

A populációk közötti 0, – típusú kölcsönhatások közé sorolhatjuk az *antibiózis* jelenségét. Ez különböző mikroorganizmus fajok között alakul ki. Az egyik mikroorganizmus anyagcseréjének terméke a másik mikroorganizmus számára kedvezőtlenül változtatja a létfontosságú környezeti tényezőket, megállítva ezzel az utóbbi populáció növekedését. Ezeket a kémiai hatóanyagokat nevezzük antibiotikumoknak. Az egyik legrégebben ismert baktériumgátló anyagot, a penicillint egy gombafaj termeli.

- *Kiselőadás formájában ismertesd a penicillin felfedezésének történetét!*

Kérdések és feladatok

- 1 Mi a különbség a szimbiózis és a kommenzalizmus között? Említs példát mindkettőre!
- 2 A versengés mindkét fél számára kedvezőtlen, hátrányos kapcsolat. Milyen módon alakulhat ki versengés, és mi lehet mégis az előnye?
- 3 Hasonlítsd össze az élőködést és a zsákmány-szerzést!

- 4 A környezet eltartóképessége egy másik élőlény változó nagyságú populációja is lehet, amint azt a 38.6. és 38.7. ábrán láthatjuk. Rajzold meg a 37.1. ábra ismeretében egy közös grafikonon a nyúl és a hiúz populációjának változását, ha egy szigetre kitétt néhány nyúlból és hiútból indulunk ki! Befolyásolja-e a populációk egyedszámának alakulását, hogy a nyúl sokkal több utódot hoz a világra?

39. lecke

A társulások



A társulások általános jellemzői

A **társulás** egy meghatározott területen együtt élő, különböző növény- és állatpopulációk egyed feletti szerveződési szintje. Egy élőlényközösség, amelyben a populációk tágabb vagy szorosabb kölcsönhatásban élnek egymással, és együttesen is alkalmazkodnak az élőhely közös környezeti tényezőihez. Mivel a szárazföldi társulásokban a növénypopulációk alkotják a társulás látható szintjeit, ezért egy táj jellegét általában ezek határozzák meg. Egyesek egyszerű felépítésűek, mint a sivatagok társulásai, mások viszont rendkívül összetettek, mint a különféle erdőtársulások. A társulások a fennálló eltérések ellenére egész sor olyan közös tulajdonsággal rendelkeznek, amelyekkel a szerkezetük és változásaik jól jellemezhetők.

Vannak olyan társulások, amelyeket kevés faj alkot, például ez jellemzi a sarkvidékek élővilágát. Ezzel szemben ismertek olyan társulások is, amelyek felépítésében igen sok faj populációja vesz részt. A trópusi esőerdők néhány hektárnyi területén például csupán a fás növényekből több száz faj fordul elő. A társulások **sokféleségének – diverzitásának** – leírásához nem elég, ha tudjuk a *fajok számát*, ismernünk kell az egymáshoz viszonyított *gyakoriságukat* is.

Tételezzük fel, hogy van két társulás, mindkettő két populációból áll. Mindkét társulásban a két-két populációnak azonos az egyedszáma, az egyikből 90 egyed, a másiból tíz van. Az egyik társulásban a kisebb populáció egyetlen sziget-szerű foltban él a társulás közepén. A másik társulásban a tíz egyed egyenletesen el van keveredve a nagyobb létszámú populáció egyedei között. Mit gondolsz, egyforma a két populáció diverzitása? Vagy nem?

A társulások sokféleségének elméletileg két szélsőséges esete lehet: ha egyedei két fajhoz tartoznak, illetve ha minden egyede másik fajhoz tartozik. A társulásokban a sokféleség értéke nyilvánvalóan valahol a két szélső érték között helyezkedik el. Ez az érték alapvetően jellemző egy társulásra. A társulás szerkezetét megbolygató minden külső – pl. emberi beavatkozásra – a társulás elsősorban sokféleségének megváltozásával válaszol. Ilyen esetekben a változás általában a sokféleség csökkenésének irányába mutat, ami a társulás leromlásához, elszegényedéséhez vezet. A **biológiai sokféleség**, vagy más

néven a **biodiverzitás**, egyaránt magában foglalja az élővilág fajgazdagságát, valamint a bioszférában a populációk és társulások változatosságát. A biodiverzitás a biztosítéka a bioszféra állandóságának és a különböző zavaró hatásokkal szembeni ellenálló képességének. Az elmúlt évszázadoktól mind a mai napig az emberi tevékenység a bioszféra egyre nagyobb területeit érinti. Ennek következtében egyre gyorsuló ütemben alakul át, illetve semmisül meg az élővilág évmilliók természetes folyamatai során kialakult sokfélesége. Ezek a ma már világméretű folyamatok a bioszférában jelentős számú faj kipusztulásához vezettek. A biológusok napjainkig több mint másfél millió fajt írtak le, egyes becslések szerint azonban a Földön élő fajok száma akár a több tízmilliót is elérheti. Noha ezek a még fel sem fedezett fajok többségükben apró élőlények, ez azonban semmit sem von le a jelentőségükből. Ha pedig az egyes élőlények ökológiai szerepét is vizsgáljuk, akkor ismereteink még hiányosabbak. Úgy tűnik, a fajok kipusztulása a meggondolatlan emberi tevékenységek miatt sokkal gyorsabb folyamatá válik, mint a megismerésük.

Hogyan viszonyulnak egymáshoz a földtörténeti korok kihalásai és a mai kihalási hullám?

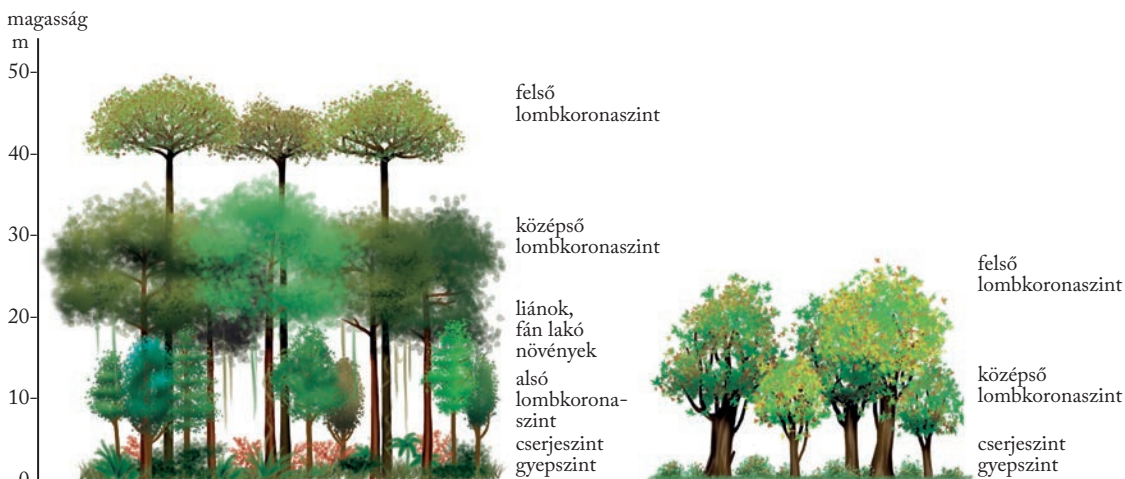
A társulások térbeli változásai

A társulást alkotó populációk függőleges elrendezése a térben kialakítja a társulásra jellemző **szintezettséget**. Ez részben a társulást alkotó egyes növénypopulációk különböző magasságából, részben pedig az egyes növény- és állatpopulációk



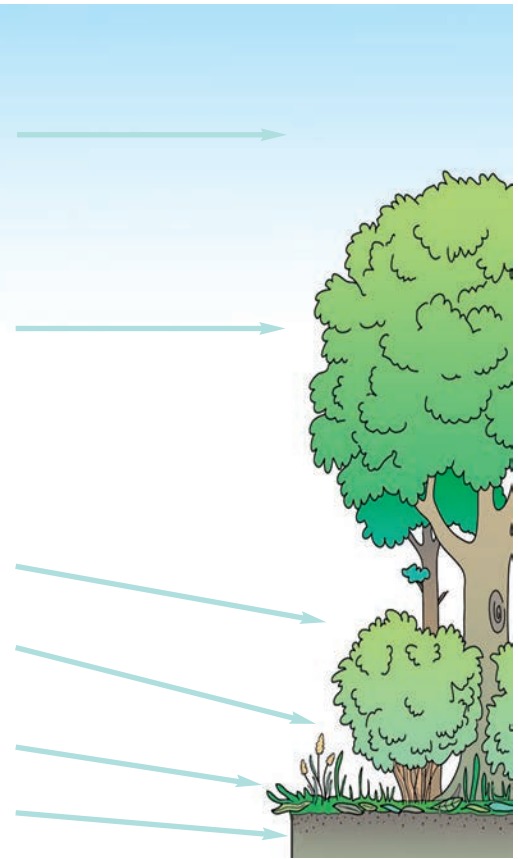
39.1. ábra. Jól elkülönülő növényzeti szintek egy mérsékelt övezeti erdőben

más és más környezeti igényéből ered (39.1. ábra). A különböző típusú társulásokban egymástól eltérő számú szinteket találunk (39.2. ábra). A legtöbb szintből az erdő társulások állnak. A hazai erdőkben a szintek jól elhatároltak, ezért könnyű bennük megkülönböztetni a lombkorona, a cserje, a gyep és a moha szintjét. Ez utóbbtól lefelé haladva további szinteket is elkülöníthetünk, például az avar szintjét vagy a különböző mélységig hatoló gyökérszinteket. Mivel az egyes szintekre a környezeti tényezők meghatározott értékei jellemzőek (39.3. ábra), érthető, hogy ezeknek megfelelően helyezkednek el a társulást alkotó populációk is. A növényekhez hasonlóan az állatok, a gombák és a különféle mikroorganizmusok populációi is igényeiknek és



39.2. ábra. A trópusi esőerdő és a mérsékelt övezeti lombhullató erdő szintezettsége

szintek	a fény erőssége	a levegő relatív vízgőztartalma	a legalsó csónyabb évi hőmérséklet
az erdő felett	100%	65%	-19,4 °C
lombkorona	30%	67%	-16,1 °C
cserjék, bokrok	25%	73%	-14,5 °C
lágyszárú növények	20%	75%	-11,9 °C
avar	15%	78%	-8,3 °C
avar alatt	0%		0 °C



39.3. ábra. Környezeti tényezők változása egy lomberdő szintjeiben

kapcsolataiknak megfelelő szintekbe rendeződnek. A környezeti tényezők közül a fénynek kiemelkedő hatása van a társulások függőleges szerkezetére. A színteztettség ugyanis részben a fényért való versengés eredményeként jön létre.

A populációk ugyanakkor vízszintesen is rendeződnek, és ezzel a társulás **mintázatát** hozzák létre. Ez a típusú eloszlás elsősorban a víz és a tápanyag

felhasználásáért folyó versengés, valamint szaporodási sajátosságok eredménye. Ez utóbbira példa a sarjakkal szaporodó növények csoportos elhelyezkedése. Az anyató körül gyakran szigetszerű mintázatot hoznak létre.

A társulásokban minden populációnak meghatározott környezeti igényei vannak, és meghatározott módon használják ki a környezet erőforrásait.



39.4. ábra. Kékcinege (a) és széncinege (b)

Például az ugyanabban a társulásban élő szénice-populáció tagjai a táplálékot a lombkorona vastagabb ágain, míg a kékcinegék az ágak végén keresik (39.4. ábra). Ha egy társulásban két populáció azonos ökológiai igényű lenne, és azonos módon használná ki a környezet erőforrásait, akkor teljes versengés állna fenn közöttük, amelyet a Gauze-elv kizár! Ha két populáció ökológiai igénye teljesen megegyező, akkor általában egymástól elkülönülve más-más földrajzi területen élnek. A földrajzilag elhatárolt területeken élő fajok populációinak életmódja sok esetben nagyon hasonló. Az állatok közül példa erre a dél-amerikai kolibri (39.5. ábra), az afrikai nektármadár és az ausztráliai mézevőfajok. Bár külsőre hasonlítanak egymásra, mégsem rokonok. Viszont a különböző társulásokban betöltött szerepük azonos, mindannyian nektárszívó madarak.



39.5. ábra. Nektárt gyűjtő kolibri

Társulások mintázatának vizsgálata terepen

Anyagok és eszközök: kézi nagyító, Növényismeret című könyv

Végrehajtás: Határozzuk meg az egyes fajokat! Készítsünk pontos rajzot az elhelyezkedésükről!

A populációk mintázatát az alábbi négy kategória valamelyikébe soroljuk be (36.3. ábra):

- *Egyenletes*, ha a populáció egyedei közelítőleg egyforma messze helyezkednek el egymástól (pl. a bükkfák elhelyezkedése egy szálbükkösben).
- *Egyenlőtlen (vagy véletlenszerű)*, ha a populáció egyedei ritkábban helyezkednek el, és semmiféle szabályszerűséget nem látunk közöttük (pl. homokbuckákon egyes pionír fűfélék populációi).
- *Felhalmozódó*, ha a populáció egyedei kis csoportokat képeznek, melyek közelebb vagy távolabb vannak egymástól, esetleg egy-két elszórtan álló egyed kapcsolatot is jelent két csoport között (pl. erdei szamócák elhelyezkedése egy tisztáson).
- *Szigetszerű*, ha a populáció csoportjai egymástól sokszor jelentősebb távolságra helyezkednek el (pl. harangvirág- vagy peremizsfoltok egy kaszálóréten).

Kérdések és feladatok

1 Hasonlítsd össze a populációt és a társulást! Sorold fel jellemzőiket is!

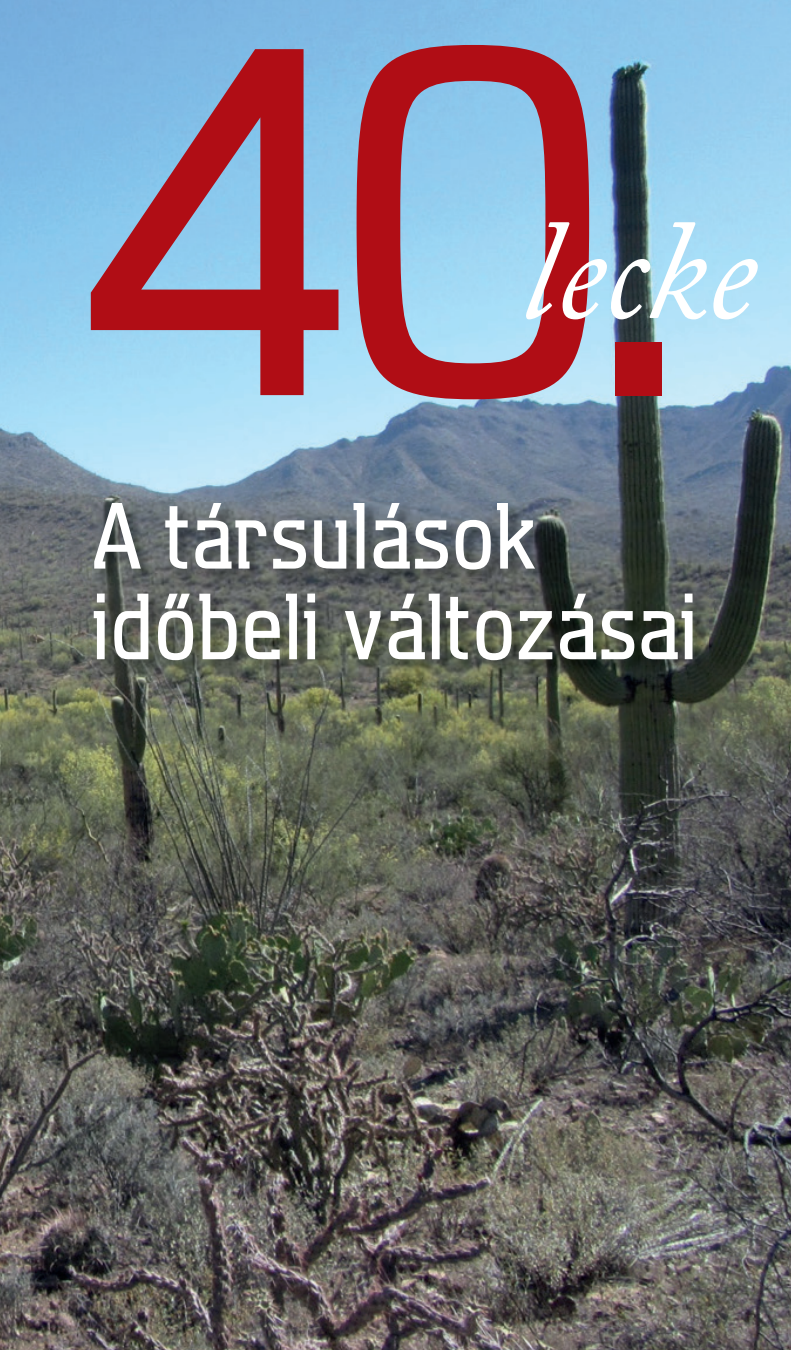
2 Mi lehet az oka annak, hogy a sokféleség meghatározásába a fajok számán kívül azok gyakorisága is bekerült?

3 Mi a különbség a színteztettség és a mintázat között?

4 Sorold fel egy erdő szintjeit, feltételezve, hogy benne valamennyi szint kialakult! Szerkezetének mely jellemzőjét mutatja a 39.3. ábra?

40. lecke

A társulások időbeli változásai



Az aspektusok

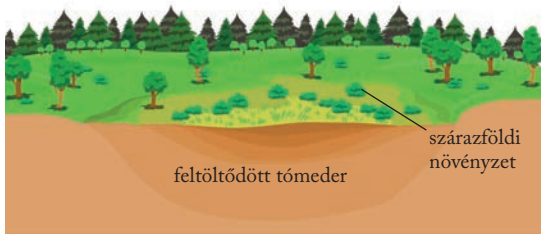
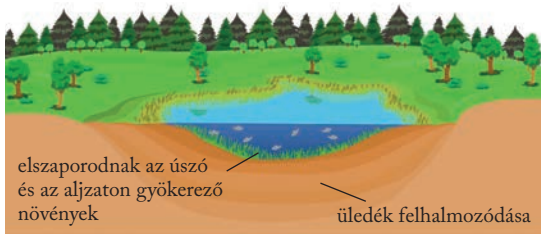
A társulások szerkezete folyamatosan változik. A változások lehetnek periodikusan visszatérők vagy egyszeri előrehaladó folyamatok. Az időszakonként megismétlődő társulásszerkezet eredményezi az **aszpektusokat**. Ilyenkor a társulás szerkezete alapvetően nem változik meg, csak minden aspektusban más-más populációk együttese adja meg a társulás észlelhető jellegét, míg a többiek háttérbe szorulnak. Jól követhető jelenség ez például a mérsékelt övi lomberdők képeinek évszakonkénti változásában (40.1. ábra). Egy tavaszi erdő üde zöldje a virágzó aljnövényzettel jól elkülöníthető aspektus az őszi elszínesedett lombozatú, termésekkel teli erdő aspektusától. Hasonlóan lehet követni az egyes állattársulások időbeli változásait is. Gondoljunk például egy tó környéki madártelepen a vonuló madarak különböző évszakonkénti megérkezésére, illetve elvándorlására!



40.1. ábra. Mérsékelt övi lomberdő évszakos aspektusai

A szukcesszió

A társulásokban végbemennek olyan előrehaladó változások is, amelyek lényegesen megváltoztatják a társulás szerkezetét. A változások következtében a társulás elveszti eredeti jellegét, és helyette más összetételű társulás alakul ki. Ezt a változási folyamatot a társulások egymásra következésének vagy röviden **szukcesszió**nak nevezzük (40.2. ábra). Ilyen folyamat például egy tó *feltöltődése*. Ha egy tóban sok tápanyag gyűlik össze, elindul egy erőteljes szerves anyagot termelő folyamat. Ennek



40.2. ábra. Egy tó feltöltődési szukcessziója

során a lerakódott üledék felhalmozódása fokozatosan lehetővé teszi a part menti növényzet öveinek, a nádasnak, a zombékosnak, a mocsárrétnek a behatolását a tó eredeti területére (40.3–4. ábra). Majd ezeket az egykori tó helyén lassan felváltja

Feltöltő szukcesszió vizsgálata növényzet-profil készítésével

Anyagok és eszközök: kitűző karók, zsinag, kézi nagyító, mérőszalag, Növényismeret című könyv

Végrehajtás: Tűzzünk ki egy karót közvetlenül egy tó partja mellett, és a nyomvonalára merőlegesen 10 méter távolságra tűzzünk ki egy másikat! Kössük össze a két karót egy zsinaggal a talajtól kb. 40–50 cm magasságban! Induljunk el valamelyik karótól, és jegyezzük fel, hogy milyen növényfajokat találunk!

Készítsük el a vizsgált szakasz növényzetprofil-ábráját! A fajokat jelöljük különböző színű körökkel! Tüntessünk fel minden egyes egyedet, amelyet a zsinór nyomvonalában megtaláltunk! Állapítsuk meg, hány és milyen összetételű zónára osztható a vízpart növényzete!



40.3. ábra. Tó feltöltődése képekben

a bokorfűzes és a ligeterdő (40.5. ábra). Ehhez a folyamatos változáshoz tartozik a különböző állatpopulációk ki- és bevándorlása, megtelepedése is.

A *szárazföldi szukcesszió* egy kopár terület, szikla, futóhomok stb. benépesülése. A szaporodóképes spórák, magvak vagy a vegetatív növényrészek bekerülnek a kopár területre, a szél, a víz vagy az átvonuló állatok által. Lassan kialakul egy pionír társulás. Ennek alkotói zuzmók és mohák, és csak később, a tápanyagban gazdagabb termőtalaj kialakulását követően jelennek meg az első virágos növények. Pionír társulásokban a növények még nagyon ritkán és jelentős távolságra helyezkednek el egymástól, a társulás *nyílt*. Az idő múlásával azonban egyre növekszik a populációk egyedszáma, újabb és újabb fajok is betelepülnek, a társulás egyre *zártabbá* válik. Nő a populációk közötti kölcsönhatások száma, és növekszik a társulás hatása a ter-



40.4. ábra. A Fertő tó területén a tó feltöltődésének különböző szakaszai figyelhetők meg

mőhely talajára és a környezet mikroklimatikus viszonyaira. Az egyre zártabb társulásban már egész sor állatfaj megtelepszik, főleg rovarfajok, amelyek a növénypopulációk fogyasztói.

A szukcesszió során a pionír társulás fajösszetételét a nyílt társulásokra jellemző fajösszetétel, majd ezt a zárt társulásra jellemző fajösszetétel váltja fel. Ezzel egy társulás tulajdonképpen a következő, összetettebb társulásoknak készíti elő a területet. A szukcesszió sorozatos társulási időben addig váltják egymást, amíg a terület éghajlatával összhangban álló, legszervezettebb társulás ki nem alakul. Ezt nevezzük zárótársulásnak. A szukcesszió iránya a társulások fejlődésében a zárótársulás felé tart. A folyamat általában hosszú, a zárótársulás kialakulásáig akár több száz év is eltelhet. Hazánkban a legtöbb helyen a lomberdő a zárótársulás.

Állíts össze képes kiselőadást arról, hogy milyen társulások követik egymást a Kiskunságban, amíg a nyers futóhomok beerdősül!



40.5. ábra. A feltöltődött tó helyét váltotta fel liget-erdő

A szukcesszió kezdetén a populációk közötti kölcsönhatások még csak esetlegesek, egymás szaporodását kevéssé korlátozzák. Ezért azok a típusú populációk vannak előnyben, amelyek viszonylag rövid idő alatt nagyszámú utódot tudnak létrehozni. A szukcesszió előrehaladtával az egyre több populáció között egyre erősebb lesz a versengés és az egymás szaporodását korlátozó hatás is, mivel a környezeti források megoszlanak az egyre több felhasználó között. Ekkor már azok a populációk kerülnek előnybe, amelyek kevesebb utóddal is képesek egyedszámukat önszabályozással tartósan fenntartani, miközben erősek a versengésben. Ez a társulás nagyobb egyensúlyi állapotát eredményezi. Ezért olyan stabilak a zárótársulások. Lehetséges azonban az is, hogy emberi hatásra – pl. kaszálás, legeltetés – egy, a szukcesszió korábbi fejlődési állapotában lévő társulás, a nem zárótársulás állandósul. Ilyenek például a hegyi kaszálórét, amelyeken az emberi beavatkozás, a kaszálás akadályozza meg az erdősülést.

Kérdések és feladatok

- 1 Fogalmazd meg a különbséget a zárótársulás és a pionírtársulás között!
- 2 Mely jellemzők alapján tekintünk egy társulást szukcessziósan fejlettebbnek egy másiknál?
- 3 Hogyan akadályozható meg, hogy a Balaton a szukcessziós sornak megfelelően beerdősül-

jön? Mennyire aktuális probléma ez? Tartsatok kiselőadást! Az egyik csoport egy tavi, a másik egy homoki szukcessziós sort mutasson be!

- 4 A szukcesszió különböző okok miatt megszakadhat, és a fejlődés helyett leromlás, degradáció is bekövetkezhet. Keress példát és képeket ilyen folyamatokról az interneten!

41. lecke

Az ökoszisztémák mint biológiai rendszerek

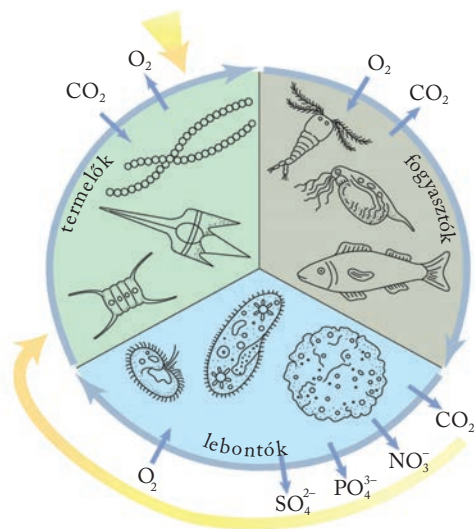


Anyagforgalom a bioszférában

Könnyű belátnunk, ha egy fajból egyetlen egyed létezne csak, az hamarosan kipusztulna. De nem tudná magát sokkal hosszabb ideig fenntartani egy populáció sem, ha csak önmagában, más populációktól elzárva élne valahol. Hogy az élővilág tartósan fennmaradjon, ahhoz az szükséges, hogy sok populáció éljen együtt, és sok kölcsönhatás alakuljon ki közöttük. Ugyanakkor az is fontos, hogy az egyes populációk az élettelen környezet anyagaival is kapcsolatba kerülhessenek.

A bioszférában az élő és az élettelen alkotók között a közvetlen táplálkozási kapcsolatot csak az autotróf élőlények képesek megvalósítani. Az anyagforgalomban a levegő, a víz és a talaj szerves anyagait veszik fel és alakítják át saját testük szerves anyagaivá. Mivel az autotróf élőlények túlnyomó többségét a fotoszintetizáló zöld növények alkotják, ezért Földünkön ezek a bioszféra szerves anyagainak legfontosabb **termelői** (producensek). Jelentőségük az összes többi élőlény szempontjából alapvető, mivel a heterotróf élőlények táplálkozása csak a termelők által készített szerves anyagokból indul ki.

A bioszféra élő szerves anyagaival táplálkoznak a heterotróf **fogyasztók** (konzumensek). Ezek többségét a különböző növényevő populációk alkotják. Mivel ezek közvetlenül a termelőket fogyasztják, közös néven elsődleges fogyasztóknak nevezzük őket. Ezekkel táplálkoznak a ragadozók populációi, a másodlagos fogyasztók. A kisebb termetű ragadozó állatokkal a nagy termetű ragadozók táplálkoznak, ezek a harmadlagos fogyasztók (41.1. ábra).



41.1. ábra. A táplálkozási szintek összefüggése egy vízi élőhelyen

A bioszférában azonban nemcsak élő formában található a szerves anyag, hanem egy idő után az élőlények elpusztult egyedei és szerves hulladécai is felhalmozódnak. Az élőlények populációi közül számos olyan is van, amely elpusztult szerves anyagokkal táplálkozik, ezek a **lebontók** (reducensek). A lebontást végző kisebb heterotróf állatok és gombák, valamint baktériumok részben saját testükbe építik be a törmelék szerves anyagokat, részben teljesen lebontva ásványi anyagokká alakítják, amelyet a termelők újrahasznosítanak.

A termelők, fogyasztók és lebontók álló ökológiai rendszereket, amelyek révén az élet tartósan megmaradt a Földön, **ökoszisztémáknak** nevezzük. Az ökoszisztémák működési egységei a legtöbb esetben a társulások, de ökoszisztémaként működhet egy tó vagy akár egy pocsolya is. Az ökoszisztémák vizsgálata nem egyszerű, ezért modellkészítésre van szükség. A modellek a valóság leegyszerűsített másai, amelyek csak a legfontosabb részleteit emelik ki. A bioszféra mint egységes működési rendszer az ökoszisztémákból szerveződik. A bioszférában a termelők, a fogyasztók és a lebontók táplálkozási kapcsolatai *táplálkozási hálózatot* alkotnak. A táplálkozási hálózat és környezete közötti anyagforgalom lényegében zárt körfolyamat. A körforgás során ugyanaz az anyag marad meg, csak változtatja az alakját, a rendszernek újabb anyagra tehát nincs szüksége. A körforgás fenntartásához azonban nélkülözhetetlen egy állandó energiaforrás. A bioszféra számára ez a Nap energiája.

Energiaáramlás a bioszférában

A Naptól kiinduló energiaáramlás útja a bioszférában több részre bontható. A napsugárzás elsősorban **fényenergia** formájában hat a termelői szint zöld növényeire. A napenergia mindössze 1%-át hasznosítják a zöld növények. Azonban ennek is csak egy részét használják fel a fotoszintézis folyamatában a szerves anyagok felépítéséhez. A felhasznált fényenergia ezekben az anyagokban kémiai formában raktározódik.

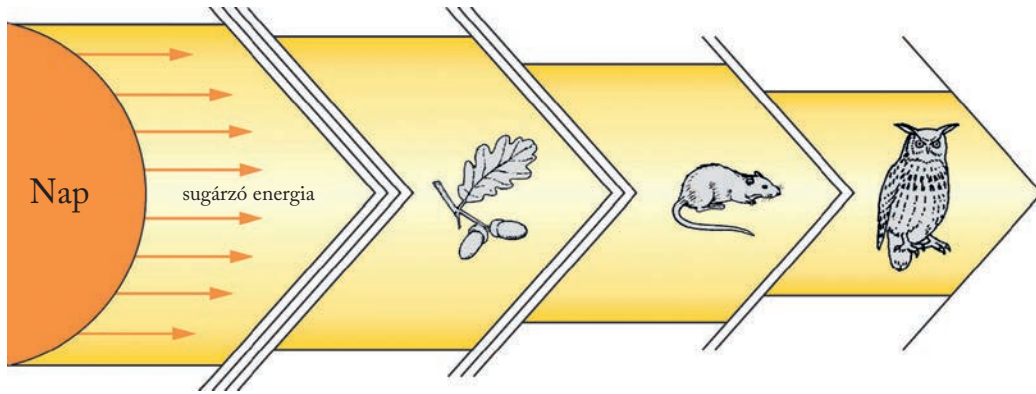
A termelőkben felhalmozódott **kémiai energia** a táplálkozási hálózat tagjaiban meghatározott arányban halad tovább. A termelők energia-készletének jelentős része az életfolyamatok során elhasználódik, illetve hulladékok, maradványok formájában a lebontó szervezetekhez jut. A fennmaradó energia a táplálkozási hálózat fogyasztói szintjére kerül. A fogyasztók a táplálékban veszik fel a kémiai energiát, amelynek nagy részét felhasználják életműködéseikhez. A hulladék energia itt is a lebontó szervezetekbe jut. Mind a termelők, mind pedig a fogyasztók és a lebontók élettevékenysége során bizonyos mennyiségű hő is felszabadul. A táplálkozási hálózaton átáramló energia egy része így hőenergiává alakul, amely az élőlények számára már nem hasznosítható. Ezt a hőenergiát a külvilágba adják le (41.2. ábra).

A bioszférában tehát *az anyagforgalom és az energiaáramlás egymással szoros összefüggésben zajlik le*. A két folyamat között mégis alapvető különbség van.

Egy hazai erdő anyagforgalma

A hazai erdőkben például a fák, a cserjék, az alattuk található lágyszárú növények és mohák egész évben jól hasznosítják a Nap sugárzó energiáját. Téli a mohák, tavasszal a lágyszárú növények, majd a cserjék, végül nyáron a fák lombkoronája termel maximális növényi anyagot. A termelőknek ebből a nagy tömegből élnek a rendszer további tagjai. Az erdő elsődleges fogyasztói rendszerint táplálékspecialisták, és az adott növény részeit megosztják egymás között. A növényevő rovarokból például az egyik lombfogyasztó, a másik a termést vagy a rügyet rágja, illetve a növény nedvét szívja, ismét más fajok a fa törzsén vagy a gyökérzetén találnak táplálékot. A rovarok elszaporodását leginkább az énekesmadarak korlátozzák. Főleg ezek alkotják a hazai erdők másodlagos fogyasztóit. Az énekesmadarakkal és az apróbb emlősökkel viszont a harmadlagos fogyasztó ragadozók, például a rókák vagy a baglyok táplálkoznak. A lombhullással, a növényi és az állati hulladékokkal, elpusztult élőlényekkel igen nagy tömegű szerves anyag kerül a talajba. Az avarban élő különböző férgek, puhatestűek, ízeltlábúak felaprítják és részben lebontják ezeket a szerves anyagokat, míg a talajlakó állatok, például a földigiliszták, összekeverik a mélyebb rétegekkel. Ezt azután az ott élő gombák és baktériumok további lebontó tevékenysége alakítja át a növények által is felvehető tápanyagokká.

Olvasmány



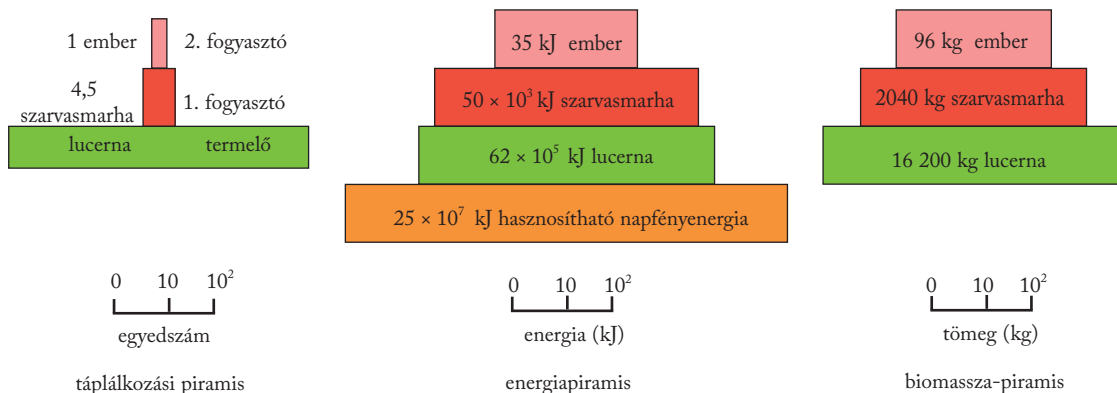
41.2. ábra. Az energia útja a táplálékszinteken keresztül

A táplálkozási hálózatba ugyanaz az energia csak egyszer lép be, majd szintről szintre haladva végleg eltávozik belőle. Az *energiaszállítás* mindig *egyirányú, átáramló folyamat*. Ezzel egy időben a bioszféra anyagainak bizonyos hányada állandó körfolyamatot végez. Ez az anyagmennyiség a fotoszintézis során energiával telítődik, majd fokozatosan leadja a felvett energiát, és egyre energiaszegényebb állapotba kerül. Végül ebben az állapotban újra a növénybe jut, hogy újabb energiával telítődve folytassa pályáját. A termelők tehát, mint az alapvető szerves anyagok hordozói, egyben energiahordozók is.

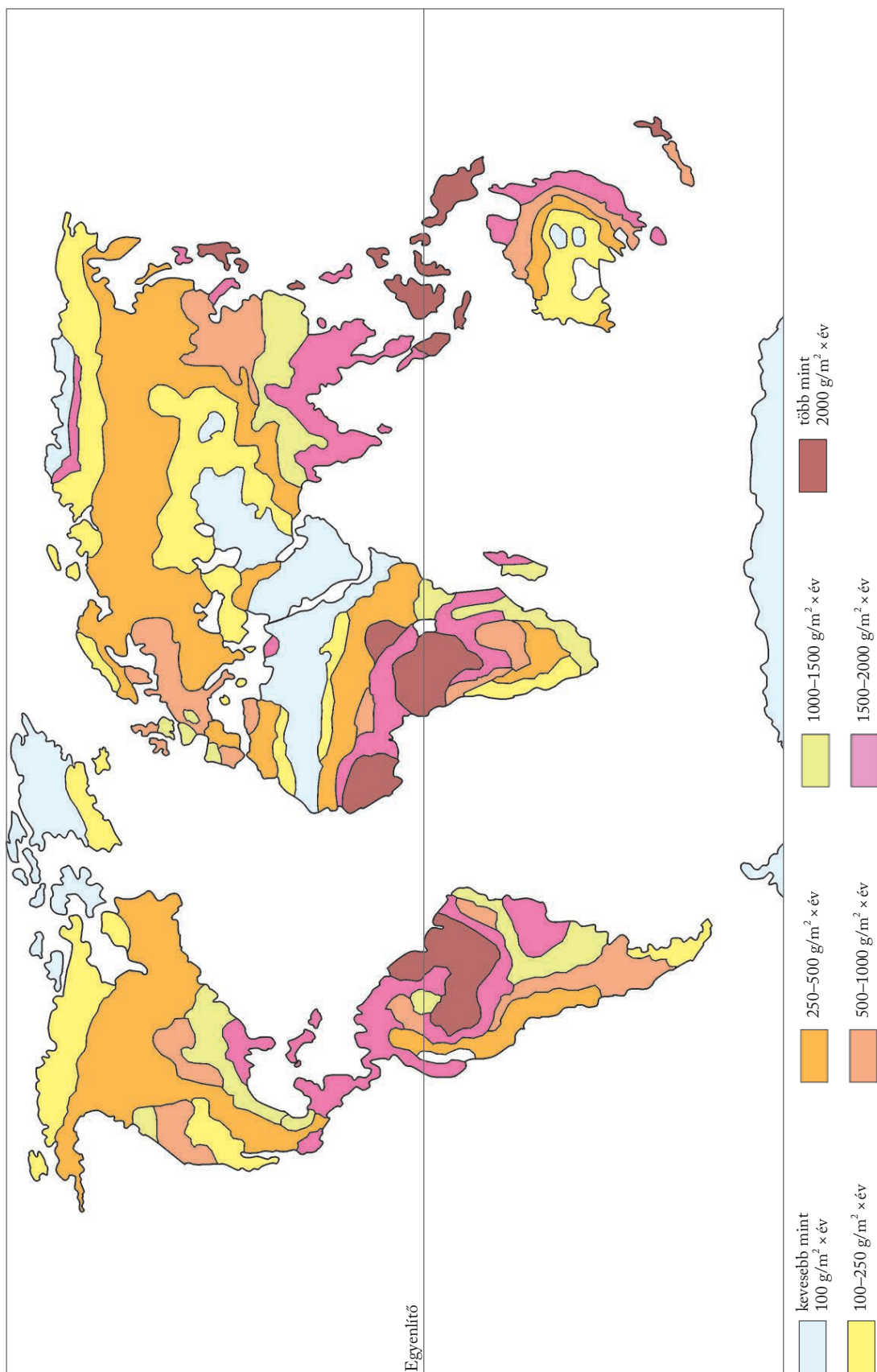
Az anyagforgalom és az energiaáramlás kapcsolódása, biológiai produkció

A bioszférában végbemenő szervesanyag-termelési folyamatokat közös néven **biológiai produkciónak** nevezzük. A növények fotoszintetise nagy

mennyiségű szervesanyag-előállítás folyamat az **elsődleges produkció**. A heterotróf fogyasztó és lebontó szervezetek szerves anyagot termelő folyamatai képezik a **másodlagos produkciót**. A biológiai produkcióban termelt szerves anyag egy részét az élőlények felhasználják, másik része pedig felhalmozódik bennük. A termelt szerves anyag tömege mérhető, értékét általában területegységre, meghatározott időre és szárazanyagra vonatkoztatva adják meg (41.3. ábra). A termelők biológiai produkciója az egyes társulásokban eltérő. A bennük megjelenő összenergia mennyisége összefügg a társulás összetételével, azaz a diverzitásával is. A nagyobb faj- és egyedszámú társulások általában produktívabbak az egyszerűbb működésű, kevésbé összetett társulásoknál. A zárótársulások a legösszetettebbek és a legbonyolultabb működésűek, amelyeket viszonylagos állandóság jellemez, többnyire ezek a legproduktívabbak is. A szervesanyag-termelő képesség ezekben a biocönózisokban kerül leginkább egyensúlyba a környezet nyújtotta lehetőségekkel. Az általános szabály alól természetesen akadnak



41.3. ábra. A táplálkozás, az energia és a biomassa piramisának összehasonlítása



41.4. ábra. Az elsődleges produkció eloszlása a szárazföldön

Egy mérsékelt övezeti lomberdő biomasszája

Olvasmány

Egy olyan mérsékelt övezeti lomberdő például, amelynek egy hektárnyi területén 275 tonna biomassza található, évenként átlag 24 tonna új szerves anyagot termel. Ennek felét a termelők saját légzésükhöz felhasználják, így a tiszta termelés évi 12 tonnát tesz ki. Ezt 4 tonna lomb, 5 tonna fa, 1 tonna lágyszárú növény és 2 tonna gyökér alkotja. A termelői szint 12 tonna új biomasszája hozzávetőleg 230 millió kilojoule energiát tárol kémiai formában, ez az 1 hektárra jutó évi fényenergia energiájának 0,5%-a.

kivételek, ilyenek például a nádasok, amelyek kis diverzitásúak, hiszen gyakran alig egy-két növénypopulációra szerveződik a szintén szegényes fogyasztói szint is, mégis rendkívül produktívak.

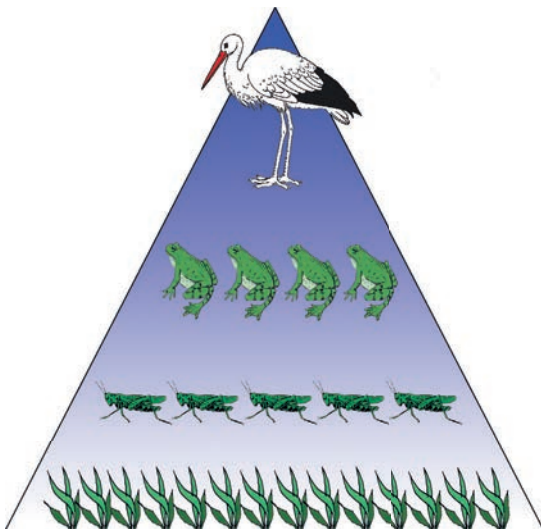
Egy adott élőhelyen, adott időpontban az ott található élőlények összes tömege a **biomassza**. A szerves anyagnak ez a nagy tömege nagy mennyiségű energiát tárol. Mivel minden szerves anyag elégethető, és ennek kapcsán egységnyi tömegként meghatározott hőmennyiség szabadul fel, a biomassza energiataralma kilojoule-ban megadható (41.4. ábra).

A bioszférában az átáramló energiából az egyes szinteken a veszteségek miatt egyre kisebbé válik a

hasznosítható energia mennyisége. Hasonló képet mutat a biomassza változása is. A termelői szint élőlényei alkotják a legnagyobb tömegű biomasszát. Ennél kevesebb az elsődleges fogyasztók és még kevesebb a másodlagos fogyasztók biomasszája. Ugyanez vonatkozik a különböző szintek egyedszámváltozásaira is. A termelők hatalmas egyedszáma általában kevesebb egyedszámú fogyasztói szinteket képes eltartani. Ezeket a mennyiségi összefüggéseket szemléletesen ábrázolhatjuk az ökológiai piramisok segítségével (41.5. ábra).

Szabályozott ökoszisztémák

Az ökoszisztémák **szabályozottan** működnek. Ez azt jelenti, hogy ha valamilyen hatás éri őket, arra úgy reagálnak, hogy a hatás érvényesülését igyekezzenek kompenzálni. Például egy bükkpopuláció egy erdőben nagyjából azonos egyedszámmal rendelkezik. Ha egy vihar kidönt húsz öreg fát, a helyükön keletkező lékben a lehullott bükkmakkok közül számos fejlődésnek indul, és az egyedek pótlódnak. Az ökoszisztémák tehát **alkalmazkodni képesek a környezet hatásaihoz**. A biológiai diverzitást az ökoszisztémák belső sokféleségében is értelmezzük. Minél nagyobb számú populációból és minél változatosabb szerkezetű társulásokból áll, annál könnyebben képes az alkalmazkodásra. A szabályozottság következtében az ökoszisztémákra **belső kiegyensúlyozottság** jellemző.



41.5. ábra. Ökológiai piramis

Kérdések és feladatok

- 1 Hasonlítsd össze a bioszféra anyag- és energia-áramlását! Milyen kapcsolat van közöttük?
- 2 A három- vagy öttagú tápláléklánc használja-e hatékonyabban a Napból jövő energiát?
- 3 Miért nem fordulnak elő a természetben hétényolc tagú táplálékláncok?
- 4 Hasonlítsd össze a biológiai produkciót és a biomasszát!

42. lecke

Az ökoszisztémák anyag- és energiaforgalma

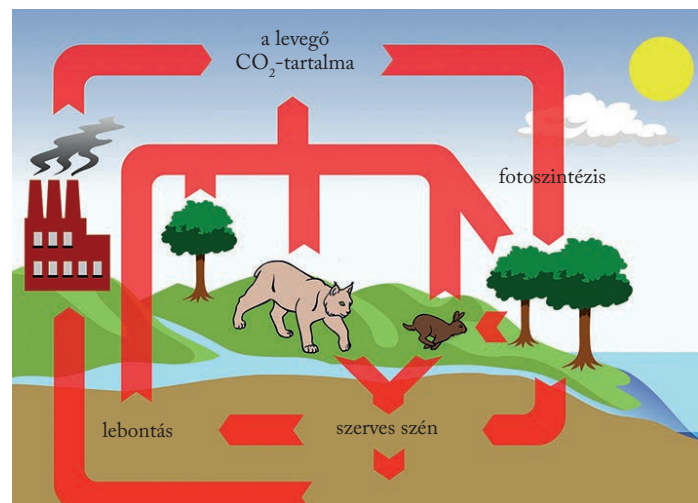


Anyagforgalom - körforgás

Földünkön az élővilág hosszú evolúciós folyamata során számtalanszor felhasználta már ugyanazt az anyagot. Vagyis a bioszférában az anyag állandó körforgást végez, miközben különböző változásokon megy át és különböző formát vesz fel. A bioszférában az élőlényekbe került biogén elemek egész sor szervezetten haladnak át, amíg visszajutnak a külvilágba. Ezeket az anyagokat újabb élőlények használják fel, folytatva ezzel az anyagok körforgását. A bioszféra élő és élettelen alkotói így állandóan kapcsolatban vannak egymással, közöttük anyagforgalom játszódik le. Az anyagok közül néhánynak alapvető szerepe van a biológiai folyamatokban.

A szén körforgása

A **szén körforgásának** folyamatában a levegő és a víz szén-dioxid-tartalma jelenti a szénforrást az élőlények szerves anyagai számára (42.1. ábra). Ebből a szén-dioxidból állítják elő az autotróf növények a fotoszintézis folyamatában a szerves anyagot. Az ilyen módon keletkezett szerves anyagok azután közvetlenül vagy közvetve jutnak a heterotróf élőlények szervezetébe. Eközben minden élőlény a szerves szénvegyületek egy részét szervezetében oxidálja a légzéskor felvett oxigén segítségével. A légzés végtermékei, a víz és a szén-dioxid újra a külvilágba kerülnek. Az elpusztult élőlényekben is sok szénvegyület marad vissza, amit a lebontó szervezetek használnak fel, majd szén-dioxid formájában visszajuttatják



42.1. ábra. A szén körforgása

a légkörbe. Ez a lebontási folyamat azonban sokszor igen lassú, és először különböző humuszvegyületek keletkeznek, amelyekből csak fokozatos átalakulással szabadul fel a szén-dioxid. Egyes esetekben a bomlatlan szerves anyagok hosszabb ideig is felhalmozódhatnak, mint például a tőzegrétegek. A földtörténeti korokban a Föld mélyébe került szerves anyag az évmilliók során kőolajjá vagy szénne alakult át. Ezeknek a tartalékoknak az elégetésével az ember szén-dioxidot juttat vissza a körforgásba. A szén hosszabb időre való kiválasa a körforgalomból vizekben is előfordulhat. Ekkor a szén-dioxid kalcium-karbonát formájában halmozódik fel, vagyis mészkőrétegek keletkeznek. Ezek egy része a szárazföldre kerülhet, és ott a növények savas váladékának a hatására szén-dioxid szabadulhat fel belőle, amely újra bekerül az anyagforgalomba. Szén-dioxid jut a levegőbe a vulkáni tevékenységek során is. Kutatók szerint, ha a szerves anyag lebomlásával a szén nem kerülne vissza az anyagforgalomba, a fotoszintetizáló növények a légkör teljes szén-dioxid-készletét körülbelül 35 év alatt elfogyasztanák.

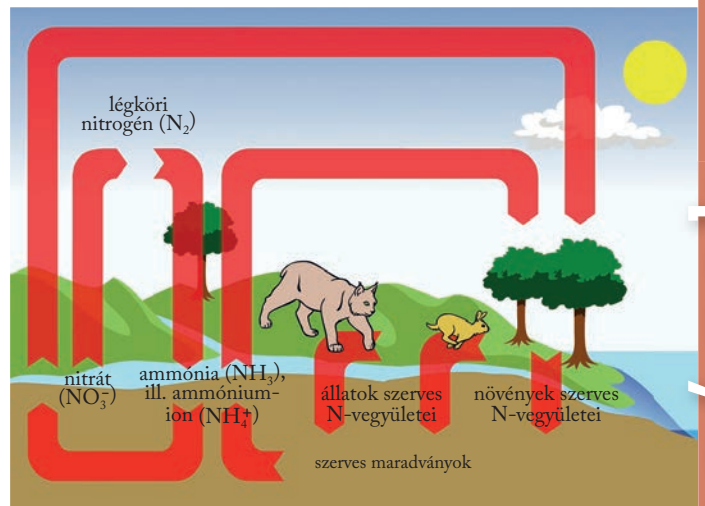
A nitrogén körforgása

A **nitrogén körforgásában** a nitrogén többféle módon kerülhet a bioszféra anyagforgalmába. Bár a legnagyobb mennyiséget a levegő tartalmazza, az élőlények nagy többsége képtelen a szabad légköri nitrogént közvetlenül felhasználni. Ezt a műveletet csak a talajban élő nitrogénkötő baktériumfajok (42.2. ábra) és néhány kékbaktériumfaj képes elvégezni. A legtöbb nitrogént a pillangós virágú növények gyökérgümömbiben élő baktériumfajok kötik meg és alakítják át ammóniává. Ez az ammónia ammóniumvegyületekké, illetve a talaj nitrifikáló baktériumainak hatására nitrátokká alakul át. Ezek



42.2. ábra. A gazdanövény gyökerén levő gyökérgümőkben élnek a nitrogéngyűjtő baktériumok

vízben oldható nitrogénvegyületek, amelyek a talajból felvehető nitrogénforrást jelentenek a növények számára. Végző soron a talajba jutnak az élőlények szerves hulladékai és maguk az elpusztult élőlények is. A baktériumok és a gombák lebontó hatására először ammóniumsók keletkeznek. A folyamatnak azonban nem ez az egyedüli végterméke, mert a nitrifikáló baktériumok az ammóniumvegyületek egy részét nitráttá, majd nitrátokká alakítják át. A növények a talajból a nitrátokat és az



42.3. ábra. A nitrogén körforgása

Emberi beavatkozás a nitrogén körforgásába

A nitrogén körforgására az emberi beavatkozásnak is jelentős hatása van. Számos ipari eljárásnál nagyobb mennyiségű nitrózus gáz kerül a levegőbe. Ez növeli a csapadék nitrogéntartalmát, amely a szárazföld édesvízi társulásaiba jut. Ott a feldúsult nitrogéntartalom erőteljes hínárosodási folyamatot indít el, amely kedvezőtlen irányba befolyásolja a víz biológiai értékét. A műtrágyák észszerűtlen használata, túladagolása a talajvíz nitrogéntartalmát növeli. Innen bekerül a kutak ivóvizébe, ahol a kútvíz nitráttartalma mérgező nitráttá alakulhat. A nitráttartalom csökkenti a vér által szállított oxigén mennyiségét, amely különösen a csecsemőkre jelent nagy veszélyt. Ez elsősorban a kisebb mélységű ásott kutaknál tapasztalható, ahova rendszeresen beszivárog a műtrágyázott mezőgazdasági területek talajvíze.

Olvasmány

Nitrogénygyűjtő baktériumok gyökérgümóinek vizsgálata a lucerna, bab vagy borsó gyökérzetén

Anyagok és eszközök: élő takarmánylucerna-tövek, kézi nagyító, kézi ásó

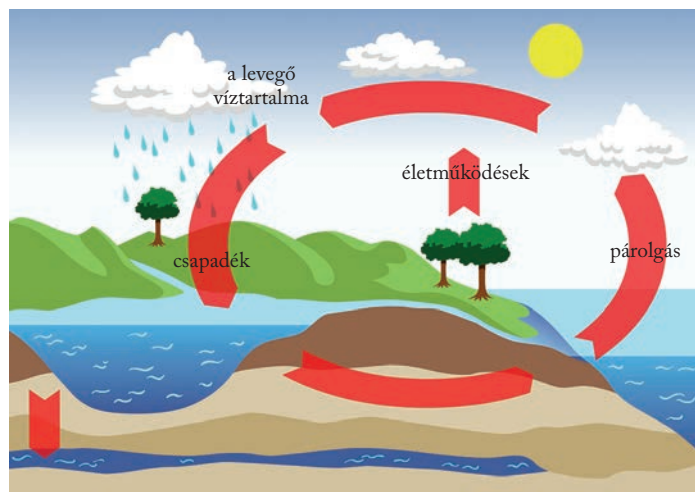
Végrehajtás: Gyűjtsünk be a terepmunka során takarmánylucerna-töveket! Óvatosan végezzük a kiásást, majd a gyökereket tisztítsuk meg a rátapadt talajtól! Keressünk a gyökéren gyökérgümóket, vizsgáljuk meg őket kézi nagyítóval.

- *Készítsünk rajzot megfigyeléseinkről!*

ammóniumsókat vizes oldataik formájában veszik fel. A nitráttartalom egy részét a denitrifikáló baktériumok visszaalakítják nitritekké, majd molekuláris nitrogénné, amely visszajut a levegőbe (42.3. ábra). Ezzel csökken a talajok nitrogéntartalma. Mivel a denitrifikáló baktériumok anaerobok és oxigén jelenlétében megszűnik a tevékenységük, a mezőgazdaságban fontos a termőtalaj laza, szellős szerkezetének biztosítása.

A víz körforgása

A **víz körforgásához** a fő víztömeget az óceánok és a tengerek adják. Ebből az óriási tartalékból származik a szárazföldeken található édesvíz is



42.4. ábra. A víz körforgása

(42.4. ábra). A Nap melegének hatására a tengerek és az óceánok felületéről a víz elpárolog. A vízgőzből felhők képződnek, amelyek csapadékként egyrészt az óceánba kerülnek vissza, másrészt a szárazföldre hullanak le. A szárazföldről a csapadék mint elfolyó víz részben közvetlenül visszajut a tengerbe, részben beszivárog a talajba. A beszivárgott víz jelentős részét a növények felveszik a talajból. A talaj vízmennyiségét jelentősen csökkenti a felszíni párolgás és a növények párologtatása is. A növények a felvett víz egy részét a leveleken keresztüli párologtatással újra a légkörbe juttatják. A növényekre közvetlenül hulló csapadék nagyobb része is elpárolog, és vissza-



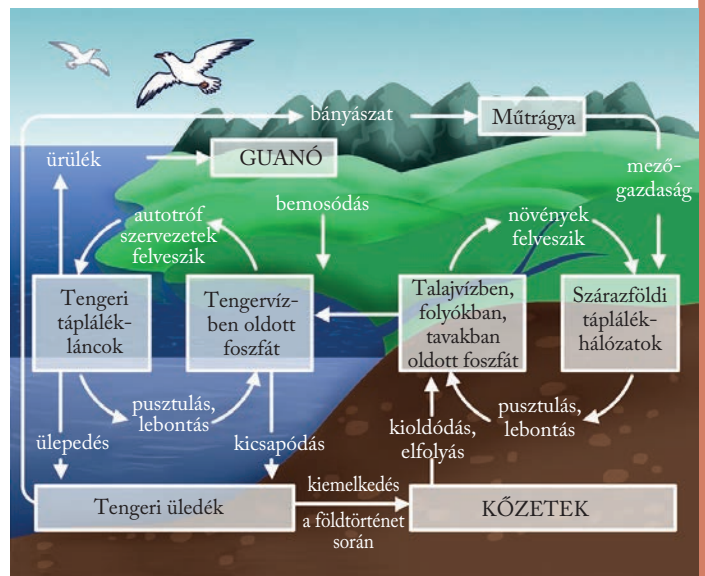
42.5. ábra. Guanótelep

kerül a légkörbe. Amíg a bioszféra szén- és nitrogénkörforgásában felhalmozódás is tapasztalható, addig a víz majdnem veszteség nélkül halad át a rendszeren. A lehullott csapadéknak mindössze 1%-a épül be a bioszféra élővilágába, és döntően meghatározza azt.

A foszfor körforgása

A **foszfor körforgása** során a víz sok más ásványi anyaggal együtt a foszfátokat is kioldja a kőzetekből. A növények a foszfort a szerves vegyületek vizes oldataiból veszik fel. Az állatok részben foszfáttartalmú víz, részben foszfáttartalmú növényi táplálék révén jutnak közvetlenül vagy közvetve foszforhoz. Az elpusztult élőlények szerves anyagaiból pedig a baktériumok szabadítják fel a növények számára újra felvehető foszfortartalmú szerves vegyületeket. A talajból kimosott foszfor az édesvizetekbe és a tengerekbe kerül. A sekély vizű tengerek haliba jutva a ragadozó madarak közvetítésével újra kikerül a szárazföldre, elsősorban a kiterjedt madártelepeken mint foszfortartalmú ürülék, a guanó formájában (42.5. ábra). A tengeri madárszigeteken lerakódott guanóréteg szerves foszfátját, mint jól felhasználható

természetes trágyát, rendszeresen bányásszák. A bioszféra további anyagforgalmából viszont igen jelentős foszformennyiségek kerülnek ki a mélytengerekbe alászálló szerves hulladékokkal (42.6. ábra). A szerves foszforvegyületek egy része vízben nem oldódó foszfátok formájában kerül ki hosszabb-rövidebb időre a körforgalomból.



42.6. ábra. A foszfor körforgása

Kérdések és feladatok

- 1 Készíts vázlatos rajzot külön-külön a szén, a nitrogén, a víz körforgásáról, és magyarázd el a folyamatok lényegét!
- 2 Mely útvonalakon juthat vissza a biológiailag már megkötött szén az anyagkörforgalomba?
- 3 Mely formákban válhat ki hosszabb időre a szén a biológiai ciklusból? Mely formákban a nitrogén, és mely formákban a foszfor?
- 4 Milyen hatással van a levegő szén-dioxid-koncentrációjának növekedése az üvegházhatásra?
- 5 Mely szervezetek képesek csak a nitrogénnek a levegőből történő megkötésére?
- 6 Mi a különbség a nitrogényűjtő és a nitrifikáló baktériumok működése között?
- 7 Mi a különbség a párolgás és a párologtatás között?

43. lecke

A bioszféra



A sokféleség védelme

A bioszféra a legmagasabb egyed feletti szerveződési szint, amely egyetlen egységes rendszerként működik. Szerveződése magában foglalja és működteti a társulásokat. Térben tagolt, az övezetesen elhelyezkedő biotopok önálló anyag- és energiaforgalma egy magasabb szinten válik egésszé.

A bioszféra fejlődése az élet megjelenése óta folyamatos. Az abiotikus környezeti tényezők változásait követően lezajló átalakulások során ezekhez alkalmazkodva folyt az élővilág egyre szerteágazóbb és dinamikusabb evolúciója. A változásaiban is megnyilvánuló stabilitása önszabályozó működésének eredménye. Ez a stabilitás látszik felborulni az ember megjelenésével.

Ahhoz, hogy a bioszféra ökológiai egyensúlyát megőrizhessük, elengedhetetlenül szükséges az evolúció során kialakult, a fajok genetikai állományában, a populációik által kialakított társulásokban, a nagy társulásegységekben, a biotopokban kifejezésre jutó **biológiai sokféleség** fenntartása. Ennek egyik alapvető eleme a fajmegőrzés. Természetesen nem minden faj szorul egyformán védelemre. A nagy tűrőképességű, számos élőhelyen megélő, többnyire tömegesen előforduló fajok, például a pongyola pitypang nem tekinthetők veszélyeztetettnek (43.1. ábra). Ezekkel szemben a kevés egyedből álló, kis populációkat alkotó és csak egy szűk terület speciális élőhelyén előforduló faj – pl. a tornai vértó – veszélyeztetett fajnak számít, amit a kipusztulás veszélye fenyeget (43.2. ábra).



43.1. ábra. Pongyola pitypang



43.2. ábra. Tornai vértő

A fajok megítélése idővel változhat. Az európai hód valaha egész földrészünk ártereit benépesítette, gyakori fajnak számított. Ám a kíméletlen vadászat és élőhelyének megfogyatkozása miatt Európa legnagyobb részéről kipusztult, mindössze néhány kisebb elszigetelt, egymástól távol eső állománya maradt fenn. Magyarországon a XIX. század közepén figyelték meg az utolsó példányokat, azután több mint egy évszázadra eltűnt a hazai folyókat kísérő erdőkből. A természetes ártéri erdők táplál-



43.3. ábra. Az európai hód

kozási hálózatához a hód is hozzátartozik, ezért a XX. század utolsó évtizedében több hódcsaládot visszatelepítettek a Duna–Dráva és a Fertő–Hanság Nemzeti Park területére, ahol természetes szaporodásuk is megindult (43.3. ábra). A példa azt mutatja, hogy a fajok védelme lehet passzív, – például ha törvény oltalmazza, – és lehet aktív is, ha az oltalom mellett lépések történnek a védett faj egyedszámának gyarapításában vagy túlszaporodás esetén annak apasztásában.

A hiúz hazánkban és Európában

Fokozottan védett állat a hiúz (43.4. ábra) is, Európa legnagyobb macskaféle ragadozója. Korábban szinte az egész kontinensen, így Magyarországon is élt nagyobb populációja. Kíméletlen vadászata és élőhelyének csökkenése miatt azonban kipusztulófélben lévő, veszélyeztetett emlős lett.

Az utóbbi években a szlovákiai magashegységek hiúzpopulációja a szigorú védelem következtében erőteljes gyarapodásnak indult. A növekvő populációból néhány példány délebbre vándorolva elérte hazánk északi-középhegységi erdeit is. Ma már ismerjük a Cserhátról, a Bükkből, a Börzsönyből és a Zempléni-hegységből is, ahol szaporodott is. Itteni élőhelyei a nagyobb lomberdők sűrű bozotos területei. Mint ragadozó fontos szerepet tölt be élőhelyének ökológiai rendszerében, szabályozva a zsákmányállatok populációjának sűrűségét. Hazai védelmének célja egy erős, életképes hiúzpopuláció kialakulásának elősegítése.

Olvasmány



43.4. ábra. Hiúz

A fajpusztulás fő okai

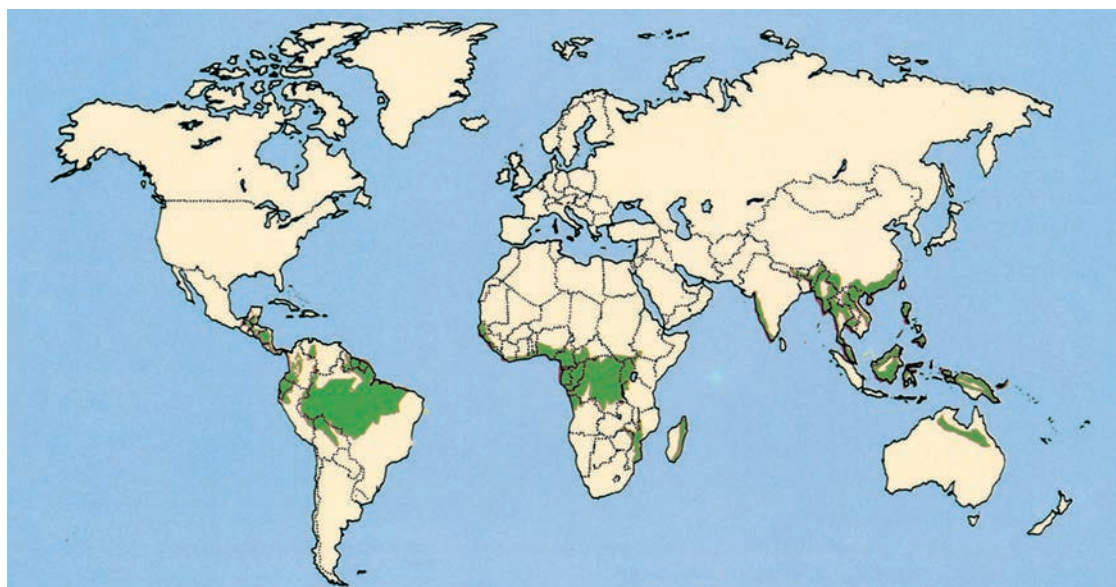
A fajok kipusztulásának okai közül első helyen az **élőhelypusztulást** említhetjük. A biodiverzitás csökkenésének egyik legkirívóbb példája a trópusi esőerdők pusztulása. A trópusi esőerdők a szárazföldi területek mindössze 7%-át borítják, de nagyjából a fajok 50%-a él bennük (43.5. ábra). Ezeket az esőerdőket nagy területen kivágják, felégetik, majd mezőgazdasági célokra használják.

Mivel ezen területek talaja sekély és tápanyagban szegény, erdő hiányában a heves trópusi esőzések a termőréteget rövid idő alatt lepusztítják, ezáltal a mezőgazdasági termelésre használhatatlanná válik, ami újabb erdős területek kivágását vonja maga után (43.6. ábra). Az élőhelyek pusztítása az *esőerdőkben* évente Magyarország területének másfélszeresét is kiteheti. Sok faj eredeti élőhelyének döntő többsége már elpusztult, és csak elenyésző rész maradt fenn védett területeken. Az orangután hajdani élőhelyének például már kétharmada megsemmisült, de a jelenlegi élőhelyének is mindössze 2%-a védett terület. Hasonlóan veszélyezteteti az élőhelyek pusztítása a *trópusi lombhullató erdők*, a *mérsékelt övi gyepek* vagy a *tengeri korallzátonyok* egyelőre még népes élővilágát. Jelentős károkat okoz a természetes élővilágban a túlzott hasznosítás, a vadászat, a halászat vagy a természetes élőhelyek növényeinek tömeges begyűjtése.

■ Nézz utána, milyen előírások szabályozzák az erdőkben történő gombagyűjtést!



43.6. ábra. Fakitermelés egy esőerdőben



43.5. ábra. A trópusi esőerdők elterjedési területe a Földön



43.7. ábra. A vadgazdálkodás szabályozza a populációlétszámot

A modern vadászfegyverek használatának a következménye, hogy Európában, Ázsiában és Észak-Amerika jelentős részén az elmúlt században jelentősen csökkent néhány nagy testű növényevő és ragadozó egyedszáma. Ma a vadászat már nem az élelemszerzésről, sokkal inkább a trófeagyűjtésről szól. Ugyanakkor a helyes szemléletű, tudatos **vadgazdálkodás** nem nélkülözhető. A tervszerű vadgazdálkodás állománymegőrző, -védő és -fejlesztő tevékenység. Annál nagyobb kárt okoz (főleg az afrikai fejlődő országokban) az **orrvadászat** (43.7. ábra). A világtengereken úszó óriási halászhajó flották modern vonóhálós technikáikkal, amellet, hogy súlyosan megtizedelik a különböző halpopulációkat, értelmetlen áldozattá teszik a nem hasznosítható tengeri állatokat is, a delfíneket, a fókákat vagy a tengeri teknősöket.

Az ember által felelőtlenül betelepített idegen fajok számos őshonos fajra jelenthetnek veszélyt. Így például Új-Zéland szigeteinek egyik ritka faja, egy élő kővület, a hidasgyík (43.8. ábra), amit sú-



43.8. ábra. Az új-zélandi hidasgyík



Valamennyi orrszarvúfajt veszélyeztetik az orrvadászok
Indiai orrszarvú

lyosan veszélyeztet egy behurcolt patkányfaj, mivel a hüllő tojásait és a kikelt fiatal állatokat eszi.

■ Nézz utána, mit értünk „élő kővületen”!

Azokon a szigeteken, amelyek a patkány megtelepedett, a hidasgyík populációi kipusztultak, míg a patkánymentes szigeteken a populációk természetes növekedésben vannak.

Élő kővület a hazánkban is élő kígyózó korpafű (43.9. ábra) is, amely egy ősi harasztféle, és már 250 millió évvel ezelőtt is hasonló megjele-



43.9. ábra. Kígyózó korpafű

nésű volt. Hasonlóképpen a Kínában fennmaradt páfrányfenyő (*Ginkgo biloba*, 43.10. ábra), szaporodásában és a levél villáserezetében még harasztjellegeket mutató ősi nyitvatermő.



43. 10. ábra. Páfrányfenyő levele

A fajok védelme

Ha egy már veszélyeztetett populáció túlságosan kicsi a faj fenntartásához, vagy ha a megmaradó egyedek a védett területeken kívül élnek, valószí-



43.11. ábra. Őserdei részlet a Bükk Nemzeti Parkból

nűleg csak emberi közreműködéssel lehet megakadályozni a faj kihalását. Ez az élőhelyen kívüli védelem. Ennek helyszínei ma az állatkertek, amelyek az ismeretterjesztésen túl fontos szerepet töltenek be egy-egy faj megőrzésében és sikeres szaporításában.

Járj utána, hogy hazai állatkertjeink közül melyek vesznek részt ilyen programokban! Készíts helyszíni beszámolót!

Hasonló feladatot töltenek be a növények esetében a botanikus kertek és az arborétumok. A ritka és veszélyeztetett fajokból megfelelő mintaállományok létrehozása után a végső cél az eredeti élőhelyükre való visszatelepítésük.

A fajok védelme mellett legalább ennyire fontos a biodiverzitás fenntartásának leghatékonyabb módja, a természetes társulások és populációik eredeti élőhelyen való megőrzése (43.11–12. ábra).

Tudod-e, hogy ma Magyarországon hány védett és hány fokozottan védett növény- és állatfaj él törvényes oltalom alatt?



43.12. ábra. Óriáspanda

Kérdések és feladatok

- 1 Mit értünk biodiverzitás alatt és miért fontos a biodiverzitás megőrzése??
- 2 Sorolj fel néhány érvet a törvény által oltalmazott fajok védelme mellett!
- 3 Melyek a csökkenését előidéző legfontosabb okok?
- 4 Mi a nemzeti parkok jelentősége a különböző fajmegőrzésben és a diverzitásvédelemben?

44. lecke

A bioszféra és a környezetvédelem



A bioszféra jövője a tét

Az élővilág több évmilliárdos fejlődése során állandóan alkalmazkodott a földi viszonyokhoz. Az ember megjelenése és tevékenysége hosszú időn keresztül csak fokozatosan és aránylag kis területen változtatta meg ezt a folyamatot. Az elmúlt kétszáz esztendőben azonban az iparosodás folyamata robbanásszerűen kiszélesítette az ember ilyen jellegű tevékenységét. Mindez olyan rövid, pillanat-szerű változást jelent az évmilliárdos evolúcióhoz viszonyítva, hogy az élővilág nem képes ehhez elég gyorsan és károsodás nélkül alkalmazkodni. A trópusi erdők faanyagának fokozódó kitermelése, a tüzelőanyagok felgyorsuló égetése, nagy mennyiségű műtrágya és növényvédő szer alkalmazása a mezőgazdaságban mind olyan tevékenység, amelynek hatása egyre gyakrabban haladja meg az élőlények közösségeinek tűrőképességét. Az élővilágot károsító hatások egyre nagyobb méreteket öltenek és egyre több élőhely minőségének leromlásához vezetnek, a levegő, a víz és a talaj szennyezettségén keresztül. Ennek felismerésével megtörténtek az első lépések a bioszféra védelme érdekében.

A légszennyezés

Vegyél levegőmintát öt eltérő helyszínen a kiülepített por mennyiségének összehasonlításához!

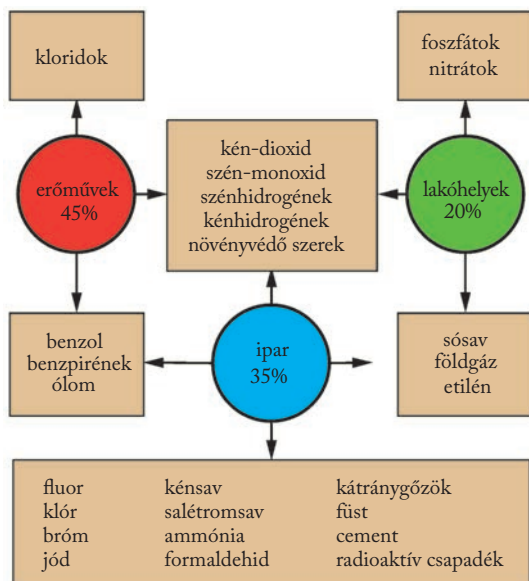
Ülepedő por meghatározása „cellux” módszerrel

Anyagok és eszközök: levegőminták, cellux, olló, kézi nagyító

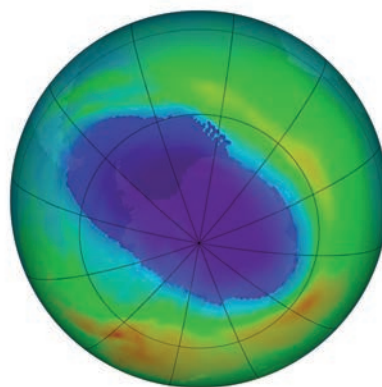
Végrehajtás: 3-4 cm hosszú cellulxcsíkot ragaszunk a vizsgált területeken fák, bokrok, lágyszárú növények leveleire, kerítésoszlopok tetejére, ablakpárkányra vagy bármilyen szabad vízszintes felületre úgy, hogy a ragasztást követően az elszakadás veszélye nélkül a felületről a cellulxdarabot könnyen le is tudjuk majd választani! A ragasztószalag felületére a porszemcsék hozzáragadnak és a leválasztás után nagyító alatt könnyen megszámlálhatók!

- Állapítsd meg a porszennyezettség mértékét, és oszlopdiagramokon hasonlítsuk össze a különböző helyekről származó mérési eredményeinket!
- Nézz utána, mi a különbség a korom, por és pernye között!

A levegőszennyezés eleinte csak a szennyező forrás közvetlen környékén, az ipartelepeken, nagyvárosokban érezte következményeit, elsősorban az emberre gyakorolt hatásként (44.1. ábra). Ma már a sokszor hosszan tartó vagy ismétlődő szennyeződések egyre nagyobb területeket érintenek (44.2. ábra). Az élővilág számára az egyik



44.1. ábra. A levegő szennyeződésének forrásai



44.2. ábra. Sötét folt jelzi a levegőszennyezés egyik következményét, az „ózonlyukat”

legsúlyosabb levegőszennyeződést a légkör növekvő *kén-dioxid-tartalma* okozza. A tüzelőanyagok elégetéséből származó kén-dioxid gáz alakjában, a levelek gázcserenyílásain keresztül bejuthat a sejt közötti térbe, ahol vizes közegben mint sav erősen roncsoló hatást fejthet ki. De közvetlenül reakcióba léphet a zöld színtestek színanyagaival is, meggátolva ezzel a fotoszintézis folyamatát. Ha a kén-dioxid-gázt a légkör vízgőztartalma köti meg, akkor savas eső formájában a szennyező forrástól távoli területekre is eljuthat. Ez nemcsak közvetlenül hat a növényzetre, hanem befolyásolja a talaj kémhatá-

Az első zuzmóvizsgálatok

A XX. század második felében egy egészen új területen kezdték a zuzmókat „felhasználni”. Erre az időre tisztázódott, hogy a zuzmóknak milyen nagy a tűrőképességük a természetes abiotikus környezeti tényezők többségével szemben, annyira érzékenyek a levegő szennyező anyagaina. Így kezdődtek meg a zuzmók elterjedésének a változásán alapuló bioindikációs vizsgálatok. Annak ellenére jelenthetjük ki ezt, hogy a legelső zuzmókon alapuló „bioindikációs jelzés” Erasmus Darwin (1731–1802) nevéhez fűződik, aki 1790-ben arról számol be, hogy a rézfeldolgozó műhelyekből kikerülő szennyezett levegő hatására eltűnnek a zuzmók a környékről. A rendszeres vizsgálatok Skandináviában, Svédországban kezdődtek az 1920-as években, és gyorsultak fel, illetve szélesedtek ki az 1970-es, 1980-as években Európa-szerte. Jól tükröződik ez a tendencia a magyarországi adatok alakulásán. Az első hazai eredmény 1906-ból való. Az első városi „zuzmótérkép” Debrecen levegőszennyezettségi állapotait tükrözi 1941-ből. Az 1970-es évektől egyre intenzívebbé váltak az ilyen jellegű hazai vizsgálatok. Készült egy „zuzmótérkép” Szeged környékéről 1979-ben, majd felgyorsulnak az események. Budapest egyes részéről 1982-ben, 1984-ben, 1985-ben, 1990-ben született egy-egy tanulmány (34.4. ábra). Eközben Szombathelyről 1986-ban, Miskolcra 1990-ben, 1991-ben, 2000-ben, Sopronról és Szolnokról 1992-ben, Vácra 1993-ban látott napvilágot egy-egy publikáció. A településeken egyrészt a füstgázokból származó kén-dioxidnak (pl. *Lepraria incana*, *Parmelia sulcata*), másrészt a közlekedés kipufogózáiból származó nitrogén-oxidoknak ellenálló fajok (pl. *Physcia tenella*, *Xanthoria parietina*) megléte, illetve az ezekre érzékeny fajok hiánya szolgáltat információt a település levegőszennyezettségének mértékéről.

- Készítsd el lakóhelyed vagy az iskola környékének zuzmótérképét!

Olvasmány



44.3. ábra. Savas esők okozta fenyőpusztulás

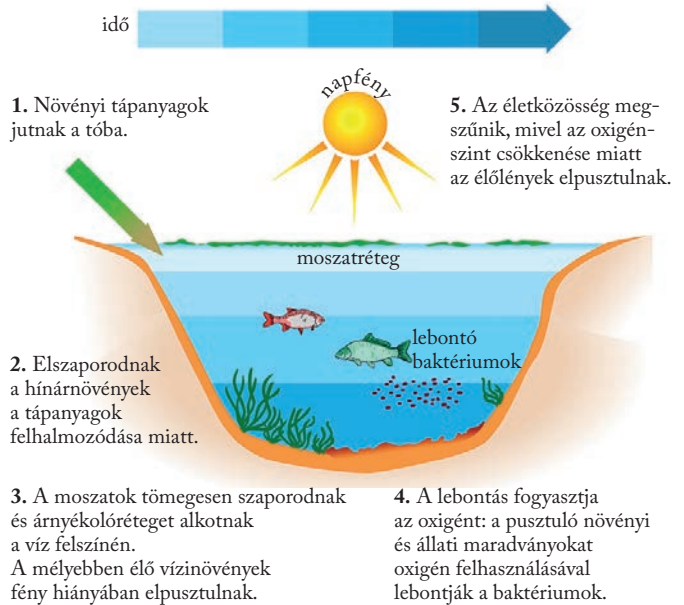
sát és élővilágát is. A növények és a talaj élővilága viszont csak bizonyos hatások között viselik el a kémhatás megváltozását. A levegő szennyezettségére az erdőt alkotó fafajok többsége különösen érzékeny. Ezért olyan veszélyeztetettek a nagy ipari központokhoz közel fekvő erdők (44.3. ábra).

Keress az interneten grafikonokat a levegő kén-dioxid-tartalmának az elmúlt évtizedekben bekövetkező változásairól! Értelmezd a talált adatokat!

Vízzennyezés

A **vizek szennyeződése** elsősorban olyan következményekkel jár, hogy csökken vagy megszűnik a bennük zajló élettevékenység. A vizek biológiai minőségének romlását részben a szerves anyag megnövekedett mennyisége, részben a biológiailag aktív mérgeanyagok okozzák. A természetes vizekben a szerves anyagok lassan lebontódnak, a bomlási termékeket pedig tápanyagként újra felhasználja a vízi növényzet. Ehhez az öntisztulási folyamathoz a vízben lévő oxigénre is szükség van. Természetes körülmények között a szerves anyag termelése és lebontása között egyensúly alakul ki. Ha azonban külső tényezők – pl. sok nitrogént vagy foszfort tartalmazó szennyvíz beáramlása – jelentősen megnövelik a természetes vizek tápanyagtartalmát, ez megzavarja az öntisztulási folyamatot (44.4. ábra).

A szervesanyagokban gazdag, *eutróf* vízben ugyanis erőteljesen megnő a szerves anyag termelése. Az elhalt élőlények szerves hulladéka az aljzatra kerül, ahol a lebontó élőlények egy idő után

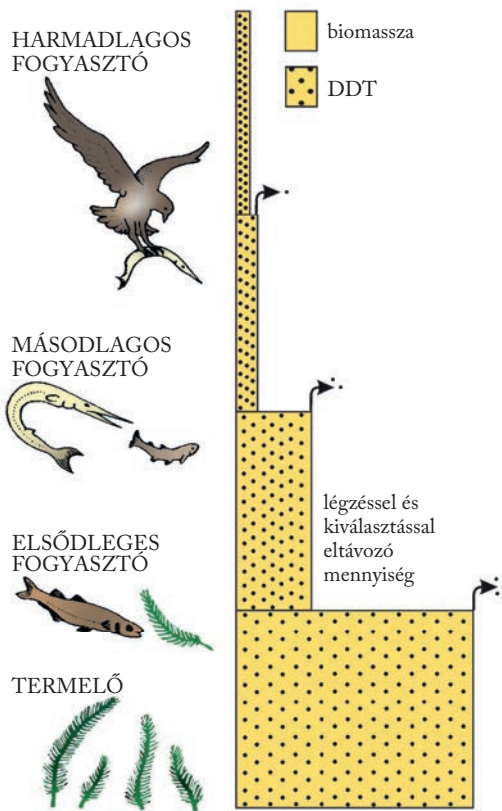


44.4. ábra. Az eutrofizáció folyamata és következménye

már nem képesek a megnövekedett mennyiség feldolgozására. A felhalmozódó iszapban lebomlási folyamatok indulnak be, amelyek jelentős mennyiségű oxigént vonnak el a vízből. A túl sok szerves anyagon elszaporodnak a heterotróf táplálkozású mikroszervezetek, amelyek szintén oxigént használnak a légzésükhöz. A vízben az egyre csökkenő oxigéntartalommal egyidejűleg növekszik a mérgező anyagcseretermékek, például az ammónia vagy a kén-hidrogén mennyisége. Az ily módon előregedő természetes víz az eutrofizálódás folyamatában lassan feltöltődik iszappal, majd mocsaras, lápos területté alakul át. A Balaton eutrofizálódási folyamatának rendszeres vizsgálatát az 1970-es években kezdték. A legtöbb elsődleges produkciót, a legnagyobb mérvű hínárosodást és iszapképződést a Keszthelyi-medence területén észlelték. Ennek oka az volt, hogy a vízgyűjtő területről ide befolyó vizek (pl. a Zala folyó) különböző mennyiségű és összetételű mezőgazdasági eredetű tápanyagot hordtak a tóba. Ezek forrásai az állattartó telepekről elszivárgó trágya és a földekről a csapadékkal bemosódó műtrágyafelesleg volt. A korábban lecsapolásra kijelölt Kis-Balaton lápos, mocsaras területeinek eredeti formájában történt helyreállításával sikerült megközelítőleg visszaállítani a Balatonba tartó vizek szűrését és az öntisztulási folyamat egyensúlyát.

A vizekbe kerülő biológiailag aktív mérgeanyagok közül a legelterjedtebb a mezőgazdaságban használt növényvédő szerek és a háztartásokból bekerülő szintetikus mosószerek vízzennyező ha-

tása. Ezeket az anyagokat a természetes vizekbe a bevezetett szennyvíz vagy a talajon keresztül beszivárgó csapadék szállítja. Mivel többségük nem képes kémiaiilag beépülni a természetes anyagforgalomba, ezért az ökológiai rendszerek különböző táplálékhálózataiban felhalmozódhatnak, esetenként súlyos mérgezést okozva egyes fogyasztói szintekben (44.5. ábra). A szárazföldi édesvizek felgyülemelő szennyeződése végső soron a tengerekbe jut. Ez elsősorban a partközeli vizeket sújtja. A tengeri környezet legveszedelmesebb szennyezési forrása azonban a kőolaj.



44.5. ábra. Rovarirtó szer felhalmozódása egy vízből induló táplálékhálózat tagjaiban

Vizek olajszennyezettségének hatása a vízimadarakra

Anyagok és eszközök: 2 db főzőpohár, víz, gázolaj, 2 db madártoll

Végrehajtás: Vegyünk két 200 cm³-es főzőpoharat! Az egyikbe töltsünk gázolajat, a másikba pedig vizet! Mártsunk egy-egy madártollat a főzőpoharakba!

- Figyeljük meg, mi történik!

Keress adatokat tartályhajó-katasztrófákra, és káros következményeikre!

Hogyan regenerálódik az élővilág egy-egy tankhajó-katasztrófa után?

A kőolaj szennyező hatása már a nyílt tengeri vizeket is eléri. A kőolaj vékony, hártyszerű réteg formájában kerül szét a víz felszínén, akadályozza a víz oxigénfelvételét, elnyeli a fényt, csökkenti a vízi növényzet fotoszintézisét, bevonja a vízimadarak (44.6. ábra) és tengeri emlősök testfelületét. A kőolaj-szennyeződés előidézői a tengerbe telepített kőolaj-kitermelő helyek, a tengeri kőolajvezetékek, a tartályhajók mosásából származó olaj, a tankhajók katasztrófái, a tengerpartra telepített kitermelő- és finomítóüzemek. Mindezekből évente átlagosan több mint 10 millió tonna kőolaj kerül a tengerekbe. Hogy ez mekkora veszélyt jelent, ahhoz elég annyit tudni, hogy 1 tonna kőolaj 12 km² tengerfelületet von be vékony olajhártyával.



44.6. ábra. Kőolaj-szennyeződéssel bevont madár

Talajszennyezés és talajpusztulás

A termőtalajt a talajszennyeződés és a talajpusztulás egyaránt károsíthatja. A **talajszennyeződést** főleg a helytelen műtrágyázás és a növényvédelem során a talajba kerülő és feleslegesen ott maradó vegyületek okozzák. A talaj szennyeződése sok esetben egyet jelent a talajban lakó lebontó és a humuszképződésben fontos szerepet játszó baktériumok, gyűrűsférgék, ízeltlábúak és más élőlények pusztulásával. Mivel 4-5 cm vastag termőtalaj képződése több mint száz évig is eltarthat, a rossz és túlhajtott talajkihasználás hosszú távú problémát okozhat a növénytakaró felújulásában, elsősorban az erdők életében.



44.7. ábra. Erodálódott talajfelszín

A **talajpusztulást** (talajerózió) a víz és a szél állandó hatása idézi elő. Ezt a természetes folyamatot az emberi beavatkozás jelentősen felgyorsíthatja. Mivel elsősorban a növényzettel ritkábban borított területeket érinti ez a folyamat, ezért az erdőirtás vagy a természetes rétek és gyepek feltörése, a külszíni bányászat, a zöldmezős beruházások mindig együtt járnak a talajpusztulás veszélyének fokozódásával (44.7. ábra).

A trópusi esőerdők irtása után a talajban lévő kevés tápanyagot az állandó esőzés rövid időn belül a mélyebb rétegekbe mossa. Az irtás helyére telepített ültetvény vagy a másodlagosan kialakuló természetes növényzet ezért egy idő után vagy sínylődik, vagy kipusztul. Ha minden feltétel megvan az erdő újra kialakulásához, akkor is nagyon hosszú idő szükséges a helyreállási folyamathoz. Kambodzsában, Angkor környékén például a 600 évvel ezelőtt kiirtott trópusi esőerdő jelenlegi növényzete még mindig nem hasonlít teljesen a környező terület háborítatlan erdejéhez.

Hasonló példákat számos más trópusi területről is hozhatunk. A gyors talajpusztulást igen lassú regeneráció követi.

A növényzet eróziót megakadályozó hatásának vizsgálata

Anyagok és eszközök: 2 db gyümölcstároló lapos láda, 2 db tálca, gyeptéglák, termőföld, öntözőkanna, csapvíz

Végrehajtás: Két gyümölcstároló lapos ládát („szőlősláda”) állítsunk be úgy, hogy az aljuk kb. 30°-ot zárjon be a vízszintessel! Ezután az egyik ládába helyezünk el szorosan illeszkedve néhány gyeptéglát, a másik ládába kb. ugyanolyan vastagságban töltsünk termőföldet! A ládák végéhez tegyünk egy-egy tálcat, majd öntözőkannával permetezve locsoljunk lassú ütemben egy fél kanna vizet a talajok felszínére!

- *Hasonlítsuk össze a tálcákon összegyűlt, lemosott talaj mennyiségét!*

Kérdések és feladatok

- 1 Miért veszélyes az élőlényekre a levegő kén-dioxid-szennyezettsége?
- 2 Nézz utána, milyen pH-ja volt a valaha hullt legsavasabb esőnek!

- 3 Mit jelent a vizek öntisztulása?
- 4 Mit jelent a vizek eutrofizációja a fajmegőrzésben és a diverzitásvédelemben?

ÖSSZEFOGLALÁS

1 Mutasd be a hierarchikus szerveződés lényegét az egyed-populáció és a populáció-társulás szint viszonyában!

2 Néhány példán keresztül igazold, hogy a bioszféra kölcsönhatásban van az abiotikus környezeti tényezőkkel!

3 Készítsd el egy melegkedvelő szűk tűrésű, egy hidegkedvelő szűk tűrésű és egy hőmérsékletre nézve tág tűrésű faj tűrésdiagramját!

4 Miért tér el egymástól a direkt fény és a szórt fény hullámhosszának összetétele?

5 Keress példákat arra, hogy azonos rokonsági körben a hidegebb területeken élő fajok nagyobb méretűek a melegebb területeken élő rokonaiknál!

6 Hajtsd végre az alábbi kísérletet!

Anyagok és eszközök: aljzatukkal együtt begyűjtött zuzmótelepek, Petri-csészé, nedves szűrőpapír, 2 db széles szájú 200 cm³-es Erlenmeyer-lombik, kénzalag, gyufa, 2 db óraüveg, csipesz

Végrehajtás: A két lombik aljába nedves szűrőpapírra helyezünk el egy-egy egészséges zuzmótelepet. Ezt követően az egyikben – csipesszel fogva – égessünk el egy 2 × 2 cm-es kénlapdarabkát, majd mindkettőt fedjük le óraüveggel! 30 perc elteltével hasonlítsuk össze egymással a két lombikban lévő zuzmótelepet!

- *Mit tapasztaltunk?*

7 Miért nem tekinthetjük a talajt holt anyagtömegnek?

8 Keress az interneten videót sáskajárásról! Nézz utána, mi a gradáció!

9 Melyek azok a populációs kölcsönhatások, amelyek minden populációt érintenek? Indokold meg a válaszodat!

Kérdések és feladatok

10 Mutasd be néhány példán az együttélés változatos megnyilvánulási formáit az állatvilágban!

11 Társulások színteztettségének vizsgálata
Anyagok és eszközök: Növényismeret, Állatismeret című könyv, kézi nagyító

Végrehajtás: Járjuk be a mintaterületet, és jegyezzük fel, hány szint különíthető el a vizsgált társulásban! Határozzuk meg az egyes szintek legjellemzőbb és meghatározó növényeit! Azonosítsunk néhány állatfajt az egyes szintekből!

- *Milyen környezeti tényezők játszhattak szerepet az egyes szintek kialakításában?*
- *Hogyan tükröződik ez a szintek térbeli elrendezésében?*

12 Szukcesszió vizsgálata
Anyagok és eszközök: Növényismeret című könyv, kézi nagyító

Végrehajtás: Keressünk a sziklás élőhelyeken nyílt, félig zárt, többé-kevésbé zárt és zárt gyeprészleteket! Határozzuk meg a jellemző fajokat!

- *Foglaljuk tabellákba a különböző záródási szintű társulások jellemző fajait!*
- *Gyűjtsük ki a csak egyes záródási állapotokra jellemző fajokat! Hasonlítsuk össze eltérő alapkőzetű (vulkánikus, mészkő, dolomit, homok) nyílt, félig zárt és zárt gyeptársulások fajait.*

13 A mélytengeri ökoszisztémák energiaforrását a kemoautotrófia jelenti. Mutasd be, miként, milyen folyamatokon keresztül!

14 Állíts össze fotókból egy tengeri táplálékhálózatot!

A Kárpát-medence természeti értékei



45. lecke

A Kárpát-medence élettelen környezeti jellemzői



Magyarország a Kárpát-medence (vagy másik néven Pannon-medence) közepén terül el. A természetes élővilágát meghatározó élettelen (abiotikus) **környezeti tényezők** közül az éghajlat összetevőinek átlagos értékei változatosak, a klíma **a száraz kontinentálistól a nedves kontinentálisig** változik. A négy évszak periodikus változásai, a hideg tél és a meleg nyár a növényvilágot és az állatvilágot a szélsőségekhez való alkalmazkodásra kényszerítette.

Hazánk éghajlati adottságai

Magyarország **éghajlatát** legfőképpen a nyugati szelekkel érkező **csapadékdús óceáni** és a délnyugatról áramló **mediterrán légtömegek** alakítják. Ezenkívül befolyással van rá a keleti, többnyire **száraz kontinentális légtömegek** hatása is. A **napsütéses órák száma** évente 1750 és 2100 óra között mozog. A legtöbb napsütéses óra júliusra, a legkevesebb decemberre esik. **Évi középhőmérséklete** 10 °C körül van, az évi közepes hőingás az egész országban eléri a 20 °C-t. A leghidegebb hónap a január, a legmelegebb pedig a július.

Nézz utána az interneten, milyen szélsőséges hőmérsékleti vagy csapadékbeli értékek voltak tapasztalhatók az ország területén a közelmúltban!

A vízellátottságot biztosító **csapadékmennyiség** sem térben, sem időben nem egyenletes, ami területenként hosszabb-rövidebb ideig tartó száraz időszakot eredményez. A **területi eloszlást** részben a **domborzati viszonyok**, részben a **medencejelleg** befolyásolja. A csapadék éves mennyisége nyugatról kelet felé haladva egyre csökken. A legtöbb csapadékot az Alpokalja és a Vendvidék, valamint az Őrség kapja (900–1400 mm/év), legszárazabbak az Alföld középső területei (500–600 mm/év).

Helyezz el egy csapadékmérő edényt az iskola udvarán, és jegyezd fel az esős napokon a lehullott csapadék mennyiségét!

Hazai talajtípusok

A társulásokat kialakító növényzet összetételét az élőhely **talajtípusa** is alapvetően meghatározza. Számos típusa közül leggyakoribbak az éghajlat és a növényzet hatására létrejött **zonális talajok**, vagyis a barna erdőtalajok és a mezőségi fekete talajok különböző formái. A humuszban gazdag, morzsás

szerkezetű, laza, jó levegő ellátottságú és jó vízgazdálkodású mezőségi talajok a legértékesebbek a nagy diverzitású társulások – és a mezőgazdasági művelés – számára. Alapanyag a lösz, a jégkorszakok idejéből származó és leülepedő szálló por. Az Alföldön és a dombvidéken is jellemző, valamint a hegyek előterében, ahol a szél esetenként 50–60 méter magasságban is felhalmozta évszázadok alatt. A „hegylábi lösz” végigkíséri hegyvonulatainkat.

Tanulmányozd a Földrajzi atlasz hazánk talajait bemutató térképét! Azonosítsd a megegyező talajtípusú területeket!

A folyók ártereit öntéstalajok borítják, míg a kiszáradó területek nagy részén sós, terméketlen szikések alakultak ki. Ezt a kedvezőtlen, szellőtlen, tömött talajtípust csak különleges szerveződésű növények képesek elviselni. Hazai szikeseink egy része természetes eredetű, egy része azonban az Alföld elhibázott vízgazdálkodási rendezésének, a folyószabályozásoknak a következménye.

Sajátos társulások élnek a vizet könnyen át eresztő, meszes vagy mészmentes, savanyú, csekély humusztartalmú homoktalajokon is.

A talajok fizikai tulajdonságai, biodinamizmusa, vízgazdálkodása függ a talaj kötöttségétől, amit a

Talajkötöttség megállapítása

Anyagok és eszközök: különféle talajok, víz

Végrehajtás: A talajból egy evőkanálnyit a tenyerünkbe veszünk, és kevés vizet teszünk hozzá. Ujjaink segítségével tézstaszerűvé gyúrjuk.

Értékelés:

- ha két tenyerünk között golyóformálás közben szétesik: homoktalaj
- ha golyó gyúrható, de hengerre sodrás közben szétesik: agyagos homoktalaj
- ha kisodorható, de gyűrűvé nem tudjuk hajlítani: homokos agyagtalaj
- ha gyűrűvé is hajlítható: agyagtalaj

talaj homokos (mm-es nagyságrendű) és agyagos összetevőinek aránya befolyásol. E szempont szerint három alaptípusba soroljuk a talajokat: kolloidális méretű összetevőket nem tartalmazó *homoktalaj*, a közetszemcséket és agyagkomponenseket egyaránt tartalmazó *vályogtalaj*, és a csupán kolloidális méretű összetevőket tartalmazó *agyagtalaj*.

A növényzet hatása az abiotikus tényezőkre

Anyagok és eszközök: ablakhőmérő, minimum-maximum hőmérő, higrométer, mérőszalag.

Végrehajtás: Mérjük meg egy növénytársulásban (erdőben, réten, kertben, szántóföldön) a növekedési időszakban a talajfelszín és a növényállomány léghőmérsékletét és a vízgőztartalmát! Ugyanebben az időben mérjük meg ezeket az adatokat növényzetmentes környezetben is valahol a közelben! Hasonlóan végezzünk összehasonlító vizsgálatokat később, a vegetatív fejlődés csúcspontján is! A vizsgálatokat 10 cm és 100 cm magasságban végezzük!

- *Dolgozzuk fel összehasonlító diagramon a növényállományban és a vegetációmentes területen kapott mérési eredményeinket!*

Hazánk vizei

A természetes élővilág kialakulásában fontos a Kárpát-medence **vízellátottsága** és **vízkészlete**. Mivel a Duna középső folyásának területét foglalja magába, jelentős felszíni vízkészlettel rendelkezik, igaz, ennek 96%-a a szomszédos országokból érkezik hozzánk. Medencejellegéből következően hatalmas vízgyűjtő, hiszen a Kárpátok karéjának csapadékvízén túlmenően az Alpok keleti lejtőinek vízfolyásai is ide vezetnek, sőt a Duna az Alpok északi területeiről is ide hozza a csapadékot. Ami a föld alatti vízkészleteinket illeti, hazánk vízföldtani adottságai igen jók.

Kérdések és feladatok

- 1 Milyen hatások befolyásolják a Kárpát-medence fény- és hőmérsékleti viszonyait?
- 2 Mely tényezők eredményezik a csapadék egyenetlen eloszlását a Kárpát-medencében?
- 3 Milyen összefüggést látsz a talaj vízháztartása és hőháztartása között?
- 4 Hasonlítsd össze a szikes talajok és a lösztalajok szerkezetét!

46. lecke

A Kárpát-medence élővilága



Növényföldrajzi szempontból hazánk a **mérsékelt övi lombhullató erdők** (46.1. ábra) zónájába tartozik, csak délkeleti részére jellemző a kelet-európai területekről idáig elért **füves puszta**. Ez azt jelenti, hogy a természetes szukcesszió zárótársulása hazánk nagy részén valamilyen lomberdő, délkeleten pedig gyepek.



46.1. ábra. Egyik érintetlen erdőnk, a Fényi erdő

A pannon régió természeti jellemzői

A Kárpát-medence olyan „ütközőzóna”, ahol eltérő éghajlati jellemzők éreztetik hatásukat. Nyugat felől az óceáni, atlanti hatás érződik, délről a meleg mediterrán, keletről a hideg puszta klíma. Az eltérő éghajlatú területek növényvilága és állatvilága különbözik. A Kárpát-medencében a más és más éghajlati viszonyokra jellemző fajok elterjedési területei, valamint növényzeti övek találkoznak. A medencejelleg miatt ugyanakkor az élőhelyeire bizonyos mértékű *elszigeteltség* is jellemző, ezért magas a csak itt élő, bennszülött növény- és állatfajok száma. Ennek köszönhetően az ország egy önálló növény- és állatföldrajzi tájegységhez, a **pannon régióhoz** tartozik.

A pannon régió élővilága sokat változott az évmilliók során. Mai összetételét alapvetően befolyásolták az elmúlt százezer év ismétlődő éghajlati változásai. Hideg átlaghőmérsékletű periódusok – a jégkorszakok (glaciálisok) – és melegebb átlaghőmérsékletű időszakok (interglaciálisok) váltogatták egymást, többször ismétlődve. Jég sohasem

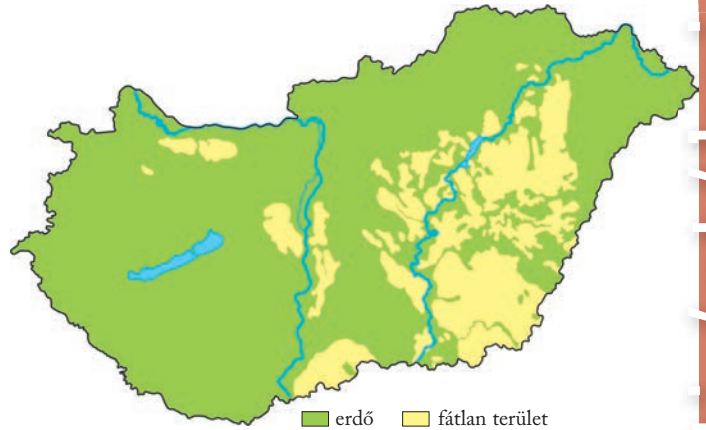


46.2. ábra. Kék szárnányér

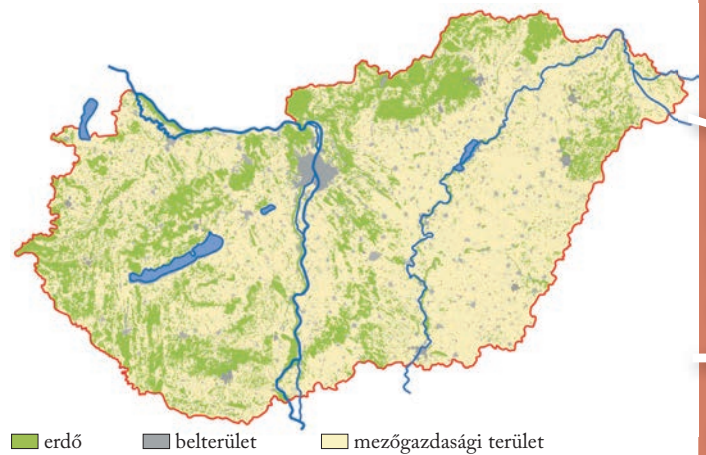
borította a területet, a lehűlések idején a sarkkörön túli vidékre ma jellemző, tundrára emlékeztető, hidegtűrő fajokból álló, lágú száru növénytakaró tört előre (46.2. ábra), míg a korábban domináló lomberdők és a fenyvesek visszahúzódtak. A felmelegedési időszakokban viszont a tajga és a lomb-erdők húzódtak ide, és váltották fel a tundrát. Sőt, a legmelegebb időszakokban a mai mediterrán területeken élő növények közül is akadtak olyanok, amelyek megtelepedtek a számukra alkalmas mikroklimájú területeken. Az utolsó eljegesedés utáni fokozatos felmelegedés hatására bükk-, tölgy-, gyertyán- és mogyorófajokból álló lomberdők váltak uralkodóvá a hegy- és dombvidékeinken. Az Alföld azonban csak részlegesen erdősült be, olyan rónaság maradt, amelyet a szárazabb területeken laza szerkezetű erdőfoltokkal tarkított sztyepp, a nedvesebb területeken mocsaras, lápos, ligeterdős tájak jellemeztek.

Magyarország természeti jellemzői az elmúlt ezer évben

Hazánk természeti képe az utolsó egy évezredben is sokat változott. Ennek oka azonban már az emberi beavatkozás. A honfoglalást követően az erdős sztyepp erdőinek jó részét kiirtották legelőnyerés céljából, később pedig mind nagyobb területet vontak mezőgazdasági művelés alá (46.3–4. ábra). Elsősorban a kiváló adottságú, igen termékeny löszterületeken kezdődött meg a gabonatermesztés, a hegylábak löszterületein a szőlők és gyümölcsösök telepítése. Ennek következtében napjainkra alig néhány érintetlen löszgyep maradt meg utak mentén, meredek domboldalakon,



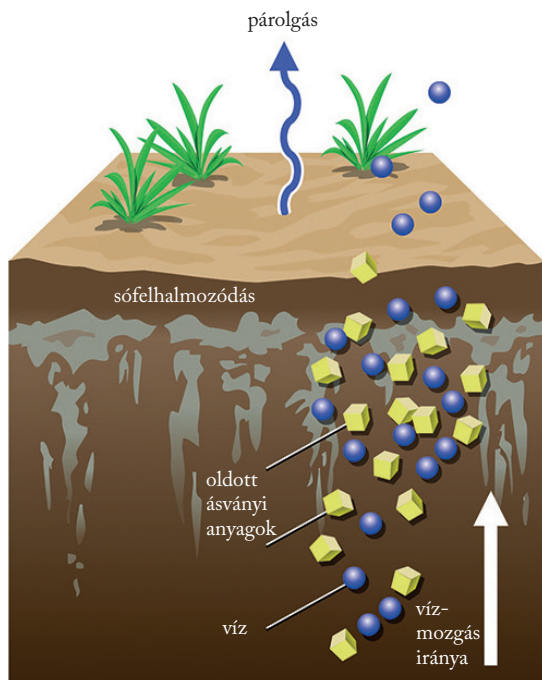
46.3. ábra. Magyarország növényzete a honfoglalás előtt



46.4. ábra. Magyarország növényzete napjainkban

olyan helyeken, amelyeket valamilyen oknál fogva nem lehetett megművelni. Az Alföld természeti képét jelentősen átforgalmazta a XIX. században végrehajtott folyószabályozás is (46.5. ábra).

A Tisza elsősorban árvízvédelmi szempontok szem előtt tartásával történő szabályozása komoly ökológiai hatásokkal járt. A talajvízszint ugyanis jelentősen csökkent, ezért a mentett területeket legfeljebb legelőként hasznosíthatták, mezőgazdasági művelésre többnyire alkalmatlanná váltak. Az egyre alacsonyabbra süllyedő talajvíz miatt kipuuszult az Alföld **gyöngyvirágos tölgyeseinek** nagy része, és számos természetes élőhely szűnt meg a területen. Nyári csapadékhiánynál a környező mezőgazdasági területeken is vízhiány lépett fel, így jelentősen nőttek az aszálykárak. A talajvízszint csökkenése miatt felgyorsult a **szikesedés** is (46.5–6. ábra). Szikesek ott jönnek létre, ahol a bőséges csapadék a talaj kationjait a talaj alsóbb rétegeibe mossa. Az ezt követő gyors felmelegedés következtében a gyorsan felfelé mozgó víz csak a



46.5. ábra. Szikesképződés

könnyen mozgó, kis méretű kationokat hozza vissza a felszín közelébe, elsősorban a nátriumiont. A tartós szárazság kedvez a szikesedésnek az arra alkalmas talajokban, mert minél szárazabb a levegő, annál intenzívebb a víz párolgása, és annál közelebb kerülnek a felszínhez a nátriumionok. Ráadásul a holtágaitól – amelyek nagy mennyiségű víz átmeneti raktározására voltak alkalmasak – megszabadított folyó felgyorsulva halad végig ki-



46.6. ábra. Szikes terület



46.7. ábra. Dolomiten

egyenesített medrében. Hordalékot alig rak le, inkább víz, vízszintjének emelkedése pedig az árvízi veszélyt sem csökkentette jelentősen. Így az Alföld mai élőhelyei természeti okok és az emberi hatás miatt igen változatosak. A vizes és szikes élőhelyek mellett tovább színezi a képet az egykori Duna-meder hordaléka (most a Duna sokkal nyugatabbra folyik, mint korábban), amelyek napjainkban a hajdani futóhomokos térségek maradványai. Ezen a területeken szinte félsivatagi körülmények uralkodnak.

Bennszülött fajok Magyarországon

A Kárpát-medence fekvése, geomorfológiája és klimatikus adottságai változatos élőhelytípusokat eredményeznek, ezért növény- és állatfajokban rendkívül gazdag. Számos közülük itt éri el elterjedése határát. Kelet felől a nyugat-szibériai, északról az Európa hidegebb régióiban élők, nyugatról az atlanti elterjedésű fajok közül nem egy perempopulációja éri hazánk területét. Délről a mediterrán elterjedésű fajok közül is jó néhány még megtalálja életfeltételeit a Dél-Dunántúl szubmediterrán területein. Magyarország élővilága azonban nemcsak fajokban, de természeti értékekben is rendkívül gazdag. Elsőként azok érdemelnek említést, amelyek kizárólag a pannon régió lakói, ezen kívül sehol máshol a világon nem fordulnak elő. Ezek a **bennszülött** vagy **endemikus fajok**. Ilyen a dolomiten vagy másik néven pilisi len (46.7. ábra),

amelynek egyetlen termőhelye az egész világon Pí-lisszentiván közelében, a Budai-hegységben van. Csupán a Kárpátok északkeleti karéjában, a Zempléni-hegységben és az Aggteleki-karszt egyes völgyeiben él az ikrás fogasír (46.8. ábra) vagy a kék meztelencsiga (46.9. ábra). Állatvilágunk egy másik endemikus ritkasága a rákosi vipera, a nagyobb elterjedésű parlagi vipera kizárólag az alföldi nedves réteken élő alfaja. Belsővilágunk is élnek hazánkban, ilyen például a vaskos testű, lomha szöcskénk, a magyar tarsza (46.10. ábra).



46.8. ábra. Ikrás fogasír



46.9. ábra. Kék meztelencsiga



46.10. ábra. Magyar tarsza



46.11. ábra. Cifra kankalin

Maradványfajok Magyarországon

Egy másik csoportot képeznek a **maradvány-** vagy **reliktumfajok**, amelyek letűnt korszakok túlélő tanúi. A jégkori reliktumok a hűvösebb időszakokban északról vagy a magas hegyvidékekről érkeztek hozzánk. A felmelegedést követően azonban arra alkalmas mikroklimájú „hidegzugokban” mint menedékhelyeken (refugiumokban) túléltek



46.12. ábra. Virágzó tőzegáfonya



46.13. ábra. Öves szkolopendra

a számukra kedvezőtlen klimatikus változásokat. Ilyen jégkori maradványfajunk a cifra kankalin és a tőzegáfonya (46.11–12. ábra), amelynek mai élőhelyei a magashegységekben, ezer méter felett vannak. Hazánkban a Dunántúl néhány hűvös szurdokvölgyében alig 300–400 méter magasságban virítanak. A korábbi jégkorszakok közötti felmelegedési időszakok túlélő tanúja például az öves szkolopendra (46.13. ábra), amely hazánk legnagyobb, mintegy 10 centiméteresre növe szőlábúja, vagy a termálvizekben megmaradt fekete csiga.

Keress további példákat reliktumfajokra! Mutasd be őket képeken és rövid jellemzéssel!

Élő kövületek hazánkban

A hazai állat- és növényvilágban akadnak olyanok is, amelyek azért jelentenek természeti értéket, mert „élő kövületeként” jelentős változás nélkül éltek túl kétszáz-háromszáz millió évet. (A ma élő

fajok túlnyomó többsége az utolsó 30–100 000 évvel ezelőtt alakult ki.) Ilyenek például az ősi típusú harasztok, a korpafűfajok (43.9. ábra), amelyek hegyvidéki mészkerülő erdőink ritkaságai.

Nézz utána, hol élnek, és mi jellemző a hazai korpafűfajokra!

Vannak olyan fajok is, amelyek élőhelyeit az ember az elmúlt évszázadokban a mezőgazdasági műveléssel tönkretette, és megmaradt populációik ma egészen kis területekre szorultak vissza, ezért nagy jelentőségűek. Ilyenek egykori nagy diverzitású löszgyepeink. A békési maradvány löszgyepék feltett növényritkaságai a volgamenti hérics, a kónya zsálya, a macskahere, állatvilágából pedig nevezetes a föld alatt élő rágcsáló, a nyugati földikutya (46.14. ábra), valamint az atracélcincér.

Nézz utána, mutasd be kiselőadáson a nyugati földikutyát!



46.14. ábra. Nyugati földikutya

- 1 Milyen tényezők játszottak szerepet a Kárpát-medence mai élőhelyeinek kialakításában?
- 2 Milyen hatással volt az ember a Kárpát-medence mai képeinek formálásában?
- 3 Miért beszélhetünk önálló Pannon növény- és állatföldrajzi régióról?
- 4 Mi a különbség az endemikus fajok és a reliktumfajok között?
- 5 Mi az élő kövület? Mondj rá hazai példát! Miért jelentenek nagy természeti értéket?
- 6 Nézz utána, milyen ősi jellegei vannak a hazánkban élő korpafűfajoknak!

Kérdések és feladatok

47. lecke

A hazai fás társulások főbb típusai



Hazánk erdei

A fás társulások az erdők. Magyarország területének legnagyobb része a **lomberdők zónájába** tartozik. Kivétel az Alföld délkeleti tája, amelyen a zárótársulás füves puszta, valamint a két zárótársulás átmeneti területei, ahol erdős puszta a jellemző. Ennek ma már csak maradványait találjuk. Kivétel még a Dunántúl legnyugatibb része, ahol a tülevelű erdők elegyes állományai találhatóak.

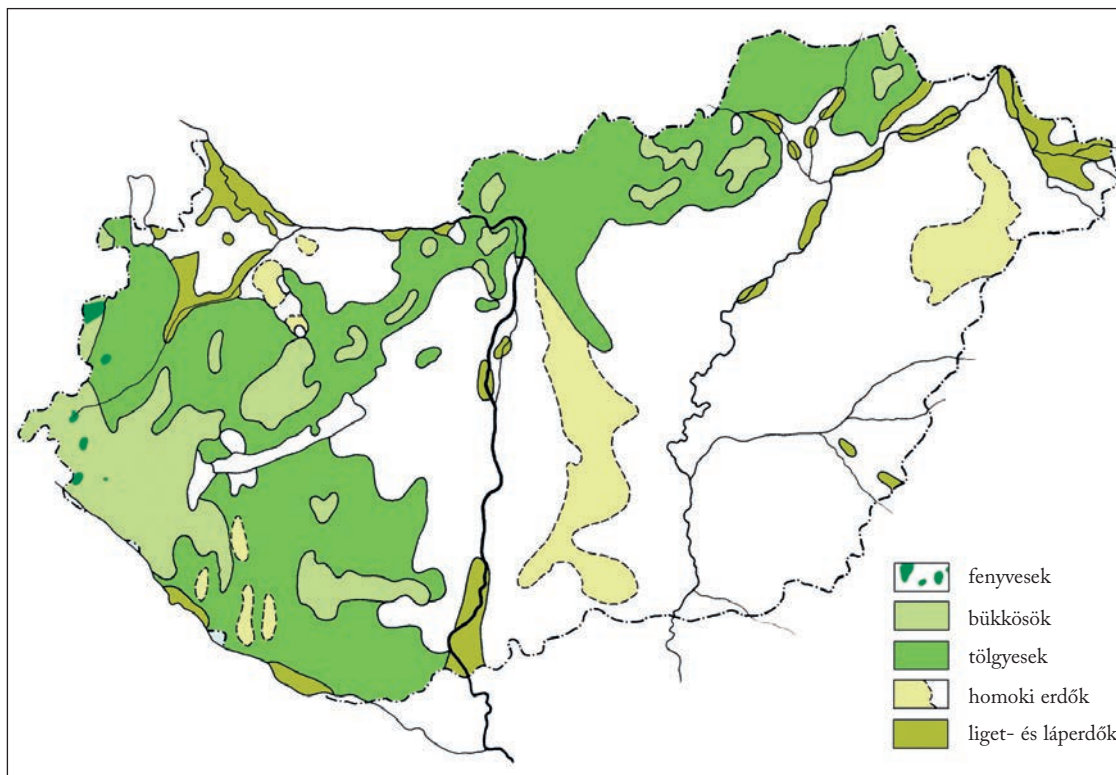
Az eredeti hatalmas erdőségek az elmúlt évszázadok emberi tevékenysége során jórészt mezőgazdasági területekké alakultak át. Amíg hazánk területének az emberi tájalakítás előtt körülbelül 85%-át erdő fedte, ma ez alig éri el a 20% körüli értéket (47.1–2. ábra). Ezeknek az erdőknek – bár kezelt, és jobbára telepített erdők – alig háromnegyede hasonlít a természetes erdeinkhez, a többi a fennmaradásához emberi közreműködést igénylő ültetvényerdő. Az ültetvényerdő, ilyenek az akácosaink, „papírnárasaink”, fenyveseink egy része, katonás sorba rendezett homogén faállományból áll, és 15–20 évenként letermelik.

Tölgy- és bükkerdők

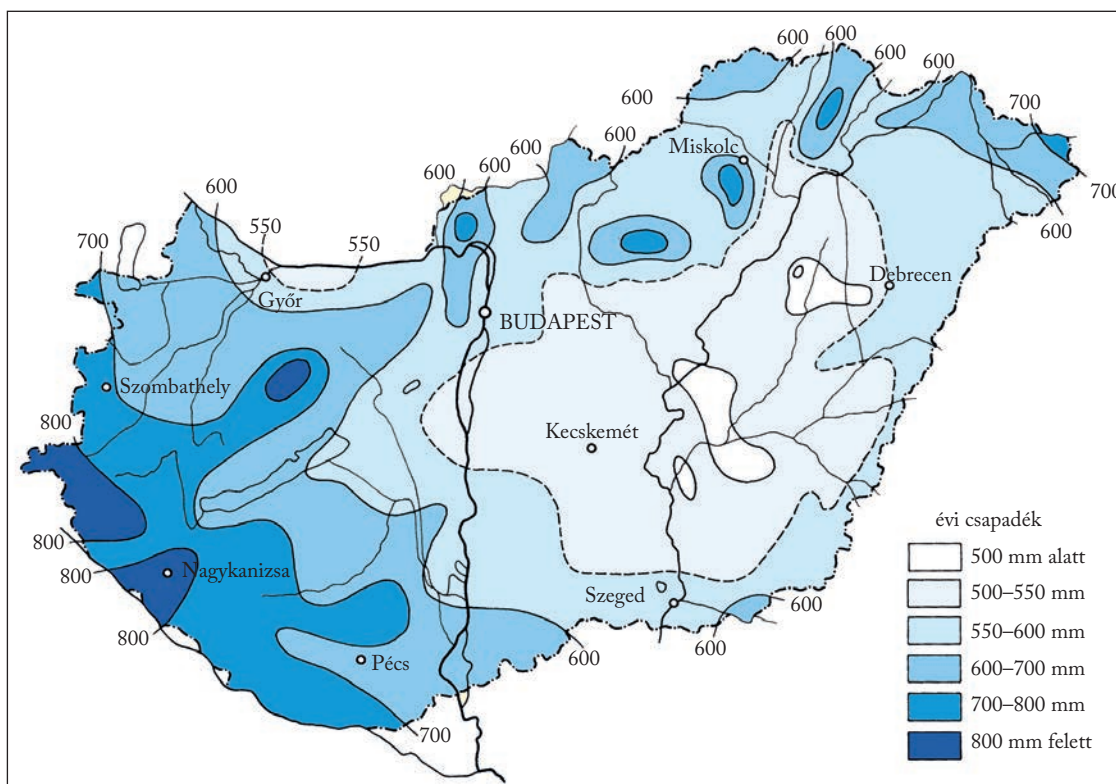
A hazai fás társulások közül a legnagyobb területet a **klímazonális erdők** foglalják el. Elnevezésük onnan ered, hogy kialakulásukban a legfontosabb környezeti tényezők a terület éghajlati adottságai, főleg azok a csapadék- és hőmérsékletviszonyok, amelyek a lomberdők elterjedésére jellemzőek



47.1. ábra. Degradált erdőrészlet a Zempléni-hegységben



47.2. ábra. Magyarország erdővel borított területei



47.3. ábra. Magyarország csapadéktérképe

(47.3. ábra). Élőhelyükön mindig zárótársulást jelentenek, és a legtöbb szerves anyagot termelik.

Milyen hatással lehet egy klímazonális erdőre az éghajlat megváltozása?

Az Alföldre és a „hegylábakra” jellemző klímazonális erdők a **tatárjuharos lösztölgyesek**. Uralkodó fájuk a kocsányos tölgy, és cserjeszintjüket a tatárjuhar képezi. Ennek nagy részét az elmúlt évszázadokban kiváló termőtalaja miatt kivágták, és mezőgazdasági művelés alá vonták. Legszebb ilyen maradványerdőnk Kerecsend határában díszlik.

A klímazonális fás társulások legelterjedtebb hazai típusa a **cseres-tölgyes** erdő (47.4. ábra). A középhegységeken és a dombvidékeken általában 200–400 méteres magasság között alakult ki. Állományaikban két magas fafaj alkotja a lombkoronaszintet, a csertölgy és a kocsánytalan tölgy. Lombkoronájuk átengedi a fényt, ezért cserjeszintjük fejlett. Gyep szintjük kora tavasztól késő őszi virágzó fajokban gazdag (47.5. ábra).

Hasonlítsuk össze egy cseres-tölgyes és egy bükkös áprilisi aljnövényzetét! Határozzuk meg a virágzó fajokat a Növényismeret segítségével! Készítsünk összehasonlító táblázatot a társulásokban élő fajokról!

A középhegységeken általában 400–600 méteres magasság között megtalálható uralkodó fás



47.5. ábra. Tölgyerdő aljnövényzete

társulás a **gyertyános-tölgyes** erdő (47.6. ábra). Állományaikban a gyertyánok a magasabb területeken kocsánytalan tölgyekkel, míg a hűvösebb síkságokon kocsányos tölgyekkel elegyednek. Lombkoronájukban két szintet különböztethetünk meg. Az idősebb korokra magas termetű tölgyek a felső szintet, míg a gyertyánok az alsó szintet alkotják. Az erősen záródó, többszintű lombtakaró a cseres-tölgyesekhez képest jóval kevesebb fényt enged az



47.4. ábra. Cseres-tölgyes



47.6. ábra. Gyertyános-tölgyes

alsó szintekre. Ezért cserjeszintje az előzőnél ritkább, gyepszintjét pedig a hagymás, gumós virágos növények kora tavaszi aspektusa jellemzi. Ezek a lombfakadás előtti, fényben gazdagabb időszakot tudják felhasználni virágképződésükhöz.

A **bükkös** erdők többnyire a hazai közép-hegységek magasabb területeinek (általában 600 méter fölött) társulásai, de a hegyvidékek hűvös északi lejtőire és hideg völgyeibe, valamint az alacsonyabb dombvidéki csapadékos területekre is lehúzódhatnak (47.7. ábra). A társulás lombkoronaszintjét az alacsonyabb területeken tölgygel és gyertyánnal elegyedve, míg a magasabb helyeken egymagában a bükk alkotja. A fényigényes bükkfák sűrűn álló levelei teljesen zárt lombkoronát képeznek, meggátolva a fény útját az erdő belseje felé. Emiatt fejletlen a bükkös cserjeszintje, amely elsősorban a bükk fiatalkori, még árnyéktűrő újulatából áll. A gyepszint is szegényes, néhány árnyéktűrő fajból tevődik össze. Ebben a társulásban is gyakori a hagymás, gumós, lombfakadás előtt virágzó növények aspektusa. Legszebb bükköseink a Bükk hegység magasabb régióiban, a Bükki Nemzeti Park területén találhatóak. Ilyen például a híres, védett Őserdő.

■ Mutasd be képeken egy bükkös kora tavaszi aspektusának virágzó növényeit!



47.7. ábra. Bükkös

Azonális erdők

A hazai fás társulások kisebb részét az azonális vagy másik nevén intrazonális erdők alkotják. Kialakulásukat az éghajlati tényezők hatása mellett elsősorban az eltérő vízellátottság, az alapközet vagy a domborzat módosító hatása befolyásolta.

■ Mutasd be néhány, az internetről letöltött videóval a Gemenci-erdő élővilágát!

A vizek part menti területein alakultak ki a **ligeterdő-társulások** (47.8. ábra). Az alacsonyabb árterületeket évente akár többször is tartósan víz boríthatja. Itt telepedtek meg a bokorfűzes társulások és a kicsit magasabb területeken a fűz-nyár ligeterdők. A terület zárótársulása a tölgy-kőris elegyes ligeterdő. A Duna-Dráva Nemzeti Parkban a Dráva árterén gyönyörű ligeterdők szegélyezik a folyót. Keményfa-ligeterdő a Duna mellett a Gemenci erdő is.

A lefolyástalan, talajvízes területek jellemző társulásai a **láperdők** (47.9. ábra). Az itt is megtalálható bokorfűzes társulás mellett az éger és esetenként a nyír alkot erdő-társulást. A társulások aljnövényzete mocsári növényekből és a nedveskedvelő lágyszárúakból tevődik össze. Nevezetes a Duna-Ipoly Nemzeti Parkhoz tartozó dabasi és ócsai égerláp.



47.8. ábra. Ligeterdő



47.9. ábra. Lápérdő

Az alapkőzet által befolyásolt fás társulások jellemző típusai a homoki erdők. Közös környezeti tényezőjük a homok alapkőzet, amely a felszínen könnyen kiszáradó, alul tartósan nedves sajátosságú. A könnyen mozgó felszín buckái és mélyedései további mikroklímatis hatásokat váltanak ki.

A buckatetőök száraz, meleg lejtőin a nyíltabb *homoki tölgyesek* és a **nyáras-borókás** társulások, míg



47.10. ábra. Nyáras-borókás homoki erdő



47.11. ábra. Molyhos tölgyes

a magasabb talajvízszintű homokterületeken a zárt homoki tölgyesek zárótársulásai találhatók (47.10. ábra). Leghíresebbek a Kiskunsági Nemzeti Park pusztai tölgyesei és a bugaci nyáras-borókások.

A domborzat módosító hatására létrejött fás társulások kisebb kiterjedésű erdők. Főleg közép-hegységeink déli lejtőin a meleg, száraz mikroklíma és a sekély, sziklás talaj hatására alakultak ki.



47.12. ábra. Hársas-körises sziklaerdő

A **molyhos tölgyes** erdők különböző típusú társulásaiban uralkodó fafaj a molyhos tölgy, a lombkorona alatt rendkívül gazdag cserjeszinttel és lágyszárú virágos növényekkel (47.11. ábra).

A törmelékes, sziklás lejtők erdői a **hársas-kőrises társulások** (47.12. ábra). Ezek elsősorban védőszerpet töltenek be, meggátolva a talajpusztulást.

Fenyőerdők

Hazánkban sem az éghajlati, sem a domborzati viszonyok nem kedveznek a nyitvatermő tűlevelű erdők elterjedésének. Ezért a hazai őshonos fenyvesek csak kis kiterjedésű, többnyire elegyes erdőként találhatók meg. A Dunántúl északnyugati részén,

az Alpokalján **lucfenyő**, a délnyugati részén **erdeifenyő** a fő állományalkotó faj. Aljnövényként a sok moha és zuzmó, illetve a sokféle gomba jellemző ezekre a társulásokra (47.13. ábra).



47.13. ábra. Fenyves

Telepített erdeink

Az elmúlt évtizedekben az elpusztult természetes társulások helyére részben erdeifenyő- és feketefenyőfajokat telepítettek. Az erőltetett fenyvesítés csak rövid távon jelent előnyt feldolgozható faanyagával, hosszú távon azonban kifejezetten hátrányos. Nemcsak azért, mert hazánk természeti adottságai alkalmatlanok a tűlevelű erdők ökológiai igényeinek, hanem azért is, mert avarjuk nehezen bomlik le. Így az adott élőhely termőtalaját megváltoztatják, és korai pusztulásuk után a kopár terület talaja alkalmatlanná válik az eredeti természetes társulás befogadására.

Idegen elem a hazai fás társulásokban a XVIII. század végén Észak-Amerikából betelepített fehér akácfa (47.14. ábra). Igénytelensége, gyors fejlődése és mézjelő virágai miatt ma sokfelé elterjedt. Tudni kell azonban azt is, hogy a talaj tápanyagtartalmát szinte kizsarolja, de nitrrogéntöbbletet és ezzel gyomosodást okoz, miközben humuszképzése jelentéktelen. Az eredeti erdei társulásokba behatolva és elszaporodva azok leromlását okozza.

Az alföldi telepített erdőkben a nemesnyárfákat elsősorban gyors növekedésük és papíripari feldolgozhatóságuk miatt termesztik. Aljnövényzetük szegényes, gyakori bennük egy-egy faj túlszaporodása.

Olvasmány



47.14. ábra. Fehér akác

Kérdések és feladatok

- 1 Miért térnek el egymástól a hazai fás társulások előfordulási lehetőségei?
- 2 Mi korlátozza Magyarországon a természetes fenyvesek előfordulását?
- 3 Mi a lényeges különbség a ligeterdő és a lapterdő megtelepedésének élőhelyén?
- 4 Hogyan befolyásolja a domborzat az erdő kialakulását?

48. lecke.

A hazai fátlan társulások főbb típusai.



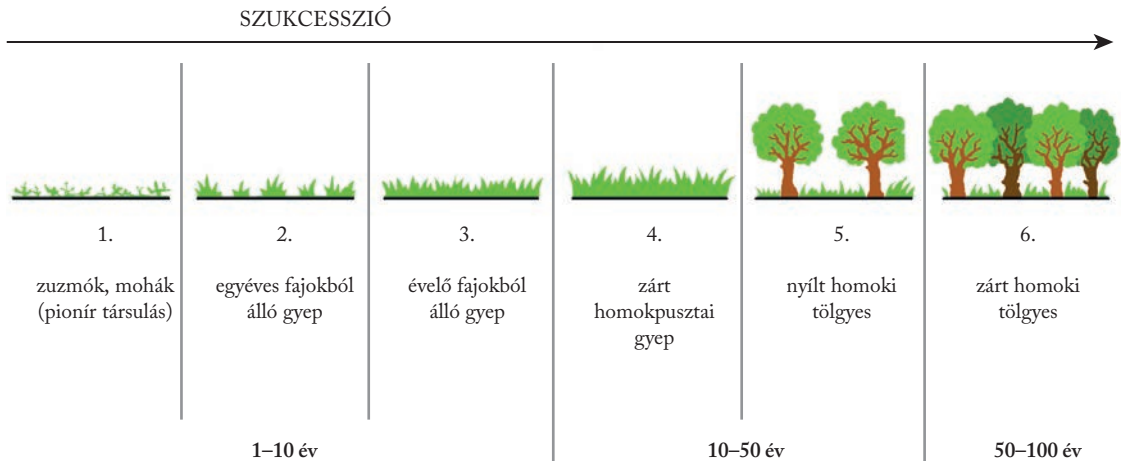
Gyeppek

A hazai fátlan társulások klímazonális gyepeit, a **füves pusztákat** napjainkra szinte teljes mértékben felhasználta az ember, mezőgazdasági területekké alakítva. A máig is megmaradt fátlan társulások a szukcesszió valamelyik szakaszában vannak, kialakulásukat az alapkőzet, illetve a terület vízellátottsága befolyásolta.

Az alapkőzet sajátosságai alakították ki például a Duna–Tisza közén a Kiskunsági Nemzeti Park területén lévő vagy a Nyírségben található **homoki gyepeket** (48.1. ábra). A sajátosságokhoz tartozik a buckák közötti száraz meleg mikroklíma, a talajvíztől való távolság és a szél hatására folytonosan változó homokfelszín. A homoki gyepek élőhelyein jól tanulmányozható a kopár területek beerdősülésének hosszú folyamata. Az egyes szukcessziós lépéseknek megfelelő társulások ugyanis rendszerint egyidejűleg megtalálhatók a buckás élőhely különböző részein. A pionír társulások első képviselői a csupasz homokfelszínen megjelenő moha- és zuzmógyüttesek, amelyeket olyan alacsony, egyéves lágy szárú növények követnek, amelyek jól tűrik a száraz, meleg mikroklímát. Ilyen például a fedél rozsnok vagy a királydinnye. Az egyéves fajokból álló gyepek nem borítják be a talaj teljes felszínét, laza záródású. Ebből a társulásból a talaj felszíni rétegében csak nagyon kevés humusz halmozódik fel. A pionír társulást követi az első jelentős homokkötő társulás, a nyílt homoki gyepek. Bár ez a gyepek sem borítják be teljesen a talaj felszínét, de már többnyire élvel fajokból áll, és viszonylagos védelmet nyújt a szél homokmozgató hatásával szemben. Uralkodó



48.1. ábra. Homoki gyepek



48.2. ábra. Futóhomok beerdősülési szukcessziója

növénye a magyar csenkesz, amely mellett a talajt a moha- és zuzmóegyüttesek fedik be. Még ez a társulás is kevés humuszt képez, de ez már jó alapot teremt a zárt homoki gyep kialakulásához. A társulás már fajokban gazdag gyep, uralkodó faja a csenkeszek mellett a homoki árvalányhaj. A társulás a talajt teljesen beborítja, véglegesen megkötve a homokot. A növekvő humusztartalmú homokon már foltokban megjelenhet a kocsányos tölgy nyílt homoki tölgyest képező állománya, dús cserjeszinttel. Végül az összeérő lombkoronaszint teljesen befedi a területet, zárótársulásként létrehozva a zárt homoki tölgyest (48.2. ábra).

Keress képanyagot az interneten a homoki szukcesszió menetéről!

Az alapkőzeten kialakuló talajviszonyok hozták létre a **szikések** fátlan társulásait. A magas sótartalmat és a kedvezőtlen tulajdonságokat csak szárazságtűrő növények képesek elviselni. Ezért jellemző a szikések növényeire a mélyre hatoló, karóyszerű gyökér vagy a pozsgás hajtás és a gyökök nagy szívéreje. A szikések az Alföld jellemző társulásai, közismert a nagy tömegben előforduló növényük, az orvosi székfű vagy más néven kamilla (48.3. ábra). Nagy összefüggő szikes pusztákat találunk a Hortobágyi Nemzeti Park területén.

A kamilla gyógynövény, gyűjtik is. Nézz utána, hogy a népi gyógyászat milyen jellegű megbetegedésekre javasolja!

Az alapkőzet befolyásolja a **sziklagyep** kialakulását (48.4. ábra) is. Ezek a hazai középhegységek vékony talajborítottságú alapkőzeteinek pionír

társulásai. Alaptípusaik a vulkáni eredetű szilikátos alapkőzeten (Balaton-felvidék), a mészköves területen (Aggteleki-karsztvidék) és a dolomitos alapkőzeten (Budai-hegység) kialakuló sziklagyep. Közös bennük, hogy a növényzet hézagosan borítja a felszínt, tehát maga a kőzet is nagy foltokban látható. Középhegységeink természeti értékekben gazdag sziklagyepet és lejtősztyepprétejt az 1950-es évek felelőtlen „kopárfásítási” akciói komolyan veszélyeztették. A kopárfásítások az 1950-es években a nyílt, főleg dolomitsziklagyepes kőves felszínnek „hasznosítási” programjai voltak. A tájidegen feketefenyő erőltetése értelmetlen és költséges volt, értéktelen fája hasznosíthatatlan volt, lehulló tűlevelei nehezen lebomló, vastag rétegben halmozódott fel a talajon, tönkretéve a páratlan természeti értékeket képviselő, egyedülálló dolomitvegetációt!



48.3. ábra. Kamilla



48.4. ábra. Sziklagyep

Rétek

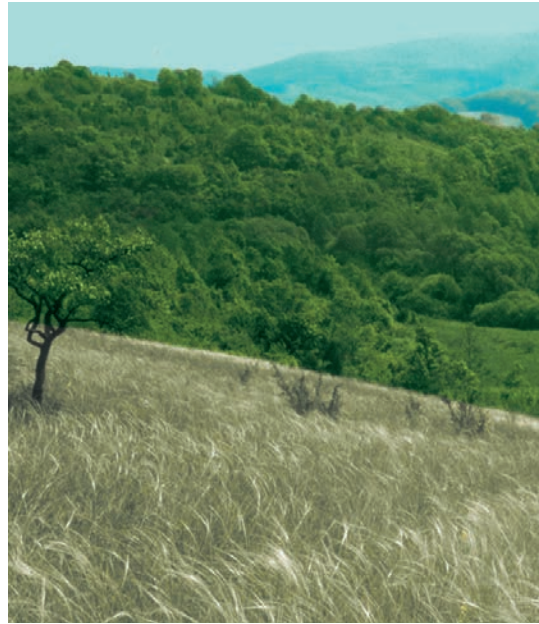
A nyílt sziklagyepet váltják fel a fokozatosan záródó társulások, a zárt sziklagyep, majd a **lejtősztyepprétek** (48.5. ábra). Az alapkőzet közvetlen hatását itt már mérsékli az aránylag vastag és humuszban gazdagabb talajréteg. Kora tavasztól nyár közepéig virágzó fajokban gazdag társulások, amelyek egy rövid kiszáradási periódus után őszi felé ismét kivirágognak. Mivel mindkét típusú társulás állományai sok értékes növényfajt tartalmaznak, feltétlenül védelmet érdemelnek.

Lejtősztyepprétek tavaszi vizsgálata

Anyagok és eszközök: Növényismeret című könyv, kézi nagyító

Végrehajtás: Járjuk be a területet és készítsünk fajlistát az azonosított növényekről! Tanulmányozzuk a testfelépítésüket: a levél, a szár, az áttelelő hajtásrendszer alakját! (Figyelem! A vizsgálatokhoz a növényeket – amelyek többsége védett – nem szabad begyűjteni! A határozást az élő növényen megvizsgált jegyek és a képanyag alapján végezzük!)

- *Írjuk fel tapasztalatainkat! Milyen eltérő szerkezeti sajátosságok tükrözik a hideg elleni védekezést?*
- *A határozókönyv alapján állapítsuk meg, a virágzó növények közül hány % a hagymás, gumós, gyöktörzsű!*



48.5. ábra. Lejtősztyepprétek

A fátlan társulások más típusainak kialakulását a *vízellátottság* szabja meg. A lefolyástalan, pangó vizes területeken, gyakran az egykori láperdők helyén **lápérétek** találhatóak (48.6. ábra). Közös jellemzőjük, hogy az elpusztuló növényzetből a levegőtlen talajban tőzeg képződik. A tőzeges talaj felszínén pedig nagy területeket borítanak be a lombosmohák. Rendszeresen és tömegesen megjelenő fajok a különböző sások, a kissé szárazabb részeken pedig a kékperje. Különböző típusai a terület vízborítottságától és a vízellátás formájától függenek. A forráslápok források mentén, az átmeneti lápok savanyú talajon alakulnak ki.



48.6. ábra. Lápértek



48.7. ábra. Mocsárrét

A friss vízellátású, nyáron gyakran kiszáradó területeken alakultak ki a **mocsárrétek** (48.7. ábra). A talajukban nincs tőzegképződés, mohaszintjük jelentéktelen. Folyamatos fennmaradásukat a legetetés vagy a rendszeres kaszálás segíti elő. Ennek hiányában könnyen elindul a szukcessziós folyamat a bokorfüzes, majd a ligeterdő zárótársulás felé. Mivel a folyóvölgyekben, mélyebb fekvésű helyeken nagy területet foglalnak el hazánkban, fontos gazdasági szerepük van a takarmányozás szempontjából. Uralkodó pászitfűvek a fehértippan, a réti ecsetpászit és a réticsenkesz-fajok. Legszebb



48.8. ábra. Magassásos társulás

mocsárrétjeink májusban ritka, védett orchideafajokban gazdagok. Nevezetes a Duna-Ipoly Nemzeti Parkhoz tartozó dabasi és ócsai mocsár- és láprét.

A sekély vízű területeken vagy az árterek időszakosan vízzel borított területein alakultak ki a **magassásos társulások** (48.8. ábra). Uralkodó állományalkotójuk valamelyik sásfaj, ilyen a posvány-sás vagy a zombéksás. A magassásosok átmenetet képeznek részben a láprétek, részben a mocsárrétek és a vizet szegélyező **nádasok** között (48.9. ábra). Nádasnak nevezzük az egy-két méteres parti vízben gyökerező, de fotoszintetizáló részükkel magasan a víz fölé emelkedő növényzetet, amelyben a nád az uralkodó faj. A nádasok szerepe igen jelentős a vizek életében, a part felől érkező szennyező anyagok kiszűrésében. A nádtövek felületén mikroszervezetekből álló sajátos élőlénygyűttes tenyészik.

A folyószabályozások sok helyen megváltoztatták az árterületek vízviszonyait, s ez az ősi lápos, mocsaras területek élővilágára is kihatott. Az ökológiai problémák felismerését követően egyre több természetvédelmi intézkedés írja elő a természetes társulások fokozott védelmét. Jellemző példa a Kis-Balaton eredeti lápos, mocsaras területének a visszaállítása, mivel igen fontos szerepe van a Zala folyó vízgyűjtő területéről a Balatonba érkező vizek átszűrésében. Az itt található természetes növény-társulások egyben védett élőhelyei a különböző ritka vízimadarak populációinak is.

A fátlan társulások közé soroljuk álló- és folyóvizeink **vízínövényzet-társulásait** is (48.10-11. ábra).



48.9. ábra. Nádas

Elsősorban a Tisza, a Körösök holtágai, az Alföldet átszabduló csatornarendszerek, a Gemenci-erdő pangó vizes területei biztosítanak élőhelyet a társulásoknak, amelyek igen jelentősek a folyó áramló vizes szakaszainak vízminőség-megőrzésében. A part



48.10. ábra. A nyílfü nyilas levélvállal

menti vizek jellemző társulásai a *gyökerező hínárok*, amelyek a sekély víz aljzatában gyökereznek. A társulást alkotók egy része a víz színén szembetűnő növénytakarót alkot, mint például a tündérrózsa. Mások a vízbe alámerülve alkotnak kiterjedt társulást, ilyen a hínáros békaszőlő vagy a süllőhínárok. A nyílt vizek társulásai a *lebegő hínárok*, amelyekre a víz felszínén úszó békalencsefajok és a fonalas zöldmoszatok a legjellemzőbbek. A nyílt vizek felső rétegét egysejtű moszatfajok és apró állatok lebegő tömege, közös néven az édesvízi plankton foglalja el, amely a vízi táplálékhálózat kiindulópontját képezi.



48.11. ábra. Védett vízi páfrány fajunk a rucaöröm

Bolygatott fátlan társulások

Van néhány olyan fátlan társulás is, amely az emberi beavatkozás nyomán alakult ki. Hegyvidékeink erdőirtásain rendszeres kaszálással tartják fenn a *hegyi kaszálórétet*. A rajtuk termő pázsitfűvek jól felhasználhatók takarmányként. Nyár eleji aszpektusukra a tömegesen virágzó kétszikűek jellemzőek, ilyen például a réti margitvirág. Az emberi tevékenység hozta létre a gyomnövények megtelepedését is. A mezőgazdasági művelés alatt álló területek vetési gyomnövényzetére közismert példa a gabonátáblákban található pipacs és a kék búzavirág (48.12. ábra). Szeméthalmokon, útszéleken találjuk a *romtalajok gyomnövényzetét*. Példa erre a szerves anyagokban gazdag hulladékon megtelepedő szőrös disznóparéj vagy az útszéli gyomtársulásokban előforduló tarackbúza.

Olvasmány



48.12. ábra. Gabonátábla szélén is gyakori gyomnövény a pipacs és a búzavirág

Kérdések és feladatok

- 1 Hasonlítsd össze a láprét és a mocsárrét kialakulásának feltételeit!
- 2 Mi a különbség a nyílt sziklagyep és a lejtő-sztyepp szerveződése között?
- 3 Lehet-e zárótársulás gyp? Példával igazold a válaszodat!
- 4 Hasonlítsd össze egy tó feltöltődésének és egy homok erdősülésének szukcessziós sorát!

49. lecke

A hazai társulások állatvilága

Fás társulások állatvilága

A hazai **fás társulások állatvilága** rendkívül sokszínű, fajokban gazdag. A növénypopulációkkal közvetlen kapcsolatban álló növényevők főleg az emlősök és a rovarok, kisebb részben a madarak közül kerülnek ki. Növényevő nagyvadak erdeinkben a *szarvas* (49.1. ábra), az *őz*, a rendkívül szaporra, mindenevő *vaddisznó*, a betelepített *dámvad* és *muflon* (49.2. ábra). Állományuk szabályozásában a vadgazdálkodás fontos szerepet tölt be. Növényevő kisemlős például az *erdei pocok*, az *erdei egér*, a *mókus* vagy a *nagy pele*. Életmódjuk különböző alkalmazkodási formákat mutat a táplálékszegény tél viszontagságainak elviseléséhez. Az erdei pocok és az erdei egér, bár raktárkészletet halmoz fel, télen is mozog az avar és a hó alatt. A mókusok téli aktivitása nagyon lecsökken, a pelék, miután össze felhízlalják magukat, az egész telet átalusszák. Az erdei madarak közül viszonylag kevés a magevő – a *meggyvágó*, az *erdei pinty* –, és a szaporodási időszakban ezek is rovarokat fogyasztanak.

Hasonlítsd össze képek segítségével a meggyvágót és az erdei pintyet! Milyen hasonlóságokat és milyen eltéréseket találsz a felépítésükben? Keresz magyarázatot ezekre!



49.1. ábra. Szarvasbika



49.2. ábra. Muflon



Az erdők tagoltsága igen kedvező a növényevő rovarfajok megtelepedésének, és az energiát szolgáltatató növény minden részének megvannak a speciális fogyasztói. A lepkék lárváinak, a hernyóknak a többsége lombfogyasztó. Például a *gyapjaslepke*, tömeges elszaporodásával olyan súlyosan károsíthatja az erdő lombkoronaszintjét, hogy a tarra rágott fák csak nehezen nyerik vissza eredeti állapotukat. A fák törzsében, ágaiban cincérek lárvái fejlődnek, például a *nagy hörcsincér* lárvája öreg tölgyek fájában él. A kéregben és a hánrcsészben is fejlődnek bogarak, például egyes szúfajok lárvái. A tölgy és a mogyoró makkterméseit például ormányosbogarak lárvái fogyasztják.

Az erdők másodlagos fogyasztóinak, jelentősebb része erdeinkben a rovarokat fogyasztó énekesmadarak közé tartozik. A növényevő rágcsálókkal táplálkoznak a ragadozó emlősök, ilyen a *róka*, a *borz* és a ma már ritkán előforduló *nyuszt*, a *vadmacska* (49.3. ábra) és a *hiúz*. Az erdő rovarevő emlősei a *denevérek* és a *cickányok*. Ragadozó madarak a *baglyok* és a sólyomalkatúak. Ezek közül néhány az egyre csökkenő számuk miatt fokozottan védett. Az emlős nagyvadakat fogyasztó ragadozók hazánk területéről már kipusztultak, ezért fontos az ember szerepe a helyesen megtervezett és végrehajtott vadgazdálkodásban. Annak ellenére is, hogy a hiúzok és a farkasok újra megtelepedtek Magyarországon. Jelenlétük mindenképpen hasznos, hiszen éberségre, mozgásra készítetik a vadat, és fontos szerepet töltenek be a szelekcióban is.

A lehullott levelekkel, bomló anyagokkal, temekkel táplálkozó állatpopulációk a különböző férgek, rovarok, puhatestűek, melyek az avarszint nedves környezetében élnek és táplálkoznak. A természetes erdők társulásainak megismerése és az ökológiai elvek alkalmazása a korszerű erdőművelésben ma már elengedhetetlen követelmény.



49.3. ábra. Vadmacska

A hazai természetvédelem egyik fő feladata a környezeti tényezőkkel maximális összhangban lévő ősi társulások és azok pusztulófélben lévő növény- és állatpopulációinak fokozott védelme.

Fátlan társulások állatvilága

A hazai **fátlan társulások** állatvilága szárazföldi és vízi populációkra különíthető el. A **szárazföldi területek** erőteljes mezőgazdasági művelését a növényevő emlősök közül legkönnyebben a kis termetű rágcsálók viselik el, például a *mezei pocok*, az *ürge*, a *hörcsög*. Az egész országban elterjedt növényevő emlős a *mezei nyúl*. A madarak közül gyakoriak a különböző magevő madarak, amilyen a *fácán* (49.4. ábra), a *fogoly*, a *galambfélék* vagy a legnagyobb testű, fokozottan védett madarunk, a *túzok* (49.5. ábra). Táplálékuk többsége a gyommagvakból kerül ki, de rovarokat is fogyasztanak.

Igen jelentős növényfogyasztók a különböző rovarfajok is, például a *sáskák*, a növényi nedveket szí-



49.4. ábra. Fácán



49.5. ábra. Túzok

vogató *kabócák* és *levéltetvek*. Védett fajok is akadnak közöttük, például homokterületeink ritkasága, a védett *sisakos sáska* és az egy évszázaddal ezelőtt még rettegett *keleti vándorsáska*. A bogarak közül a cserebogárfajok (pl. a *májusi cserebogár* és a *csapó cserebogár*) a legismertebb lombfogyasztók. A gyepek felett napközben szálldosó *lepkék*, *szemeslepkék*, *gyöngyházlepkék*, *boglárkalepkék* lárvái is kivétel nélkül növényi táplálékot fogyasztanak.

Állíts össze képanyagot a gyepek elsődleges fogyasztóiról!

Rovarokkal táplálkoznak a kisebb termetű rovarvő emlősök, a *cickányok* és a *keleti sün*. A madárfajok többsége is rovarfogyasztó, ahogyan a meleg, száraz helyeket kedvelő gyíkok, és a kígyók közül a *rézsikló*.

Keress az interneten olyan videót, amely a száraz gyepeken élő gyíkok vadászatát mutatja be!

A gyeptársulások felett jellemző ragadozó madaraink a rágcsálókra vadászó *egerészölyv* és *vörös vércse*.

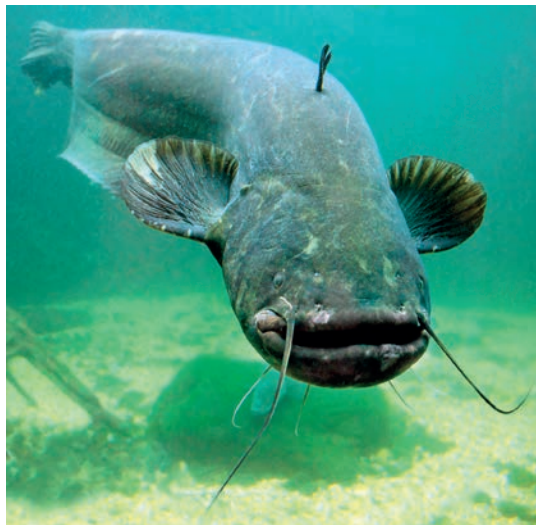
A sziklagyepek és lejtősztyepp talajában a férgek és az ízeltlábúak élnek. Jellemző több talajlakó aknázó pók előfordulása, mint a védett *magyar aknázópók* és a szintén védett, nagy méretű *szongáriai cselőpók*.



49.6. ábra. Ponty



49.7. ábra. Csuka



49.8. ábra. Harcsa



49.9. ábra. Mocsári teknősök



49.10. ábra. Vízi madarak



49.11. ábra. Nagy kócsag

Nézz utána, miért nevezik a magyar aknáspókot magyarnak, és miért aknásznak!

A **vízi társulásokban** a legnagyobb egyedszámúak a plankton élőlényei. Ilyenek a fotoautotróf egysejtűek, a csillós egysejtűek, a bolharákok, a kandicsrákok. A vízben kisebb-nagyobb növényevő halak, *ponty*, *kárász* (49.6. ábra) és ragadozó halak, *csuka*, *harcsa* (49.7–8. ábra) fordulnak elő. Idesoroljuk a parti területek kétéltűit, hüllőit (49.9. ábra) és vízimadarait (49.10–11. ábra), valamint vízi emlőseit (49.12. ábra) is.

Nézz utána, hogyan befolyásolja a halállományt természetes, illetve kifejezett horgászvizeink hasznosítása, illetve a telepítések!



49.12. ábra. Vidra

A Kárpát-medence területén egykor élt állatok

Olvasmány

A Kárpát-medence állatvilága az utóbbi másfélezer évben is változott. Hazánk mai területéről olyan nagyemlősök tűntek el, mint a barnamedve, a farkas, az európai bölény, a házi szarvasmarhánk őse, az őstulok, a hód, a nyérc. Közülük az őstulok végérvényesen kihalt, eltűnt földünkről. A barnamedve, a hiúz, a farkas (49.13. ábra) a Kárpátokból napjainkban szerencsére visszatelepült. Az európai bölényt (49.14. ábra) nemzetközi összefogás mentette meg attól, hogy nehogy az őstulok sorsára jusson. A hódot sikerrel telepítettük vissza két évtizede Magyarországra.



49.13. ábra. Szürke farkas



49.14. ábra. Európai bölény

Kérdések és feladatok

- Miért tekintjük hasznosnak a nagy ragadozók újbóli megtelepülését hazánkban?
- Nézz utána, milyen természetes ellenségei vannak a gyapjaslepkének!
- Keress példát olyan rovarfajra, amely kizárólag a bükkösök állatvilágához tartozik!
- Mutasd be képeken a hazai ligeterdők néhány jellemző állatát!

50. lecke

Természetvédelem Magyarországon



A természetvédelem egy államilag szervezett tevékenység. Célja a bioszféra szintjén az élő rendszerek és a velük kapcsolatban álló abiotikus környezet működőképes állapotban való megőrzése. Mindennapjainkban célja és feladata az ember természetes környezetének – életközösségeknek, élőhelyeknek, a természetes és természetközeli állapotban lévő területeknek, tájnak, – és az épített környezetének tartalma. Magában foglalja a környezeti értékek számbavételét, nyilvántartását, megőrzését, emellett azok tudományos feltárását és állapotának fenntartását is.

Milyen védett földtani értékeket ismersz Magyarország területéről? Készíts az egyikről képes bemutatót!

A természeti értékeink megóvására vonatkozó előírásokról **természetvédelmi törvény** rendelkezik. A természetvédelmi törvény magában foglalja és tételesen felsorolja a védett területeket, a védelem alatt álló gomba-, növény- és állatfajokat, s természeti képződményeket (vízesések, tavak, sziklaalakzatok, homokbuckák, barlangok stb.) (50.1. ábra). A törvénybe foglalt oltalom az ország egész területére érvényes (magánterületekre is!), vonatkozik a védett élőlények valamennyi fejlődési alakjára, a növények esetében például a termésekre, magokra, rovarok esetében a petékre és a bábokra, madarak esetében a tojásokra is. A védett élőlények törvényes eszmei értékkel rendelkeznek. Ez forintban kifejezhető összeg, amely milliós nagyságrendű is lehet (pl. a tűzoké 1 000 000 Ft).



50.1. ábra. A védett természeti értékre tábla hívja fel a figyelmet

Védett területek Magyarországon

A természetvédelem egyik módja egyes nagyobb tájegységek természet közeli állapotban való megőrzése **nemzeti parkok** formájában. A világ legelső nemzeti parkját, a Yellowstone Nemzeti Parkot az Amerikai Egyesült Államokban hozták létre 1872-ben. Hazánk első nemzeti parkja az 1973-ban alapított Hortobágyi Nemzeti Park.

I Mutasd be egyik nemzeti parkunk botanikai ritkaságait!

Egy nemzeti park nem elzárt terület, emberek laknak és élnek benne mindennapos tevékenységeiket folytatva. Azonban például az állattartás, a növénytermesztés, a vadászat vagy az esetleges ipari tevékenység szigorúan meghatározott szabályok szerint történik. A park a látogatók számára nyitott, bár nem látogatható területek, ha az a hatékony természetvédelem miatt indokolt, rendszerint vannak benne. Ezek a fokozottan védett területek is engedéllyel látogathatók a tudományos munkát végző kutatók vagy az ott munkát végző alkalmazottak számára. A nemzeti parkoknak nagy jelentőségük van a táj, a diverzitás vagy az ott élő fajok védelmének megőrzésében, valamint a hagyományos gazdálkodási módok ápolásában és aktív fejlesztésében. Feladatuk a megőrzés és a tudományos kutatás mellett az ismeretterjesztés is!

Hazánkban jelenleg tíz nemzeti park működik. Másodikként az 1975-ben alapított Kiskun-sági Nemzeti Park jött létre. Ezt követte 1977-ben

a Bükki Nemzeti Park, majd egy rövidebb szünet után 1985-ben az Aggteleki Nemzeti Park. 1991-ben a Fertő–Hanság Nemzeti Park született meg, majd 1996-ban a Duna–Dráva Nemzeti Park. Rá egy évre egyszerre három új nemzeti parkunk is létesült, a Körös–Maros Nemzeti Park, a Balaton-felvidéki Nemzeti Park és a Duna–Ipoly Nemzeti Park. Utolsóként 2002-ben létesült az Őrségi Nemzeti Park.

Az oltalom alatt álló területek kisebb szervezeti egységei a **tájvédelmi körzetek**. Céljuk a táj jellemző sajátosságainak, természetes alkotóelemeinek megőrzése. Ilyen például a Zempléni Tájvédelmi Körzet, amelynek élővilága már a Kárpátok növény- és állatvilágára jellemző fajokat és élőhelyeket is tartalmaz, ezért egységes területi védelmet érdemel. A tájvédelmi körzetek egy-egy nemzeti park kezelésébe tartoznak.

Még kisebb kiterjedésű országos jelentőségű értékeket őriznek a **természetvédelmi területek**. Számuk hazánkban több mint kettőszáz. Ezeket védelmet érdemlő geológiai, botanikai vagy zoológiai értékek találhatók. Ilyen például az ország egyik legszebb erdősztyepp-vegetációját őrző kerecsendi erdő vagy érdei Kakukk-hegy, a hazánk területén jégkorszaki maradványokat őrző bátorligeti ősláp vagy az ipolytarnóci kőületegyüttes.

Helyi természetvédelmi értéként a települések önkormányzatai is hozhatnak egy-egy közigazgatásilag hozzájuk tartozó területre, fasorra, fára védelmet biztosító határozatot.

A következő oldalakon a hazai nemzeti parkok elhelyezkedését, egy-egy fontos természeti értékét és védett fajtát láthatod.

Kérdések és feladatok

- 1 Mutasd be lakóhelyed egy helyi természetvédelem alatt álló értékét!
- 2 Nézz utána, melyik faj lett idén az év bogara!
- 3 Derítsd ki, hogy melyik növény szerepel a Bükki Nemzeti Park címerében!
- 4 Tervezz logót egy tetszés szerinti tájvédelmi körzet számára!



A Dunakanyar a Duna–Ipoly Nemzeti Parkhoz tartozik



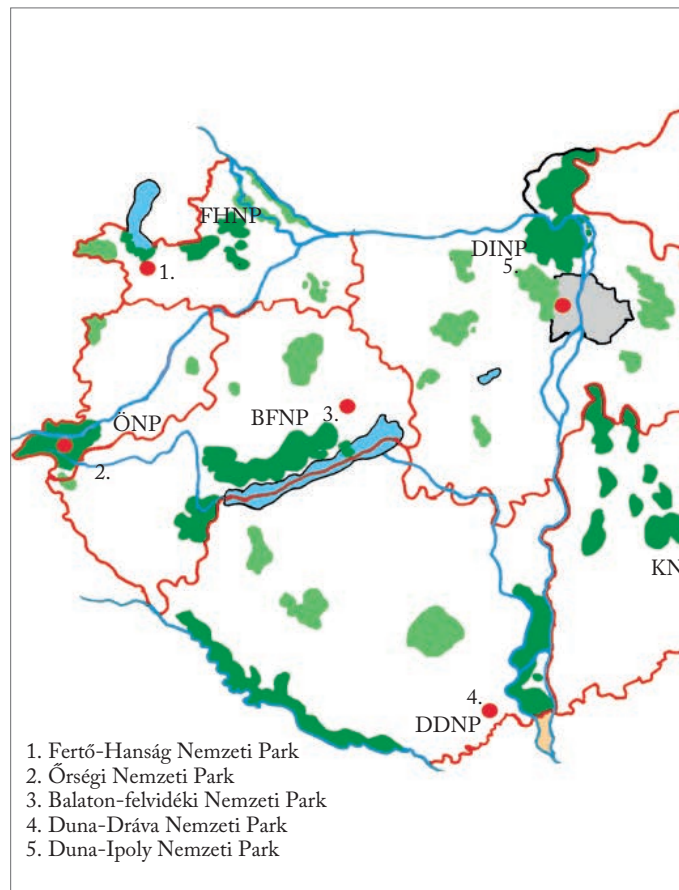
A Fertő–Hanság Nemzeti Park; vízimadarak



Az Őrségi Nemzeti Park legföltettebb területein csak fapallókon lehet közlekedni



A Balaton–felvidéki Nemzeti Parkhoz tartozik a Cuhapatak völgye



Gemenci táj a Duna–Dráva Nemzeti Parkban

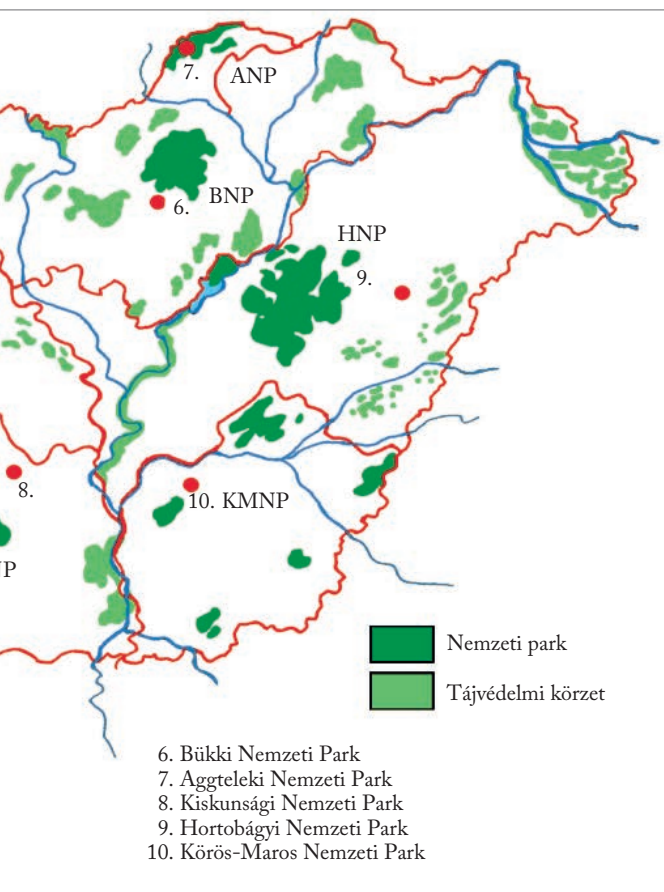




A Bélkő a Bükki Nemzeti Parkban



Az Aggteleki-cseppkőbarlang részlete



Vízimadarak a Hortobágyi Nemzeti Parkban



A Körösök vidéke a Körös-Maros Nemzeti Parkban

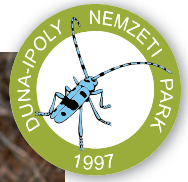


Nyáras-borókás a Kiskunsági Nemzeti Parkban





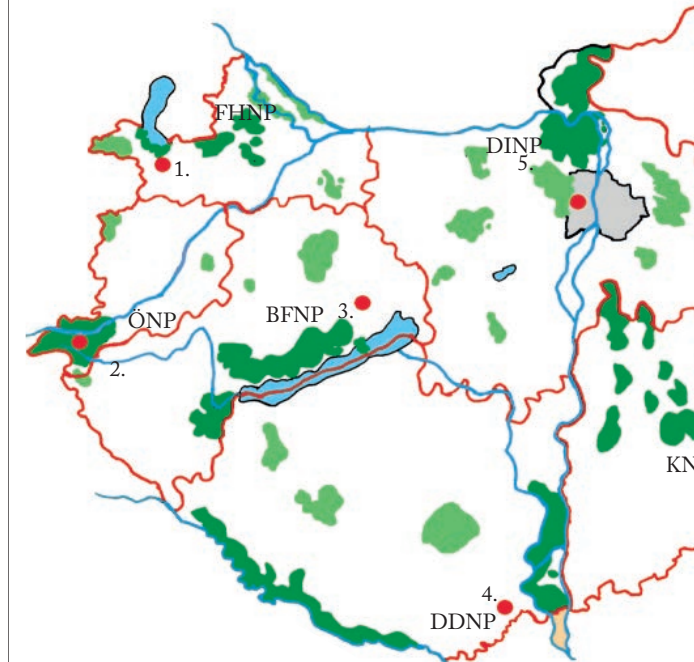
Védett orchideafajunk, a pókbangó és a Fertő-Hanság Nemzeti Park címere



Másik védett orchideánk, a piros madársisak és a Duna-Ipoly Nemzeti Park címere



Hegyvidéki védett növényünk, a fecsketárnics és az Őrségi Nemzeti Park címere



Fekete harkály és a Balaton-felvidéki Nemzeti Park címere



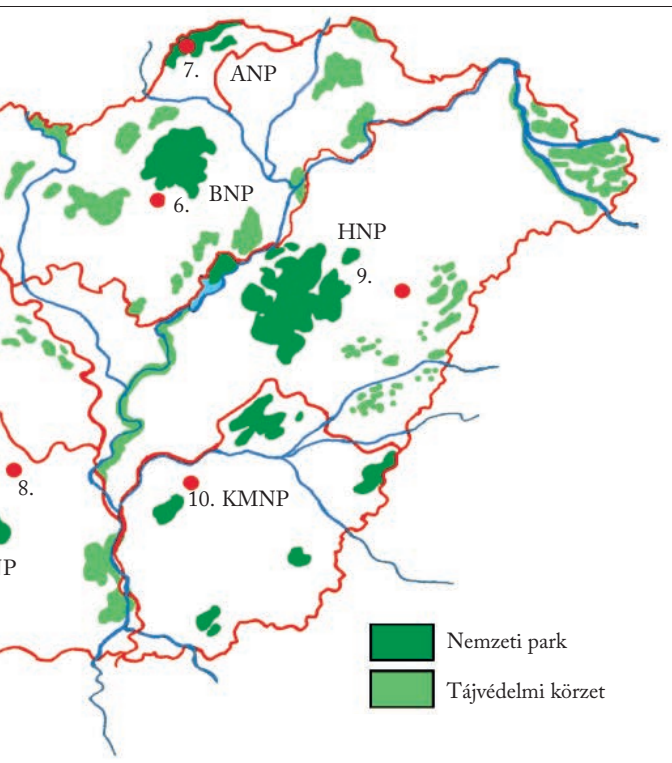
A védelem alatt álló európai vidra és a Duna-Dráva Nemzeti Park címere



Védett ragadozó madarunk, a kerecsensólyom és a Bükk National Park címe



A védett kakasmandikó és az Aggteleki National Park címe



Védett háziállatunk, a szürkemarkarha és a Hortobágyi National Park címe



Védett madarunk, a gyurgyalag és a Kiskunsági National Park címe



A védelem alatt álló tűzok és a Körös-Maros National Park címe

ÖSSZEFOGLALÁS

- 1 Keresd meg az interneten a Kárpát-medence csapadéktérképét! Készíts értékelő elemzést a medence csapadékviszonyairól, és hozd kapcsolatba az őshonos társulásokkal!
- 2 Milyen tényezők játszanak szerepet a szikesek kialakulásában?
- 3 Keresd példát a Kárpát-medencében élő jégkori – glaciális – reliktum állatfajokra!
- 4 Hasonlítsd össze egy ártéri erdő puhafa és keményfa ligeterdő típusát!
- 5 Mutasd be az interneten talált képanyaggal a Hortobágy szikes vidékeit!
- 6 Hasonlítsd össze egy mocsárrét és egy láprét májusi aspektusának jellemző növényeit!

Kérdések és feladatok

- 7 Mit fejez ki az eszmei érték? Nézz utána, melyek a legmagasabb eszmei értékkel rendelkező fokozottan védett növényeink!
- 8 Mutasd be egy lakóhelyedhez közel eső természetvédelmi terület értékeit!
- 9 A szurdokerdők meredekfalú, sziklás, szűk völgyek társulásai. Az erdő fényszegény, a legforróbb nyári időszakban is hűvös mikroklímájú, levegője páratelt. A hűvös levegő megreked bennük a völgy aljában, ezért gyakran megfigyelhető a klímazonális társulások sorrendjének megfordulása, az inverzió jelensége. A völgy aljában bükkös található, felette gyertyános tölgyes, és a völgy peremén, a legmagasabb térszíntén, a legmelegebb élőhelyen a cseres-tölgyes. Szurdok erdők mészkövön és vulkánikus kőzeteken is kialakulhatnak.
Nézz utána, melyek hazánk legnevezetesebb szurdokvölgyei! Mutass be közülük egyet!

A landscape photograph of a wetland area. In the foreground, a pond is filled with green water lilies and surrounded by tall green reeds. The middle ground shows a mix of living green trees and several tall, thin, dead trees with bare branches. The background is a dense forest of green trees under a clear blue sky. The text 'Fenntarthatóság' is written vertically in white on the right side of the image.

Fenntarthatóság

51. lecke

A globális gondolkozás megjelenése



1962-ben megjelent egy nagy sikerű amerikai ismeretterjesztő író, egyben kutató tengerbiológus, Rachel Carson (1907–1964) könyve, a *Néma tavasz*. Hatása nem várt megrázkóztatót váltott ki szerte a világban, és rövid idő alatt számos nyelvre lefordították. Benne a permetezőszereknek, elsősorban a rovarirtóknak a természetes környezetre kifejtett hatását boncolgatta, és levonta azt az elszomorító konzekvenciát, ha változatlan marad gondolkodás-módunk, és nem változtatunk a természethez való viszonyunkon, hamarosan beköszönt a néma tavasz, mert eltűnnek az „ég madarai”. A könyv az ember és a természet kapcsolatára irányította a közfigyelmet, és áttételesen további globális környezeti problémák gondolatait is felvetette.

Olvasd el a *Néma tavasz* című könyvet! Magyarul több kiadást is megért.

Kezünkben a jövő

A könyv sikere nem maradt hatás nélkül. 1968-ban Aurelio Peccei (1908–1984) olasz közgazdász professzor vezetésével megalakult a **Római Klub**. A klub alapítványi pénzekből létrehozott független szervezet, és azt a célt tűzte maga elé, hogy a világ nyilvánossága elé tárja az emberiség jövőjét fenyegető veszélyeket. A világ minden tájáról, számos kultúrkörből kikerülő tudósok és kutatók együtt hívták fel a figyelmet a fejlődés velejárójaként jelentkező, az egész Földet fenyegető globális problémákra. Ez volt az első, a tudomány részéről felhangzó kiáltás, amely egyaránt váltott ki meglepetést és értetlenséget. Az első üléseiket követően azonban nyilvánvalóvá vált, hogy megállapításaik nem túlzóak. Az 1972-ben kiadott jelentésük középpontjába az emberiség létszámának rendkívül gyors ütemű növekedése került. Az összes többi kiemelten fontosnak tartott kérdéskör ennek egyenes következménye. A gazdasági fejlődés lehetőségei, az energia és az ipari nyersanyagok biztosítása, a vízellátás, a lakás, a városi életkörülmények, a foglalkoztatás, a közoktatás, az élelmezés, az egészségügyi ellátottság kérdése, végül a természetes környezetre gyakorolt hatások. A felmerülő ökológiai és ökonómiai kérdésekre pedig csak a természeti folyamatokkal szoros harmóniában lehet tartós megoldásokat találni. Ugyanakkor **fenntartható fejlődésről** beszéltek, s a tudósok olyan lehetőségek után kutattak és olyan megoldásokat javasoltak amely révén szűkül a „nyu-

A globalizáció hatása

Nyilván nem véletlen a két időpont. A „fogyasztói társadalom” kibontakozása egybeesett a digitális fejlődés nagy bummjával. Kezdetben a műholdas televíziós adások egész világon történő elérése, majd az internet megjelenése összehozta a Földet, bármely pontján bárki, bármikor meggyőződhetett arról, hogyan élnek máshol mások. A globalizáció elsöpörte a határokat és villámléptékűvé tette az információáramlást.

gati világ” hön áhított életszínvonala és a fejlődő országok életszínvonala közötti olló.

A Római Klub megalakulása megindított egy folyamatot. Könnyen belátható volt, hogy az emberiségnek határoktól, ideológiától és politikai nézetektől független globális kihívásokkal kell szembenéznie. A felmerülő gazdasági kérdések pedig csak a természeti folyamatokkal szoros harmóniában lehet és szabad megoldásokat találni. Hiszen bármennyire is társadalmi lényévé vált az ember, lényegét tekintve egy heterotróf élőlény maradt, amely nem vonhatja ki magát semmilyen formában sem a biológia törvényszerűségei alól, és amely életműködéseinek fenntartásában ki van szolgáltatva a termelőknél, a zöld növényeknek.

Olvasmány

A környezeti nevelés gondolata felmerül

Mivel az élőlények és biológiai környezetük kapcsolataival a biológia tudományán belül az ökológia foglalkozik, ettől a tudománytól várták az iránymutatást és a megoldást. Ami persze önmagában kevés, az alkalmazott biológia területei, a mezőgazdaság tudománya, a genetika, de olyan, az ökológiától látszólag távol eső tudományterületek, mint a közgazdaságtan is, új kihívások elé került. A természeti, technológiai és gazdasági folyamatok közötti összefüggések feltárása és vizsgálata szükségesszerűvé vált. Egyéb nemzetközi szervezetek jöttek létre, és lépett az ENSZ is. Az 1977-es tbilisi

Új kihívások

Napjaink globalizált világában olyan új kihívásokkal is szembe kell nézni, amelyekre a világ valójában nem számított. Közülük a legaktuálisabb feladatokat a világjárványok fellépésére adandó megfelelő és hatékony válaszok jelentik. Egyrészt olyan járványok futottak végig a világon, amelyeknek „csak” gazdaságrengető hatása volt. Ilyen például a sertéspestis (51.1. ábra), a kergemarha-kór vagy a több hullámban is jelentkező különböző típusú madárinfluenzák. Ezek mellé zártak fel olyan megbetegedések, amelyek számos emberéletet követelnek és vagy regionálisak, mint a zikavírus és az ebola, vagy globálisan az egész világot érintik, mint a koronavírus okozta világjárvány. Ezek egyik fontos tanulsága, hogy egy pillanatra sem lehet hátradólnunk, nem nyertük meg végérvényesen a mikroszkopikus méretű (vagy még annál is kisebb) kórokozók elleni harcot, másrészt nem háríthatjuk senkire sem a saját felelősségünket e betegségek terjedésének megállításában.

- *Nézz utána, milyen megbetegedést okoz a zikavírus, és a világ mely nagy területeit fenyegeti!*
- *Derítsd ki, mit érdemes tudnunk az ebolavírusról!*
- *Készíts térképet a madárinfluenzák által érintett területekről!*

Olvasmány



51.1. ábra. Hazánkban a sertéspestist elsősorban a túlszaporodott vaddisznóállomány terjesztette

UNESCO-konferencián először fogalmazták meg a **környezeti nevelés** fogalmát, mint az iskolai nevelés egy új, fontos területét.

1983-ban pedig az ENSZ közgyűlése létrehozta a Környezet és Fejlődés Világbizottságát. Ennek a bizottságnak a feladata a környezet rohamos romlása, a gazdasági fejlődés és a társadalmi jólét közötti kapcsolat vizsgálata volt. Elnöke Gro Harlem Brundtland (1939–) orvos, diplomata, volt norvég miniszterelnök asszony lett. A 22 tagú bizottság tagjai közül 14 fejlődő országból származott. Tagja volt Láng István (1931–2016) agrokémikus, akadémikus, az MTA tagja is. Munkájuk végeredményét 1987-ben hozták nyilvánosságra *Közös jövőnk* címmel. A jelentés részben ugyanazokra a területekre koncentrált, amelyek a Római Klubot megalapító tudósokat is foglalkoztatták, azaz a népesedés kérdésével, az élelem biztosításának problematikájával, kutatta az energiaellátás megoldásának lehetőségeit és a nagyvárosok kihívásait. Lényeges azonban, hogy sokkal konkrétabban foglalkozott a természetes élőhelyek és a fajok, valamint az életközösségek védelmével. Ajánlásokat fogalmazott meg az ENSZ, a fejlett és a fejlődő országok számára egyaránt.

Szomorúan állapíthatjuk meg, hogy a jelentés jól diagnosztizált, a terápiára tett javaslatai meg-

szívlelendők, de komoly áttörés a problémák világ-méretű, közös megoldásában az azóta eltelt három évtizedben nem történt. Mi több, néhány olyan új globális probléma merült fel – például az egész Földünket érintő klímaváltozás vagy világjárványok –, amelyek egyenes következményei a korábbiaknak, azonban a jelentés óta gyors ütemben erősödtek fel.

Mindez szerepet játszott abban, hogy 1992-ben 71 ország 1700 elkötelezett tudósa – közöttük 104 Nobel-díjas – fordult újra a világ közvéleményéhez. Kiáltványukban – amelyet *A világ kutatóinak figyelmeztetése* címen tettek közzé – ismét Földünk globális problémáira hívták fel a figyelmet. Még ugyanebben az évben került sor az ENSZ 178 tagországának részvételével a „Riói csúcsté” néven ismertté vált konferenciára. A konferencia számba vette és megtárgyalta a legfontosabbnak ítélt teendőket, de érdemi áttörést ezen sem sikerült elérni. Ezért fogalmazták meg a tudósok öt év elmúltával újabb felhívásukat, amelyben rámutattak arra is, hogy a csúcsté óta elért eredmények rendkívül csekélyek.

Mit jelent a környezeti nevelés? Lényege nem csak az iskolában sajátítható el. Adj ötletet arra, hogy hol és hogyan jelenhet meg a hétköznapi életben!

Kérdések és feladatok

- 1 Tarts kiselőadást a fenntartható fejlődési céljairól! Milyen lehetőségek kínálóznak az energia-probléma és az élelmiszer-ellátás biztosítása terén?
- 2 Elemezd az erdő- és vadgazdálkodás természetes életközösségekre gyakorolt hatását!
- 3 Mutass be – az interneten talált példán keresztül – egy ökológiai szempontú, fenntartható gazdálkodást folytató biogazdaságot!
- 4 Mutasd be Gyűrűfű, az egyik magyar ökofalu történetét!
- 5 Mutasd be a Római Klubot megalapító tudósok munkásságát! A tudományos élet mely területeiről érkeztek, és milyen közös gondolat kapcsolta össze őket?

52. lecke

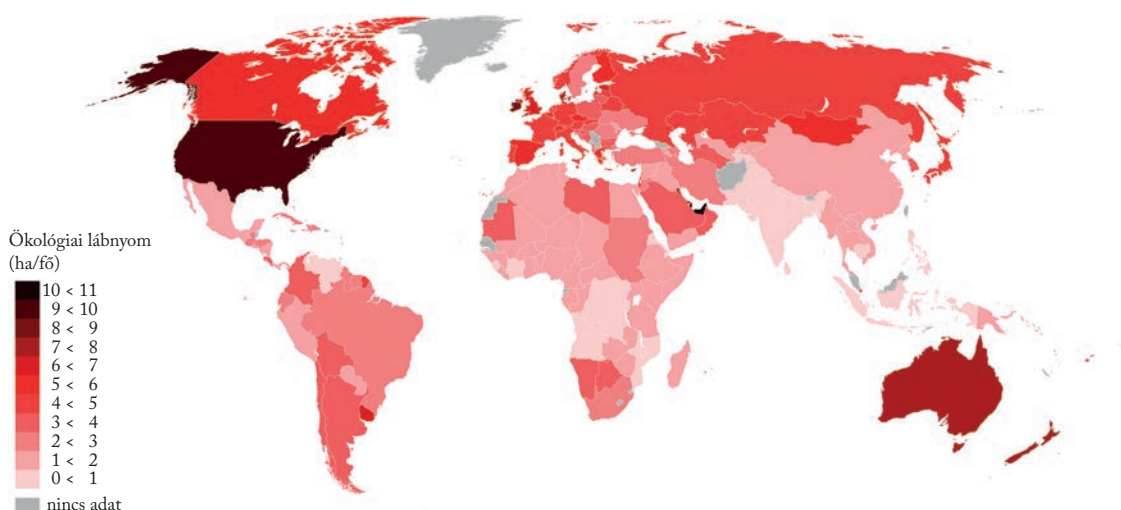
Az ökológiai lábnyom

Mi az ökológiai lábnyom?

Napjainkban a világ sok táján a népesség olyan ütemben növekszik, amelyet a rendelkezésre álló természeti erőforrások egyre kevésbé képesek fenntartani, mert bolygónk eltartóképessége véges. A gond alapvetően nem is az emberek lélekszáma, hanem az életmódjukból következő fogyasztási *igényeik*. A probléma gyökere az, hogy ezek az igények hogyan aránylanak a rendelkezésre álló, igénybe vehető erőforrásokhoz. Az **ökológiai lábnyom** azt fejezi ki, hogy egy ember a bioszféra mekkora területének természeti erőforrásait használja fel életszínvonalának folyamatos fenntartásához. Másképpen fogalmazva az a terület, amely természeti károsodás nélkül meg tudja termelni az aktuális életszínvonalunkhoz szükséges javakat, azaz mekkora területű földre, mennyi vízre van szükségünk mindehhez – és a termelt hulladéknak az anyagkörforgalomba való visszajuttatásához vagy megsemmisítéséhez.

Keressetek az interneten ökológiai lábnyom-kalkulátort! Hasonlítsátok össze és vitassátok meg egymás között a lábnyom adatokat, illetve a számításba vett tényezőket!

Az ökológiai lábnyommal kapcsolatosan számos számolgtatás látott napvilágot. Ma sokak szerint az átlagos egy főre eső ökológiai lábnyom kb. 2,2 hektár. A Földünk szervesanyag-termelő képessége szempontjából jelentős területek – beleértve a rendkívül produktív hideg tengereket is – becsült nagysága mintegy 11,5 milliárd hektár. Ha ezt elosztjuk a teljes lakosság lélekszámával, 7,53 milliárddal, akkor azt látjuk, hogy egy emberre ténylegesen kb. 1,1 hektár jut. Ráadásul ezek átlagos értékek, és az egyes országok lakosainak számított ökológiai lábnyoma között óriási eltérés van. Az Amerikai Egyesült Államokban az ökológiai lábnyom átlagos becsült értéke 9,57 ha. Ez azt jelenti, hogy ma az USA a rá eső átlagos mennyiség közel kilenccszeresét fogyasztja el a Föld erőforrásaiból. Kanadában 8,56 ha, Norvégiában 8,17 ha. Magyarország 3,7, amivel még jóval az egy főre jutó tényleges méret fölött van. Nagyjából a ténylegesen egy emberre jutó „lábnyom” jellemző Costa Ricára, Azerbajdzsánra, Panamára. Olyan országokra, amelyek szegény országnak minősülnek. Jóval a tényleges szükséglet alatt van Pakisztán 0,67 ha-ral, Etiópia 0,65 ha-ral, Tadzsiszisztán 0,65 ha-ral. Ez rögtön magyarázatot is ad arra, hogy



52.1. ábra. Ökológiai lábnyom. Minél sötétebb színű az ország, annál nagyobb az ökológiai lábnyoma

honnan van Kanadának, Norvégiának és a többi sokat fogyasztó – magas életszínvonalú – országnak „lehetősége” a túllépésre.

Keress adatot minél több európai országról az ökológiai lábnyomukra vonatkozóan!

Milyen összefüggést látsz a történelmi múlt és az ökológiai lábnyom mérete között?

Az ökológiai lábnyom csökkentésének lehetőségei

Az ökológiai lábnyom tovább bontható összetevő elemeire. Egy személy étel-miszer-szükségletének megtermeléséhez szükséges „lábnyomméret” kb. 0,9 ha. Gyakran olvashatunk arról, hogy ez jelentősen csökkenthető lenne, ha a fogyasztásban túlsúlyba kerülne a növényi eredetű táplálékok. Ugyanis az említett értékek kétharmada az állati eredetű táplálék előállítására esik. Elméletben

ez valóban így van, az ember azonban evolúcióját tekintve mindenevő lény, ezért ezen a téren az ökológiai lábnyom jelentős csökkentése, az emberiség nem képes! Képes lenne azonban a szállítás energiafogyasztásának csökkentésére, a rendkívül költséges, elavult, környezetszennyező növényvédőszer szerek mennyiségének jelentős mérséklésére, a maradékok komposztálásával a megmaradt szerves anyagok energiátartalmának visszaforgatására.

Rendkívül jelentős tartalékok rejlenek még az igen pazarló energiafelhasználás visszafogásában az energiafelhasználás minden területén. Ha például a közlekedés „ökológiai lábnyomának” méretét nézzük, legkisebb a gyaloglásnak és a kerékpározásnak van. A tömegközlekedés, elsősorban a vasút, de az autóbusz „lábnyoma” is jóval kisebb mint a személygépkocsié. A legnagyobb „ökológiai lábnyomuk” a repülőgépeknek van.

Az „ökológiai lábnyom” jelentős csökkentésére hosszabb távon az energiafelhasználás területén egy biztonságos és megújuló energiaforrás alapvető fon-

Az ökológiai lábnyom bírálata

Az ökológiai lábnyom számítását számos kritika érte, éri. Hibájuk róják fel, hogy nagyon sematikus, nem veszi például figyelembe a többszörös célra is felhasznált területeket, túlzottan leegyszerűsíti és nagyon egy síkon közelíti meg az embert mint fogyasztót. Matematikai modelljei is hagynak kívánnivalót maguk után. Arra azonban kétségtelenül alkalmas, hogy rámutasson a fejlett országoknak a természeti erőforrásokkal való pazarló gazdálkodására, valamint mértéktelen fogyasztás következményeire és hosszú távon való fenntarthatatlanságára.

Olvasmány



52.2. ábra. Mit tehet az egyén az ökológiai lábnyom csökkentéséért? *Fogalmazz meg ajánlásokat ennek érdekében!*

tosságú volna. Sajnos ez eddig még nem áll a rendelkezésünkre. Ahhoz, hogy a fejlődő országok élet-színvonala a fejlett ipari országok szintjére jusson, a Föld energiafelhasználását meg kellene ötszörözni. Erre a mai földi energiatermelő rendszerek nem képesek, főképpen akkor nem, ha a növekedés a meg nem újuló tüzelőanyagokon alapul. Ebből pedig egyenesen következik a szegénység konzerválódása a világ történelmileg elszegényedett régióiban mindaddig, amíg a javak – azaz a természet erőfor-

rásai – nem lesznek sokkal igazságosabban elosztva.

Hasonlítsd össze elméletben egy hagyományos meghajtású és egy elektromos autó ökológiai lábnyomát!

Hallottad már azt a kifejezést, hogy tudatos vásárló? Nézz utána, hogy pontosan mit jelent! Miket és hogyan vásárol, illetve miket részesít előnyben a vásárlás során?

Kérdések és feladatok

- 1 Nézz utána, mit jelent az ökológiai hiány és a biológiai kapacitás fogalma!
- 2 Szerinted van-e eltérés a városban és a kistelepüléseken élő ember ökológiai lábnyoma között? Indokold válaszodat!
- 3 Hogyan tudnád a jövőben te is csökkenteni az ökológiai lábnyomodat?
- 4 Milyen összefüggést látsz a túlfogyasztásra ösztönző reklámok és az ökológiai lábnyom mérete között?

53. lecke

A harmonikus fejlődés



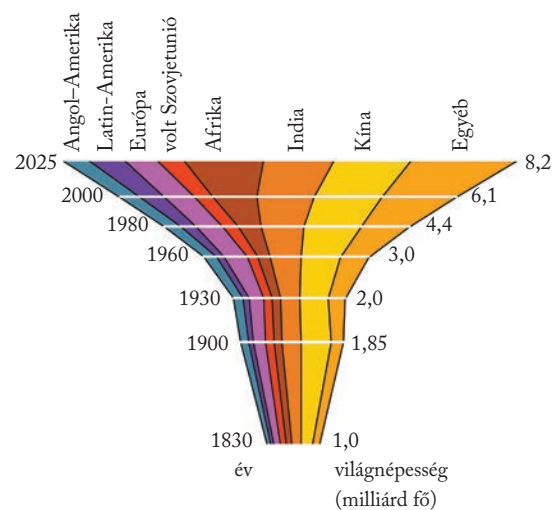
A harmonikus (fenntartható) fejlődés a fejlődésnek az a formája, amely a mindenkor jelentkező igények kielégítése mellett sem fosztja meg a következő generációkat attól, hogy saját szükségleteiket majdan kielégíthessék. A harmonikus fejlődés két fontos eleme a *szükségletek meghatározása*, valamint bizonyos *korlátozások elfogadása* annak érdekében, hogy a környezet teherbíróképessége képes legyen a fenti célok megvalósításának kiszolgálására. A helyzetet annak tükrében kell vizsgálni, hogy a népesség létszáma folyamatosan nő.

A Föld népességének növekedése

1985-ben 4,8 milliárd lakosa volt a Földnek, mára ez a létszám 7,53 milliárdra nőtt. A népesedési probléma azonban sem a fejlődő, sem a fejlett országokban nem statisztikai adatok kérdése. Megtévesztő és antihumánus lenne, ha az embert pusztán az ökológiai rendszerek egyik fogyasztójának tekintenénk. Jólétük és biztonságuk – időskori biztonság, egészségügyi ellátás, oktatás stb. – a harmonikus fejlődés célja.

Elemezz interneten található diagramokat az emberiség létszámának növekedéséről!

1950 és 1985 között a világ népessége évente 1,9%-kal nőtt, szemben a korábbi évtizedek 0,8%-os növekedési arányával. Ma a gyors népességnövekedés Ázsia, Afrika és Latin-Amerika fejlődő térségeire jellemző (53.1. ábra). 1950 óta a világnépesség



53.1. ábra. A világnépesség növekedése

számszerű növekedésének 85%-a ezekre a területekre esik. Például Kínában és Dél-Koreában a halálzási ráta 10% alatt van, ezzel szemben a születési ráta 25%. A Föld teljes lakosságának mintegy 40%-a él olyan országokban, ahol a születési ráta ugyan csökken, de nem olyan mértékben, mint a halálzási ráta. A lakosságuk ennek következtében évente kb. 2%-kal nő, azaz 34 évenként megduplázódik. Ilyen ország például Mexikó és Indonézia. Az iparilag fejlett országokban a népszaporulat csökkent, és a lakosság száma sokkal kisebb ütemben növekszik.

Mindebből következik, hogy a gyors népszaporulat számos országban megváltoztatta a populációk korösszetételét. A fejlődő országokban, ahol a fiatalok vannak túlnyomó többségben, a potenciális szülők száma magas, ezért, a népesség további növekedése várható.

Ugyanakkor a matematikai modellek és prognózisok adatai nem megbízhatóak. A népesség növekedési ütemével foglalkozó ENSZ-jelentés az 1980-as évek közepén azt prognosztizálta, hogy ha a folyamatos utánpótlási szintet jelentő népszaporulat Földünkön 2010-re beáll, a világ népessége 2060-ra 7,7 milliárd fővel stabilizálódik. Ez aligha lesz így, hiszen ezt a számot a népesség napjainkra gyakorlatilag elérte. A prognózis szerint, ha az egyensúly a következő generációra, 2035-re érhető el, a stabilizáció 2095-re várható, mintegy 10 milliárd fővel. Ha pedig még későbbre, 2065-re, akkor

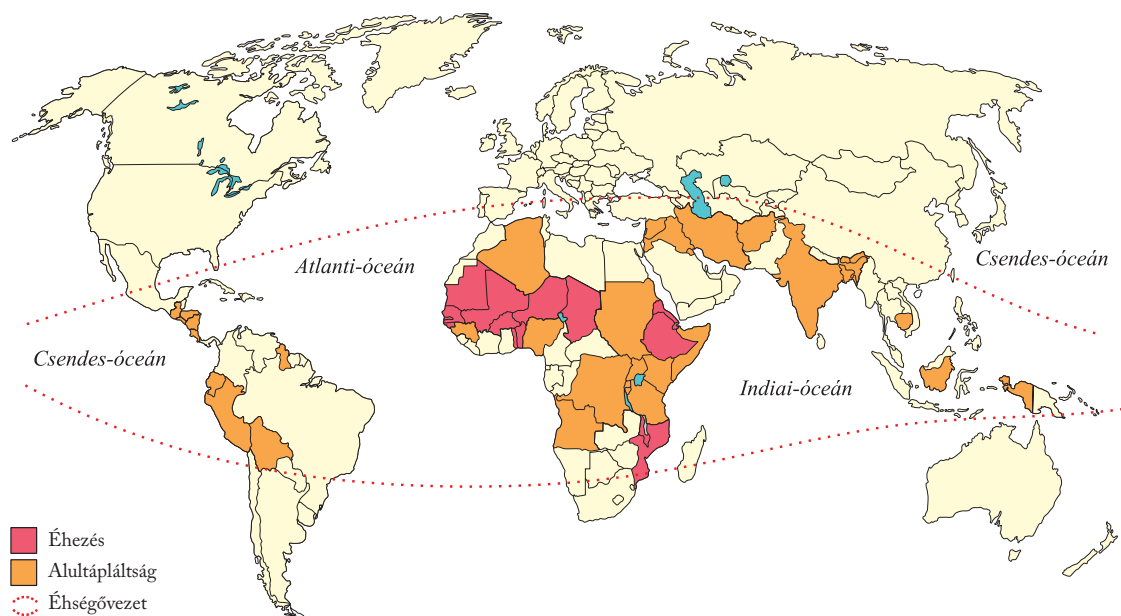
a Föld népessége a következő századfordulóra eléri a 14,5 milliárdot.

Az 1980-as évek végétől a növekedési ütem mérséklődött, napjainkban évente 1,1%-kal gyarapodik a világ népessége.

Az élelmezési kérdés

Mindez felveti az élelmiszer-ellátás biztonságának kérdését, ami még a mai mezőgazdasági technológiák mellett sem látszik megoldhatatlan feladatnak. Az ENSZ Élelmezésügyi Bizottságának (FAO) adatai szerint a világ gabonatermelésének növekedési üteme folyamatosan meghaladja a népesség növekedési ütemét. A mezőgazdasági források és a technológia, amely a növekvő népesség élelmiszer-ellátásához szükséges, rendelkezésre áll. A mezőgazdaságban adottak az erőforrások, a megfelelő gazdaságpolitika viszont hiányzik. Ez gondoskodna arról, hogy ne növekedjék az elégtelenül táplált, sőt éhínségben szenvedők száma (53.2. ábra). Az élelmiszer-ellátás biztosítása megköveteli az ENSZ-től az eddigi felvásárlás-csökkentés rendszerének gyökeres revízióját.

A világon az élelmiszer-termelési rendszerek három típusa alakult ki. Az első az **ipari mezőgazdaság**, ezt tőkeigényes és nagy táblákon alkalmazott nagyüzemi módszerek jellemzik. A termelési struktúrát teljes egészében felölelik az alkalmazott tech-



53.2. ábra. Az éhségövezet. Tanulmányozd a térképet! Vesd össze az 53.1. ábrával! Milyen összefüggést látsz a kettő között?

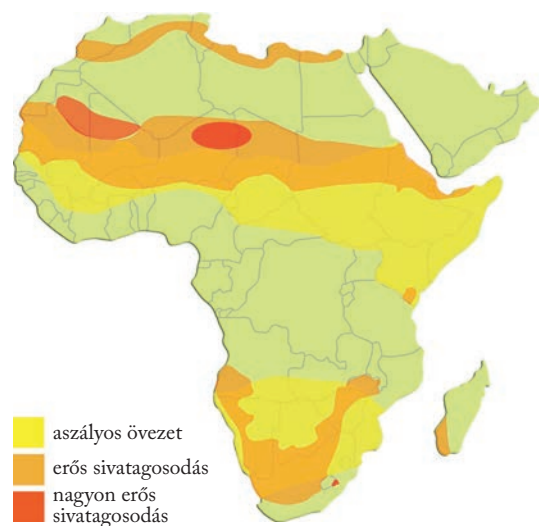
nológiák, a talajműveléstől, a vetőmagválasztástól a gépi betakarításig és az értékesítésig. Ez látjuk az Egyesült Államokban, Ausztráliában, Új-Zélandon és Európa számos országában. A második típus jellegzetessége, hogy erőforrásokban gazdag, többnyire **rendszeresen öntözött területeken** alkalmaz nagyobb munkaigényű nagyüzemi technológiákat. Ez a forma Ázsia gyorsan fejlődő országaira jellemző. Végül az **erőforrások szegény mezőgazdasága** a harmadik típus, amely tőkeszegény, nehezebben művelhető területeken folyik, és ki van téve az időjárás szélsőséges megnyilvánulásainak. Ez jellemző a Száhel-övezetre és Közép-Afrika számos területére, Latin-Amerika és Ázsia egyes részeire.

■ Mutasd be néhány jellemző képen a három eltérő mezőgazdasági művelési típust!

A talaj védelme

Ugyanakkor a harmonikus fejlődéshez szükséges élelmiszer-termelést veszélyeztető tényezők is szaporodnak. Egyik legnagyobb veszélyeztető jelenség a **talajpusztulás**, a **talajerózió**. A mezőgazdasági területek növelése céljából kivágott erdők helyén a csapadékvíz elmoshatja a talaj termőrétegét, és művelésre alkalmatlanná válik a terület. Hasonló hatása lehet a szélnek is. A rosszul megtervezett és kivitelezett öntözőrendszerek elmocharasodáshoz, elsodáshoz vezethetnek. A károsító rovarok, gombák és a gyomok ellen használt kemikáliák növelik ugyan a terméshozamot, de számolni kell azzal, hogy feleslegben használt mennyiségük felhalmozódhat a talajban, bekerülhet a talajvízbe, és veszélyeztetheti a környezetet. Emiatt is rendkívül fontos az alkalmazott technológiák pontos betartása.

Talajkárosító hatások



53.3. Az aszály és a sivatagosodás által érintett területek Afrikában

Olvasmány

Az erdőirtások, a bányászat, a földművelés a talaj szél és vízleemosás hatására bekövetkező eróziós pusztulását eredményezik. Mivel a szél és a víz hatása a növényekkel ritkábban borított területeken sokkal erőteljesebben érvényesül, a természetes növénytakaró védelme egyben talajvédelmet is jelent. A mezőgazdaságilag művelt területeken a nagy táblák kialakítása érdekében kiirtott mezővédő erdősávok hiánya miatt semmi sem állja útját a szél pusztító erejének. Statisztikai adatok szerint csak hazánkban évente mintegy 80 millió m³ termőtalajunk vesz el a szél eróziós hatása következtében.

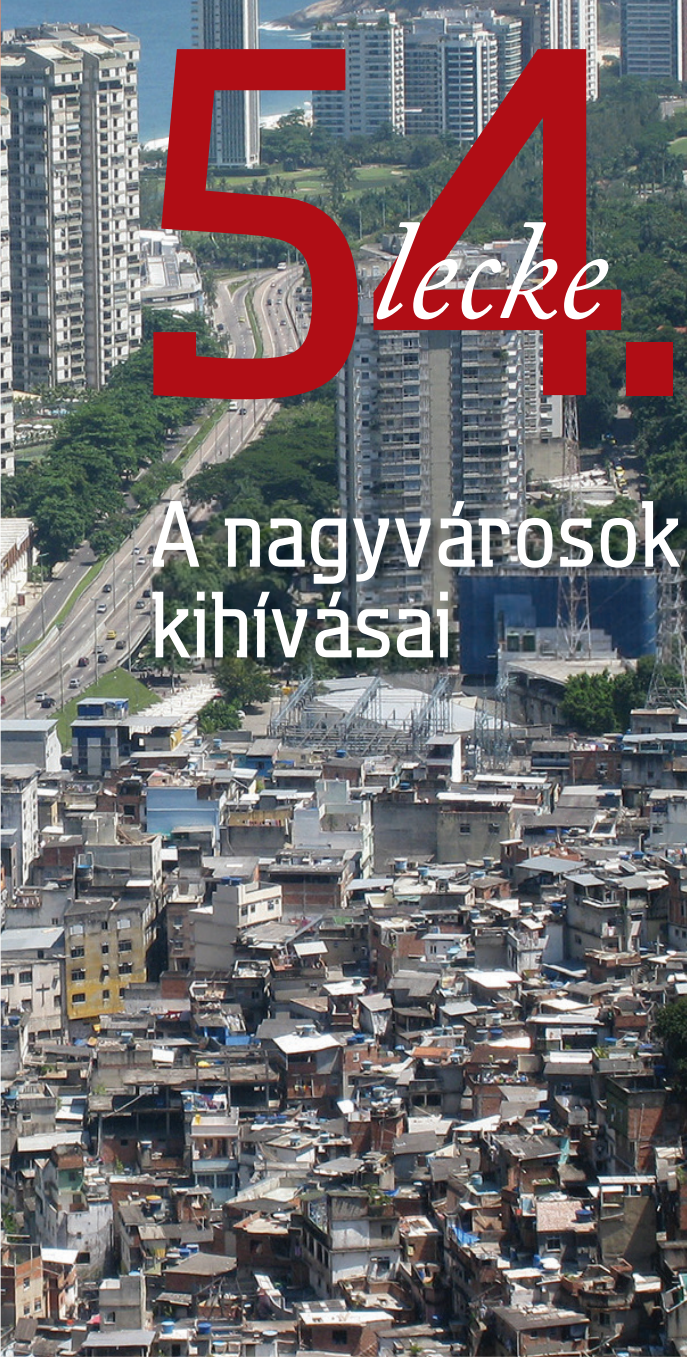
A talajpusztulás speciális folyamata játszódik le Afrikában a *Száhel-övezetben* (53.3. ábra). A túlleltetés miatt a gyér növénytakaró eltűnik, és így nincs, ami megkösse a talajt. A szabaddá vált talajfelszín a szél alakítja tovább.

Kérdések és feladatok

- 1 Prognosztizáld az emberiség létszámát 2100-ra, arra az esetre ha marad a jelenlegi növekedési üteme!
- 2 Miért látszik megnyugtatónak a jövőre nézve a Föld élelmiszer-ellátásának biztonsága?
- 3 Készíts összeállítást az erőforrásban szegény mezőgazdaság bemutatására!
- 4 Keresd meg a térképen a Száhel-övezet országait! Melyik szélességi övekre esnek?

54. lecke.

A nagyvárosok kihívásai



A terjeszkedő nagyvárosok környezeti gondjai

Az ENSZ népesedési osztályának adatai szerint 1940-ben a Földön minden nyolcadik ember élt városban. 1960-ra minden ötödik ember, 1980-ra pedig már minden harmadik. 2018-ban a lakosságnak már 55%-a városi lakos volt, tehát minden második ember városban élt. Ennek következtében – főleg a fejlődő országokban – rövid idő alatt a városokból nagyvárosok, azokból gigaméterű sokmilliós települések, megalopoliszok lettek. A világ legnépesebb városa Tokió 37 millió lakossal, amelyet Delhi követ 29 millióval. A nagyvárosok számának és méretének növekedése komoly természetvédelmi és környezetvédelmi következményekkel jár.

Gondold végig, mit jelent az, hogy egy város élhető! Mit tehetnek az ott lakók azért, hogy egy nagyváros élhető(bb) legyen? Keress példákat arra, hogy különböző nagyvárosok mit tettek ennek érdekében!

Lakóhelyedet mennyire tartod élhetőnek? Mit tehetnétek azért, hogy élhetőbb legyen? Ezt a témát projektfeladat keretében is feldolgozhatod!

A nagyvárosok terjeszkedésükkel egyre nagyobb zöld területet szüntetnek meg. A városok **levegője** ezért a körülötte lévő területeknél mindig jóval *szennyezettebb*. A légszennyezés fő forrásai részben az ipar, részben a lakossági fűtés, részben pedig a közlekedés. A nagyvárosokban naponta sok millióan utaznak a lakóhelyük és a munkahelyük között, és rendkívül nagy forgalommal jár az áruszállítás. A kipufogógázok szén-dioxid mellett főleg nitrogén-oxidokat tartalmaznak. Környezetszennyező hatása miatt közülük a dinitrogén-oxid a legveszélyesebb. Sokáig a légkörben marad, és üvegházhatású gáz. Emellett más nitrogén-oxidokkal együtt egészségkárosító hatású. Ha a levegő szennyezőanyagai valamilyen oknál fogva feldúsulnak a nagyvárosok levegőjében, füstköd, *szmog* alakul ki.

Nézz utána, melyek azok a szennyezőanyag-határértékek, amelyek elérése esetén a hatóság szmogriadót rendelhet el!

Milyen fokozatai vannak a szmogriadónak? Milyen korlátozásokkal járnak az egyes fokozatok?

Mi a különbség a London típusú és a Los Angeles típusú szmog között?

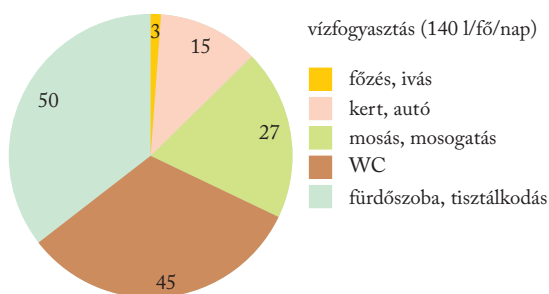
Szennyvíztisztítás



54.1. ábra. Modern szennyvíztisztító telep

felépítésükhöz, a számuk növekedik. Mindez még több baktérium számára teremti meg az életfeltételeket, és a folyamat mind intenzívebben folyik, egészen addig, amíg a víz teljesen meg nem tisztul (54.1. ábra).

Egy további gondot jelent a nagyvárosokban **szennyvíz** és a **szilárd hulladék** termelése, a *kommunális hulladék*. Szennyvíznek tekintünk minden olyan vizet, amelynek fizikai, kémiai és biológiai jellemzői megváltoznak az emberi használat következtében (54.2. ábra), ezért a minősége megromlott. A nagyvárosok kommunális szennyvizet magas szervesanyag-tartalom jellemzi, és igen sok mikroorganizmus van benne. A gyárakból érkező ipari szennyvizek, attól függően, hogy milyen üzem bocsátotta ki, elsősorban kemikáliákkal, lebegő részecskékkel lehetnek szennyezettek. Sajnos a fejlődő országok nagyvárosainak egy jelentős részében a szennyvíz minden tisztítás nélkül kerül vissza a természetes vizekbe. A fejlett ipari országokban tisztítás után vezetik vissza a vizet a természetes körforgásba, amellyel már további szennyezést nem okozhat. A vizek tisztítása előbb fizikai módszerekkel történik, a továbbiakban biológiai



54.2. ábra. A háztartások vízfogyasztásának megoszlása hazánkban (százalékban kifejezve)

Olvasmány

A szennyezett vizek mechanikai tisztítását a vízben lebegő darabos anyagoktól rácsokkal, szűrőkkel végzik. Rendszerint több lépésből áll, és egyre finomabb szűrőkön keresztül áramlik a víz. A biológiai szennyvíztisztítást baktériumok és algák végzik. A szennyvízben gyorsan elszaporodó algák intenzíven fotoszintetizálnak, ezáltal oxigént termelnek. Ennek az oxigénnek a felhasználásával pedig a baktériumok eloxidálják a víz szervesanyag-tartalmát. A baktériumok működése során részben szén-dioxid keletkezik, részben szerves ionok. Ezeket az anyagokat az algák felhasználják a test-

tisztításnak vetik alá a vizet, amely során baktériumokkal lebontatják a szerves eredetű szennyeződések, majd kémiai tisztítás is történik.

Magyarországon az **ivóvíz biztosítása** egyrészt parti szűrésű kutakból történik (kb. 45%). Budapest vízellátását teljes egészében ilyen kutak biztosítják. A víz szűrését a folyóágy homokos, sóderes, kavicsos anyaga végzi. Ebből következik, hogy az ilyen vízbázisok a talajvíz szennyeződésre rendkívül érzékenyek. A hazai ivóvízellátás másik jelentős bázisa a kőzetek nagyobb mélységeiből kinyert rétegvíz (kb. 35%). Végül mintegy 6% a legkiválóbb minőségű ivóvíz, a karsztvíz. A maradék 14% vízkivétele ázott vagy fűrt kutakból történik. Sajnos ma már hazánk talajvizei még 20-30 méteres mélységben is csak elvétve ihatók.

A szemét biztonságos kezelése

A nagyvárosok **szilárd hulladéka** az ipar, a mezőgazdaság, a szolgáltatások és a lakosság mindennapos tevékenysége során keletkezik, az anyagok ott és akkor hasznavehetetlenek, feleslegesek. Hazánkban évente mintegy 100 millió tonna keletkezik, ennek jelentős része a nagyvárosokban. A szilárd kommunális hulladékot az egész országban gyűjtik és elszállítják. Mivel a hulladékok jelentős része újrahasznosítható, azaz nyersanyagul szolgál más anyagok előállítására, fontos azok szelektív gyűjtése. A nem újrahasznosítható hulladék éghető része ártalmatlanítás után szemétegetőbe

kerül, és energianyeresre hasznosítják. A maradékot szemétkomposztálóban halmozzák fel. Sajnos ezek környezetbarát kezelése költséges. Ha megtelnek a lerakóhelyek, akkor földdel vastagon letakarják, majd **rekultiválják** a területet, erdőt telepítenek rá.

A **szerves hulladék** kertészhulladékokban otthon is hasznosítható, *komposztálható*.

A szemét mintegy 5%-át kitevő **veszélyes hulladék** külön kezelést igényel. A veszélyes hulladékok az élő szervezetekre közvetlenül vagy közvetve ártalmasak. Ilyenek a festékek, gyógyszermarad-

ványok, permetezőszerek és a nehézfém-tartalmú anyagok, mint az elemek, elektronikai cikkek.

A hulladékkezelés egyik fő problémája, hogy az egyre növekvő hulladéktömeg *környezetvédelmi szempontból* megnyugtató megsemmisítésének az országok túlnyomó többségében egyáltalán nincsenek meg az anyagi és műszaki feltételei.

Nézz utána, milyen környezetvédelmi berendezéseket alkalmaznak a nagyvárosi szemétközpontokban!

Egy modern eszköz ökológiai lábnyoma



54.3. ábra. Biztos, hogy mind kell?

A mindennap használatos eszközeink közül az egyik legnagyobb ökológiai lábnyoma a mobiltelefonnak van! Előállítás és használata energiaigényes, és nagy energiaigényű a megsemmisítése is, mivel veszélyes hulladéknak minősül. Ráadásul státuszszimbólumként sokkal gyakrabban cseréljük az indokoltnál (54.3. ábra)!

- *Miért nagy a mobiltelefon ökológiai lábnyoma?*
- *Nézz utána, hogy milyen alkatrészei vannak a mobiltelefonnak! Melyiket milyen alapanyagból állítják elő? Azokat honnan nyerik?*
- *Mi lesz a használt, kidobott mobiltelefon további sorsa? Melyik alkatrész hasznosítható újra, és hogyan?*

Olvasmány

Zaj- és fényszennyezés

A nagyvárosok további környezetkárosító hatása a zaj- és fényszennyezés. A folyamatos vagy gyakori **zajszennyezés** (54.4. ábra) ártalmas a lakosságra, mert tartós stresszforrást jelent, ami hosszú távon egészségkárosító.

Mobiltelefon-applikációval mérjük meg az iskolai zajszintjét az egyik szünetben! Hajtsunk végre méréseket a város több pontján, az utcákon, parkokban is!

A **fényszennyezést** a város éjszakai kivilágítása okozza. Elsősorban az állatok viselkedését zavarja meg a szokatlan időben fellépő tartós megvilágítás. Hiszen a természetesnél erősebb fényű mesterséges fényforrás szupernormális ingerként hat rájuk. Ezzel megzavarja tájékozódásukat, genetikusan kialakult bioritmusukat, a biológiai órájukat. A felületekről visszaverődő mesterséges fény megtévesztő információul szolgálhat például azoknak az éjszaka



54.4. ábra. Hangok, zajok a környezetünkben

rajzó vízi rovaroknak, melyek ilyenkor keresnek új élőhelyet maguk számára. Az ember szeme számára láthatatlan csillogást azonban a rovarszem érzékeli, vízként azonosítja, és nagy sebességgel repülve belecsapódik.

Nézzünk fel az égboltra egy nyári éjszakán a város kivilágított pontján, és készítsünk vázlatos csillagtérképet! Tegyük ezt meg máskor is, egy kiránduláson vagy táborban egy erdei tisztáson. Hasonlítsuk össze a látottakat!



54.5. ábra. Egy nagyváros esti fényszennyezése

Hallottál már a Föld órájáról?

Mi történik akkor?

Zajszint mérése

Anyagok és eszközök: kézi zajszintmérő

Végrehajtás: A mérési pontokon helyezzük üzembe az elemmel működő kézi zajszintmérőt! Mikrofonját fordítsuk a hangforrás irányába, és olvassuk le a zajszintet decibelben!

- *A különböző helyeken mért értékeket hasonlítsuk össze egymással! Következtessünk a növényzet zajszűrő hatására!*

Kézi zajszintmérő hiányában az alábbi skála alapján becsülhetjük meg a zajszintet:

dB	Hanghatások
0	Hallásküszöb
10	Távoli hangfoszlányok
20	Suttogó beszéd
30	Madárdal az erdőben
40	Halk beszéd
50	Egy lakótelepi lakás átlagzaja
60	Írógép kattogása
70	Hangos veszekedés zaja
80	Robogó gépkocsi zaja
90	Induló gépkocsi zaja
100	Aszfaltfúró gép
110	Eldübörgő gyorsvonat zaja
120	Levegőben szálló utasszállító repülőgép zaja
130	„Hangrobbanás” zaja
140	Fájdalomküszöb

Kérdések és feladatok

1 Magyarázd meg, miért repülnek az éjszakai rovarok körben a fényforrás körül!

2 Mit tartasz fontosabbnak, az éjszakai díszkivilágítást vagy a nagyvárosok fényszennyező hatásának csökkentését? Válaszodat indokold is meg!

3 Próbáld nyomon követni otthon a család napi vízfogyasztásának mennyiségét! Ki és hogyan tudna csökkenteni a vízfogyasztáson?

4 Miért kell elkülönítve gyűjtenünk a veszélyes hulladékokat?

55. lecke.

A biztonságos energiellátás kérdése



Energiaigény a világban

Az energia mindennapi életünk alapszükséglete. A fenntartható fejlődést meghatározza egy megbízható, környezet- és természetvédelmi szempontból megfelelő forrásokból származó energia hosszú távon is biztonsággal elérhető, növekvő mennyisége. Sajnos egy ilyen energia még nem áll rendelkezésünkre. Pedig ahhoz, hogy a fejlődő országok életszínvonala a fejlett ipari országok szintjéhez közelítsen, a Föld energiafelhasználását minimális esetben is meg kellene ötszörözni. Erre az energiatermelő ipari rendszerek jelenleg nem képesek. Mindezek miatt úgy tűnik, hogy a fenntartható fejlődés a világgazdaság jelenlegi állapotában csak abban az esetben valósítható meg, ha a gazdasági növekedés energiaigénye arányaiban kevesebb lenne a jelenlegihez képest, azaz az iparnak és a mezőgazdaságnak kevesebbrel kellene sokkal többet termelnie!

Energiaforrások

Ma az energiaforrásokat két alapvető csoportba soroljuk. A hagyományos, azaz nem megújuló és az alternatív, azaz megújuló energiaforrások csoportjába. Nem megújuló energiaforrás a szén, a kőolaj, a földgáz és a hagyományos atomenergia. Megújulók a fa, a növényi melléktermékek, a trágya energiája, illetve a víz-, a geotermikus, a nap-, az árapály- és a szélenergia, valamint a nukleáris erőművek közül a fúziós reaktorok.

■ Nézz utána, mi a különbség egy hagyományos atomerőmű és egy fúziós reaktor között!

Elméletileg valamennyi energiaforrás hozzájárulhat a harmonikus fejlődés növekvő energiaszükségletének biztosításához, ám tudnunk kell, hogy mindegyiknek vannak előnyei, és vannak a *környezeti és egészségügyi kockázatai*. Hogy melyek részesülnek előnyben az gazdaságpolitikai kérdés, és a döntés együtt jár a vele harmonizáló környezetvédelmi stratégia választásával.

■ Készíts összehasonlító táblázatot arról, hogy a világ néhány tetszőlegesen kiválasztott országa milyen arányban biztosítja energiaszükségletét a különböző energiaforrásokkal!

Ami a fosszilis fűtőanyagokat illeti, a készletek kimerülőben vannak, legalábbis hosszú távon már

nem nyújthatnak biztonságos ellátást. Emellett környezetkárosító hatásai nyilvánvalók. Az elégetésük során keletkező füstgázok erősen szennyezik a levegőt. A tisztított (ülepített) kibocsátással a hamu-, korom-, pernyetartalom ugyan minimálisra csökkenthető, de a levegőbe kerülő szén-dioxid mennyisége nem. Ma az üvegházhatása miatt ezt a gázt tartjuk leginkább a globális klímaváltozás felelősének.

A *vízi erőművek* – bár ma is vannak olyan szakértői csoportok, amelyek jó megoldásnak tartják – csak helyenként, a természeti adottságoktól függően váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. A nagyobb vízhozamú, ám kis esésű folyók vízlépcsői csak időleges és viszonylag kis teljesítményű megoldásokat tudnak felmutatni. Ugyanakkor tájromlással járnak, nem egy országban természeti és felbecsülhetetlen kultúrtörténeti értékek semmisültek meg építésükkor, folyamatos ökológiai hatásuk pedig katasztrofális lehet.

Mutasd be néhány nagyobb vízi erőmű teljesítményét! Képekkel illusztráld tájképi illeszkedésüket!

Nézz utána, miért állították le a nagymarosi vízlépcső építését! Hogyan függ össze a leállítás a Szigetköz természeti állapotának változásával?

Erősen vitatott a **nap-** és **szélenergia** hasznosításának kérdése. Az egyik probléma, hogy a nap nem süt állandóan, és a szél sem fúj mindig. Egy másik probléma a helyigény, valamint az, hogy a megtermelt energia nem tárolható. Ha Magyarország jelenlegi (2019) teljes éves áramigényét (40 terrawattóra) megújuló alapú termelők segítségével szeretné fedezni, és egyenlő arányban osztanák meg a termelést a nap- és szélenergia között, 16 000 futballpályányi napelemparkra és 25 000 futballpályányi szélerőmű parkra lenne szükség. Ez nagyjából egy Budapest–Gyöngyös–Kecskemét–Duna négyzetnek megfelelő terület. És azt is feltételezni kellene, hogy folyamatos működésre képesek. Továbbá a teljes mezőgazdasági területünk felén kellene kizárólag energetikai célú növénytermesztést folytatni! A szélkerekek ráadásul tájrombolók és állandó zajhatással járnak. A napenergia hasznosítása egyszerűbb, kis volumenben is alkalmazható, a rendszerek telepítése könnyebben megoldható (meglévő műtárgyakra is), feltehetően sokkal nagyobb szerephez fog jutni a jelenleginél a közeljövőben a hazai környezetbarát energia biztosításában, ahogyan feltehetően a ma még alig kihasznált geotermikus energia is.

■ Nézz utána, mi a geotermikus gradiens!

A legnagyobb teljesítményű energiát termelő berendezések az **atomerőművek**. A növekvő energiaszükséglet biztosításában feltehetően még egy jó ideig meghatározó szerephez fognak jutni, mert számos egyéb előnyös tulajdonsággal is rendelkeznek. Mindenekelőtt nem szennyezik a levegőt, működésük nem jár zajjal, áramtermelésük szabályozható, és összehasonlíthatatlanul kisebb a területigényük. Ellenük szóló érvek közé tartozik viszont, hogy felépítésük igen költséges, a radioaktív anyagként felhasznált urán bányászata és szállítása veszélyes és szintén drága. Egyesek szerint túl nagy biztonsági kockázatot is jelentenek. Az elhasználandó fűtőelemek igen sugárveszélyesek, és bár biztonságos tárolásuk megoldott, mégiscsak föld alatti depókba kerülnek. A hulladék tárolásának előírt ideje a felezési időtől függ, de akár ezer év is lehet. További környezeti ártalom lehet még, hogy nyáron a felmelegedett (egyébként teljesen tiszta) hűtővíz a befogadó, már eleve meleg természetes vízben esetleg hőszennyezést okozhat.

■ Nézz utána, mi a geotermikus gradiens!

A környezetbarát energiatermelésre való átállás csak elméletben elhatározás kérdése. Ugyanis bármelyik alternatív megoldásra való átállás rendkívül komoly költségekkel jár.

Kérdések és feladatok

1 Nézz utána, hogy mi a felezési idő! Melyik energiaforrással hozható kapcsolatba?

2 Milyen előnyei és milyen hátrányai lennének annak, ha egy ország teljes energiaellátását egyetlen atomerőmű szolgáltatná?

3 Milyen következményei lehetnek egy folyószakasz hőszennyezésének?

4 Jegyezd fel otthon a család napi elektromosenergia-fogyasztását! Hogyan tudnátok takarékoskodni az energiával?

56. lecke.

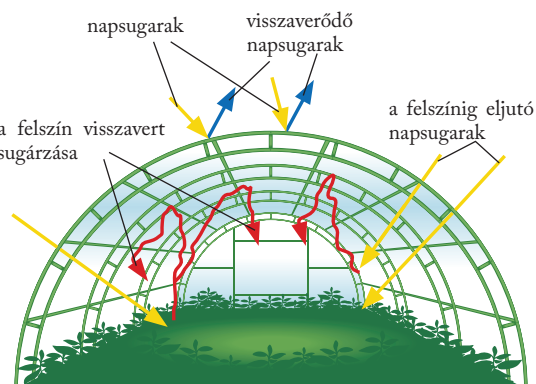
A globális klímaváltozás



Felmelegedés vagy lehűlés?

Stephen Schneider (1945–2010), a Stanford Egyetem környezetbiológia-professzora – akinek kutatási területe a légkör és a globális klímaváltozásnak a biológiai rendszerekre gyakorolt hatása volt – 1976-ban megjelent könyvében még a hamarosan bekövetkező *globális lehűlés* miatti aggodalmairól írt. Megérte prognózisának tévedését, mert az 1980-as évek elején nyilvánvalóvá vált egy globális klímaváltozás, de nem a lehűlés, hanem a felmelegedés irányába.

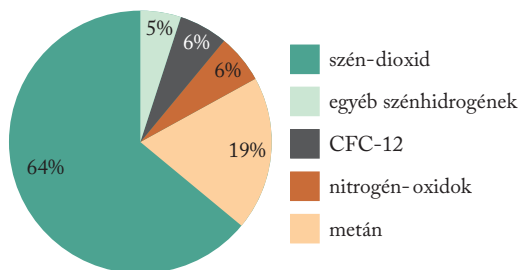
Szemben az oxigénnel, amely biológiai folyamat, a fotoszintézis révén kerül a légterbe, a levegő széndioxid-tartalma részben geológiai események kapcsán kerül a légterbe, részben az élőlények légzési folyamatai során keletkezik. Az evolúció során a fotoszintetizáló szervezetek szén-dioxid-fogyasztása és a légzés szén-dioxid-termelése a légkör széndioxid-szintjét is stabilizálta. A kb. 21% oxigén mellett a szén-dioxid mennyisége a légkörben 0,029% értéken állt be. Ezt az évmilliók során kialakult egyensúlyi állapotot bontotta meg az ember az elmúlt évszázadban. Részben az ipari forradalmat követően a fosszilis energiahordozók növekvő felhasználásával, a fűtéssel, a gépjárművek általánossá válásával jelentősen nőtt a szén-dioxid-kibocsátás mértéke. Addig, amíg 1850-ben a levegő CO_2 -mennyisége a természetes 0,029% volt, ez napjainkra eléri a 0,0414%-ot. Ennek következménye az **üvegházhatás** (56.1. ábra) **fokozódása**, ami viszont a Föld **globális felmelegedését** vonja maga után. A globális felmelegedés Földünk átlaghőmérsékletének folyamatos emelkedését jelenti. Ennek egyik következményeként emelkedik a légkör és a természetes vizek hőmérséklete is. Erről a napi hőmérsékleti rekordok folytonos megdőlésével évről évre magunk is meggyőződhetünk!



56.1. ábra. Üvegházhatás

A globális klímaváltozás ténye ma már megkérdőjelezhetetlen. Azzal együtt, hogy ma – feltehetően – egy interglaciális felmelegedés tanúi és résztvevői vagyunk, a felmelegedés okát ma a klimatológusok és az ökológusok túlnyomó többsége a légkör szén-dioxid-koncentrációjának a növekedésével magyarázza, azért pedig az emberi tevékenységeket teszik felelőssé. A már említett tényezőkön túl a kibocsátás mintegy 15%-át az erdőirtásnak és a faki-termelésnek tulajdonítják. Az őserdők égetéses irtása során évente akár 1 milliárd tonna szén-dioxid is a levegőbe kerülhet.

Az üvegházhatásért felelős másik tényező a légkör *metántartalma* (56.2. ábra). A metán egy része a szén-dioxidhoz hasonlóan természetes folyamatok során kerül a légkörbe. Az emberi tevékenységekre visszavezethető metánkibocsátás részben a hulladékkezeléssel függ össze. Metán kerül a levegőbe a személtlerakókból, felszabadul a szennyvízkezelés során is, a legnagyobb kibocsátó azonban a mezőgazdaság. Elsősorban a rizstermesztés, az állattenyésztés területéről pedig a szarvasmarhatartás. Számítások szerint egyetlen szarvasmarha egy nap alatt mintegy 90-110 dm³ metánt bocsát a levegőbe.



56.2. ábra. Az üvegházhatás kialakításában szerepet játszó gázok ránya százalékban kifejezve

Mit hozhat a jövő?

A legizgalmasabb a jövő kérdése. Ma már a „big data” informatikai rendszerek meglehetősen pontosan prognosztizálhatják a bekövetkező változásokat – feltéve, ha a természetes faktorok információtartalma nem változik meg. A számítások szerint, ha a szén-dioxid-koncentráció 0,06%-ra növekedne – ezt az értéket már 2020-ra jóslták, szerencsére ettől még messze vagyunk –, az átlaghőmérséklet-emelkedés a 2 °C-ot is elérné. Ez a sarki jégtakaró jelentős csökkenését eredményezné, amely a világtengerek szintjét akár

egy méterrel is megemelné. Egyes prognózisok szerint, ha a felmelegedés olyan mértékűvé válna, hogy a sarkvidékek jege teljesen elolvadna, 7 méter lenne a tengerszint-emelkedés. Ez beláthatatlan következményekkel járna a tengerparti országokra nézve (56.3. ábra). Bár a felmelegedés mértékére vonatkozó becslések alapvetően eltérők, a bekövetkező tengerszint-emelkedés számos országban jelentős károkat okozna. Megváltoznának a nagy földi légmozgások is, amelyek a csapadékeloszlást befolyásolják. A mezőgazdasági és az erdőhatárok magasabb szélességi körök felé tolnának ki. A melegebb vízióceánok a tengeri ökoszisztémákra ma még megjósolhatatlan hatással lennének, de minden bizonnyal komolyan befolyásolnák a táplálékhálózatokat és a halászatot.

Az éghajlatváltozás e prognózis szerint hazánkban a folyók vízhozamának csökkenésével és szélsőségesebbé válásával, az ivóvízbázisok elapadásával, a jelenlegi mezőgazdasági termelés lehetetlenné válásával járna. A globális klímaváltozás kérdése napjainkra – sajnos – az aktuálpolitika manipulációjába és a globális gazdasági érdekek hálójába került, ennek minden következményével együtt.

Jelöld térképen azokat az országokat, amelyeket komolyan fenyeget egy esetleges tengerszint-emelkedés!



56.3. ábra. Tengerszint-emelkedés miatt veszélyeztetett terület

Más vélemények a légköri szén-dioxid-koncentráció növekedéséről

Olvasmány

Az ökológusok egy része szerint a növekvő szén-dioxid-koncentráció csak (igen kis) részben emberi hatás következménye. Változásai nyomon követik a földi létet, és a vulkáni aktivitás mértékének függvénye volt. Mihail Ivanovics Budüko (1920–2001) szovjet-orosz ökológus kutatása szerint a kambrium elején ~ 0,3% lehetett a koncentrációja, ez később egyre csökkent, és a korszak vége előtt elérte a 0,1%-ot. Az ordovicium és a szilur időszakban is nagyjából e körül az érték körül mozgott. A devonban 10-15 millió év alatt jelentősen emelkedett (~ 0,4%), majd a perm időszak végére újra 0,2% körüli értékre csökkent. A földtörténeti középidő alatt végig 0,25% körül ingadozott. A harmadidőszakban újra jelentősen csökkent a mennyisége (~ 0,1%). Ennek következtében csökkent az üvegházhatás mértéke, ami a negyedidőszak eljegesedési folyamatainak közvetlen kiváltója lehetett.

Egy másik fontos észrevétel Heinrich Walter (1898–1989) német botanikus, klimatológus és mások mérési adatai alapján annak a felismerése, hogy kellő fényteltettség mellett a szén-dioxid-koncentráció emelése lényegesen növeli a fotoszintézis mértékét. Walter adatai szerint például az erdeifenyő maximális fotoszintézis-intenzitása a mai légkörben lévőhöz képest közel tízszeresen nagyobb szén-dioxid-koncentráció mellett következik be! Logikus tehát annak a feltételezése, hogy a zöld növények evolúciója sokkal magasabb légköri szén-dioxid-mennyiség mellett zajlott, adaptációjuk ahhoz történt. *Napjainkban ebben a vonatkozásban a növények a pesszimum tartományban vannak, a rendelkezésre álló szén-dioxid korlátozó tényező. A szén-dioxid-koncentráció emelkedését a növények fokozott intenzitású fotoszintézissel képesek lennének szinten tartani. Más kérdés, hogy az emberi tevékenység következtében a természetes zöld területek – az ebben a kérdésben legnagyobb jelentőségű trópusi esőerdők – mérete rohamosan zsugorodik.*

Vannak olyan feltételezések is, hogy a fő kibocsátók – ismeretlen okok miatt – az óceánok lennének. A felgyülemelő, anaerob körülmények között érlelődő rothadó iszap, a szapropél, a kontinensmozgások, földrengések, áramlások, cunamik stb. hatására aerob körülmények közé kerül, és oxidációja jelentős szén-dioxid-felszabadulással jár.

A jégkorszakok

Olvasmány

A lehülési és felmelegedési időszakok végigkísérték Földünk történetét. Ismereteink szerint a prekambriumban (kb. 500 millió évvel ezelőtt), a karbonkorban (kb. 350 millió évvel ezelőtt), majd a permben (kb. 270 millió évvel ezelőtt) is komoly eljegesedések alakultak ki, amelyek hatással voltak a kontinensek geomorfológiájára, és az állat- és növényvilág evolúciójára. Az ún. *jégkorszakok* a földtörténeti újidőben zajlottak az északi féltekén.

- *Nézz utána, milyenek voltak a legjellemzőbb ökológiai tényezők értékei a jégkorszakok idején Magyarországi mai területén!*

Kérdések és feladatok

- 1 Nézz utána, milyen természetes széndepókba jutva kerülhet ki a szén hosszabb időre a biogeokémiai körforgalomból!
- 2 Mit értünk „big data” informatikai rendszeren?
- 3 Nézz utána, milyen magyarázatot adnak a geológusok az ismétlődő jégkorszakokra!
- 4 Mit tudsz a „mini jégkorszakról”? Befejeződése kapcsolatban állhat-e az ipari termelés világméretű megnövekedésével?

57. lecke

Faj- és diverzitás- pusztulás



Fajok a Földön

Hány faj él a Földön? Erre csak közelítő becsléssel adhatjuk meg a választ. Egyes ökológusok eltérő módszerekkel számított adatai a fajok számát 30 és 15 millió közé teszik.

Az élőlények, amiket akár élő természeti erőforrásainknak is tekinthetünk, a **bioszféra részeként** annak működtetői. A harmonikus fejlődés elképzelhetetlen a bioszféra kiegyensúlyozott működése nélkül. A *földi élet*, benne az ember fennmaradásának is az alapja az a **genetikai sokféleség**, amely az evolúció során kialakult. Ez kerek egészként mint bioszféra létezik, és benne az összes fajnak megvan az a szerepe, amellyel hozzájárul a fenntartásához. Felesleges faj nincs! Az ember elemi létérdeke tehát a sokféleség, a biodiverzitás, ezzel együtt minden egyes faj megőrzése, mert ez a saját további létezésének is az alapja.

Az ember színrelépése a növény- és állatvilágra nézve hosszú időn keresztül semmiféle következménnyel nem járt. Az emberi népesség felszaporodása egyes fajok létfeltételeit egyre inkább csorbította, vadászatuk pedig siettetette kipusztulásukat. Ez kezdetben még kevés állatfajt érintett, elsősorban a nagy testű, alacsony utódszámú, vadászható fajok kerültek veszélybe. Így például a mamutok létfeltételei ma is adottak a tundrán, kipusztulásuk azonban mintegy 10 000 évvel ezelőtt bekövetkezett, amiben a jégkorszaki ember rendszeres mamutvadászatai is komoly szerepet játszottak.

Fajokat pusztít ki az ember

Alig egy évezrede a maorik pusztították ki Új-Zéland hatalmas, röpképtelen futómadarát, a háromméteres magasságot is elérő moát. Európában a földművelés elterjedésével együtt járó erdőirtások is a nagyobb fajok visszahúzódásával, majd eltűnésével jártak. Kipusztult a vadló és az őstulok is. A vadlovat később Mongólia pusztáin Przevalski orosz utazó újra felfedezte, az őstulok azonban véglegesen kiveszett.

A nagy földrajzi felfedezéseket követően az európai hajósok és telepések megjelenése, megtelepedése és terjeszkedése világszerte számos faj kipusztulásával járt. Esetenként nem is az utazók, hanem a sajátos faunájú, sokszor számos endemikus fajjal rendelkező szigeteken hagyott sertések, kutyák vagy patkányok okozták egy-egy faj végleges

eltűnését. Ismert példa a dodofajok sorsa, amelyek 1680 és 1760 között teljesen kipusztultak. A dodók galamb méretű, nehéz, repülni nem képes madarak voltak, ezek a sajátosságaik a szigeti viszonyok között tökéletesnek bizonyultak, sorsuk azonban az ember megjelenésével megpecsételődött.

Keress az interneten képeket a dodókról! Hány fajuk élt a Földön, és hol?

Magunk is tapasztalhatjuk tavasztól a beporzó rovarok számbeli csökkenését! Milyen következményekkel járna további csökkenésük?

Napjainkban a fajok pusztulásának legáltalánosabb oka az **élőhelyük megszűnése**. A városok terjeszkedése, a zöldmezős beruházások, az utak, vasutak építése, a vízfelületek lecsapolása, a bányászat stb. mind-mind élőhelyek felszámolásával jár. Sok faj, amely például a hagyományos mezőgazdálkodás emberi hatásait jól tűrte, a talajjavítással, vegyszerezéssel, gépesítéssel, azaz a nagyüzemi mezőgazdálkodással járó változásokat nem volt képes elviselni.

Egy másik jelentős ok a **környezet** folyamatos **szennyeződése**. Nem is az esetenkénti környezeti katasztrófák okozzák a nagyobb bajt, hanem azok, amelyek tartós hatása fajokat vagy élelemforrásait, költő-, szaporodó- vagy pihenőhelyeiket semmisítik meg. Ilyen a mezőgazdaságban a vegyszerek túlzásba vitt használata, a vasutak és autópályák zajártalma, az idegenforgalom, a növekvő mértékű turizmus hatásai.

Ma már kisebb jelentőségűek, ám mégis említésre méltó, elsősorban a fejlődő országokban az **orvvadászat**, a tengerekben pedig a halászat és a bálnavadászat **rablógazdálkodássá** váló formái.

Igaz, néhány fajt az utolsó pillanatban sikerült megmenteni a kipusztulástól. Ilyen a két bölényfaj, az *amerikai bölény* és az *európai bölény*, ilyen a *tárantilop* és a már kipusztultnak hitt *szürke bálna*, amelyet 1911-ben találtak meg újra, és azóta sikerült az egyedszámát 20 000-re emelni.

Pusztulnak az élőhelyek

Korszerű szemléletben ma már a növények és az állatok fajvédelme mellett rendkívül fontos az élőhelyük védelme.

Sajnos e fontos felismerés ellenére tragikus ütemben fogy a Földön élő fajok száma. A legfaj-



57.1. ábra. Fajgazdag korallszirt

gazdagabb életközösségek a **trópusi esőerdők**, a **korallszirt**ek világa (57.1.ábra), a **mélytengerek**, valamint a **nagy trópusi tavak**. A fajgazdagság legfőbb okaként ma a tudósok a nagy beérkező energiamegnységet tekintik. A trópusi esőerdők Afrikán, Ázsián és Dél-Amerikán átívelő biomja a szárazföldi társulások alig 7%-át teszi ki, mégis benne él a ma ismert fajoknak a fele.

Az elmúlt évszázadtól a pusztulásuk egyre aggasztóbb mértéket öltött. Az ember kitermelte a fákat üzleti célból, felégette őket mezőgazdasági területek nyerése céljából, és pusztultak a környezet mind nagyobb mértékű szennyeződése miatt is. Összterületük eredetileg elérte a 16 millió km²-t, napjainkra ez a szám 9 millió km² körülire csökkent. Hogy hány faj tűnt el végérvényesen ezalatt, azt még felbecsülni sem tudjuk. De minden bizonnyal nagyon sok olyan is, amelyek létezéséről az embernek sejtelve sem volt. Kipusztult, mielőtt felfedezhettük volna.

Hasonló a helyzet a szintén rendkívül nagy diverzitást mutató és roppant produktív trópusi korallzátonyok élővilágával. A mintegy 400 000 km²-nyi területükön több mint félmillió faj él. Pusztulásuk az elmúlt évtizedekben egyre aggasztóbb méreteket öltött. Veszélyeztetik a vízszennyezések, az erdőirtások miatt bekövetkező erózió, amelynek lemosódó talaja pusztítja az élőhelyeiket, a túlzott idegenforgalmi hasznosításuk és a globális klímaváltozás egyaránt. A mélytengerek és a nagy fajgazdagságú trópusi tavak legfőbb veszélyeztető tényezője a partokról érkező szennyezés.

Közvetett emberi tevékenységek okozta károk

A közvetlen emberi károsító hatások mellett komoly biodiverzitás-csökkenést eredményezhetnek közvetett emberi tevékenységek is. Még a leginkább környezetbarát erdőgazdálkodásnak is szüksége van feltáró utakra, amelyeken a kitermelt fák elszállítása, télen a vadállomány etetése történik. Az utak – hazai erdeinkben is – megszakítják a fák által képzett összefüggő lombkoronát, és fényben gazdag folyosók nyílnak meg. Ezek



57.2. ábra. Kanadai aranyvessző



57.3. ábra. Selyemkóró

kiváló lehetőséget teremtenek a több abiotikus környezeti faktorra is tág tűrésű, fényigényes növény-, és állatfajok megjelenésére és elterjedésére. Ezek az **inváziós fajok** kiszorítják élőhelyeikről a szűk tűrésű, eredeti, őshonos fajokat, és a társulás fajszegényebbé válik. A fák közül idetartozik az akác, a bálványfa, a lágyszárúak közül ilyen a kaukázusi medvetalp, a kanadai aranyvessző (57.2. ábra), a selyemkóró (57.3. ábra) és a gyalogakác. Invazív állat például a harlekinkatica (57.4. ábra), a tölgyfaselyemlepké (57.5. ábra) a burgonyabogár, több poloskafaj, a muflon és az üregi nyúl.



57.4. ábra. Harlekinkatica



57.5. ábra. Tölgyfaselyemlepké

Kérdések és feladatok

- 1 Nézz utána, hol élt és mikor halt ki a moa! Hogyan nézett ki, milyen életmódot folytatott?
- 2 Keress videókat az interneten a korallszirtek élővilágáról!
- 3 Állíts össze képanyagot a jelenkor napjainkra már kihalt emlőseiről!
- 4 Mi a különbség a természetes kihalás és az emberi tevékenységek hatására bekövetkezett kipusztulás között?

58. lecke

Növény- védelem, állatvédelem



Nemzetközi összefogás a fajok védelméért

A Nemzetközi Természetvédelmi Unió (IUCN) a Föld természeti értékeinek megőrzésére létrehozott szervezet. 1948-ban alakult meg, fő feladatának tekinti a biodiverzitás megőrzését, és a természeti erőforrások környezetbarát felhasználását, a bioszféra védelmét. 1963-ban kezdeményezte a **vörös könyvek** megjelenését, amelyek ismertetik egy-egy ország vagy nagyobb terület már kipusztult vagy veszélyeztetett növény- és állatfajait. Magyarországon a Vörös Könyv 1990-ben jelent meg.

Védett növények gyűjtése

A növényvilágot veszélyeztető tényezőknek tekintünk minden olyan emberi tevékenységet vagy természeti jelenséget, amely a növénypopulációk számát, valamint az egyes populációk egyedszámát fenyegetik. Ezek hathatnak a növényekre közvetlenül vagy veszélyeztethetik az élőhelyeiket, azáltal közvetett hatásúak.

A növényeket közvetlenül veszélyeztető tényezők közül a **virágszedés** elsősorban a feltűnő külsejű, szép vagy érdekes megjelenésű növényeket („csokorvirágok”) fenyegetik. A veszély elsősorban abban rejlik, hogy a virágaiktól megfosztott tövek nem érlelnek magot, ami az egyedszám csökkenésével jár. Ezek közé tartozik például a hazai növények közül a *leánykőkörcsin*, a *tavaszi tözike* (58.1. ábra), a *turbánliliom* és egyéb látványos fajok. A Budai-hegyekben a *hóvirág* átlagos virágmérete jelentősen csökkent az elmúlt évtizedekben, mert a tavaszi csokorszedők a nagy lepellelű virágokat tépve szinte mesterségesen szelektáltak.



58.1. ábra. Sokan összetévesztik a tavaszi tözikét (balra) és a hóvirágot (jobbra)



58.2. ábra. Turbánliliom

■ Készíts képes bemutatót a hazai növényvilág veszélyeztetett növényeiről!

A *növénygyűjtés* elsősorban a gyógynövények és a kertekben is kedvelt növények kiásása révén veszélyeztető tényező. Az *erdei ciklámen*, a *gímpáfrány* – és még hosszan lehetne folytatni sort – a piacok tövestől árult, kedvelt növényei voltak.

■ Mutass be néhány vadon termő, természetvédelem alatt álló gyógynövényt!

Fenyegetést jelenthet a **felszaporodó vadállomány** is, főként a legelés és a taposás következtében válhat veszélyeztető tényezővé. A muflon kedvelt csemegéje például a fokozottan védett, bennszülött *magyarföldi husáng*. A muflonállomány felszaporodásának tudható be a husáng megritkulás a Pilisről. A **gyomirtás** legkülönbözőbb módszerei nem szelektívek, nem kímélnek értékes, védendő vagy védett fajokat sem. A korábban gyomnövénynek számító közül a hatvanas-hetvenes évek nagy táblákra kiterjedő vegyszerezése következtében szinte eltűnt a *konkoly* és erősen megritkult a *nagy gombafű*.



58.3. ábra. Magyarföldi husáng

A mesterséges területek terjeszkedése

A mesterséges területek terjeszkedése

Az **élőhelyeket veszélyeztető tényezők** közül a növények esetében is első helyen áll a **területi igénybevétel**, amely a kultúrterületek terjeszkedése kö-



58.4. ábra. Szársomlyó

vetkeztében fokozatosan szüntet meg természetes élőhelyeket. Idesorolhatjuk a bányák – elsősorban a külszíni fejtéssel működő bauxitbányák, valamint a kőbányák – tevékenységének veszélyeztető hatásait. Hazánkban a Bükkben a Bélkő megsemmisülése, a Naszály és a Szársomlyó-bányászata számos ritkaság élőhelyét számolta fel. Hasonló hatású az ősgyepek feltörése és mezőgazdasági hasznosítása, a szőlő- és a gyümölcssteleptetés is.

Nyomozd ki, mely védett növényritkaságaink tűntek el végleg a Bélkő elbányászásával!

Az **állatvédelem** az állatok védelmének jogi szabályozása. A kifejezés többféle értelemben is használatos. Szűkebben – eredetileg értelmében – az állatvédelem alapvetően etikai megfontolásból ered, magába foglalja a háziállatok gondos és kíméletes tartását, a hobbiállatokért érzett felelősség vállalását, továbbá a vadon élő állatokkal szembeni méltatlan bánásmód elleni fellépést. Ezek szem előtt tartásával alakult meg 1824-ben Angliában az első állatvédő egyesület (RSPCA), amelyet hamarosan számos követett szerte a világon.

Nézz utána, minek a rövidítése az RSPCA betűszó, és mi a magyar jelentése!

Milyen hazai állatvédő szervezetekről hallottál?

Ezeknek a szervezeteknek a fellépése nyomán jelentek meg az első jogszabályokban is rögzített állatvédelmi előírások. A mozgalom az 1960-as években újra komoly fellendülésnek indult. Követeléseik

megfogalmazzák a haszonállatok tartásának kritériumait, kíméletes szállításuk és leölésük módjait, mindennemű állatkínzási tilalmat, az állatkísérletek elleni fellépést. Napjainkig számos, az állatok tartásával kapcsolatos nemzetközi konvenciót bocsátottak már ki, amelyekhez országok egész sora – köztük hazánk is – csatlakozott.

Tágabban értelmezve az állatvédelem magában foglalja a természetes élőhelyén élő gerinctelen és gerinces állatok természetvédelmi törvényekben biztosított oltalmát is.

Az állatok természetvédelmi értéként való tekintésének okai sokat változtak az elmúlt évtizedekben. Az első állatvédelmi mozgalmak alapvetően etikai oldalról közelítették meg a kérdést. Ma is ismerősek az ekkor hangoztatott indokok:

- „unokáinknak is át kell adni azokat a fajokat, amelyeket mi kaptunk elődeinktől”,
- „szegényebb lenne a Föld ezek nélkül az állatok nélkül” stb.

Mintegy harminc évvel ezelőtt már racionálisabb indokok hangzottak el,

- „soha nem tudhatjuk, hogy melyik állat lesz hasznos az ember számára” stb.

Ezek azonban mind nagyon embercentrikus módon közelítették meg a kérdést, és ezért csak részben találtak visszhangra. Az utóbbi évtized ökológiai kutatásainak egyszerű érvrendszere sokkoló, de igaz: a földi élet, benne az **ember fennmaradásának** is az **alapja** az a genetikai sokféleség, amely az evolúció során kialakult, és amelyet a mai növény- és állatvilág képvisel.

Kérdések és feladatok

1 Mivel indokolnád a törvényes oltalom alatt álló növények védelmét?

2 Nézz utána, milyen magyar védett növények szerepelnek a hazai pénzerméken!

3 Miért szükséges a fajok védelme mellett az élőhelyeik védelme?

4 Sorold fel a növényvilágot veszélyeztető tényezőket!

ÖSSZEFOGLALÁS

- 1 Te mit tartanál a környezeti nevelés legfontosabb feladatainak?
- 2 Nézz utána, hogy melyik háztartási eszközünknek a legnagyobb az ökológiai lábnyoma!
- 3 Szerinted a fenntartható fejlődés kérdésköre mennyiben tartozik a biológia tudományterületéhez?
- 4 Mit értünk harmonikus fejlődésen?
- 5 Milyen termelési mód és technika jellemző az „ipari mezőgazdaságra”?
- 6 Miért környezetkárosító a nagyvárosok fényszennyezése?
- 7 A szélkerekek működése közben infrahang keletkezhet. Nézz utána, mi az infrahang, és miért egészségkárosító hatású!
- 8 Magyarázd meg, miért tartoznak a legnagyobb diverzitású társulásegysétek közé a trópusi esőerdők!
- 9 Rendeztetek vitát arról, hogy a lakóhelyetek energiaellátását megújuló vagy nem megújuló energiaforrásból lenne-e érdemes (gazdaságos) fedezni! Induljatok ki abból, hogy a környék gazdag az egyik megújuló energiaforrásban! Milyen beruházásokra lenne szükség ahhoz, hogy hasznosítható legyen? Vegyétek figyelembe a környezetvédelmi szempontokat is!
- 10 A hagyományos téglaszerkezetű épületek mellett az 1990-es évek elején jelentek meg az első ún. passzívházak. A passzívházak az energiatakarékos épületekre alkalmazott kifejezés, azokra az épületekre vonatkozik, amelyek a hagyományos építési technológiával készültekhez képest akár 90% energiát takarítanak meg. Ezt a megtakarítást igen komplex módon érik el. A megfelelő anyagfelhasználás és építési technológia mellett

Kérdések és feladatok

tervezéskor figyelembe veszik az épület tájolását, maximálisan kihasználják a napenergia felhasználásának direkt (besüt a Nap és melegít) és indirekt (napelemek) lehetőségeit, a hőszigetelési eljárásokat, és mindezzel a fűtés energiaigényét nagyrészt – vagy akár teljes mértékben – kiváltják. Ma már megvannak erre a megfelelő technológiai eljárások. A korszerű, energiahatékony passzívház építési technológiája reális alapot teremt az energiafüggettség csökkentéséhez és a szén-dioxid-kibocsátásmentes („karbonsemleges”) épületek elterjedéséhez.

Hogyan értelmezhető egy családi ház kertjében megfelelő helyre ültetett nagy lombos fára az a szólás, hogy „nyáron hűt, télen fűt”?

Nézz utána, hogyan működik egy hőszivattyús fűtési rendszer!

Milyen fűtési rendszereket alkalmaznak a településeken a lakó- és a középületek fűtésére?

Mérjétek fel a lakóhelyeteken, hogy nagyjából milyen arányban használnak légkondicionáló berendezéseket nyáron a helyiségek klimatizálására!

11 A védett állatok populációinak változásait – elsősorban az egyedszámuk alakulását – a kutatók többféle módon is nyomon követhetik, monitorozhatják. Az egyik lehetőség emlősök adatainak rögzítésére a vadkamerák kihelyezése és az általuk rögzített képek értékelése. A madarak és a denevérek esetében hagyományos módszer a gyűrűzés a gyűjtés-visszafogásos módszer. Utóbbit alkalmazzák gerinctelenek esetében, például védett lepkefajok állományának nyomon követésére is. A befogott példányokat festékpettyel jelölik meg, majd szabadon engedik őket. A megismételt gyűjtés a befogott jelölt és jelöletlen egyedek számából következtetni lehet a populáció nagyságára. Az egyes példányok mozgáskörzetének megállapítására alkalmas, amikor egy parányi jeladót helyeznek el a befogott állaton úgy, hogy az ne zavarja, és így nyomon követhetik az általa bejárt területet.

Nézz utána, mit jelent a Barber-csapdázási módszer, és hogyan lehet bogárpopulációk állományának becslésére felhasználni!



Genetika

59. lecke

Az öröklődés alaptörvényei

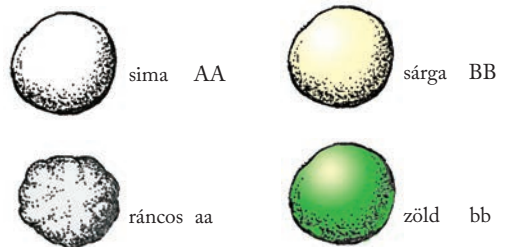


Mendel genetikai kísérlete - a genetika első lépései

A genetikai kutatások kezdeti szakaszának legfontosabb módszere az azonos fajhoz tartozó egyedek ivaros szaporítása, a **keresztezés** volt. A korszerű genetika megteremtése Gregor Mendel (1822–1884) brünni szerzetes nevéhez fűződik, aki korát messze megelőzve jutott el az **öröklődés törvényszerűségeinek** máig érvényes szabályainak felismeréséhez! A szülők és az utódnemzedékek egy-egy kiválasztott tulajdonságainak az összehasonlításából próbált levonni következtetéseket. A genetikai keresztezésekben a vizsgált tulajdonságokra nézve mindig tiszta származéksorú szülőket használt fel. Mai kifejezéssel ezek **homozigóták** voltak, ami azt jelenti, hogy mind a két szülő örökítőanyagában a vizsgált tulajdonságra nézve azonos volt a genetikai tartalom. Mendel idejében a kromoszómákat még nem ismerték! Úgy jutott tiszta származéksorú szülőkhöz, hogy a „szülőpár” utódait több nemzedéken keresztül egymás között keresztezte. Ha ezekkel a keresztezésekkel a vizsgált tulajdonságra nézve mindig a szülőpárral azonos tulajdonságot kapott, feltételezte, hogy tiszta származéksorúak.

A genetika alaptörvényei - Mendel törvényei

A kerti borsó egyik jellegzetes öröklődő tulajdonsága a borsómagvak sima vagy ráncos felszíne (59. 1–2. ábra). Mendel ilyen borsókkal is dolgozott kísérletei során. A tulajdonságpárok jelölésére azonos betűket használt. Az egyik változatot nagybetűvel jelölte, a másikat pedig kicsivel. Ezt a jelölési módot a mai napig használjuk! Ebben az esetben a sima tulajdonságot hordozó homozigóta apai tulajdonságpár jele: AA, míg a ráncos tulajdonságú

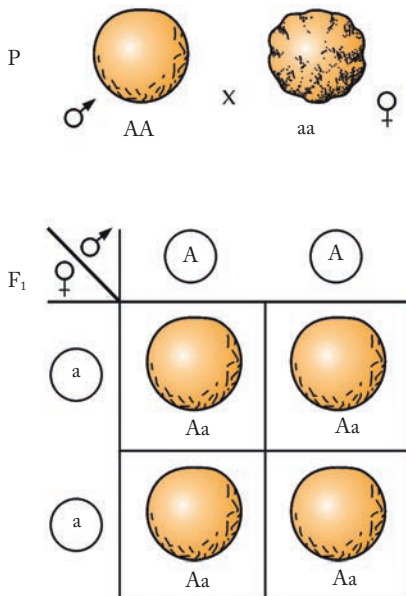


59.1. ábra. A borsómagvak tulajdonságai és azok jelölése



59.2. ábra. Különböző felszínű és színű borsók

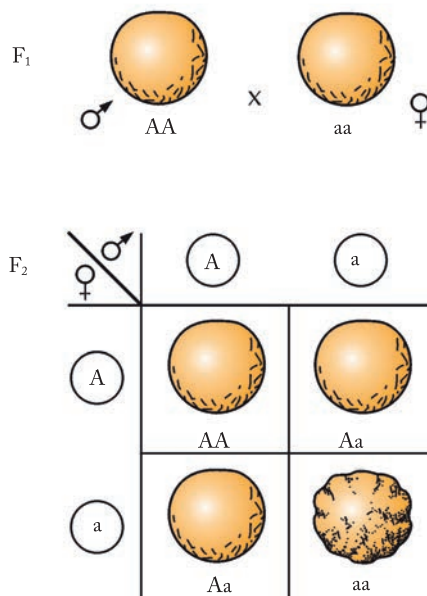
homozigóta anyai tulajdonságpár jele: aa. Természetesen az apai vagy az anyai haploid ivarsejtben csak egyetlen (A vagy a) változat található. A szülők ivarsejtjei között létrejöhethető keresztezési lehetőségeket egy táblázat segítségével elemezte. A latin parentes szó szülőket jelent, ezért P betűvel jelölte a genetikai táblázatokban (Punnett-táblázat) a szülői nemzedéket. Hasonlóan az utódokra vonatkozó latin filiales, *fiú* szóból ered az általa alkalmazott jelölés az első vagy a második utódnemzedékre: F_1 , illetve F_2 . A két homozigóta szülő ivarsejtjeinek kereszteződése után az F_1 nemzedék mindegyik tagjának örökítőanyagában mind az apai, mind az anyai tulajdonság megtalálható. Az F_1 nemzedék



F_1 genotípus: 4 Aa
 F_1 fenotípus: 4 sima

59.3. ábra. Az uniformitás törvénye

tagjai tehát Aa tulajdonságpárral rendelkező **heterozigóták** (*hetero* szó azt jelenti, nem egyforma, más), ugyanakkor valamennyi borsószem egységesen sima felszínű lett. A heterozigóták örökítőanyagában meglévő két szülői tulajdonság közül csak az egyik jelentkezett az utódban, a genetika nyelvén ez az *uralkodó*, vagy más néven *domináns* jelleg, szemben a másik, *rejtve maradó*, *recesszív* tulajdonsággal. A jelenséget Mendel az **uniformitás törvényében** foglalta össze, amely azt fejezi ki, hogy a homozigóta szülői formák keresztezéséből származó első utódnemzedék valamennyi egyede mind örökítőanyagának összetételét, mind megjelenését tekintve azonos (59.3. ábra).



F_2 genotípus: 1 AA : 2 Aa : 1aa
 F_2 fenotípus: 3 sima : 1 ráncos

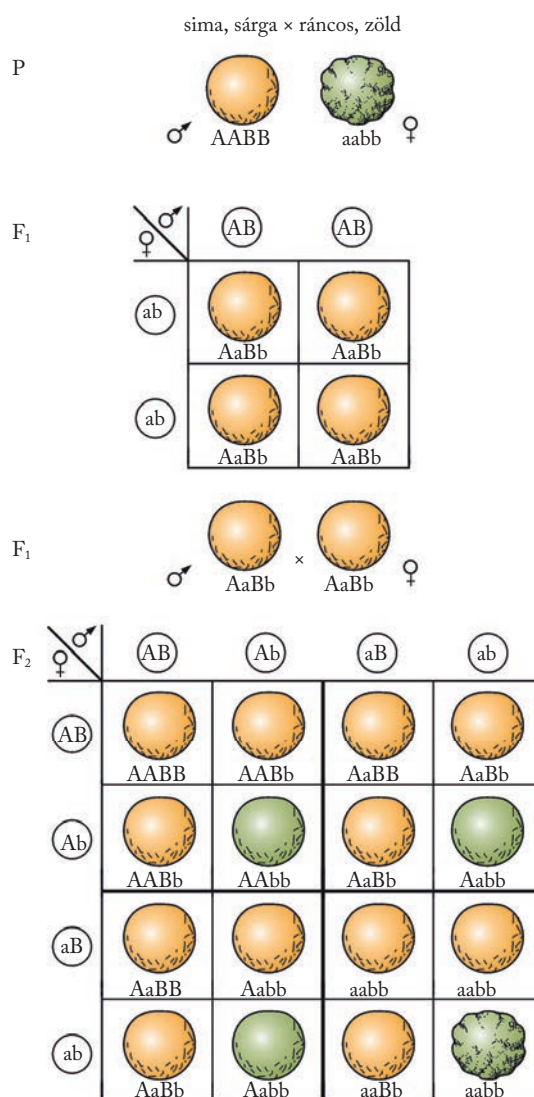
59.4. ábra. A hasadás törvénye

Tulajdonság	Domináns		Recesszív		Arány
Borsószemek felszíne	sima	882	ráncos	299	2,95 : 1
Borsószemek alakja	kerek	5474	szögletes	1850	2,96 : 1
Sziklevelek színe	sárga	6022	zöld	2001	3,01 : 1
Maghég színe	szürke	705	fehér	224	3,15 : 1
Borsóhüvely színe	zöld	428	sárga	152	2,82 : 1
Virágok helye a növényen	alacsonyan	651	magasan	207	3,14 : 1
Növény magassága	magas	787	törpe	277	2,84 : 1

59.5. ábra. A tulajdonságok hasadása az F_2 nemzedékben Mendel vizsgálatai alapján

Az F_2 nemzedékben a heterozigóták utódainak háromnegyed részére megint a domináns tulajdonság volt jellemző, de egynegyed részénél az eredeti homozigóta szülői tulajdonságok közül a recesszív jelleg jelent meg. Az F_1 nemzedék egyöntetűsége után tehát az F_2 nemzedékben a szülői tulajdonságok újra szétválva, kétféle hasadva, az eredeti szülői tulajdonságoknak megfelelően jelentkeznek a sima és a ráncos jelleg. A szülői tulajdonságok 3 : 1 arányú megjelenése azonban nem tükrözi a háttérben lévő örökítőanyag-arányokat. A domináns forma kétféle örökítőanyag-összetétele miatt ugyanis az utódok 25%-a homozigóta domináns, 50%-a heterozigóta domináns, míg a maradék 25% homozigóta recesszív.

Mendel számos más tulajdonsággal is elvégezte vizsgálatait, és mindig ugyanerre az eredményre jutott. Ezek alapján fogalmazta meg a **hasadás törvényét**, amelyben azt foglalta össze, hogy a szülői tulajdonságok nem olvadnak össze az F_1 nemzedék heterozigóta egyedeiben, hanem változás nélkül újra megjelennek az F_2 nemzedékben (59. 4–5. ábra). Mendel vizsgálataival a különböző tulajdonságok öröklődésének egymáshoz való viszonyát is tisztázta. Mendel olyan keresztezések is végzett, ahol a szülők két vizsgált tulajdonságban különböztek egymástól. Az egyik ilyen kísérletében a sima és a ráncos tulajdonságpár mellett a borsómagvak sziklevelének sárga és zöld tulajdonságpárját is vizsgálta, és az eredményeket matematikai, statisztikai módszerekkel értékelte. A vizsgálathoz felhasznált homozigóta szülők közül a domináns hím jellegű sima AA és sárga BB tulajdonságpárokkal rendelkezett. A recesszív női tulajdonságpárjaira a ráncos aa és a zöld bb volt a jellemző (59.6. ábra). Mint az várható volt, az F_1 nemzedék mindegyik tagja egyforma lett. A heterozigótákat egymással keresztezve az F_2 nemzedékben 9 különböző genetikai összetétel



59.6. ábra. A független öröklődés törvénye

és 4 eltérő jelleg jelent meg. A genetikai háttér megvizsgálva azt látni, hogy mindkét tulajdonság arányai külön-külön megfelelnek az egy tulajdonságpár öröklődésénél tapasztaltaknak. Vagyis a kapott értékek (4 AA : 8 Aa : 4 aa) egyszerűsíti-

tett formában ($1 AA : 2 Aa : 1 aa$) a már ismert arányokat mutatják. Ha a genetikai táblázatot egy keresztvonallal négy csoportra osztjuk, mindegyik csoporton belül a megjelent tulajdonság $3 : 1$ arányú megoszlását is tapasztalhatjuk. Ha azonban az összes megjelent tulajdonság $9 : 3 : 3 : 1$ arányban létrejött változatait együttesen vizsgáljuk, akkor azt találjuk, hogy két olyan tulajdonságpár is egymás mellé került az utódokban, amelyek az eredeti szülői kromoszómákban együtt nem találhatók meg. A ráncos–sárga és a sima–zöld tulajdonságpárok megjelenése Mendelt arra a következtetésre juttatta, hogy a két tulajdonság négy ivarsejtbe kerülő örökítőanyaga egymástól teljesen függetlenül és véletlenszerűen kombinálódhat, így teljesen új tulajdonságegyütteseket hozhat létre.

Számos hasonló vizsgálatának eredményét foglalta össze a **független öröklődés törvényében**, amely azt mondja ki, hogy az egyes tulajdonságpárok független öröklődésekor az F_2 nemzedékben az eredeti szülői formáktól eltérő kombinációk is megjelennek. Természetesen ez csakis olyan keresztezésekre vonatkozik, amelyekben a szülői jellegek egynél több tulajdonságpárban különböznek egymástól. Mendel további kutatásai során három különböző tulajdonságpár öröklődésének vizsgálatát is elvégezte, és ott 27 különböző örökítőanyag-kombinációt kapott. A függetlenül kombinálódó tulajdonságpárok esetén az F_2 nemzedékben egy tulajdonságpár 3, két tulajdonságpár 9, három tulajdonságpár 27, míg n tulajdonságpár $3n$ kombinációt eredményezhet.

Mendel kísérleteinek újrafelfedezése

Olvasmány

A XIX–XX. század fordulójáig Mendel kísérleti eredményei feledésbe merültek. Újrafelfedezésük egyértelműen Hugo de Vries (1848–1935) holland kutatónak köszönhető. A ligetszépe (*Oenothera*) kísérleti állományaiiban – amellyel hibridizációs kísérleteket végzett – hozzá hasonló eredményeket kapott. Az eredmények publikálását megelőzően véletlenül értesült Mendel tanulmányáról, és megdöbbenve tapasztalta, hogy amit ő felismert, azt Mendel már 1868-ban felfedezte. Ennek megfelelően 1900-ban Mendel tapasztalatainak megerősítéseként közölte saját adatait.

Tőle függetlenül Karl Erik Correns (1864–1933) német botanikus is végzett hibridizációs kísérleteket. Két különböző csalánfajt keresztezett egymással. A két faj lényeges eltérése a lomblevelek morfológiájában jelentkezik. Az egyik lomblevelei erősen fogas szélűek, míg a másik fajé teljesen fogazatlanok. A kapott első hibridnemzedék minden egyedének a lomblevelei erősen fogazottak voltak. A második hibridnemzedékben azonban 25%-ban megjelentek a fogazatlan levélformájú példányok is. A fogazatlan levelű növények keresztezéséből származó harmadik nemzedéket kizárólag fogazatlan növények képezték, a fogazottak között a fogazatlanság azonban újból fellépett. Correns Hugo de Vries-vel egy időben, 1899-ben értesült Mendel dolgozatáról, és így tudta meg, hogy felfedezése nem új tudományos eredmény.

- Írd fel Correns kísérleti eredményeit, betűkkel jelölve a vizsgált tulajdonságot!

Kérdések és feladatok

- 1 Nézz utána és tarts előadást Mendel életéről és munkásságáról!
- 2 Milyen utódok lesznek homozigóta magas növésű és homozigóta törpe borsónövény keresztezéséből? (Használd a 59.5. ábrát!)

- 3 Állapítsd meg a 59.5. ábra alapján, milyen lehet az örökítőanyag-összetétele az alábbi borsónövényeknek: a) ráncos és fehér maghéjszínű, b) szögletes magvú és magasan virágzó, c) sima borsószemű, zöld sziklelevelű és törpe méretű!

60. lecke

A dominán-recesszív öröklődésmenet



Egygénes domináns-recesszív öröklődés

Mendel munkásságát követően a XX. század elején elvégzett keresztezési kísérletekből világossá vált a genetikai alaptörvények általános érvénye. Kezdetben a mendeli kísérleteket ismételték meg, majd egyre szélesebb körben terjedtek el a különböző növényekkel és állatokkal végzett vizsgálatok. Az örökítőanyag egy tulajdonságért felelős szakaszát **génnek** nevezték el, a gének változatait pedig **alléleknek**. A mendeli példánál maradva a borsó sárga vagy zöld színéért egy gén felelős az örökítőanyagban. Azonban két változata, két allélje lehet ennek a génnek, az egyik sárga, a másik zöld maghéjszín alakít ki. A génnek tehát két allélje ismeretes, egy borsó örökítőanyagában vagy az egyik, vagy a másik, vagy mindkettő előfordulhat. A homozigóta azt jelenti, hogy a zigótában mind a két szülő génje azonos allélt hordoz, a heterozigótában viszont az apai és az anyai örökítőanyag erre a génre nézve eltérő tulajdonságú.

Azt, hogy egy élőlény milyen alléleket hordoz egy tulajdonságra nézve, a **genotípussal** fejezzük ki. A genotípus lehet homozigóta (AA vagy aa) vagy heterozigóta (Aa). Láttuk, hogy egy domináns tulajdonság kétféle genetikai háttérrel is megjelenhet, lehet a genotípus AA vagy Aa. A megjelenő tulajdonságot **fenotípusnak** nevezzük. Például a zöld maghéjszínű borsó genotípusa aa, fenotípusa pedig zöld.



60.1. ábra. A szarvasmarhák szőrzetszíne és szarvaltsága az öröklődési vizsgálatok gyakori alanya

A domináns-recesszív öröklődés állatokra vonatkozó egyik példája a feketetarka és a vöröstarka szőrszínezetű szarvasmarhák keresztezése (60.1. ábra). Ebben a borsókeresztevésekhez hasonlóan egyetlen gén határozza meg a tulajdonságot, **egyénes öröklődést** mutattak ki. A heterozigóták domináns alléja (V) a feketetarka, a recesszív allél (v) a vöröstarka színezet kialakításáért felelős gén. Az F_1 nemzedék az uniformitás törvényének megfelelően csak heterozigóta Vv genotípusú és feketetarka fenotípusú egyedekből állt. Az F_2 nemzedékben az allélpárok hasadása után 3 : 1 arányban jelentek meg a domináns feketetarka és a recesszív vöröstarka szarvasmarhák.

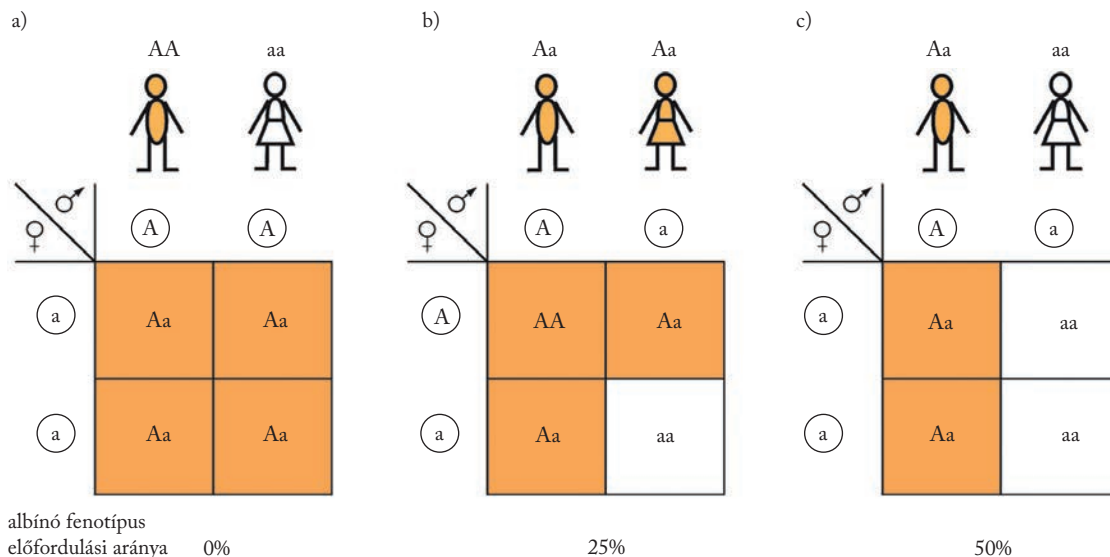
Ugyancsak domináns-recesszív öröklődéssel öröklődik a szarvasmarhák szarvatlansága is. A szarvval rendelkező állat erre az allélpárra nézve homozigóta recesszív (aa). A szarvatlan fenotípusú szarvasmarha homozigóta (AA) és heterozigóta (Aa) genotípusú is lehet. Így érthető, hogy a szarvas forma, amely szelekciós előnyt jelentett az ivari partnerért folytatott küzdelemben, megjelenését követően elterjedt. Sőt, mivel a szarvált formákból hasadással a következő nemzedékben nem jelenhetett meg a szarvatlan forma, egyeduralkodóvá vált. Hasonlóan öröklődik a nyulak fekete (A) és fehér (a) színének öröklődése.

Láttuk, hogy a domináns-recesszív öröklődésmentben a homozigóta domináns és a homozigóta recesszív egyedek keresztezésekor F_1 nemzedékben csupa heterozigóta utód jön létre. Ha ezeket egymás között keresztezzük, kellő számú utód esetén,

75%–25% lesz a domináns fenotípusú és a recesszív fenotípusú egyedek aránya. A 75% fekete fenotípusú nyulak közül azonban nem lehet tudni azt, hogy melyik homozigóta és melyik heterozigóta genotípusú. Erről **tesztelő keresztezéssel** győződhetünk meg. Ennek során az ismeretlen genotípusú, domináns fenotípusú egyedet egy recesszív fenotípusú egyeddel kell keresztezni, hiszen ez biztosan homozigóta recesszív genotípusú, Abban az esetben, ha az ismeretlen genotípusú, domináns fenotípusú egyed homozigóta volt, valamennyi utód domináns fenotípusú lesz. Ellenben, ha az ismeretlen domináns genotípusú egyed heterozigóta volt, az utódok között 50%-ban a recesszív genotípus is meg fog jelenni.

Az albinizmus öröklődése embernél

Az ember számos tulajdonságának és néhány betegség tünetének is a domináns-recesszív öröklődésben találták meg az okát. Jól ismert betegség például az **albinizmus**, amelynek következtében a bőr, a haj és a szem pigmentáltsága, festéktartalma majdnem teljesen hiányzik, vagyis kórosan színhiányos az illető. **Családfák vizsgálatok** kimutatták, hogy az ember albinizmusa recesszív tulajdonság, az albínók homozigóták (aa). Átlag 25–30 000 gyerek közül születik egy albínó. Az emberek túlnyomó többsége tehát a pigmentáltság szempontjából homozigóta domináns AA, és csak kevés a heterozigóta domináns Aa allélpárral rendelkező közöttük. A pigmentáltság szempontjából



60.2. ábra. Az emberi albinizmus öröklődése

egy homozigóta domináns és egy recesszív albínó házasságából született gyermekek normálisan pigmentáltak (60.2. ábra). Az albínó jellegre heterozigóták házasságából már 25%-os az albínó utód

létrejöttének valószínűsége, míg a heterozigóta és a recesszív albínó párnál ez 50%-os valószínűségű. Természetesen két recesszív albínó szülő mindegyik gyermeke albínó lesz.

Az alkaptonúria

Az alkaptonúria (másik nevén ocronosis) egy ritka, genetikai okokra visszavezethető megbetegedés. Egy enzim termelődésének hiánya az oka. A defektus az egyik aminosav, a tirozin anyagcseréjét érinti: egyik köztes terméke, a homogentizinsav nem alakul tovább, hanem felhalmozódik a szervezetben, és csak kis-mértékben ürül a vizelettel. Súlyos csont- és porcelváltozásokkal jár. Ma már tudjuk, hogy autoszomális, recesszív öröklődésmenetet mutat.

- *Nézz utána, milyen jellegzetes tünete van az alkaptonúriának, amely lehetővé teszi korai felismerését!*

Olvasmány

Kérdések és feladatok

1 Lehet-e albínó gyereke két normálisan pigmentált szülőnek? (Segít a 60.2. ábra!) Írd fel a megfelelő öröklésmeneteket!

2 Hány % valószínűséggel születik szarvált utód egy heterozigóta szarvatlan bika és egy szarvált tehén keresztezéséből?

3 Milyen utódok származhatnak egy homozigóta feketetarka marha és egy heterozigóta feketetarka marha keresztezéséből?

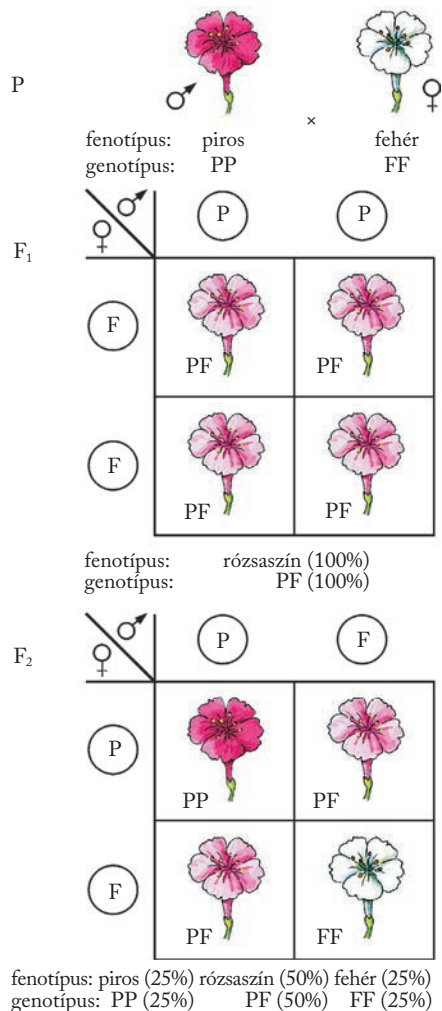
4 Egy csupa fekete nyulakból álló állományunkban váratlanul fehér nyuszi is született. Mi lehet ennek az oka?

61. lecke

Az intermedier és a kodomináns öröklésmenet

Intermedier öröklésmenet

Egyes esetekben a domináns allél nem képes a recesszív allél teljes elnyomására, de fenotípusos kifejeződése gyengébb a heterozigótákban, mint a homozigótákban. A heterozigóta fenotípusa a két homozigóta fenotípus köztes formáját mutatja. Ez az intermedier, másik nevén részleges dominanciával járó vagy köztes öröklésmenet. A hazai kertekben is jól ismert dísznövény a csodatölcsér. Különböző virágszínű egyedeiben a virág színének öröklődéséért egyetlen allélpár a felelős. Ha homozigóta növények piros és fehér virágú egyedeit keresztezik egymással, az F_1 nemzedékben egyforma genotípusú és fenotípusú utódok jelennek meg. Az eddigiektől eltérően azonban azzal a különbséggel, hogy a heterozigótákban a domináns fenotípus gyengébben jelentkezik, így az utódok piros helyett egységesen rózsaszínűek lesznek. Két ilyen hetero-



61.1. ábra. Az intermedier öröklésmenet



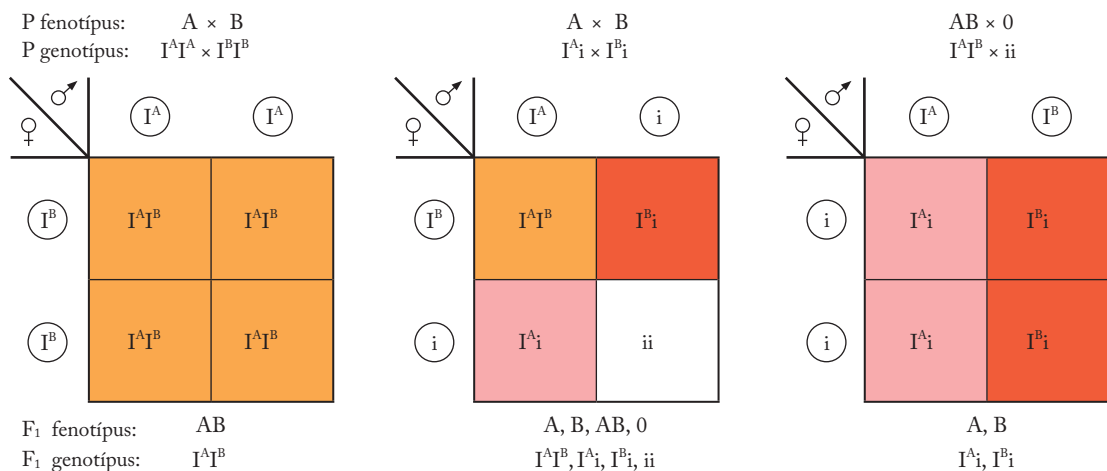
61.2. ábra. A csodatölcsér piros, fehér és rózsaszín virága

zigótát keresztezve egymással az F_2 nemzedék tagjai 1 : 2 : 1 arányban hasadnak domináns, illetve recesszív fenotípusra, amiből a két heterozigóta a nem teljes értékű domináns fenotípusú rózsaszín lesz (61.1–2. ábra). Ezzel teljesen megegyező öröklésmentet mutat a kerti oroszlánszáj szíromszíneinek öröklődése. Intermedier módon öröklődik a vörös és fehér színű shorthorn szarvasmarhák szőrzetszíne és a szagosbüköny (bíbor és fehér) szíromszíne is. Az intermedier öröklésmentben a három különböző genotípus három egymástól jól elkülöníthető fenotípust alakít ki, így azokból a genotípus is azonnal megállapítható.

Keress további példákat az interneten az intermedier vagy köztes öröklésmentre!

Kodomináns öröklésment

Az öröklésnek egy jellegzetes formája a **kettős dominancia**, idegen kifejezéssel a **kodominancia** jelensége az öröklésben. Ebben az esetben nem beszélhetünk domináns és recesszív allélról, heterozigóta formában mind a két allél teljes mértékben érvényre jut. Egyik legjobban ismert példája az emberi ABO vércsoportrendszer öröklődése. Az ABO vércsoportok létrejöttének genetikai hátterét összesen három allél határozza meg, ezek közül kettő, az I_A és az I_B domináns az i alléllal szemben. Mivel egy diploid szervezetben azonos génhelyre csak két allél kerülhet, így ezek viszonya határozza meg az utódokban kialakuló vércsoportot (61.3. ábra). Az A és B vércsoport genotípusaiban domináns allélok találhatók. Az A vércsoportot a homozigóta $I_A I_A$, illetve a heterozigóta $I_A i$ allélpár, a B vércsoportot az $I_B I_B$, illetve az $I_B i$ allélpár hozza létre. A 0 vércsoport hátterében pedig a homozigóta ii allélpár áll. Mivel az I_A allél és az I_B allél egyformán domináns az i alléllal szemben, együttes előfordulásukkor az $I_A I_B$ allélpárban a két allél kodomináns, vagyis mindkettő hatása egyaránt érvényesül, tehát az utódban kialakuló vércsoport AB típusú. Az ABO vércsoportrendszerhez hasonlóan kodominánsan öröklődik egy másik vércsoportrendszer, az MN vércsoportrendszer is. Az MN vércsoportot két kodomináns allél határozza meg: M és N. A két allél háromféle genotípust alakíthat ki: MM, MN, NN. Mindegyik kombináció önálló fenotípust is jelent. Ezekon kívül az emberre további kisebb jelentőségű, de hasonlóan öröklődő vércsoportrendszerek is jellemzők.



61.3. ábra. Az ABO vércsoportrendszer néhány öröklésmentete

Nézz utána, mi a Bombay-jelenség, és milyen kapcsolatban áll az AB0 vércsoportrendszer öröklődésével!

Eltérés a mendeli hasadási aránytól - letális allélkombináció

A genetikai kutatások megindulását követően hamar kiderült, hogy a gének többsége uralkodó és lappangó viszonyban van egymással, az intermedier vagy a kodomináns öröklődésment sokkal ritkább.

A domináns-recesszív módon öröklődő tulajdonságokkal kapcsolatos kísérletek közben érdekes megfigyelésre jutottak a kutatók. Az egerek szőrzetszíne, a világos (sárgás) dominánsnak bizonyult, míg a sötét (szürke) szőrszín recesszív jellegnek. Hasonlóan a kanárimadarak „kontyossága” – azaz egy bóbita a fejen – is domináns tulajdonságnak a kontyaltalan alakkal szemben. Mindkét esetben azt vették észre, a tenyésztők hogy ha sárga színű egereket kereszteztek egymás között, az utódok kétharmad része sárga, egyharmad része viszont szürke színű lesz. A szürke egereket egymás között keresztezve csupa szürke egér születik. Ha azonban az első nemzedék sárga egereit az ugyancsak első nemzedékből származó szürke egerekkel keresztezték, akkor 50%-50% arányban sárga és szürke

egerek születtek. Teljesen hasonló arányokat mutatott a kontyos kanárik egymással történő keresztezésének kapott eredményei is: az első nemzedékből származó kontyaltalanok egymás közötti és a második nemzedék kontyosoknak kontyaltalanokkal végrehajtott keresztezési kísérletei. A szülői nemzedék a vizsgált tulajdonságokra nézve kétségkívül heterozigóta volt, különben nem jelentek volna meg a recesszív (szürke szín, illetve kontyaltalanság) tulajdonságok. Ugyanakkor az első nemzedék hasadási aránya eltért a Mendel-szabályoktól, hiszen 2 : 1 arány volt jellemző a domináns és recesszív fenotípusokra. A második kísérletsorozat igazolta a szürke szín, illetve a konty nélkülség recesszív jellegét, hiszen az utódok nem mutattak hasadást, valamennyien egyformák voltak, ugyanolyanok maradtak. Mindez csak úgy képzelhető el, ha az első nemzedék domináns jellegű utódai valamilyen oknál fogva kevesebben vannak. Valóban, a későbbi kísérletek során kiderült, hogy az első utódnemzedék összes egyede heterozigóta volt, azaz a homozigóta egyedek hiányoztak. Ma már tudjuk, hogy vannak olyan allélkombinációk, amelyekkel rendelkezők már embrionális állapotban elpusztulnak, nem fejlődnek ki. Ilyen az egerek sárga színét és a kanárik kontyosságát eredményező homozigóta domináns kombinációk is. Az ilyen variációkat **letális** (halálos) **allélkombinációknak** nevezzük, ezek mindig hiányoznak az utódnemzedékből.

Kérdések és feladatok

- 1 Írd fel, hányféle genotípus határozhatja meg az ember négy vércsoportjának fenotípusát!
- 2 Egy 0-s és egy AB vércsoportú szülőpárnak milyen vércsoportú gyermekei lehetnek? Válaszodat az öröklődésmentek levezetésével igazold!
- 3 Milyen színű és milyen genotípusú egereket kapunk, ha az F_2 nemzedékből származó sárga színű egereket egymás között keresztezzük?
- 4 Hány % rózsaszín virágú csodatölcsérke várható két rózsaszín virágú növény keresztezésekor?

62. lecke

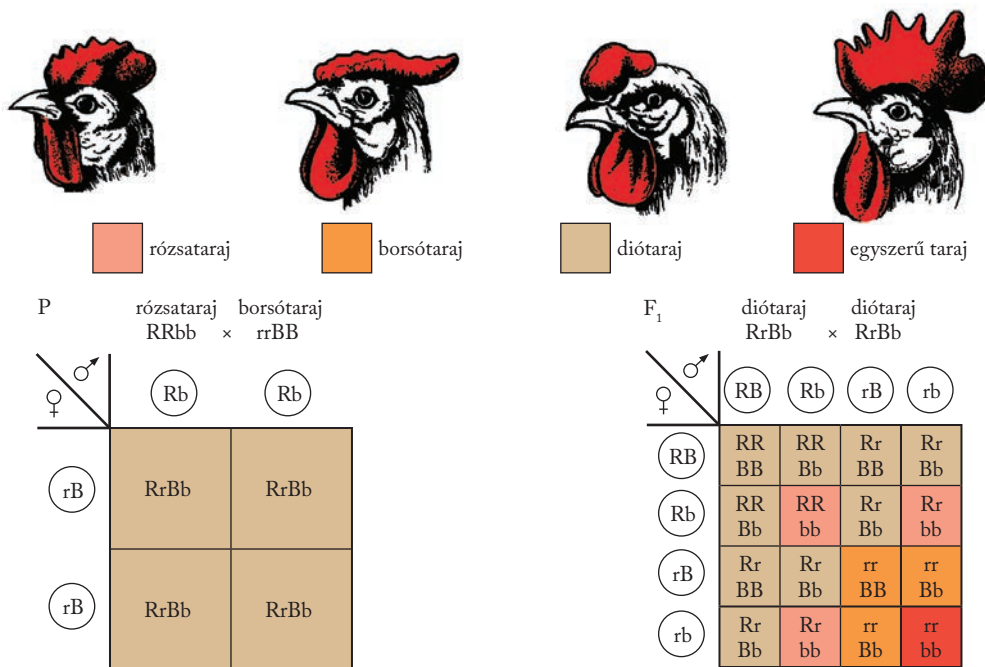
Kétgénes öröklésmenetek



A tarajforma öröklődése házityúkknál

Eddig olyan példákat vizsgáltunk, amelyekben egy tulajdonság megjelenését egy allélpár idézte elő. Van azonban számos olyan eset is, amikor **egyetlen tulajdonság kialakításában** nem egy, hanem egynél **több allélpár** vesz részt. Ezek valójában nem közvetlenül a géneken keresztül, hanem a gének által előállított fehérjéken keresztül hatnak egymásra. Ez utóbbiak ugyanis a sejtek anyagcseré-folyamataiban esetenként kölcsönhatásba léphetnek egymással, és ilyenkor a fenotípusok hasadásviszonyai módosulnak anélkül, hogy a genetikai alaptörvények lényegét megszegnék. Így öröklődik például a tarajforma a különböző házityúkfajták keresztezésekor (62.1. ábra).

A házityúkok tarajformáját két allélpár határozza meg. A baromfitenyésztők között régi tapasztalat volt, hogy a dekoratív, látványosan fűrészelt taraj esetenként akkor is megjelenik, ha korábban a tenyésztésre nem volt jellemző. Kísérletek során a vaskos, alig fűrészelt, úgynevezett borsótarajú kakasokkal kereszteztek hosszúkas, középen árkolt, úgynevezett rózsatarajú tyúkokat. Az első nemzedék valamilyen csibéje egyformának bizonyult, de egy harmadik fenotípusú tarajuk volt, a rövid, duzzadt, úgynevezett diótaraj. Egy diótarajú kakas és egy szintén diótarajú tyúk keresztezéséből származó nemzedék négy taraj fenotípust eredményezett. Volt közöttük dió-, borsó- és rózsatarajú is, valamint újdonságként a fűrészelt tarajforma is megjelent. A hasadási arányuk a dihibrideknek megfelelő arányt mutatta, a diótarajúból 9, a rózsá- és borsótarajúból 3-3, míg a fűrészelt tarajúból 1 egységnyi kelt ki a tojásokból. Az eredmény azzal magyarázható, hogy a kakas tarajalakjáért két domináns-recesszív öröklődő gén felelős (Aa és Bb). A homozigóta borsótarajú egyedek (AA bb) a másik génre nézve homozigóta recesszívek, míg a rózsatarajúak esetében a helyzet fordított (aaBB). A két típus keresztezéséből csupa heterozigóta egyed származik (AaBb), amelyek egy új fenotípussal rendelkeznek, diótarajúak lesznek. A dió forma megjelenésének az a feltétele, hogy mindkét génpárból legalább egynek dominánsnak kell lennie az egyedben. A heterozigóták keresztezéséből származó második nemzedékben 9 hasadási arányban szükségszerűen diótaraj lesz (AaBb, AABb, aABB, AaBB), 3-3 hasadási arány viszont borsó- (AAbb, Aabb), illetve rózsá- (aaBB, aabb) és 1 hasadási arányban, a kettős recesszív genotípus (aabb) esetén



62.1. ábra. A háziyúkfajták tarajformájának öröklődése

jelenik meg a fűrészelt forma. A domináns gének tehát önállóan eltérő fenotípust eredményeznek, a recesszívek viszont azonos tarajalakért felelősek.

Mi lehet a magyarázata annak, hogy a baromfiudvarok túlnyomó többségében a kakas egyszerű tarajú?

Egy allélpár - több tulajdonság

Ismerünk a fentivel ellentétes típusú öröklődésmentet is, amikor egynél több tulajdonság kialakítását egyetlen allélpár végzi. Ilyen például a kerti borsó egyik génje, amelyik mind a virág, mind a maghéj színét meghatározza. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy a gén egy olyan anyagnak, ebben az esetben

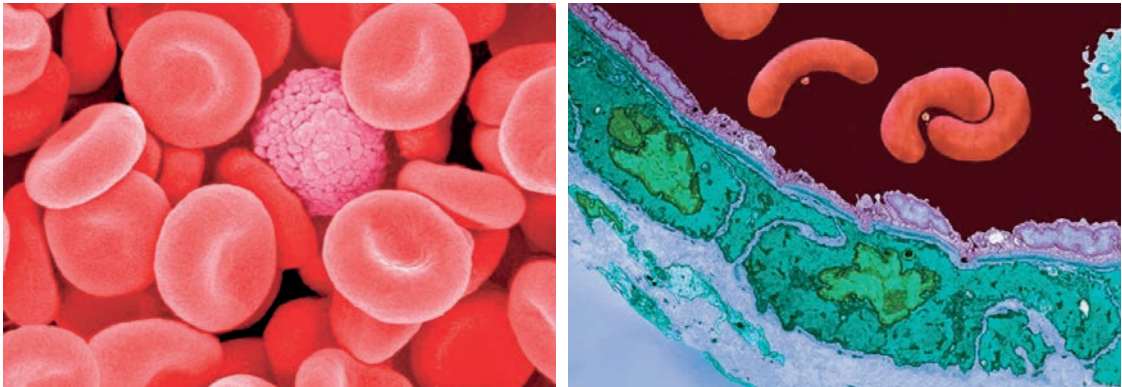


62.2. ábra. Kerti borsó egyik különleges virágszíne

az antocián nevű színezéknek az előállítását szabályozza, amely a virágban és a maghéjban egyaránt előfordul. A virágban bordó, a maghéjban, ahol más színanyagokkal is keveredik, szürkésbarna színt hoz létre (62.2. ábra).

Nézz utána, milyen anyag az antocián, és mely tápláléknövényeinkben van nagyobb mennyiségben! Nézz utána annak is, van-e élettani hatása a szervezetünkre!

Az ilyen típusú öröklődésmentnek jóval bonyolultabb esete a sarlósejtes vérszegénység öröklődése (62.3. ábra). A hemoglobin előállításáért felelős allélpár megváltozása kihat a hemoglobin térszerkezetére. Emiatt a vörösvérsejtek sarló alakúak lesznek, és rendszeresen összecsapódva vérrögöket képeznek. A szervezet folyamatosan eltávolítja ezeket a rögöket, amivel saját magát vérszegénnyé teszi. Ugyanakkor a vérrögök akadályozzák a test különböző részeiben a normális vérkeringést. A rendellenes vörösvérsejtek oxigénszállító képessége is jóval gyengébb, mint a normálisaké, amely egy sor jellegzetes fenotípusváltozást idéz elő. Mindezek következményeként a homozigóta recesszív egyedek csak rövid ideig élnek. Ezekben az esetekben tehát egy adott gén által kódolt fehérje közvetve befolyásol különböző anyagcsere-folyamatokat, amelyek tovább hatnak az egyes szervek működésére. Így egyetlen gén allélpárjának hatása többféle fenotípusos következménnyel járhat.



62.3. ábra. Normális és sarló alakú emberi vörösvérsejtek térbeli elektronmikroszkópos képe

Érdekeségek a kétféles öröklésmentek köréből

Olvasmány

Ha két tetszés szerinti tulajdonság öröklődését egy kísérletben vizsgálják a kutatók, és a két gén külön-külön egy-egy tulajdonságot örökít, érdekes hasadási arányok jelenhetnek meg abban az esetben, ha a két tulajdonság eltérő módon öröklődik. Ha például a kerti tátika piros, kétajkú virágát keresztezték ugyanennek a fajnak fehér, sugaras szimmetriájú virágaival, az első nemzedékben csupa rózsaszín, kétajkú virág jelent meg. Ezeket egymás között keresztezve a második nemzedék meglepő hasadási arányokat mutatott. Volt ugyanis kétajkú piros virágú növény az utódok között, volt kétajkú rózsaszín virágú és kétajkú fehér virágú is. Ugyanígy a sugaras szimmetriájú virágok is mindhárom színben megjelentek. Összesen tehát hatféle genotípus alakult ki, és ez több volt a $9 : 3 : 3 : 1$ hasadási arány esetén jellemző négy fenotípusnál. A magyarázatot a hasadási arányok megvizsgálása és értelmezése adta meg. Ugyanis a kétajkú piros virágú kategóriát 3, a kétajkú rózsaszínű virágú kategóriát 6, a kétajkú fehér virágú kategóriát újra csak 3 hányad képviselte. A piros sugaras virágra 1, a rózsaszín sugaras virágra 2, a fehér sugaras virágra 1 hasadási arány esett. Ha külön összegezték a virág alakot, akkor az ajakos forma 12, a sugaras forma 3 hasadási arányban részesült, amely egyszerűsítve $3 : 1$. Ugyanez a színre a következőképpen alakult: 4 piros, 8 rózsaszínű és 4 fehér kategória, azaz egyszerűsítve a hasadási arány $1 : 2 : 1$. Ez azt jelenti, hogy az ajakos szimmetriájú virágforma domináns a sugaras formával szemben, a szín azonban intermedier módon öröklődik. Ebből következik, hogy a hasadási arányok kialakulásában – a látszat ellenére – semmi rendellenes nem volt. Ugyanez az öröklésment figyelhető meg a szarvasmarha köztes öröklésmenttel öröklődő színe (vörös-fehér) és a szarvaltságának (szarvatlan-szarvas) domináns-recesszív öröklésmenttel öröklődő tulajdonságainak együttes vizsgálatánál.

Kérdések és feladatok

- 1 Egy heterozigóta rózsatarajú kakasnak és egy egyszerű tarajú tyúknak milyen valószínűséggel lesznek egyszerű tarajú utódai?
- 2 Milyen fenotípusok jelenhetnek meg, és milyen arányban egy diótarajú tyúk és egy egyszerű tarajú kakas utódai között?
- 3 Magyarázd meg, hogyan befolyásolhatja egyetlen allélpár hibája a sarlósejtes vérszegénység sokféle tünetét!

- 4 A szarvasmarhák szarvaltsága domináns-recesszív módon öröklődik. A szarvatlanság dominál a szarvalt forma fölött. Ugyanakkor a szőrűk színe intermedier módon öröklődik, a vörös szín a domináns, a fehér a recesszív jelleg, a heterozigóta színű szarvasmarha zsemleszínű.

Mekkora valószínűséggel jelenik meg zsemleszín és a szarvatlan forma, ha egy mindkét tulajdonságra nézve heterozigóta tehenet és bikát párosítanak egymással?

63. lecke.

Géncölcsönhatások



Episztatikus géncölcsönhatás

Az eddigiekben csak olyan kétféles keresztezést vizsgáltunk, amelyekben a két gén hatásának érvényre jutása között semmiféle kölcsönhatás nem volt. A gének azonban számos esetben befolyásolják egymás hatásának az érvényesülését.

Előfordulhat például, hogy az egyik gén elnyomja a másik működését. Ezt a hatást episztatikusnak, az elnyomó gént **episztatikus gének** nevezzük. Az elnyomó hatás a dihibrid hasadási arány ($9 : 3 : 3 : 1$) különböző módosulásait eredményezi. Ha ilyen hatás érvényesül, akkor csak 3 vagy 2 fenotípus alakul ki a 4 helyett. Ha A gén elnyomja B gén hatását, akkor **domináns episztázisról** beszélünk. A hasadási arány $12 : 3 : 1$ -re változik. Ilyen hasadás jön létre a lovak szőrzetszínének öröklődése során (63.1. ábra). A allél a szürke, B allél a fekete színt alakítja ki, mindkettő domináns a recesszív vörös színnel (a, b) szemben. Ezért az AABB, az AABb, az AaBB vagy az AaBb genotípusú lovak szürke szőrzetűek (arányuk $9 : 16$), mert az A allél elnyomja a B allél hatását. Az AABb és az AaBb genotípus is szürke színt hoz létre, de itt nincs elnyomás, mert nincs meg az egyedben a B allél (arányuk $3 : 16$, a szürkék aránya $12 : 16$). Fekete szőrzetszínű ló csak az aaBB és az aaBb genotípus esetén fordul elő (aránya $3 : 16$). Az aabb genotípusú ló szőrzete pedig rozsdavörös színű lesz (aránya $1 : 16$). A **recesszív episztázis** esetén (63.2. ábra) az a allél homozigóta állapotban elnyomja a B allél hatását. Az utóbbi csak Aa vagy AA allélpár mellett tud kifejeződni. A hasadási arány $9 : 3 : 4$ -re változik. Ilyen öröklődést mutat egyes egérfajok szőrzetszíne. Az A allél fekete, a B allél sárga szőrzetszínt alakít ki, mindkettő domináns a fehér színnel (a, b) szemben. Ebben az esetben az AABB, az AaBB, az AABb és az AaBb genotípus szürke egérszínt hoznak létre (arányuk $9 : 16$), mert



63.1. ábra. Különböző szőrzetszínű lovak



63.2. ábra. Különböző szőrzetszínű egerek

a szürke színt az okozza, hogy a fekete szőrszálak végén gyűrűk alakjában sárga szín jön létre, és ez a két szín együtt szürke színhatást kelt. Az AAbb és az Aabb genotípus fekete színt hoz létre (arányuk 3 : 16), az aaBB és az aaBb genotípusú egyedekben az aa allélpár elnyomja B allél hatását, így az egerek fehérek lesznek (arányuk 3 : 16), mint ahogyan fehér az aabb genotípusú egér is (aránya 1 : 16). Az összes fehér színű egér aránya tehát 4 : 16 (63.3. ábra).

Összegződő génkölsönhatás

Két gén hatása összegeződhet is a fenotípus kialakításában. Ekkor a hasadási arány 9 : 6 : 1 (63.3. ábra). Így öröklődik például a sarkantyúvirág levelszíné. Ebben az esetben az A és B allél egyaránt sötétzöld levélszín eredményez a recesszív világoszöld színnel szemben. Mivel a génhatások összegződnek, a domináns AaBB, az AaBb, az AaBb és az AaBb genotípus hozza létre a legsötétebb zöld színt (arányuk 9 : 16). Viszont az AAbb, az Aabb, az aaBB és az aaBb genotípus egyaránt világosabb

zöld levélszín alakít ki (arányuk 6 : 16), míg az aabb genotípus a legvilágosabb zöld levélszín hozza létre (aránya 1 : 16).

Kettős domináns és kettős recesszív génhatás

Előfordul, hogy **mindkét gén domináns allélje** ugyanazt a fenotípust hozza létre. Ilyenkor a hasadási arány 15 : 1 lesz, mert legalább egy domináns gén minden kombinációban van, kivéve azt az egy lehetőséget, amelyben mind a négy allél recesszív. Így öröklődik például a pásztortáska becöketerméseinek alakja. Az A allél és a B allél is szív alakú becökét hoz létre, és csak az aabb genotípus alakít ki ovális termést (arányuk 15 : 1). Más gének homozigóta recesszív alakban hozzák létre ugyanazt a fenotípust. Ez a **kettős recesszív génhatás**. A hasadási arány 9 : 7. A kukoricaszemek színe is így öröklődik (63.4. ábra). A két domináns allél (A és B) kiegészíti egymást, közös hatásukra jön létre a bíborszínű kukoricaszem. Ez a hatása az AaBB, az AaBb, az AaBb és az AaBb genotípusoknak (hasadási arányuk 9 : 7). Az AAbb, az Aabb, az aaBB és az aaBb genotípusú egyedek szemszíne viszont fehér, mint ahogy az az aabb egyedek szemszíne is, így kapjuk a 9 : 7 hasadási arányt.

Domináns-recesszív génkölsönhatás

A legfurcsább talán az az eset, amikor az A allél hatása ugyanaz, mint az aabb allélpáré. Ez a domináns-recesszív kölsönhatás esete. A hasadási

Génkölcsönhatások típusai	AaBB AaBb AaBB AaBb	AaBb Aabb	aaBB aaBb	aabb
Domináns episztázis	12	–	3	1
Recesszív episztázis	9	3	4	–
Két gén összegződő hatása	9	6	–	1
Kettős domináns gének	–	15	–	1
Kettős recesszív gének	9	–	7	–
Domináns és recesszív kölsönhatás	12+	–	3	+1
Mendeli arány (az összehasonlításhoz)	9	3	3	1

63.3. ábra. Két gén episztatikus jellegű kölsönhatásának típusai és hasadási arányai

si arány itt 13 : 3. A házi tyúk tollazatszíne is így öröklődik (63.5. ábra). Az öröklődés során A allél elnyomja B allél színes tollazatot kialakító hatását. Az AABB, az AABb, az AaBB és az AaBb genotí-

pus fehér tollat hoz létre, akár az AAbb, az Aabb és az aabb genotípus. Az aaBB és az aaBb genotípus viszont három allélkombinációban színes tollazatot eredményez.

Génhatások

Természetesen nemcsak 2, hanem 3 vagy több gén is befolyásolhatja egymás működését. 3 gén esetén a *trihibridekre* jellemző hasadási arány (27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1) változik meg, az előbbiekhöz hasonló módon. Másrészt az is igaz, hogy a gének működésében nemcsak az egymásra gyakorolt hatás lényeges, hanem a környezet működést befolyásoló hatása is, ami például a génműködések szabályozásán keresztül érvényesül.

Ma már tudjuk, hogy a gének a valóságban az eddigieknél is bonyolultabb módon hatnak, mert többnyire nemcsak egy-egy tulajdonság kialakításában fontos a működésük. Lehet, hogy van *főhatásuk*, amely révén egy tulajdonság létrejöttében teljesen nyilvánvaló a szerepük, emellett azonban többnyire számos más, nehezen felismerhető, *másodlagos hatásuk* is lehet. Egyetlen gén összes fenotípusos hatását nevezik *pleiotrop génhatásnak*.

- Egy növényen három örökődő tulajdonságot vizsgálunk egy öröklésmenetben. Egy homozigóta sugaras szimmetriájú virágú (AA), piros szíromlevelű (BB) és fogazott levélszélű (CC) egyedet egy homozigóta recesszív kétoldalian részarányos (aa), fehér szíromszínű (bb) ép levélszélű (cc) példánnyal keresztezzük, majd az első nemzedék egyedeit egymással keresztezzük. Milyen fenotípusú növényeket várunk, és milyen arányban?

Olvasmány

Kérdések és feladatok

1 Homozigóta szürke (AAbb) és homozigóta fekete (aaBB) lovakat keresztezzük egymással. Az első nemzedékek egyedeit ismét keresztezik. Írd fel, hogy a második nemzedékben milyen geno- és fenotípusok alakulhatnak ki, és mekkora gyakorisággal!

2 Írd fel a szív alakú becőketermést eredményező valamennyi pászortáska-genotípust!

3 Mi a magyarázata annak, hogy a sarkantyúka virág zöld lomblevelének színe három fokozatot is mutat?

4 A fenotípusra nézve gömbölyű tökök nem azonos genotípusúak. Ennek az a magyarázata, hogy a termés alakját két egymástól függetlenül öröklődő allélpár határozza meg. Mindkét allélpár domináns-recesszív módon öröklődik. Ha az egyik allélpárra homozigóta domináns tököt a másik allélpárra homozigóta domináns tökkel keresztezzük (AAbb × aaBB), akkor az első nemzedékben csupa korong alakú termés jön létre. A második nemzedékben 6,25%-ban a hosszúkás tök forma is megjelenik. Írd fel az első és a második keresztezést és a kialakuló geno- és fenotípusokat!

64. lecke

Nemhez kötött öröklődés

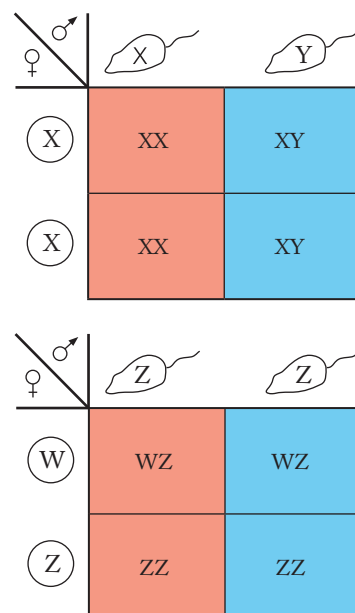


A nem öröklődése

A megtermékenyítés pillanatában a haploid ivarsejtek kromoszómakészleteiket a diploid zigótában egyesítik. A zigótában a haploidkészletek kromoszómái egymással homológ párokat képeznek. A homológ párok egyike az apától, a másik az anyától származik. A kétlaki növényekben és a váltivarú állatokban, valamint az emberben is a homológ kromoszómapárok közül az egyik párnak döntő szerepe van az ivar meghatározásában. Ezek az **ivari kromoszómák**. Az ivari kromoszómapárban az egyik ivar két egyforma alakú kromoszómával vesz részt, míg a másik ivar alakban a két kromoszóma egymástól eltérő formájú (64.1. ábra).

Keress az interneten az ember ivari kromoszómáiról készült mikrofotókat!

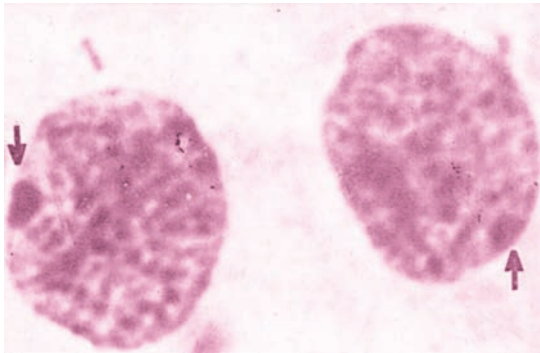
Az emberben, a legtöbb váltivarú állatban és kétlaki növényben a hímivarú egyedekre jellemző a különböző alakú és többnyire eltérő méretű XY kromoszómából álló kromoszómapár, míg a nőivarúakban az XX kromoszómapár található. A madarakban, a lepkékben és néhány növényben fordított az ivarmeghatározottság kromoszomális alapja: a nőivarúak rendelkeznek különböző WZ és a hímivarúak azonos ZZ kromoszómából álló ivari kromoszómapárral. Mivel megtermékenyítéskor a kétféle típusú ivari kromoszóma találkozási esélyű, így az utódok várható ivararánya is



64.1. ábra. Az ivari jelleg öröklődése

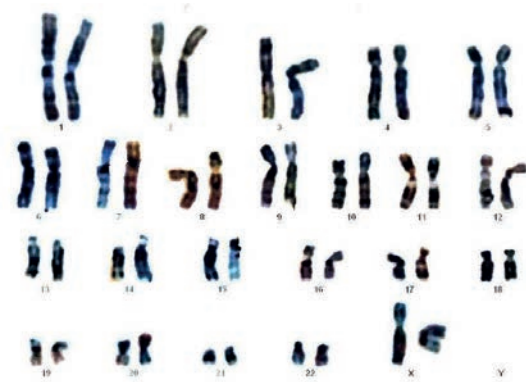
átlag 50-50 százalékos lesz. Az ivari jelleg tehát az ivari kromoszómán keresztül öröklődő tulajdonság, amelynek aránya a nemzedékek során általában lényegesen nem változik.

A diploid emlősök nőivarú egyedeiben az XX ivari kromoszóma közül csak az egyik működik. A másik még az embrionális fejlődés korai szakaszában működésképtelenné válik, mivel DNS-molekulájában olyan változások következnek be, amelyek gátolják az információk átírását. Emberben a nem működő X kromoszóma oly mértékben tömör marad a sejtosztódás után is, hogy egyszerű mikroszkópos vizsgálattal a nők sejteinek sejtmagjában jól festődő kis rög (Barr-test, 64.2. ábra) formájában kimutatható. Régebben ezt használják fel az ivarmeghatározás kromoszomális módszereként, például a női sportolók nemi vizsgálata során a nagy nemzetközi sportversenyeken. A vizsgálat bevezetését az indokolta, hogy előfordulhatnak olyan zava-



64.2. ábra. A Barr-test mikroszkópos felvétele

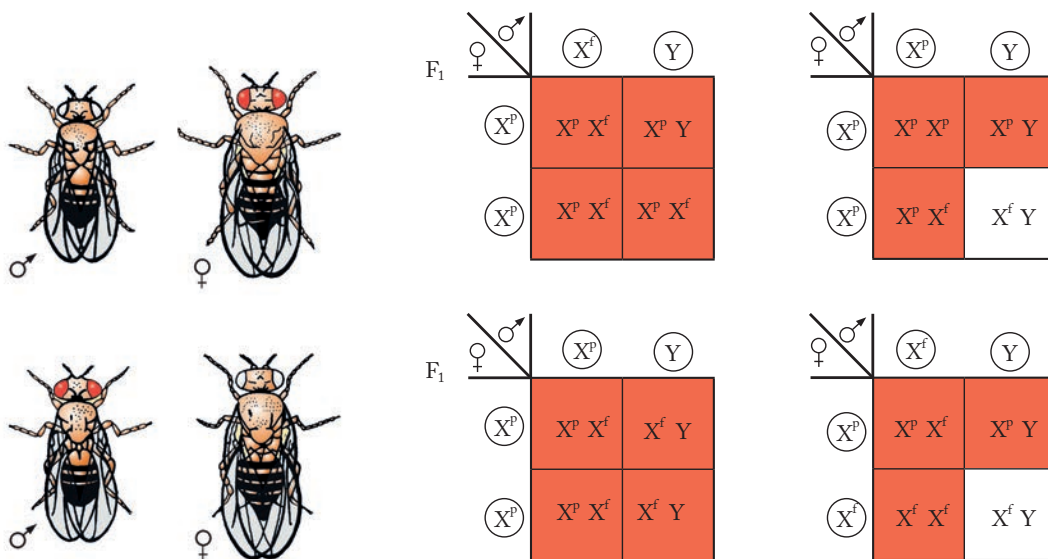
rok, amelyek meggátolják a fiúmagzat egyedfejlődésének a kezdetén a hím nemi hormon termelődését. Ennek következményeként az utód külső nemi szervei és testfelépítése teljes mértékben női jellegre utalnak, ugyanakkor belső ivarmirigye hereként alakul ki benne, és ivari kromoszómái is XY összetételűek. A kromoszomális nemi vizsgálatra (64.3. ábra) egyaránt felhasználhatók a szájnyalkahártya vagy a hajszál gyökerének sejtei, illetve a vérkenet fehérvérsejtjei.



64.3. ábra. Női kromoszómakészlet

Nemi kromoszómához kötött tulajdonságok öröklődése

Nyár derekától, szinte mindenütt, ahol túlrett, erjedő gyümölcs van, apró legyek tömegével találkozhatunk. Ezek a közönséges muslicák, amelyek a



64.4. ábra. Az ivari kromoszómához kötött gének öröklődése

Ebben az esetben már az F_1 nemzedékben az ivari jelleg öröklődéséhez hasonló szétválást lehetett tapasztalni. Az utódok egyik fele fehér szemű, másik fele piros szemű lett. A fehér szeműek mindegyike hím, a piros szeműek mindegyike nőstény volt. Vagyis az apai jelleget a leány utódok, az anyai jelleget pedig a fiú utódok örökölték. A továbbkelesztés során az F_2 nemzedékben mind a piros szemű, mind a fehér szemű utódok között fele-fele arányban voltak hímek és nőstények. Mindezek a jelenségek csak úgy jöhettek létre, ha a muslicák szemszínét meghatározó gén az X kromoszómához kötődik. Ezt követően csak a muslicában több száz olyan gént fedeztek föl, amely ivari kromoszómában található.

Az emberben is több mint száz ivarhoz kötött gént ismernek. Számos olyan tulajdonság van tehát, amelynek öröklődése nemhez kötött (64.5. ábra).

Egy kisebb üvegbe tegyél érett gyümölcsöt! Fogj be néhány ecetmuslicát, tedd őket az üvegbe, majd várj egy bő hétig, addigra el fognak szaporodni benne. Dobj etilacetátos vattát az üvegbe, várd meg, míg a muslicák elalszanak, majd borítsd ki őket egy kis tálcára, és kézi nagyító vagy sztereomikroszkóp segítségével válogasd szét a különböző szemszínű muslicákat! Más tulajdonságot is választhatsz!

Házasodás az egyiptomi fáraóknál

Olvasmány

Az egyiptomi fáraóknál bevett szokás volt a vérrokonok házassága, amelynek oka a vallásukban gyökerezett. A fáraók többnejűek voltak, de első feleségüknek, akitől a későbbi trónörökösnek is származnia kellett, a fáraó lányának vagy testvérének kellett lennie. Amon papjai szerint ugyanis a trónörökös fogamzása Amon isten közvetítésével történik, így marad fenn a fáraók isteni eredete. Amon isten azonban csakis isteni eredetű lényben hozhatott létre isteni eredetű utódot. A híres egyiptomi fáraó, Tutanhamon családfáján Teje „közönséges” eredetű volt, ezért III. Amonhotep később legidősebb lányát, Szitanon hercegnőt is elvette, ő lett Tutanhamon anyja (és egyben testvére is). Tutanhamon apja, III. Amonhotep ötvenes éveiben halt meg. Fia, Tutanhamon bátyja, IV. Amonhotep (Ehnaton) a leírások szerint több súlyos betegségben szenvedett. Tutanhamon bátyjai már egész fiatalon, 23–26 éves korukban meghaltak. Tutanhamon pedig csak 18 éves koráig élt. Bár elhalálzásának pontos oka ma sem ismert, a vérfertőzés okozta „beltenyésztes” leromlás hatása a családban nyilvánvaló.

További rokonházasságok

A vérfertőzés okozta leromlás számos más híres ember sorsában is megmutatkozott. Elég csak Toulouse-Lautrecre gondolni. Az ő szülei elsőfokú unokatestvérek voltak, és a családban megvolt egy súlyos betegséget okozó recesszív allél. Más esetben, mint a Ferenczy családban (Károly felesége, Fialka Olga egyúttal unokanővére is volt; gyermekeik Béni és Noémi) nem volt ilyen allél, így erre a vérrokonházasságra inkább a művészi tehetség öröklődése lett a jellemző.

Kérdések és feladatok

- 1 A 64.1. ábra segítségével hasonlítsd össze az ember és a veréb ivarának öröklődését!
- 2 Keress az interneten cikket arról, hogy egy sportlónőt a szexvizsgálat eredménye alapján egy versenyről diszqualifikáltak!
- 3 Miért alkalmas alany a muslica az öröklődés-menetek vizsgálatához? Keress érveket és ellenérveket!
- 4 Az ivari öröklődés kapcsán olvashatsz a cikk-cakk- (criss-cross) szabályról. Nézz utána, mi az!

65. lecke

Kapcsolt öröklődés



Morgan kísérletei muslicákkal

A nemhez kötött öröklődés volt az első bizonyíték arra, hogy minden génnek meghatározott helye van a kromoszómákon. Mivel az eukarióták egyedeinek a kromoszómáin becslés szerint is több tízezer gén található, a kromoszómák száma pedig nem sok, ezért egyértelműnek látszott, hogy az összes gén hasadása egymástól nem lehet független. Mendelnek szerencséje volt amikor a kétféles borsóöröklődési kísérleteihez tulajdonságpárokat választott, ugyanis a két vizsgált jelleg génje nem volt egy kromoszómán.

Morgan ecetmuslicákkal végzett kísérletei során számos együttesen öröklődő tulajdonságot figyelt meg. Az egyik ilyen tulajdonságpár a szárnyak és a potroh alakja volt. A vad típusú egyedeket az ép szárny (S) és a normális méretű potroh (P) jellemezte, amelyek egyben domináns tulajdonságok is. Néhány recesszív tulajdonságot mutató egyedre viszont a csökevényes szárny (s) és a keskeny potroh (p) volt a jellemző. A vad típusú domináns egyedeket keresztezte a recesszív tulajdonságokat mutató egyedekkel, majd megvizsgálta az F_1 nemzedék tagjait. A várakozásnak megfelelően a domináns tulajdonságok jellemezték az utódokat. A további kereszteződés után, két tulajdonságpár független öröklődésének megfelelően, az F_2 nemzedékben 9 : 3 : 3 : 1 arányban négy különböző fenotípus megjelenése volt várható. A kísérlet során azonban 3 : 1 arányban jelentek meg az eredeti szülői tulajdonságok, vagyis 75%-ban ép szárnyú és normális

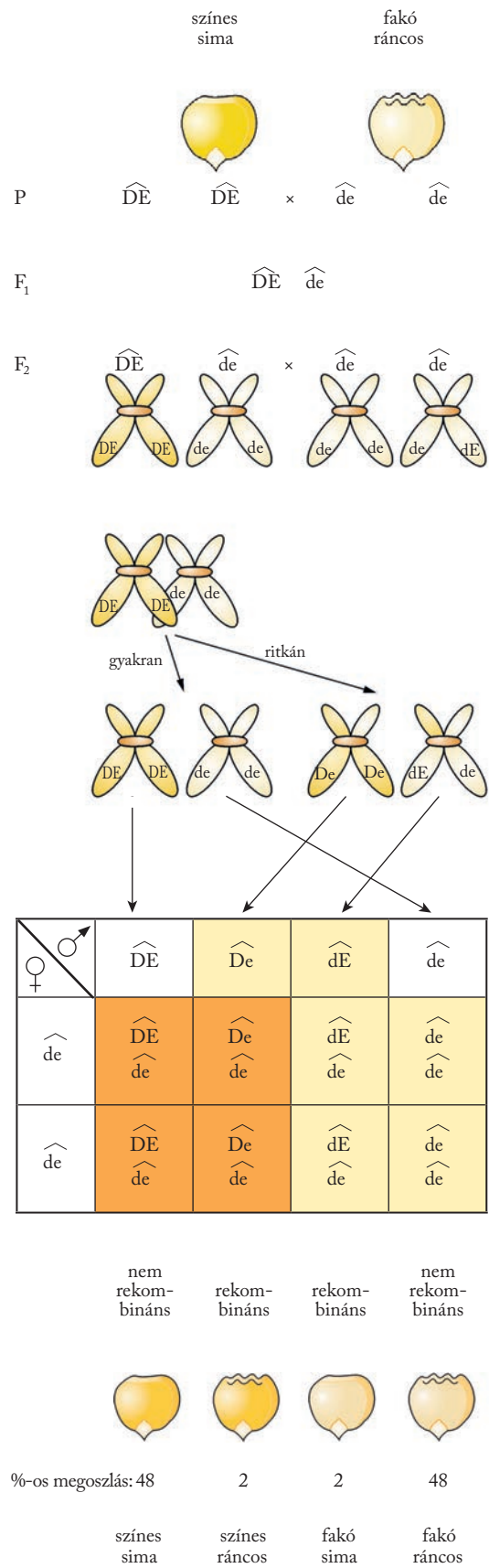
P		SSPP	×	sspp
F_1		\widehat{SP}	×	\widehat{sp}
F_2	♀	\widehat{SP}		\widehat{sp}
	\widehat{SP}	\widehat{SP} \widehat{SP}		\widehat{SP} \widehat{sp}
	\widehat{sp}	\widehat{SP} \widehat{sp}		\widehat{sp} \widehat{sp}

fenotípus: 3 ép szárny, normál potroh
1 csökevényes szárny, keskeny potroh

65.1. ábra. A kapcsolt öröklődés

potrohú egyedek és 25%-ban csökevényes szárnyú és keskeny potrohú utódok (65.1. ábra). Ez csak úgy lehetséges, ha a két-két allél összekapcsolva, együttesen kerül át az utódokba. Ez viszont feltételezi, hogy egy kromoszómán lévő génekről van szó. Számos később elvégzett vizsgálat is igazolta Morgan tapasztalatait arra vonatkozóan, hogy bizonyos együtt öröklődő tulajdonságok a kromoszómák olyan meghatározott szakaszaival hozhatók kapcsolatba, amelyek szomszédságban vannak egymással. Így az élőlényekben a függetlenül öröklődő tulajdonságok mellett **bizonyos jellegek együttes öröklődése** is tapasztalható.

Morgan muslicákkal végzett genetikai kísérleteit a kapcsolt öröklődés kimutatására számos más élőlényel is megismételték, illetve megvizsgálták. Így például felfedezték, hogy egyes kukoricafajtákban a kukoricamagok színét és zsugorodottságát, ráncosságát meghatározó gének egymás közelében helyezkednek el a kukorica egyik kromoszómáján, ezért kapcsoltan öröklődnek. Két homozigóta szülőt kiválasztva keresztezték egymással a domináns színes (D) és a sima (E) magvú kukoricát a fakó színű (d) és a ráncos (e) magvú kukoricákkal (65.2. ábra). Az F₁ nemzedékben minden kukoricamag heterozigóta lett, és a domináns fenotípust mutatta. A keletkezett heterozigótákat ezután visszakeresztették a homozigóta recesszív szülői tulajdonságú egyedekkel. A visszakeresztésből a kapcsolt öröklődésnek megfelelően a két eredeti szülői tulajdonság 50-50 százalékos megjelenését várták. A kapott értékek nagyjából meg is közelítették a várt eloszlást, azonban igen figyelemreméltó eltérést is tapasztaltak. A színes sima és fakó ráncos fenotípusok 49,6%-ban voltak jelen, ami valóban megfelel a várt 1 : 1 hasadási aránynak, azonban nem tesz ki együtt 100%-ot. Megjelent viszont alacsony százalékos arányban két olyan fenotípus-kombináció, ami addig nem volt jelen a kukoricák között. A hiányzó mennyiséget ugyanis a 0,4%-ban kihaladt új kombinációt jelentő színes és ráncos, valamint az ugyancsak 0,4%-ban kihaladt, szintén új kombinációt jelentő fakó sima szemű kukorica adta. A muslicákkal végzett kapcsolt öröklődési kísérletekben ha ritkán is, de szintén előfordult ez a jelenség. A kutatások során rájöttek, hogy ennek alapvető oka a meiózisban keresendő. A tulajdonságok génjei hiába voltak egy kromoszómán, egymástól függetlenül öröklődtek, mert a meiózis során allélkicserélődés következett be a homológ kromoszómákon.



65.2. ábra. A rekombináció megjelenése a fenotípusban

A kapcsolt öröklődés és a nemesítés

A kapcsoltág jelenségével rendszeresen találkozunk a növénynemesítésben vagy az állattenyésztésben. A termesztett növények vagy a tenyésztett állatok előnyös tulajdonságainak szoros kapcsoltága megkönnyíti a mezőgazdász munkáját, mert egyszerre több jó tulajdonságot is képes átvinni az utódokba. Ugyanakkor az előnyös és a kifejezetten hátrányos tulajdonságok génjei között lévő kapcsoltág nem kis gondot okoz a gyakorlatban. A lenmagvak sárga színét (65. 3. ábra) okozó gén például egy kromoszómán van a mag bő és jó minőségű olajtartalmát meghatározó génekkel. Sajnos a betegségekkel szembeni fogékonyságot és a kis terméshozamot előidéző gének is kapcsoltágban

vannak az előzőekkel. Ezért a gyakorlatban nem lehet olyan lenfajtát nemesíteni, amelynek sárga a magburka, a magva bőségesen tartalmaz olajat, ellenálló a betegségekkel szemben és bőtermő.



65.3. ábra. Sárga színű lenmagvak

Géntérképezés

Az allélkicserélődés folyamatának felismerése magyarázhatóvá tette azt, hogy a kapcsolódási csoportok nem abszolút érvényűek, az allélkicserélődés megváltoztatja összetételüket. Így sem a tulajdonságok független öröklődése, sem pedig a kapcsoltág nem 100%-os valószínűségű. Az allélkicserélődés felismerése lehetővé tette a kromoszómákban elhelyezkedő gének sorrendjének meghatározását, vagyis a *genetikai térképezést*. A gének elhelyezkedéséről az allélkicserélődés gyakorisága tájékoztat. A mechanizmusából következik, hogy minél távolabb van a két gén a kromoszómán, annál valószínűbb, hogy a két homológ gén kicserélődik a homológ kromoszómák tagjai között. A kromoszóma két végén levő gének esetén a crossing over valószínűsége már olyan nagy, ami a szabad kombináció, a független öröklődés látszatát keltheti.

Az F_2 -ben 100%-os kapcsoltág esetén tehát AaBb és aabb egyedek jönnek létre, tehát csakis a szülői genotípusok és fenotípusok. Ha viszont akad néhány másféle kombinációjú egyed is: Aabb vagy aaBb, akkor ez csakis úgy jöhetett létre, hogy allélkicserélődéssel megváltozott a két homológ kapcsolódási csoport, vagyis genetikai rekombináció történt. Ha megszámloljuk az ilyen egyedeket és elosztjuk az összes egyedek számával, akkor megkapjuk a *rekombinációs százalékot*.

$$\text{rekombinációs százalék} = \frac{\text{rekombinánsok száma}}{\text{összes visszakeresztett utód}} \times 100$$

A rekombinációs százalék tehát azt mutatja meg, hogy a visszakeresztés utáni nemzedékben hány százalék *rekombináns egyed* van. Minél nagyobb a szám, annál távolabb van a két gén egymástól a kromoszómán. A genetikai térképezés igazi jelentőségét az adja meg, hogy általa válik lehetővé a *génszűrés*, vagyis az, hogy a gének tartalmát mesterségesen megváltoztathassák.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

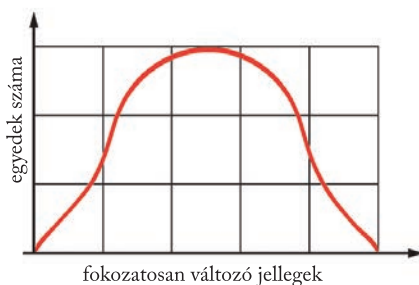
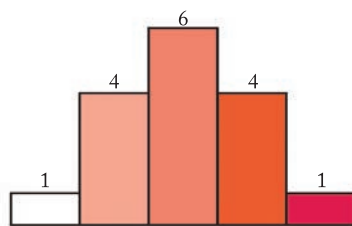
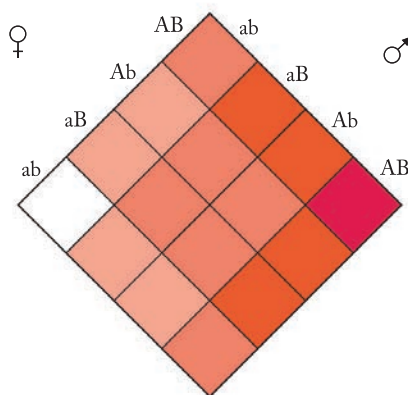
- 1 Mit értünk kapcsolt öröklődésen?
- 2 Mi az oka a kapcsoltág kialakulásának?
- 3 Mely esetben lesz a kapcsoltág az ivari jelleghez kötött?
- 4 Mitől függ egy egyedben a kapcsoltági lehetőségek száma?

66. lecke

Mennyiségi jelegek öröklődése

Sok gén fokozatosorokat alakít ki

Az eddigiek során olyan tulajdonságok öröklődését vizsgáltuk, amelyek az egyedek jól elkülöníthető *minőségi* bélyegei voltak. Ilyen minőségi jelleg volt a borsó maghéjszíne, a csodatölcsérke szíromszíne, az ecetmuslica szárnyalakja, a szarvasmarhán a szarv megléte vagy hiánya stb. Az élőlényekre azonban **mennyiségi jelegek** is jellemzők. Vannak olyan tulajdonságbeli különbségek egy populáció egyedei között, amelyeket vagy méretekkel (pl. a testmagasság), vagy számokkal (pl. a tyúktojáshozama), vagy egyéb fokozatosorokkal lehet jellemezni (pl. a fenotípusok színsorozata). Ezek a mennyiségi jelegek. A minőségi jelegekre jellemző, hogy egy, esetleg két gén örökíti őket, a mennyiségi jelegek viszont többnyire *poligénes* öröklődésűek, vagyis kialakulásukat 10–100 vagy még több gén szabja meg. Fontos eltérés még, hogy érvényesülésüket *befolyásolja a környezet hatása*.



66.1. ábra. A mennyiségi jelegek normál eloszlása



A mennyiségi jellegek öröklődésében jelentkező többfaktoros hatást már *Mendel* is feltételezte. A poligénes öröklődés miatt e jellegek keresztezéses vizsgálata során az F_1 gyakran nem teljesen egyforma, az F_2 hasadása sem teljesen szabályos, a dominancia sem teljes. Mivel kialakulásukat nem egy gén, hanem nagyon sok gén közös működése határozza meg, minden egyes génnek csak kicsiny része van a fenotípus kialakításában. Mivel ezek a jellegek sohasem egyetlen egyedre vonatkoznak, ezért nagyszámú egyed tulajdonságait kell alapul venni és közösen értékelni ahhoz, hogy az eredményeket

érvényes átlagként el lehessen fogadni a vizsgált populációra (66. 1. ábra). A fokozatosan változó tulajdonságok magyarázatára az egyik első példa a búzaszem színének tanulmányozása volt. A szín ebben az esetben nem minőségi jelleg, mert az erőssége a termelt festékanyag mennyiségétől függ!

Sötétvörös és fehér búzafajtákat kereszteztek egymással. Az F_1 nemzedék mindegyik egyedében a búzaszemek terméshéjának színe egyöntetűen középvrös volt. Az F_2 nemzedékben azonban a terméshéjak színe alapján öt csoportra lehetett osztani a búzaszemeket. A fokozatosan mélyülő színek a fe-

Az extranukleáris öröklődés

Olvasmány

Ma már tudjuk, hogy az öröklődésben nemcsak a sejtmag DNS-tartalma vesz részt, hanem megszabják egyéb sejttagon kívüli örökítő, tényező is, amelyeket összefoglaló néven *plazmónnak* nevezünk. A plazmon génei a *plazmogén*. A citoplazma genetikai információt hordozó összetevői miatt a *petesejt és a hímivarsejt örökítőműködése nem teljesen azonos értékű*, hiszen a hímivarsejtből ezek a faktorok vagy teljesen hiányoznak, vagy csak minimális arányban található meg benne. A zárvatermő növényekben szinte kivétel nélkül csak a petesejt tartalmaz *színtestet*, de általában anyai eredetűek a zigóták *mitochondriumi* és *sejtközpontjai* is.

1937-ben két francia genetikus, Georges Teissier (1900–1972) és Philippe l'Héritier (1906–1990) észrevette, hogy az egyébként magas szén-dioxid-koncentrációt elviselő ecetmuslicák között a gázra különösen érzékeny egyedek is vannak. Ezek már igen alacsony szén-dioxid-koncentráció-emelkedés esetén is elpusztultak. Sikertől belőlük néhány tenyészvonalat előállítaniuk, és kísérletekkel tanulmányozták a tulajdonság öröklődését. Ha ezekből a törzsekből származó hímekekkel kereszteztek normális nőtényeket, az utódok között szén-dioxid-érzékeny egyed alig akadt. Ha nőtények származtak ezekből a vonalaktól, az utódok mind szenzitívnek bizonyultak a szén-dioxidra. További lépésként az érzékeny törzs zigótáiból eltávolították a kromoszómákat, és helyükre normális egyedekből származó kromoszómákat ültettek át. Ennek ellenére az érzékenyséjük fennmaradt. Így kimutatták, hogy a jelleg a petesejt citoplazmájával kerül az utódba; hatótényezőjét szigma-faktornak nevezték el.

Mások további vizsgálatai arra derítettek fényt, hogy az öröklődésért felelős faktor lehet citoplazmatikus (mint a harmatlegyek esetében), azonban kapcsolódhat más sejtalkotóhoz is. Kukoricán figyelték meg, hogy ha egyszínű, zöld levelű növény termős virágzatait csíkos levelű növény címeréből származó pollennel porozták be, az összes utód, minden esetben zöld színű lett. Ha viszont a porzós virágú kukorica volt zöld levelű és a termős virágzatú a csíkos, abban az esetben az első nemzedékben a várt egyforma zöld növények helyett az utódoknak csak egy része volt zöld levelű, mellettük csíkos levelű és klorofillmentes, albínó levelű egyedek is megjelentek. A zárvatermők hímivarsejtjei (csekély kivételtől eltekintve) nem tartalmaznak zöld színtestet. Ebből következik, hogy nem mindegy, hogy a sejtalkotó DNS-ében kódolt tulajdonság apai vagy anyai, mert csak az anyai hatás érvényesül. A kukorica levelének színe a benne lévő színtestektől függ. Az egyik allélpár normális, zöld színtestet alakít ki, a másik, a mutáns kisebb, klorofillmentes színtestet eredményez. Mivel a zöld színtesteket kizárólag a petesejt viszi magával a zigótába, az utód levelének színe ettől függ. Ha csupa normális, zöld színtestet tartalmaz, akkor a levelek zöld színűek lesznek. Ha mindkétféleből tartalmaznak, a levél csíkos lesz, ha csak mutáns, klorofillmentes kloroplasztisszal rendelkezik, akkor pedig a levél albínó lesz.

- *Nézz utána, hogyan öröklődik a Limnea peregra nevű vízi csiga házájának csavarodása! Mutasd be és magyarázd meg az öröklődésének menetét!*

hér–világospiros–közepvörös–sötétpiros–sötétvörös színskálát alkották 1 : 4 : 6 : 4 : 1 arányban. Megvizsgálták a genotípusok eloszlását is, és azt találták, hogy a búzaszemek színének erőssége egyenes arányban áll a színt meghatározó A és B domináns allélok együttes számával az illető genotípusban. A fehér búzaszemek aabb genotípusában a domináns allélok száma 0, míg a sötétvörös AABB genotípusában 4. A köztük lévő esetekben a domináns allélok számának emelkedésével párhuzamosan mélyül a fenotípusok színe. A gének hatása tehát összegződve a fenotípus színskálájában tükröződik. A különböző szín csoportokba tartozó egyedek száma a szín erősségének sorrendjében egymás mellé helyezve normál eloszlást mutat.

Örökölhetőség

A mennyiségi jellegek fenotípus-változékonyságának azt a részét, amely csak a gének átlagos hatásától függ, örökölhetőségnek nevezzük. Ez egy igen fontos tulajdonság. Nemcsak azt mutatja meg, hogy milyen mértékű a gének átlagos hatása, vagy milyen mértékben öröklődik az adott jelleg, hanem az örökölhetőség ismeretében előre megbecsülhető a mennyiségi jellegek kialakulása a következő nemzedékben. Ez pedig egyik alapja a gyakorlati növénynemesítők munkájának.

1905-ben USA-ban hosszú csövű, sok szem sorú, nagy szemű kukorica előállítását tűzték ki célul és ezért fogtak örökléstani kísérletekbe. Különb-

ző beltenyészett törzseket állítottak elő, amelyekből igyekeztek a legmegfelelőbbeket kiválasztani. Nagy meglepetésükre az ezeknek a vonalaknak az egymással való keresztezéséből származó növények terméshozama kiemelkedően nagy bizonyult. A kukoricacsövek minden jellemzőjükben magasan meghaladták a szülők adottságait. A jelenséget **heterozishatásnak** nevezték. A hibridek keresztezéséből származó következő nemzedék azonban már minden esetben lényegesen kisebb termést produkáltak. Azonnal felismerték a kísérleti eredmények gazdasági jelentőségét, és egy kutatócsoport kidolgozta az ún. „hibrid kukorica” vetőmag-előállítási technológiáját. A kutatók a heterozishatás magyarázatát is megadták. Amikor a csőhossz nagyobb méretére szelektálják az egyedeket, a beltenyészés következtében egyre több nagy csőhosszért felelős génpár lesz homozigóta, ennek eredményeképpen a csőhossz egyre növekszik. Viszont számos olyan tulajdonságra nézve is homozigóták lesznek a növények, amelyekre nem figyelünk, azonban közvetve befolyásolják a csőméretet. Miközben egyetlen kiválasztott és végig nyomon követett kedvező tulajdonságra nézve szelektálunk, óhatatlanul kedvezőtlen tulajdonságokra nézve is homozigótává tesszük az egyedeket. Ezért a csőméret növekedik ugyan, de a genetikai potenciál nincs maximálisan kihasználva. Ha azonban két beltenyészett törzset egymással keresztezünk, szinte minden tulajdonságára nézve nagy valószínűséggel heterozigóta lesz az új nemzedék, minden allélpárból jut egy kedvező hatású allél az utódokba, ami a terméshozam növekedésében is megmutatkozik.

Kérdések és feladatok

- 1 Ismertess minél többféle mennyiségi jelleget! Gondolj termesztett növényeinkre és tenyésztett állatainkra!
- 2 Hasonlítsd össze a mennyiségi és a minőségi jellegeket! Minél több szempontot vegyél figyelembe!
- 3 Készíts csoportonként grafikont az osztály tanulóinak más és más mennyiségi jellegéről!

- 4 Egy borsófajtát elültetünk, és termésérés után megállapítjuk a szemek átlagos tömegét. Ezután kiválasztjuk a legnagyobb tömegű magvakat, és ezeket ültetjük el a következő évben. Az újabb termésérés után újra megállapítjuk a szemek átlagos tömegét, amely az előző évivel azonos. Milyen következtetésre juthatunk? Mire következtethetnénk, ha az átlagtömeg egy kicsivel nagyobb volna?

ÖSSZEFOGLALÁS

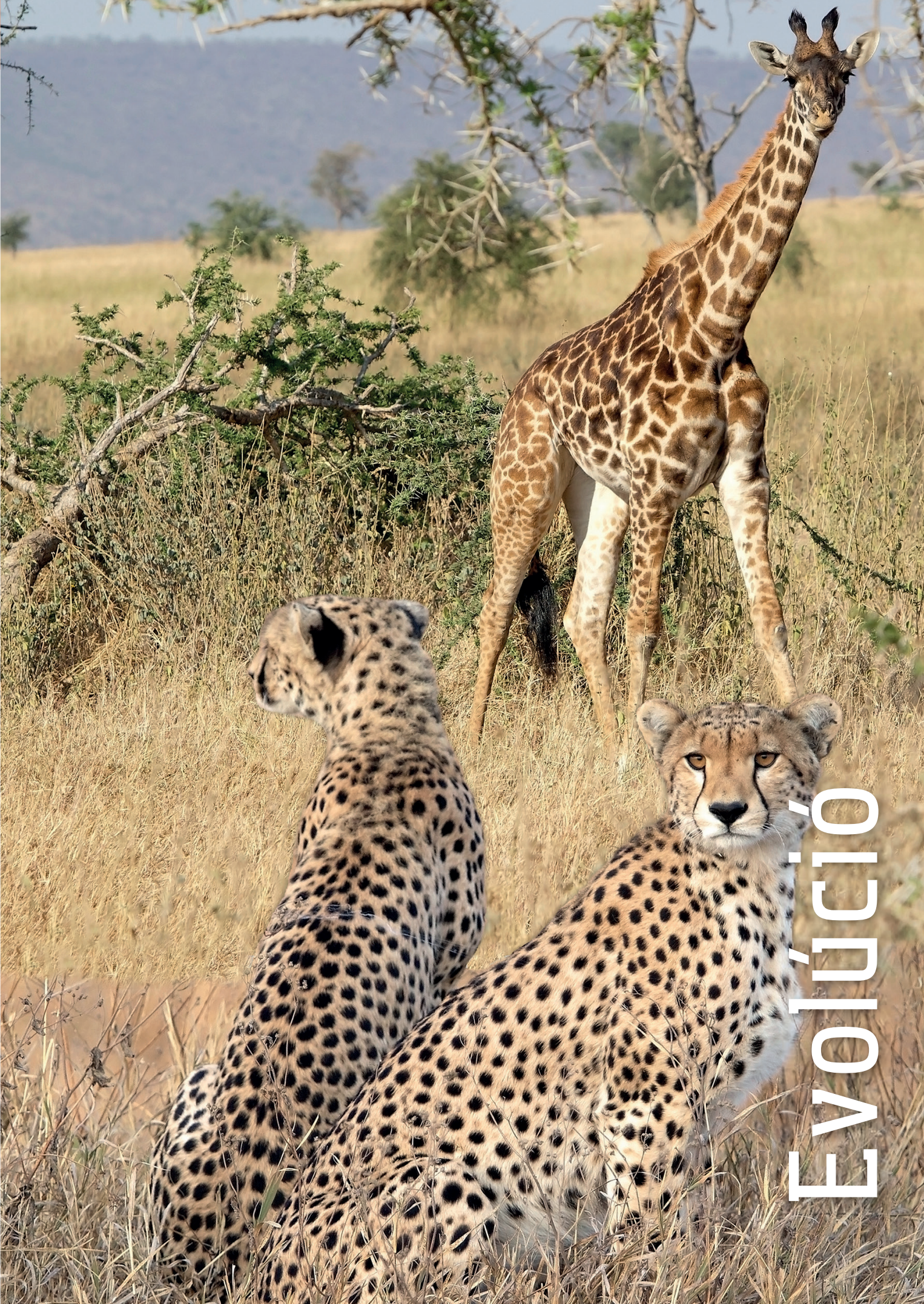
- 1 Magyarázd meg Mendel törvényeit!
- 2 Miért mondhatjuk, hogy Mendelnek szerencséje volt, amikor a borsón vizsgált tulajdonságokat megválasztotta?
- 3 Mi a gén, és mi az allél?
- 4 Miért nem érvényesülhet teljesen a szabad kombinálódás szabálya?
- 5 Miért nem érvényesülhet teljesen a reciprocitás szabálya?
- 6 Hogyan függ össze a mennyiségi tulajdonságok öröklődése a környezettel?
- 7 Mi a különbség a kodominancia és a domináns-recesszív öröklésmenet között?
- 8 Mi a genetikai alapja annak, hogy a természetes populációkban az ivararány 1 : 1?

Kérdések és feladatok

9 Reginald Crundall Punnett (1875–1967) angol biológus 1906-ban figyelt fel az *illatos lednek* szíromszínének érdekes öröklődésére. Bíborszínű és fehér virágú lednek keresztezésekor az első nemzedékben a bíborszín dominánsnak bizonyult. A második hibridnemzedékben a várt hasadási aránynak megfelelően 3 : 1 arányban jelent meg a bíborszín a fehérrel szemben. A recesszívek az egymás közti keresztezések eredményei alapján azonban csak részben bizonyultak homozigótának, ugyanis köztük bíborszínű virágot termő egyedek is előfordultak. Az ilyen fehér virágú egyedek egymás közti keresztezésekor az első hibridnemzedék száz százalékosan bíborszínű virágot hozó növényeknek bizonyult. A második hibridnemzedék az egymás közötti keresztezéskor 9 : 7 arányban hasadt bíbor és fehér virágú növényekre. A jelenséget úgy magyarázta, hogy két allélpár felelős a szírom színéért, amelyek...

Hogyan folytatnád Punnett indoklását?

Írd fel a szülőket, majd az első és a második nemzedék fenó- és genotípusait! Magyarázd meg ezt az érdekes öröklésmenetet!



EVOLUCIÓN

67. lecke

Az evolúció. A populációk genetikai egyensúlya



Lamarck és Darwin

A Földön ma élő fajok hosszú fejlődés – **evolúció** – eredményeképpen jöttek létre. Az evolúció nemcsak a múltra jellemző, hanem a jelenre is, és a jövőben is tovább tart. Vizsgálatának léptéke, azaz az evolúciós egység megválasztása szerint beszélhetünk *mikroevolúcióról*, amely egy fajon belül az allélok változásait jelenti, valamint *makroevolúcióról*, amely a fajnál magasabb rendszertani egységek törzsejlődése.

Az élővilág evolúciójának, a fajok fejlődésének tudományos elvét elsőként Jean **Lamarck** (1744–1829) francia botanikus és zoológus (67.1. ábra) Párizsban fogalmazta meg, amikor az 1800-as évek elején kiadott több művében részletesen kifejtette a fajok állandó változásáról szóló elméletét. Tudományos munkássága során fokozatosan jutott arra a meggyőződésre, hogy nincsenek állandó fajok, hanem azok folytonos változással egymásból származnak. Szerinte ehhez két fontos tényezőre volt szükség: az egyik a változó környezet, amely újabb és újabb szükségleteket támasztott az élőlényekkel szemben, a másik az élőlények törekvése a környezethez való alkalmazkodásra. Ezt úgy képzelte el, hogy a változó környezet hatására új szervek, új tulajdonságok alakulnak ki az élőlényekben, amelyeket ezután megtartanak, sőt át is örökítenek utódaikra. Lamarck tudományos jelentősége elsősorban abban volt, hogy származástani munkáival a fajok változá-

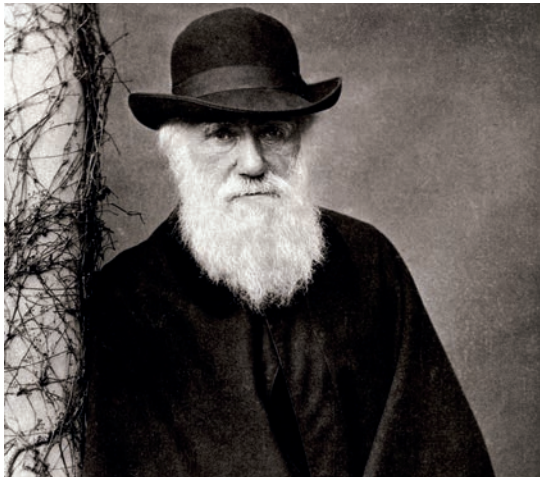


67.1. ábra. Jean Lamarck

sának, az élővilág fejlődésének a fogalmát elsőként vezette be a tudományos gondolkodásba.

■ Készíts házi dolgozatot Darwin nagy utazásáról!

A ma általánosan elfogadott evolúciós elméletet Charles **Darwin** (1809–1882) angol természettudós (67.2. ábra) dolgozta ki néhány évtizeddel később. Mint fiatal tudós 1831 és 1836 között öt évig tartó világ körüli hajóúton vett részt (67.3. ábra). Ennek során hatalmas botanikai, zoológiai és őslénytani anyagot gyűjtött és hozott magával, valamint megfigyeléseiről tudományos naplót vezetett. Valószínűleg egész utazásának legfontosabb négy hetét az Ecua-dortól néhány száz kilométerre nyugatra fekvő csen-



67.2. ábra. Charles Darwin

des-óceáni Galápagos-szigeteken töltötte. Mind az ottani, mind a teljes hajóúton tapasztalt tudományos megfigyelések arról győzték meg Darwint, hogy a fajok átalakulásra képesek, és ennek alapja a természetes kiválogatódás. A nemzedékről nemzedékre történő változások során ugyanis az előnyös tulajdonságokkal rendelkező populációk fennmaradnak, tovább szaporodnak, míg a kevésbé életrevalóak kipusztulhatnak. Az alkalmasak fennmaradását, az alkalmatlanok kipusztulását nevezte Darwin természetes szelekciónak. Később evolúciós elméletét Darwin az ember eredetére és fejlődéstörténetére is vonatkoztatta.

Darwin elméletét a populációk szintjén szükséges vizsgálnunk, hiszen az evolúció soha nem egyedi szinten, hanem a populációk szintjén zajlik. A genetikai anyag megváltozásának következményeképpen megjelenő új tulajdonságok ugyanis a populáció szintjén „vesznek el” vagy szaporodnak fel, ha az adottság előnyös. A populáció fennmaradását az egymásra következő utódnemzedékek biztosítják. Amikor az egyedek átadják génjeiket utódaiknak, egyben a *populáció génállományának* fennmaradásához is hozzájárulnak. A génállomány a populációban lévő allélok összességét jelenti, amely megoszlik a szaporodási közösséget alkotó egyedek között.

A génállományt alkotó különböző allélok különböző gyakorisággal fordulnak elő a populációban. Vizsgáljuk meg, vajon megváltozik-e egy adott allél gyakorisága a populáció egymást követő nemzedékeiben, ha csak a kombinációs lehetőségeket vesszük figyelembe!



A „Beagle” világ körüli útja (1831–1836)

67.3. ábra. Darwin tudományos útjának térképe

<p>P AA × aa</p> <p>F₁ Aa</p> <p>F₂</p>	<p>$p = 0,6 \quad q = 0,4$</p> <p>$p + q = 1.$</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #e0f0e0; display: inline-block;"> $p^2 + 2pq + q^2 = 1.$ </div>																																				
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">♂</td> <td style="padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">a</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">♀</td> <td style="padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">a</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px; background-color: #f4a460;">AA</td> <td style="padding: 5px; background-color: #f4a460;">Aa</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">a</td> <td style="padding: 5px; background-color: #f4a460;">Aa</td> <td style="padding: 5px; background-color: #f4a460;">aa</td> </tr> </table>	♂	A	a	♀	A	a	A	AA	Aa	a	Aa	aa	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">♂</td> <td style="padding: 5px;">0,6</td> <td style="padding: 5px;">0,4</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">♀</td> <td style="padding: 5px;">0,6</td> <td style="padding: 5px;">0,4</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">0,6</td> <td style="padding: 5px; background-color: #f4a460;">0,36</td> <td style="padding: 5px; background-color: #f4a460;">0,24</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">0,4</td> <td style="padding: 5px; background-color: #f4a460;">0,24</td> <td style="padding: 5px; background-color: #f4a460;">0,16</td> </tr> </table>	♂	0,6	0,4	♀	0,6	0,4	0,6	0,36	0,24	0,4	0,24	0,16	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">♂</td> <td style="padding: 5px;">p</td> <td style="padding: 5px;">q</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">♀</td> <td style="padding: 5px;">p</td> <td style="padding: 5px;">q</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">p</td> <td style="padding: 5px; background-color: #c8e6c9;">p^2</td> <td style="padding: 5px; background-color: #c8e6c9;">pq</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">q</td> <td style="padding: 5px; background-color: #c8e6c9;">pq</td> <td style="padding: 5px; background-color: #c8e6c9;">q^2</td> </tr> </table>	♂	p	q	♀	p	q	p	p^2	pq	q	pq	q^2
♂	A	a																																				
♀	A	a																																				
A	AA	Aa																																				
a	Aa	aa																																				
♂	0,6	0,4																																				
♀	0,6	0,4																																				
0,6	0,36	0,24																																				
0,4	0,24	0,16																																				
♂	p	q																																				
♀	p	q																																				
p	p^2	pq																																				
q	pq	q^2																																				

67.4. ábra. A Hardy–Weinberg-modell

A Hardy–Weinberg-modell

Vegyük példaként, hogy a vizsgált populációban egy adott génnek mindössze két alléja fordul elő A és a változatban (67.4. ábra). Jelöljük az A allél gyakoriságát p , az a allélt pedig q betűkkel. Tételizzük fel, hogy A allél előfordulása a populációban 60%-os, vagyis $p = 0,6$ értékű. Ebből következően $q = 0,4$ gyakorisággal szerepel az a allél. Látható, hogy az adott gén teljes mennyiségének előfordulása a populációban a két allél gyakoriságából tevődik össze. Vagyis az F₁ nemzedékben a két allél gyakoriságára a $p + q = 1$ összefüggés érvényes. Ebből kiindulva, vizsgáljuk meg a két allél gyakoriságát a következő nemzedékben! Ha a táblázatban az ivarsejtek alléljainak helyére behelyettesítjük a példa gyakorisági értékeit, akkor a részeredményekből, $p = 0,36 + 0,12 + 0,12 = 0,6$, megkapjuk az A allél gyakoriságát az F₂ nemzedékben. Hasonlóan megfelel a $q = 0,12 + 0,12 + 0,16 = 0,4$ értéke is az a allél gyakoriságának. Általánosítva:

tehát az F₂ nemzedékben az AA genotípus kialakulásának valószínűsége p^2 , az Aa genotípusé $2pq$, míg az aa genotípus q^2 valószínűséggel keletkezik. Mivel a valószínűségek összege 1, a populációgenetika alapvető összefüggése egyszerű matematikai egyenlet formájában is kifejezhető: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. Hasonlóan kiszámítható az allélgyakoriság a további nemzedékekre is, amelyekre ugyanez az összefüggés érvényes. A kidolgozóirol Hardy–Weinberg-törvénynek nevezett modell alapján tehát kimondható, hogy az allélok szabad kombinációja révén az allélgyakoriság nem változik meg a populációban az egymást követő nemzedékek során, genetikai egyensúlyban van.

A genetikai egyensúly állandósága azonban csak ideális populációkra igaz. Az ideális populációk jellemzően nagy egyedszámúak ahhoz, hogy a gének véletlenszerű kombinálódása bekövetkezzen, nem vándorolnak be új egyedek a populációba, amelyek új alléleket hozhatnak, és elvándorlás sincs a populációból. Nem változik meg az örökítőanyag sem.

Kérdések és feladatok

- 1 Mit fogalmaz meg a Hardy–Weinberg-szabály?
- 2 Sorold fel az ideális populáció jellemzőit!
- 3 Miért nem ideális populációk a természetben élő szaporodási közösségek?
- 4 Készíts bemutatót Lamarck életéről és munkásságáról!

68. lecke.

Rátermettség és szelekció



Rátermettség és szelekció

Ahhoz, hogy egy új tulajdonság fennmaradjon a populációban, az egyedeknek azzal a tulajdonsággal rendelkező utódokat kell hagyniuk maguk után. Tudjuk, hogy nem a tulajdonságok öröklődnek, hanem az azokat meghatározó gének. Az egyedeknek tehát génjeik továbbadásához életképesnek és termékenynek kell lenniük, vagyis sikeresen kell szaporodniuk. A sikeres szaporodást, az utódnemzedékben való genetikai megjelenést összefoglalóan **genetikai rátermettségnek** (fitness) nevezzük. Ez azt a valószínűséget fejezi ki, amellyel egy adott genotípus megjelenik a következő nemzedékben. A rátermettséget egy 0–1-ig terjedő skálán fejezzük ki. Ha a rátermettség értéke 0, ez azt jelenti, hogy az adott allélt egyetlen utód sem hordozza, mert például letális génről van szó, vagy az egyed egyetlen utódot sem hagyott maga után. Ha viszont a rátermettség értéke 1, akkor az adott genotípus ugyanolyan arányban lesz jelen a következő nemzedékben, mint az előzőben volt. Az 1-től a 0 felé csökkenő rátermettségi értékek olyan *szelekciós hatásokra* utalnak, amelyek a kevésbé rátermett géneket hordozó egyedek szaporodását, illetve utódaik életképességét kedvezőtlenül befolyásolják. A rátermettség mértéke tehát az allélnak a populációban történő sikeres elszaporodását jelzi.

Az életerős populációk létszámát hosszabb időn keresztül nyomon követve az tapasztalható, hogy az többé-kevésbé állandó. Az elpusztult egyedek száma megközelítőleg azonos az új egyedek számával. A populációk azért nem növekednek egy bizonyos határon túl, mert a rendelkezésükre álló erőforrások ezt nem teszik lehetővé. A populáció potenciális szaporodóképességének a környezet eltartóképessége szab korlátokat. Az erőforrásokért – mint a táplálék, a víz, a megfelelő élőhely – éles versengés folyik a populáció egyedei között. Ugyanakkor a populáció különböző egyedeinek nem azonosak a túlélési esélyeik, sikeres szaporodásuk és elterjedésük genetikai rátermettségük függvénye. Az egyedi különbség következtében a populációnak mindig lesznek olyan tagjai, akik szaporodási teljesítményükben felülmúlják társaikat, így a következő nemzedékre viszonylag több utódjuk lesz a populációban. Ezáltal nagyobb eséllyel vehetnek részt az erőforrásokért folyó versengésben. Ebben a folyamatban a kisebb rátermettségű, gyengébb egyedek természetes szelekcióval kipusztulnak a populációból. Mivel ez nagyon sok

nemzedéken keresztül folyamatosan történik, ezért ez a populáció allélgyakoriságának fokozatos megváltozásához vezet. Ezek a változások bizonyos idő után a populáció egyedeinek fenotípusában is megjelennek. Mindezeket a történéseket hosszabb idő távlatában mint evolúciós folyamatot észlelhetjük.

A természetes szelekció

A populáció genetikai összetételét jelentős mértékben megváltoztató **természetes szelekciónak** különböző hatásai lehetnek az alléloktól vagy a környezettől függően. A minőségi jelek esetében vagy a domináns, vagy a recesszív allél jelenthet szelekciós előnyt. Ennek megfelelően a domináns vagy a recesszív allél szaporodik fel a populációban. Erre példa az angliai Manchester környéki nyírfaaraszoló lepkefaj populációjának változása az elmúlt 150 évben. A nyírfaaraszoló lepkék populációjában világosabb és sötétebb színű változatok egyaránt megtalálhatók. A két változat mindössze egy gén tekintetében különbözik egymástól, és a sötét szín domináns a világossal szemben. Nyilvánvalóan a nyírfatörzsek fehér vagy a fatörzsekre települt zuzmók világos háttérébe jól beleolvadtak a világosabb színű változat egyedei, míg a sötétebb domináns egyedek a rovarevő madarak rendszeres zsákmányszerzése során megirtultak a populációban. Így a szelekció a világosabb színt okozó gének gyakorisága felé tolta el a populáció egyedszámát. Az 1840-es években végzett első felmérések is ezt igazolták, amikor a sötétebb egyedek aránya alig érte el az 1%-ot (68.1. ábra). Közben



68.1. ábra. Nyírfaaraszoló lepke színváltozatai a nyírfakérgen

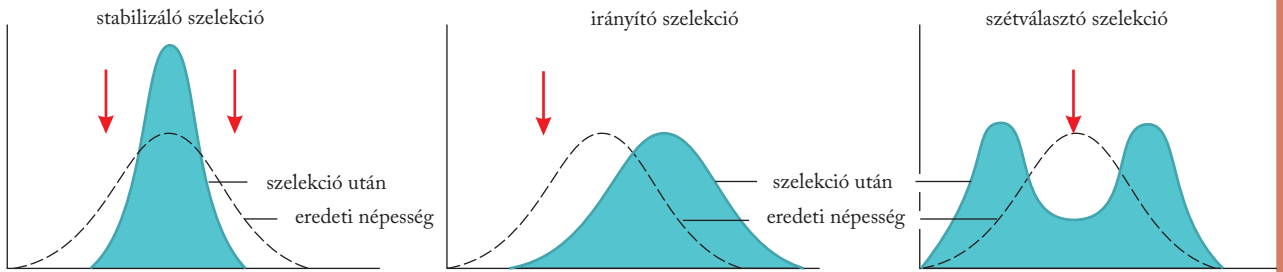
a XIX. századi iparosítás mértéke egyre erőteljesebbé vált Manchester környékén is. A füst és az egyéb ipari szennyeződések lerakódtak a növényzetre, és sötétre színezték a nyírfák törzseit. Ezeken a világos színű araszolólepkék szinte világítottak, és a vizsgált területeken állományukat igen rövid idő alatt felére csökkentették a rovarevő madarak. Ugyanez a jelenség viszont megnövelte a populáció sötét színű egyedeinek rátermettségét, és növekvő szaporodóképességüknek megfelelően elterjedtek az élőhelyen. Az első mérést követően alig 50 év múlva, a századfordulón, a sötétebb színű egyedek száma már elérte a 95%-os arányt a populációban. A környezeti tényezőben beálló lényeges és tartós változás tehát szelektív tényezőként működött, eltolva a sötét színt okozó gének irányába a populáció allélgyakoriságát (68.2. ábra).

Előfordulhat az is, hogy a heterozigóták kerülnek szelekciós előnybe a populációban. Erre példa a sarlóssejtes vérszegénység és a malária kapcsolata. Mint láttuk a genetikai változás a hemoglobinszerkezetét változtatja meg. A beteg vörösvérsejtjei megnyúlnak, sarló alakúvá válnak, csak kismértékű oxigénszállításra alkalmasak, ezért a kór gyermekkori halált eredményez. Az allél ennek ellenére nem szelektálódik ki a populációból, mert a heterozigóták, akiknek sarló alakú és egészséges vérséjtjei is vannak, egészségesek. Sőt a trópusi területeken számos populációban az allélösszetétel a heterozigóták irányába tolódott el. Ennek az a magyarázata, hogy – mint kiderült – a heterozigóták védettek egy másik halálos kór, a malária ellen.

A mennyiségi jellegekre jellemző, hogy poligénes öröklődésük miatt egy populáció egyedei, az adott



68.2. ábra. Nyírfaaraszoló lepke színváltozatai a sötét törzsű nyírfakérgen



68.3. ábra. A természetes szelekció főbb típusai

sajátosságra nézve, haranggörbe szerint oszlanak meg. Szelekciójuknak három alapvető formája van (68.3. ábra).

Lehet, egy adott tulajdonságra átlagértéket mutató egyedek sikerebben szaporodnak, mint a fenotípus szélső értékeit képviselő egyedek. Ez a típus a *stabilizáló szelekció*. Példaként egy pázsitfűfaj (homoknád) populációját említhetjük, amelyben keskeny és széles levelű változatok is előfordulhatnak (68.4. ábra). A keskenylevelűség szárazság idején szelekciós előnyt jelent, mivel kisebb a párologtató felülete. A széleslevelűség viszont a fotoszintézis szempontjából előnyös tulajdonság, de hátrányos a szárazság idején. A természetes szelekció ezért a köztes típus elterjedésének kedvez, ezek tudnak ugyanis a legjobban alkalmazkodni mind a száraz, mind a normális körülményekhez. A szélső értéket képviselő egyedek pedig hosszabb idő után kiszelektálódnak a populációból. Előfordulhat, hogy a természetes szelekció során a fennmaradás szempontjából valamilyen lényeges tulajdonságban a populáció átlaga egyik vagy másik szélső érték



68.4. ábra. Virágzó homoknád

irányába eltolódik. Az ilyen típusú változást *irányító szelekciónak* nevezzük. Ha az előbbi pázsitfű-populáció nedvesebb élőhelyre kerülne, a szelekció a széles levelű irányba tolná el. Végül, ha egy eredetileg egységes környezeti tényezők között élő faj populációját olyan szelekciós hatások érik, amelyek az egyedek eltérő igényeinek megfelelőbb életfeltételeket teremtenek, akkor az ilyen populációban a szétválasztó szelekció érvényesülhet. Például egy kötőrmelék dombos területen megtelepedett növényfaj populációjában a szárazságot jobban elviselő egyedek mindig a száraz dombtetőn, míg a többiek a kevésbé száraz mélyedésekben fordulnak elő.

Magyarázd meg, miért csak a mennyiségi jellegre igaz a három természetes szelekciós forma!

A mesterséges szelekció

Az ember évezredek óta dolgozik a természetű növények és a háziállatok állományának javításán. A háziásítás során szükségleteinek megfelelő példányokat kiválogatja, a többit pedig kizárja a tenyésztésből. Végeredményben a növény- és az állatnemesítés is hatásában az irányító szelekcióhoz hasonlítható, de mivel az irányítást az ember végzi, mesterséges szelekciónak nevezzük. Amikor az ember a nemesítésben mesterséges szelekciót alkalmaz, maga határozza meg, mely tulajdonságok jussanak uralomra a következő nemzedékben, és melyek kiszöbölődjenek ki. Sok esetben olyan keresztezéseket végeznek, amelyek a természetben sosem jöhetnének létre, például a nagy földrajzi távolság miatt. Az európai kertekben közismert szamócák eredetüket egy észak-amerikai és egy dél-amerikai vad faj keresztezésének köszönhetik (68.5. ábra). A chilei tengerparton honos különlegesen nagy gyümölcsű parti szamóca néhány tövét 1714-ben hozták be Európába, ahol már természetették az Észak-



68.5. ábra. Őshonos fajunk az erdei szamóca

Amerika keleti részéből származó mezei szamócát. A kettő keresztezésének eredménye lett az első termesztett szamócánk. A háziásítás során, a mai háziállatfajták kitenyésztésekor a kiválasztási szempont az ember számára megfelelő tulajdonság volt. Ez a ma hungarikumoknak számító ősi magyar fajtákon is tükröződik. Például a mangalica (68.6. ábra) kiváló hozamú, gyorsan hízó zsírsertés, a ridegtartást



68.6. ábra. Mangalicasertés

(makkoltatás) jól bíró szalontai viszont hússertés. A *magyar szürke szarvasmarha* akár az egész évi ridegtartást is jól viseli, igénytelen, ugyanakkor sokoldalúan felhasználható (tej, bőr, hús, igavonás), de ez igaz a racka juhra is.

■ Mutass be képeken néhány, a vad formától ugyancsak eltérő házityúk-fajtát!

Kérdések és feladatok

1 Hogyan lehetne kísérletileg meggyőződni egy adott tulajdonságot eredményező allél genetikai rátermettségéről egy egysejtű tenyészetben?

2 Melyik szelekciótípus eredményezte, hogy a kertészek évszázadok alatt a többnyire öt, ritkábban több szíromlevelű vadrózsából sokszirmú, azaz telt virágú rózsát nemesítettek?

3 Melyik szelekciótípus eredményezte, hogy a *Ficus* dísznövény változékony alfajából kúszó, széles és keskeny levelű, sárgán mintázott és pirosas levélszínű fajtákat nemesítettek?

4 Melyik szelekciótípus eredményezte, hogy a borsónak kicsit korábban és kicsit később érő változataiból gépi szedésre alkalmas, egyszerre érő fajtát sikerült létrehozni?

69. lecke

A fajok kialakulása adaptív evolúcióval



Az adaptáció

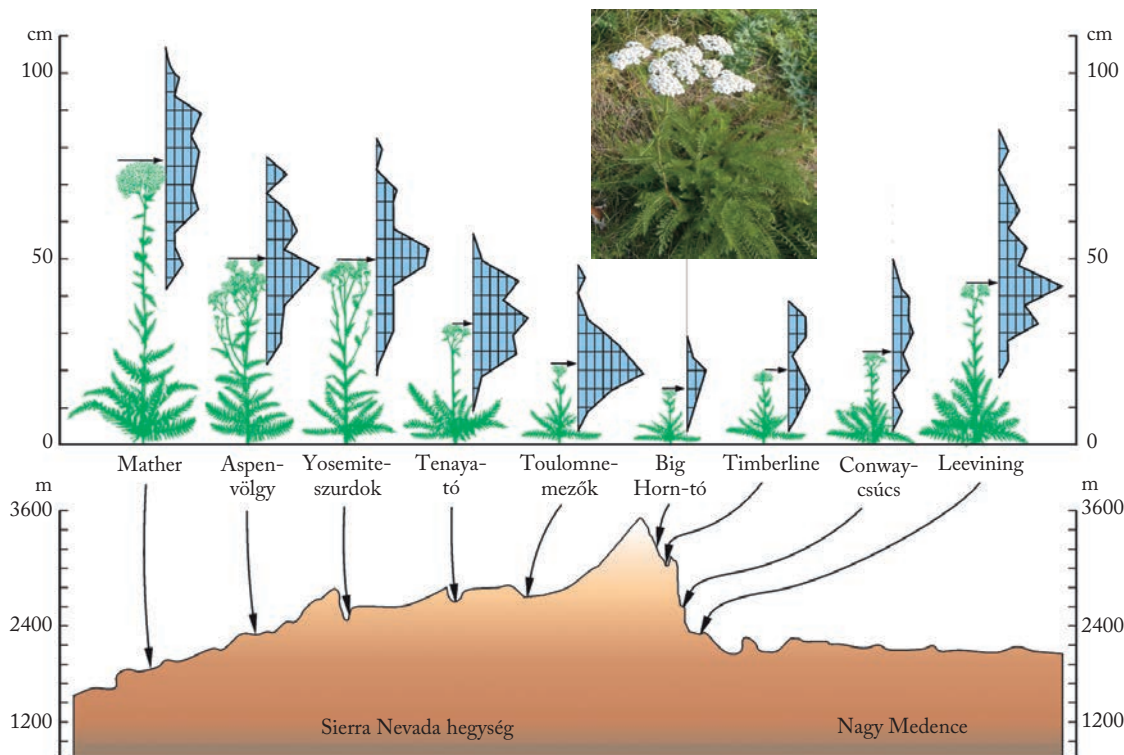
Az örökítőanyag spontán megváltozásával keletkező allélok egy jelentős részét a természetes szelekció kiküszöböli a populációból. Elsősorban azok maradnak meg, amelyek képesek beilleszkedni a populáció környezetébe, *adaptálódnak*. Az adaptáció olyan genetikai változásokkal jár együtt, amelyek a populáció *alkalmazkodását* eredményezik az adott környezeti feltételekhez. Az adaptáció tehát természetes kiválasztódással valósul meg az evolúciós folyamatban, és ehhez az örökítőanyag megváltozásai teremtik meg a genetikai választékot.

A növények magassága mennyiségi jelleg, öröklődését tehát sok gén együttesen határozza meg. A természetes szelekció az allélok közül azokat részesíti előnyben, amelyek a populáció legjobb alkalmazkodóképességét, adaptációját teszik lehetővé. Az Észak-Amerikában honos cickafark (*Achillea lanulosa*) populációi mind nagyon jól alkalmazkodtak a Sierra Nevada hegység különböző élőhelyeinek speciális körülményeihez (69.1. ábra).

I Keress képet az amerikai cickafarkról! Nézz utána, hová tartozik rendszertanilag, és élnek-e hazánkban rokonai!

A környezet adottságainak változásával együtt a cickafark növények magassága is többé-kevésbé folyamatosan változik. Az ábrázolt növények mindegyike egy adott populációnak az átlagmagasságát mutatja, a növények melletti diagramok pedig a populáción belüli magasságeloszlást tüntetik fel. Jól látható az ábrán, hogy a legalacsonyabb termőhelyeken a legmagasabban fekvő termőhelyekről valók, és a tengerszint feletti magasság csökkenésével a növények átlagos termete fokozatosan nő. A különböző termőhelyeken talált populációk eltérő egyedeinek fenotípusa akkor is fennmaradt, ha az egyes populációkból származó növényeket egymás mellett, egy tengerparti kísérleti telepen nevelték fel. Ezzel bizonyították, hogy az eltérő külsejű növények genetikailag is különböznek egymástól, vagyis a különböző fenotípusuk öröklődő tulajdonság. Így tehát mindegyik populáció az adott környezethez pontosan illeszkedő adaptációval kialakította a maga megkülönböztető génösszetételét.

Az evolúciós folyamat számos esetben adaptációból eredő meglepő hasonlósághoz, a *mimikri* jelenségéhez vezethet. Néhány orchideafaj virága mind külső megjelenésében, mind illatában tökéletesen emlékeztet egyes rovarfajok nőtényeire. Ez a



69.1. ábra. Az észak-amerikai cickafark faj adaptív változatai és egy hazai faj fotója

jelenség odavonzza a faj hímjeit, akik rászállnak a nősténynek vélt virágra, s miközben pázást kísérelnek meg, bőséges mennyiségű virágport szednek fel és visznek tovább más orchideákra. Gyakori a rejtőszínek kialakulása is, például a zsákmányára leső jegesmedve teljesen beleolvad a környezetébe.

Keress az interneten képet a hazánkban élő pókbangóról, légybangóról és méhbangóról! Mire hasonlítanak ezeknek az orchideáknak a virágai?

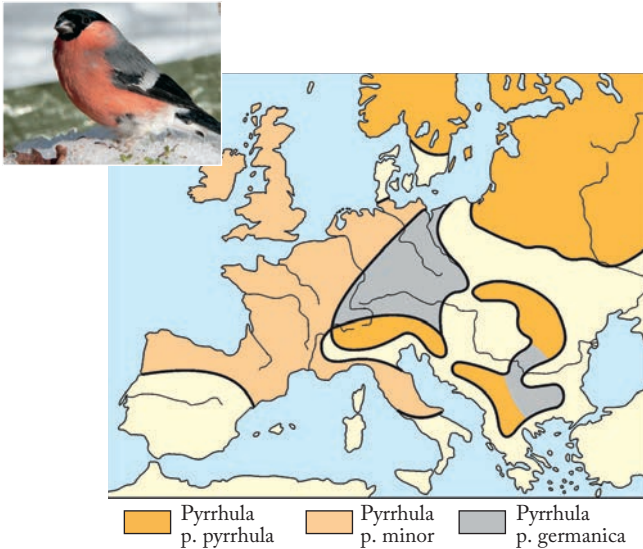
A modifikáció

A környezet hatása gyorsan végbemenő változásokat is előidézhethet a populációk egyes egyedeinek fenotípusában. A közismert pongyolapitypang mérete például jelentős mértékben függ attól, hogy termőhelye az alföldön vagy hegyvidéken, nedves vagy száraz, napos vagy árnyékos helyen található. Ennek megfelelően módosul a növény fenotípusa. A környezeti tényezők közvetlen hatásai által okozott fenotípus-változások azonban sohasem öröklődnek, ezek csak átmeneti módosulások, amelyek nem járnak együtt genetikai változással. A környezet okozta fenotípus-módosulásokat közös néven *modifikációnak* nevezzük.

Fajkialakulás izolációval

Az észak-amerikai cickafarkhoz hasonlóan a legtöbb fajnál a populációk kisebb-nagyobb mértékben különböznek egymástól, amely azonban egy bizonyos határon túl már az illető populációk elszigetelődéséhez, más néven izolációjához vezet. Az egymástól elszigetelt populációk az allopatrikus populációk (nincs allélmozgás közöttük). Ilyen izolációs jelenség tapasztalható például a sün nyugat-európai és kelet-európai földrajzi változatai között. Az egy fajhoz tartozó két alak fogságban minden nehézség nélkül, természetesen keresztezhető. A természetben azonban hibridjeik rendkívül ritkák, bár a két populáció elterjedési területe részben átfedi egymást. Ha az elterjedési területek részben összefüggenek még, szimpatrikus populációkról beszélünk. De mivel a keleti sün téli álmából egy hónappal korábban ébred, mint nyugati fajtársa, ennek megfelelően szaporodási időszaka is korábbra esik. Ez gátolja a természetben történő párosodásukat is.

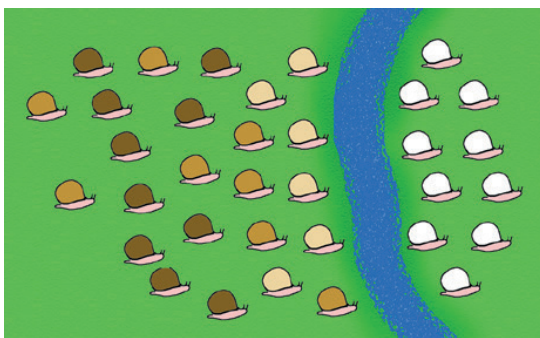
Más esetekben az elterjedés átfedési területein a szimpatrikus populációk között hibridek jönnek létre. A hibridekből álló populáció is izolálódhat, ami új faj kialakulásához vezethet. A süvöltő madár (*Pyrrhula pyrrhula*) például két irányból népesítet-



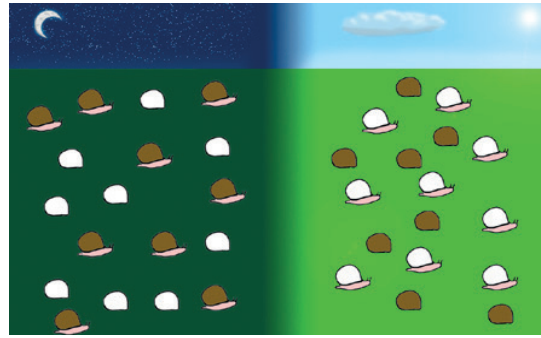
69.2. ábra. A süvöltő alfajainak izolációja

te be Európát. Az egyik alfaja a délnyugat-európai hegyvidék túlevelű erdőiből, a másik alfaja pedig az északkelet-európai tajgaerdőkből terjedt szét. A két alfaj közép-európai egymást átfedő elterjedése hibrid populációt hozott létre, amely a magasabb hegyvidékre szorult, és ott izolálódva önálló alfajjá vált (69.2. ábra).

Ha azonban egy tartós földrajzi izoláció, például egy folyó kialakulása az egyik kisebb, az elterjedési határ szélén élő *peripatrikus populációt* hosszú időre elszigeteli az eredeti faj szaporodási közösségeitől, ez megszünteti a szabad génáramlást a populációk között (69.3. ábra). Ha azután évezredek múlva a folyó például kiszárad, medre feltöltődik, újra lehetővé válik a populációk találkozása, de esetleg már nem lehetséges a kereszteződés. Populációk elkülönüléséhez vezet, ha a populáció egyedeinek egy része más napszakban táplálkozik, megváltozik az egyes élettevékenységek napi ritmusa. Ezt ökológiai izolációnak (69.4. ábra) nevezzük. Az elszigetelődött populációban ugyanis a számtalan nemzedéken keresztül tartó evolúciós folyamat olyan genetikai és ezen keresztül



69.3. ábra. Földrajzi izoláció. A korábban egységes populációt egy folyó kettéválasztja



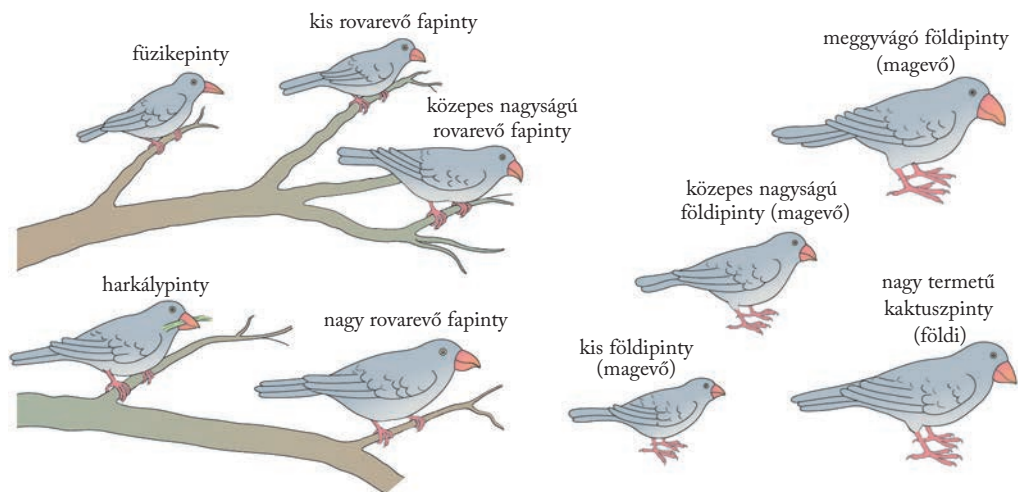
69.4. ábra. Ökológiai izoláció. Az egyedek tevékenységének napi ritmusa megváltozik

olyan fenotípusbeli változásokhoz vezethet, amelyek már végleg megakadályozzák az eredeti fajhoz való visszatérést. Ezek az evolúciós változások tehát egy új faj keletkezését eredményezhetik. A rokon fajok szétválasztásának és a továbbiak során teljes szaporodási izolációjának nagyon sokféle formája alakult ki az evolúció folyamatában. Két faj megőrizheti izolációját azzal is, hogy eltérő időszakban szaporodnak, vagy eltérő szaporodási viselkedésük teszi lehetetlenné a párosodást. Például az udvarlási szertartások egy-egy elemének megváltozása a madaraknál már idegen fajra utaló jegyeket számít. Az is előfordulhat, hogy a két faj között sikeres a megtermékenyülés, de az ivarsejtek kromoszomális különbsége miatt a belőle fejlődő hibrid életképtelen, vagy életben marad ugyan, de teljesen meddő lesz, mint a ló és a szamár közismert hibridje, az öszvér.

Fajkialakulás adaptív radiációval

A kialakult új fajok egyre növekvő egyedszámú populációi elé az élőhely eltartóképessége állít korlátot. Ha az erőforrások már kevésnek bizonyulnak, a populáció olyan területek felé terjed tovább, ahol kisebb a versengés, vagy ahol még üres élőhelyek találhatóak. A szétterjedés, amely horizontális géntranszferrel jár, természetesen újabb és újabb alkalmazkodást kíván. A populációk szétterjedését újabb élőhelyekre és az ezzel együtt járó adaptációjukat az új környezethez *adaptív radiációnak* nevezzük.

Darwin kutatóútja óta ennek egyik jól ismert példája a Darwin-pintyek szétterjedése a Galápagos-szigeteken. Őseik a dél-amerikai szárazföldön élt mágévo madarak voltak, amelyekből a túlnépesedés során egy kisebb populáció elszakadva, a Galápagos-szigetekre vetődött. Az itt talált benépesítetlen élőhelyek különböző ökológiai viszonyaihoz adaptá-



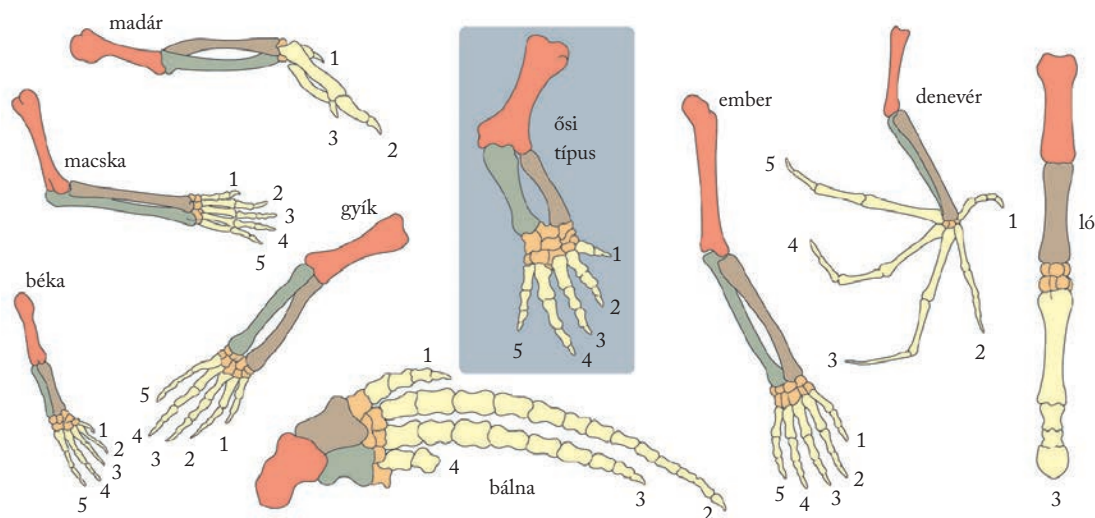
69.5. ábra. A Darwin-pintyek adaptív radiációja

lódva 14, egymástól jól elkülöníthető ökológiai igényű faj jött létre. A fajok közötti legszembetűnőbb eltérés a csőr alakjában és méretében tapasztalható (69.5. ábra). Ez természetesen táplálkozásmódjuk különbségeivel van összhangban. Az ősi dél-amerikai állományhoz a Földön élő fajok állnak a legközelebb, mivel nagyobb részük szintén magevő, de mindegyik faj különböző nagyságú magvakkal táplálkozik, és kialakult közöttük egy virágevő faj is. A többi pintyfaj fákon él, és az ott található rovarokkal táplálkozik. Mivel a Galápagos-szigeteken a szárazföldön elterjedt speciális táplálkozású madárfajok is hiányoztak, például a repülő rovarokat is elfogó poszáták vagy a rovarlárvákat a fából kiemelő harkályok, egyes pintyfajok speciációjuk során ezekhez a táplálékszerzési módokhoz adaptálódtak. A füzikepinty vékony cső-

rével például a poszátákhoz hasonlóan táplálkozik. A harkálypintynek ugyan merev, egyenes csőre van, de nincs a harkályokra jellemző hosszú nyelve. Az adaptáció során viselkedése változott meg, csőrrel úgy vés bele a fába rovarlárvákat keresve, mint a harkály, de zsákmányának kiszedéséhez kaktusztöviset használ. A madár eszközhasználata azonban nem alkalmi jelenség, hanem a hosszú izoláció alatt genetikailag kialakult öröklött tulajdonság.

Divergencia és konvergencia

A makroevolúciójuk során a különféle emlőscsoportok is jól alkalmazkodtak a sajátos élőhelyekhez. Bár végtagjaik alapvető felépítése például

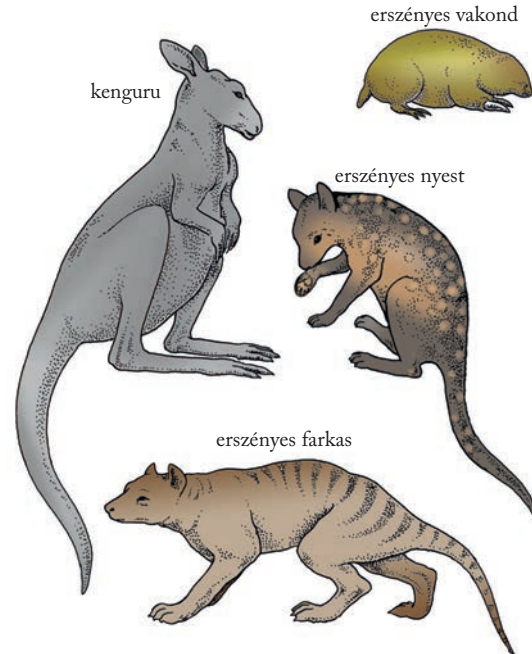


69.6. ábra. A gerincesek végtagjai egy ősi felépítés módosultai

azonos, részleteiben összehasonlítva az egyes csontokat mégis jól megkülönböztethető a szárazföldön járó, a repülő vagy az úszó életmód. Ha ezeket összehasonlítjuk más gerinces osztályba tartozó állatok végtagjainak vázával is, elkerülhetetlen az a következtetés, hogy a gerincesek végtagjai egységes anatómiai felépítést tükrözve egy közös ősi végtagtípus módosulatai (69.6. ábra). Láthatjuk tehát, hogy a közös ősből származó fajok a változatos élőhelyekre történő adaptív radiáció útján egyre nagyobb mértékben térhetnek el egymástól. Az ily módon eltávolodó irányban tartó fejlődés a **divergencia** jelensége, amellyel a legkülönbözőbb ökológiai szerepek betöltésére válhatnak szét a fajok.

Keress interneten képet a kondorkeselyűről! Mutasd be az életmódját, és nézz utána annak is, hova tartozik rendszertanilag!

Ausztrália még a földtörténeti újidő kezdetén, közel 65 millió évvel ezelőtt elszakadt Ázsiától. Ezen az óriási izolált földrészen a mai napig fennmaradtak az emlősök ősi típusaként az erszényesek. Ezeket az állatokat a másutt mindenhol előtérbe nyomuló méhlepényes emlősökkel való versengéstől az elszigeteltség megkímélte. Így az erszényes emlősök adaptív radiációval a legváltozatosabb élőhelyeket is benépesítették, hasonlóan, mint más földrészeken a méhlepényes emlősök (69.7. ábra). A füves síkságok nagyszámú növényevői itt például a kenguruk, amelyek a méhlepényes patások szerepét töltik be. Ragadozó életmódú erszényesek is kialakultak, ilyen az erszényes nyest vagy az erszényes farkas. Az



69.7. ábra. Ausztrália erszényes emlőseinek adaptív radiációja

erszényes vakond a föld alatti rovaréví emlős típusa. Az erszényes állatok életmódja és megjelenése tehát igen hasonló az ugyanolyan ökológiai viszonyok között, más földrészeken kialakult méhlepényes emlősökhöz. Ezek a folyamatok – minthogy Ausztrália elszigetelődött – a konvergencia jelenségét idézték elő. **Konvergenciának** nevezzük a biológiában azt, amikor egészen más ősektől származó csoportok között felületes külső hasonlóság alakul ki, mivel azonos ökológiai viszonyokhoz adaptálódtak az evolúció során.

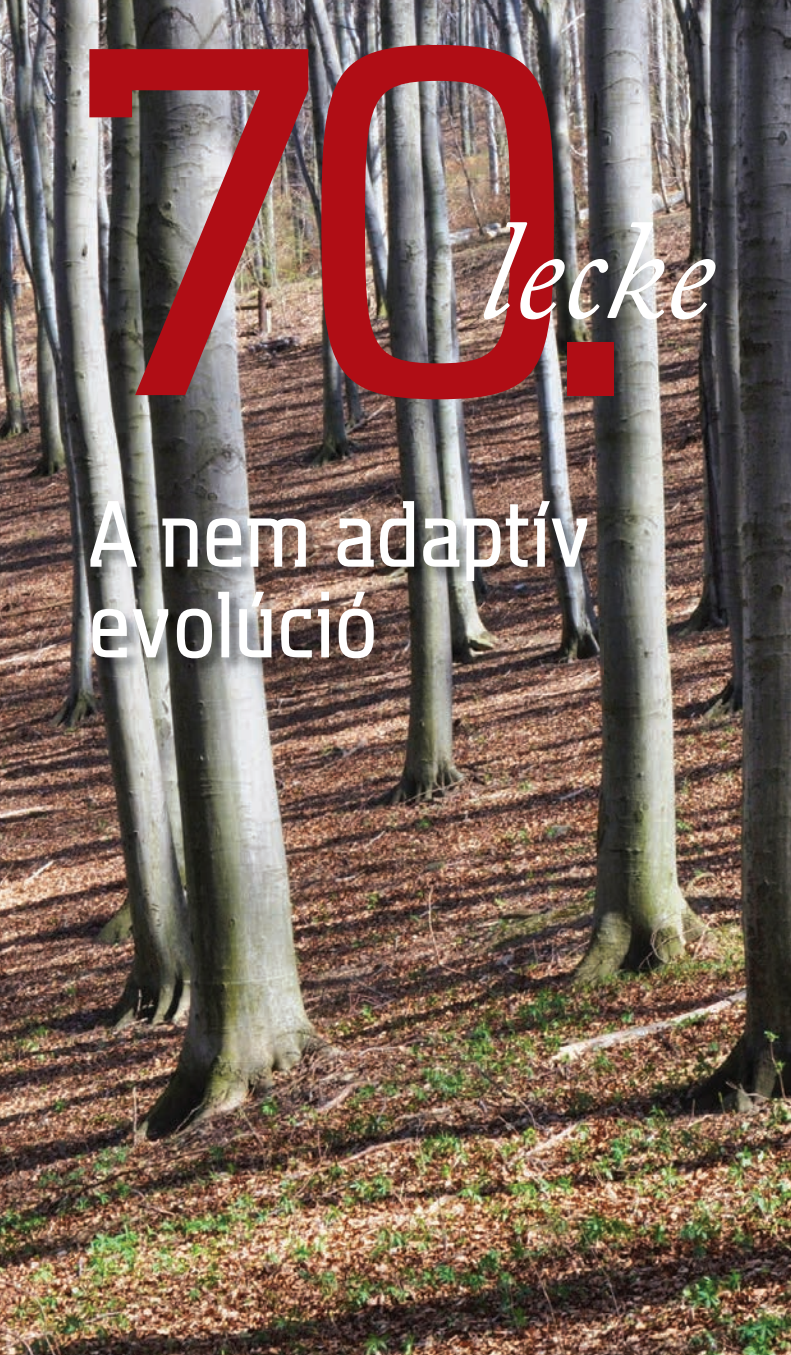
Kérdések és feladatok

- 1 Változik-e a populáció allélgyakorisága az evolúció során?
- 2 Milyen módokon szűnhet meg a genetikai kapcsolat egy faj populációi között? Általánosíts a sün, a süvöltő, a csigák és a Darwin-pintyek konkrét példáiból!

- 3 A genetikai kapcsolat megszűnése vezet-e szükségképpen új faj keletkezéséhez? Válaszodat indokold is meg!
- 4 Hasonlítsd össze a divergens és a konvergens fejlődést! Hozz konkrét példákat divergens és konvergens fejlődésű élőlényekre, szervekre!

70. lecke

A nem adaptív evolúció



A reális populációk

A külső és belső hatásoktól mentes, végtelen nagy egyedszámú és teljesen zárt **ideális populációkkal** szemben a természetben létező **reális populációkban** folyamatos változás tapasztalható. Ennek során a populáció génállományát alkotó különböző allélok gyakorisága is megváltozhat.

Az egyik ilyen változást előidéző jelenség az örökítőanyag *megváltozása* a populáció egyes egyedeiben. Az örökítőanyag megváltozását *mutációnak* nevezzük. Ha a létrejött új alléleknek sikerül elég nagy gyakorisággal elterjedniük a populációban, akkor fennmaradhatnak, és befolyásolják az allélgyakorisági viszonyokat.

Az *izoláció* és a *populáció egyedszámának változása* olyan evolúciós változásokat okozhat, amelyekben az alkalmazkodásnak nincs szerepe, ezért ezeket *véletlen evolúciós* változásoknak nevezzük.

Tételezzünk fel, hogy egy a környezetétől teljesen elszigetelt populációt vizsgálunk, amelyben egyik egyednek sincs szelekciós előnye. Ebben az esetben hosszú idő elteltével az egyedek túlnyomó többsége a legtöbb allélra nézve heterozigóta lesz. Elméletben a géngyakoriság nem fog megváltozni, de a gyakorlatban ez nem így van. Az ivaros szaporodás során ugyanis az ivarsejteknek csak aránytalanul kis hányadából lesz ténylegesen utód, tehát az allélek gyakoriságának megmaradása már eleve nem valósulhat meg. Főleg *ritka génváltozatok így teljesen véletlenszerűen elveszhetnek*. Nyilvánvaló, hogy minél kisebb egyedszámú a populáció, annál jobban nő a véletlen allélvesztés valószínűsége.

Fokozott lehet a gé elvesztés, ha a populáció nem izolált – mint a valóságban –, és belőle *egyedek vándorolnak ki*. A véletlen itt az elvándorló populációkra is vonatkozik. A populációk egyedszámának azonban nemcsak a nagyfokú csökkenése, hanem a növekedése is hasonló hatású lehet. A példák közül az következik, hogy egyes génváltozatok gyakorisága szelekció nélkül is csökkenhet, vagy éppen ellenkezőleg, növekedhet.

Génáramlás

A nem adaptív evolúciós változások egyik oka lehet a **génáramlás**. Ez az egyedek vándorlás útján történő szétterjedésével jön létre. Az egymás közelében élő testvérpopulációk között az egyedek szabadon vándorolnak egyik populációból a másikba,

és ivaros szaporodás útján elterjesztik a bennük lévő génaváltozatokat. Ennek megfelelően a génaáramlás *csökkenti a szomszédos rokon populációk genetikai összetételé közötti különbséget*, elterjeszti a rokon populációkban a mutációk által létrehozott új génaváltozatokat. Csökkenti az eltérő természetes szelekció és más, véletlen evolúciós folyamatok okozta géntípusok közötti különbségeket, vagyis *homogenizálja* a rokon populációk genetikai összetételét.

Az előbbivel ellentétes hatás csak akkor következik be, ha az egyedek kivándorlása során az *elváándorló* egyedek genetikai állománya nem reprezentálja megfelelően az elhagyott populáció géntípusát. A *bevándorlás* során előfordulhat, hogy a bevándorló egyedek genetikai állománya különbözik annak a populációnak a genetikai összetételétől, amelynek tagjaivá válnak. Így terjedhetett el például a *B típusú emberi vércsoport*, amelyet a feltételezések szerint a mongolok hoztak be Európába. Mindenesetre a B vércsoport relatív gyakorisága Európa nyugati partjai felé haladva még ma is fokozatosan csökken, jól mutatva azt, hogy a hatás kelet felől érkezett. A génaáramlás olyan értelemben nem véletlen evolúciós folyamat, hogy hatása egyértelmű, iránya meghatározható, véletlen azonban abból a szempontból, hogy kialakulása nem azért következik be, mert a populáció alkalmazkodik a változó környezeti feltételekhez.

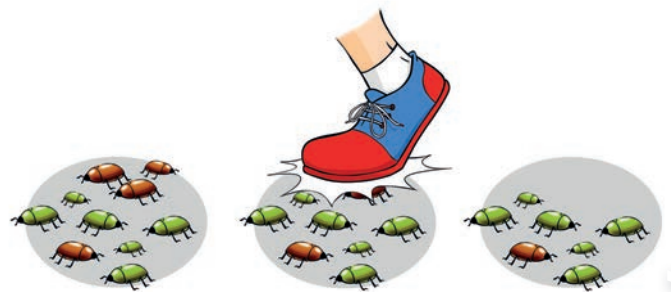
Nézz utána, milyen a vércsoportok átlagos eloszlása a világ népességében!

Genetikai sodródás

A populációk élete során számos más olyan *véletlen evolúciós változás* is bekövetkezik, amelyeknek semmi közük nincs a környezethez való alkalmazkodáshoz. Teljesen véletlen folyamatok, amelyek során – látszólag megmagyarázhatatlan módon – elveszhetnek akár a környezethez való alkalmazkodás szempontjából kedvező allélok is, vagy éppen megnövekedhet a kedvezőtlen hatású géntípusok relatív gyakorisága. Ezeket a folyamatokat **genetikai sodródás** néven foglaljuk össze. A sodródás ebben az értelemben azt jelenti, hogy véletlen jelenségek lesznek meghatározóak az allélok összetétel befolyásolásában. Ha egy populációban például a szaporodásra képes egyedek száma jelentősen csökken, például egy környezeti katasztrófa következtében, akkor már pusztán a véletlen követke-

tében is előfordulhat, hogy a ritkább allélok közül egyesek véglegesen kiesnek a populációból, mások pedig megmaradnak. A genetikai sodródás szélsőséges esete az **alapító hatás**. Ha például egy madárfaj populációjából egyetlen tenyészpár kiszakad és megtelepszik valahol, ahol addig az a faj nem élt, utódai alkotják majd a következő nemzedékeket. Nyilvánvalóan az alapító pár nem hozza az egyes allélokat az eredeti populációban megtalálható arányokban. Így a belőlük keletkező új populációt teljesen új, véletlenszerű allélgyakorosság fogja jellemezni.

Az alapító hatás az egyik lehetséges magyarázata annak, hogy az észak-amerikai indiánok többsége O vércsoportú. Az indiánok ősei Ázsiából származtak, ahol a B vércsoport igen elterjedt. Annak idején a *Bering-szoroson* vándorolt át egy feltehetően kisebb egyedszámú ázsiai populáció. Elképzelhető, hogy véletlenül alig volt közöttük B vércsoportú, és ezektől az emberektől esetleg nem származott utód a számban egyre növekedő amerikai populációban. Természetesen azt is fel kell tételezni, hogy itt nem az alapítóelv érvényesült, hanem valamilyen ma még ismeretlen szelekciós hatás miatt váltak az indiánok főleg O vércsoportúvá. Tény, hogy nemcsak a B, hanem az A vércsoport is igen ritka az indiánok között. Két allél véletlen kiesése elég nehezen képzelhető el. Lehetséges, hogy az indiánok vércsoport-gyakoriságának kialakulásában mind a két tényezőnek szerepe volt.



70.1. ábra. Egy kis létszámú népességben a véletlen nagy változást okoz

Poliploidizáció

Az új fajok kialakulása az esetek túlnyomó többségében hosszú időt vesz igénybe. A fajkeletkezésnek azonban *ugrásszerű* formája is van. Ilyen a kromoszómaszerelvény sokszorozódása, a **poliploidizáció**. Így jöttek létre a ma termesztett bú-

zafajok is. Az *(őszi) búzát* (70.2. ábra) feltehetően a Közel-Keleten kezdték először termesztani, ahol vad alakja ma is él. Ennek diploid kromoszómaszáma 14. Nagyon sovány talajokon még ma is termesztik. Terméseredményét azonban már a 28 diploid kromoszómaszámú *tönkebúza* is felülmúlja, Észak-Afrika és Ázsia sok területén termesztik. Európában a 42 diploid kromoszómaszámú *közön-*

séges (őszi) búza és az ősibb *tönkölybúza* az elterjedt, amelyek még jobb terméseredményűek. Sőt, ma már létezik a búza és a *rozs* (70.3. ábra) keresztezésével létrehozott 56 diploid kromoszómaszámú *Triticale* (70.4. ábra) nevű növény is, amely nevét a búza (*Triticum*) és a rozs (*Secare*) tudományos nevének egyesítéséből kapta. Ezt a keresztezést azonban nem követte terméshozam-növekedés.



70.2. ábra Búza



70.3. ábra Rozs



70.4. ábra Triticale

A cukorrépa eredete

A termesztett cukorrépa fajták is poliploidok (triploidok). A poliploidia a gének többszöröződése miatt ebben az esetben is egy mennyiségi jelleg, a sejtnedv cukortartalmának növekedésével jár. Ezért egyes természetes poliploidok gazdasági haszna a poliploid növények indukált előállításának a technológiája felé fordította a kutatók figyelmét. Kezdetben a természet éghajlati változásait utánozva mesterségesen hőingadozásoknak tették ki a növényeket, ezek azonban nem sok eredménnyel jártak. Az 1930-as években a kémiai hatások alkalmazása került előtérbe, már több sikerrel. Sokféle vegyszert kipróbáltak, ezek egy része megfelelőnek bizonyult, mások pedig nem. A cukorrépa nagy cukortartalmú triploid formáját például kolhicinnel sikerült előállítani.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

- 1 Hasonlítsd össze egymással az adaptív és nem adaptív evolúciós folyamatokat!
- 2 Mi a közös a nem adaptív evolúciós folyamatokban?
- 3 Keress példát az alapító hatásra!
- 4 Mi a genetikai sodródás lényege?

71. lecke

Az evolúció közvetlen bizonyítékai



Kövületek

A *biológiai evolúció* tényét nem is olyan régóta fogadja el a tudomány. Pedig az elmúlt 2-3 évszázadban számos bizonyíték vált közismertté. Közvetlen bizonyítékok a földtörténet korábbi időszakában élt élőlények maradványai, hiszen ezek a maradványok a valaha élt élőlényekből vagy azok nyomán alakultak ki. Ezeket egyrészt a geológia másrészt az őslélektan szolgáltatta *fossziliák* formájában. A fossziliák vagy *kövületek* lehetnek megkövesedett csontok, csigahéjak, fatörzsek (71.1. ábra), egyéb maradványok. Kövületek azonban a fennmaradt levélle nyomatok, az ősgyantákba zárva megőrződött rovarok, pollenek. De fossziliának nevezik azokat a maradványokat is, amelyek speciális körülmények között akár az *egész elpusztult élőlényt* megőrizték. Ilyenek például a jégbe fagyva megmaradt szibériai mamutok. Sőt ma már fossziliának számít a dinoszauruszlábnyom vagy az egyik emberelőd, az Australopithecus vulkáni kőzetben megtalált lépésnyoma is. A fosszilis leletek közül különösen nagy jelentőségük van azoknak, amelyek átmeneti alakok, összekötő láncszemek az evolúcióban. A legismertebb átmeneti lelet a híres ősgyíkmadár, az *Archeopteryx*, amelynek váza még sok hüllőjelleget viselt magán, a szárny váza és részben a koponya már átmeneti jellegű volt, a tollak viszont már valódi madárbélyegek.

Az evolúció közvetlen bizonyítékául szolgálnak a „saját kihalásukat túlélte” növény- és állatfajok, az élő kövületek. Élő kövület például az ősmaradványokból régóta ismert, a múlt század közepén azonban élve is előkerülő *bojtos úszójú hal* (71.2. ábra) vagy az őshüllőkre emlékeztető, Új-Zélandon élő hidasgyík. Élő kövületnek tekinthetők a hazai növényvilágunk védett ritkaságai, a 130 millió éve szinte változatlan formában élő ősi típusú harasztok, a korpafüvek is.



71.1. ábra. A bükkábrányi mocsárerdő



71.4. ábra. Bojtos úszójú hal

A földtörténeti középidő pazar növényvilágának is akad élő tanúja, a Kínában élő *páfrányfenyő*.

■ Készíts kiselőadást a bojtosúszójú hal megtalálásának kalandos történetéről!

Kormeghatározási módszerek

Az ősmaradványok kora jó közelítő pontossággal meghatározható. A kormeghatározás lehet abszolút, ha egy lelet korát pontosan meg tudjuk határozni. Lehet relatív is, ha a pontos korát nem tudjuk ugyan megállapítani, de előkerülésének helyéből, a kőzetből stb. következtetni tudunk a korára és hozzávetőlegesen el tudjuk helyezni az időskálán.

Viszonylag pontos, abszolút kormeghatározást biztosítanak a radioaktív kormeghatározáson alapuló módszerek. A módszer lényege, hogy ha ismerjük a radioaktív elemnek a mai százalékos előfordulási gyakoriságát abban a kőzetben, amelyben a leletet megtalálták, a bomlási folyamat sebességének az ismeretében a kőzet kora meghatározható. A bomlás üteme független ugyanis a nyomástól, a hőmérséklettől, valamint a közegtől is. A bomlás sebességét a *felezési idő* jellemzi, az az időtartam, amely alatt az atomok bizonyos izotópjainak fele átalakul más elemmé, miközben energia szabadul fel, és elemi részecskék távoznak az atomból. Ha a kőzetben meghatározzák a radioaktív izotóp, illetve a belőle kialakuló elem

atomjainak arányát, akkor a kőzet kora a felezési idő ismeretében meghatározható. Radioaktív kormeghatározásra többféle elem is használható. Általában az urán/ólom, a kálium/argon és a ^{14}C -módszer a legtöbbet alkalmazott eljárás. A ^{14}C -módszer élőlények maradványaira alkalmazható. A ^{14}C izotópjának aránya ugyanis állandó a levegőben lévő szén-dioxidban. A növények a fotoszintézisük során folyamatosan veszik fel, azonban csak addig, ameddig élnek, azután ez az arány a ^{14}C bomlása miatt csökken. Ennek alapján a növénynek – illetve a tápláléklánc bármelyik későbbi tagjának – a kora meghatározható. Mivel a ^{14}C felezési ideje rövid, a meghatározás mintegy 40 000 éves leletig alkalmazható.

Hasonlóan abszolút kormeghatározási módszer az „évgyűrű”-módszer is. Ennek alapja az, hogy az ismert korú fából olyan metszetszelvényt készítenek, amelyen az évgyűrűk jól láthatók. Az évek során fejlesztett évgyűrűk mikroszkopikus mérete a külső környezeti tényezőktől függ, az évgyűrűk fejlődését a tényezők egy adott élőhelyen azonos évben azonos módon befolyásolták, így azok összevetésével a fák kora meghatározható. Az 1960-as évek végén a kaliforniai Fehér-hegyek területén élő *szálkás fenyőkről* bebizonyosodott, hogy több ezer évesek (az eddig felfedezett legidősebb, ma is élő fa kora 4900 év). Az évgyűrűk vizsgálatával a fák kora viszonylag pontosan meghatározható. Így ezzel az adattal ellenőrizni lehet a radiokarbon-módszer pontosságát is.

■ Keress az interneten képeket a szálkásfenyőről!

Kiderült, hogy a két kormeghatározás között eltérés van, aminek oka csakis a légköri ^{14}C -tartalom változása lehet. A vizsgálatok szerint a ^{14}C -koncentráció 6000 évvel ezelőtt jelentősen nagyobb volt, mint ma. A radiokarbonos mérés a 6000 éves leletben mintegy 800 évvel fiatalabb életkort mért, mint a valóság. A fák évgyűrűire alapozott életkor-meghatározás, a *dendrokronológia* segítségével a radiokarbonadatok korrekciója elvégezhetővé vált. Így a radiokarbon-módszer alkalmazhatóságát ma már nem kérdőjelezzük meg.

Kérdések és feladatok

1 Mit értünk kövületen?

2 Miért tekinthetők a korpafüvek élő kövületeknek?

3 Mit értünk abszolút és relatív kormeghatározáson?

4 Magyarázd el az „évgyűrűs kormeghatározási módszer” lényegét!

72. Lecke

Az evolúció közvetett bizonyítékai



Földrajzi elterjedés

Az evolúció *közvetett bizonyítékai* közül a legrégebbiek az állatok és a növények **földrajzi elterjedésével** kapcsolatosak. Az már régen feltűnt a kutatóknak, hogy a különböző fajok az **eltérő környezeti igényeik** miatt csak a Föld meghatározott területein élnek. Ugyanakkor az is kiderült, az azonos ökológiai adottságú területek élővilága is eltérő a kontinenseken. Az északi és déli sarkvidék állatvilága teljesen más. Ha összehasonlítjuk Dél-Amerika és Afrika *trópusi esőerdőinek* állatvilágát, kiderül, hogy az emlősök között egyetlen azonos faj nincs! Az élőlények elterjedését tehát nem csak környezeti igényeik határozzák meg.

Keress az interneten olyan videókat, amelyek a dél-amerikai és az afrikai esőerdők eltérő állatvilágát mutatják be!

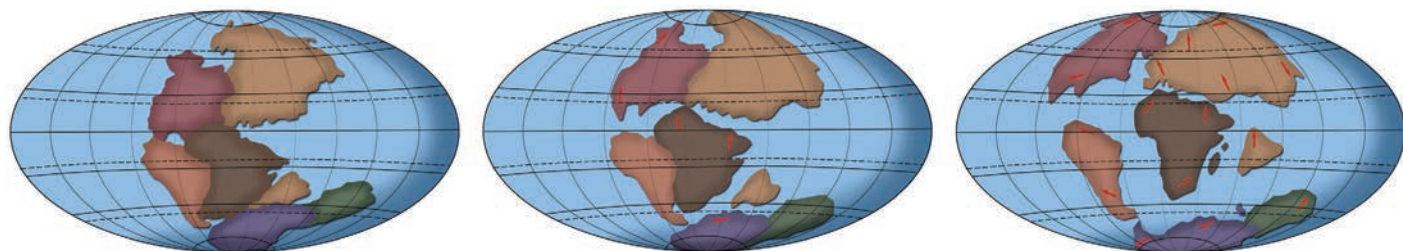
Néhány, vulkánizmussal keletkezett óceáni szigeten egészen speciális fajok és nemzetségek élnek. Említettük, hogy a *Galápagos-szigetcsoporton* Darwin is vizsgálódott. Az itteni ősi típusú gyíkok vagy a madarak máshol nem élnek. Őseik véletlenül vethettek ide a szárazföldről, majd idővel új fajokká, nemzetségekké fejlődtek (69.5. ábra).

Állíts össze képes ismertetőt a Galápagos-szigetek különleges élővilágáról!

A **kontinensvándorlás** során gyakran szakadtak el egymástól szárazföldrészek (72.1. ábra). A legjobb példa erre Ausztrália és Madagaszkár, ahol az állatvilág meglehetősen egyedi, mert korán elszakadtak Euráziától. Észak-Amerika és Eurázsia viszont sokáig kapcsolatban maradt egymással, így a mai nagy távolság ellenére növény- és állatviláguk hasonló.

Homológ és analóg szervek

Az evolúció bizonyítékainak régen felismert, másik klasszikus területe a **felépítésbeli**, morfológiai **bizonyítékok** felismerése volt. Eleinte csak az élőlények külső hasonlóságára figyelhettek fel, később azonban világossá vált a belső felépítés számos azonos vonása is. A *sejt* felfedezése után az is kiderült, hogy minden élőlény sejtes szerkezetű, sőt a sejten belül is azonos a legtöbb *sejtalkotó*. A **homológ és analóg szervek** felismerése a közös őst, illetve az evolúció szerv-, sőt szervezetátalakító folyamatait bizonyította.



72.1. ábra. A kontinensek helyzete a középidőtől napjainkig

Biokémiai bizonyítékok

A biokémia eredményeit már a XIX. században felhasználták az evolúciókutatásra. A botanikusok a növényi *alkaloidákat* használták erre a célra, mert meglétük vagy hiányuk egy-egy csoportra specifikusan jellemző. Később más alkaloidavizsgálatokkal tisztázták az ősi típusú zárvatermőcsoportok rokoni kapcsolatait. A zoológusok a *madarak farkcsíkmirigy-váladékának* vizsgálata alapján derítettek fel evolúciós kapcsolatokat, mert ennek a viaszjellegű vegyületnek szűkebb rokonsági körben a kémiai összetétele azonos. Ezzel a módszerrel igazolták például a gyöngybaglyok különállását a bagolyalkatúakon belül. Az énekesmadarak hatalmas rendjét is sikerült „kémiai családokra” különíteni, a kondorkeselyűről pedig a mirigyváladék alapján az derült ki, hogy nem a sólyomalkatúak közeli rokona, hanem a gólyáké.

Keress az interneten példát másik olyan dögevő gólyafélére, amelyen a kondorkeselyűhöz hasonlóan keselyűkre jellemző jegyek is látszanak!

A XX. század közepére a molekuláris biológia a morfológiai jellegű bizonyítékokat számos perdöntő adattal egészítették ki. Azt már tudták, hogy minden sejtben *kromoszómák* jelennek meg, most azonban az is kiderült, hogy az örökítőanyag felépítése minden élőlényben azonos. A molekuláris biológia révén lehetővé vált a különböző élőlényekben előforduló *fehérjék és nukleinsavak szerke-*

zetének összehasonlítása, és a kapott adatok alapján a rokonsági kapcsolatok fokának pontosítása is.

Sok gént ma már *gén családokba* sorolnak, mert szerkezetük több ponton azonos. A társ gének **génkettőződéssel** jöhetnek létre. Úgy gondolják, hogy az evolúció során az ősgén egy rosszul sikerült génkicserélődés során az egyik kromatidban megkettőződött. Vagyis nem történt kicserélődés, hanem mindkét gén ugyanabba a kromatidba került, illetve maradt. Ezek a gének eleinte azonos jellegűek lehetnek, később az eltérő mutációk miatt szerkezetük máshol és máshogy változhatott meg. A közös eredet a kétféle gén szerkezetének vagy a kétféle fehérje aminosavsorrendjének vizsgálatával még ma is felismerhető.

A génkettőződés során nemcsak két társgén jöhet létre, hanem gének egész csoportja. A génkettőződés felismerése azért is fontos volt, mert általa magyarázhatóvá vált a *genetikai anyag mennyiségének fokozódása a baktériumoktól a fejlett élőlényekig*. Különösen nagy jelentőségű néhány általánosan előforduló *anyagcsere-fehérje szerkezetének összehasonlító vizsgálata*. Az egyik ilyen a citokróm-C, amely a *sejtek anyagcserejének* egyik fontos enzime. A citokróm-C-vizsgálat kiterjeszhető a *gerinctelenekre és a növényekre* is. Az adatokból kirajzolható a citokróm-C-törzsfá. Ilyen törzsfát az utóbbi évtizedekben számos más fehérje és nukleinsav alapján is felállítottak. Ezek a hagyományos rendszertani és evolúciós vizsgálatokkal kirajzolódó törzsfákkal jó egyezést mutatnak, sőt számos ponton finomították a rokoni kapcsolatok ismeretanyagát.

Kérdések és feladatok

- 1 Sorold fel a biokémia által szolgáltatott evolúciós bizonyítékokat!
- 2 Melyek lehetnek az állat- és növényföldrajzi kutatások evolúciót igazoló felfedezései?
- 3 Mi az evolúciós jelentősége a génmegkettőzéseknek?
- 4 Nézz utána a mitokondriális DNS humán evolúciós vizsgálatokban való alkalmazásának!

73. lecke.

Az ember evolúciója

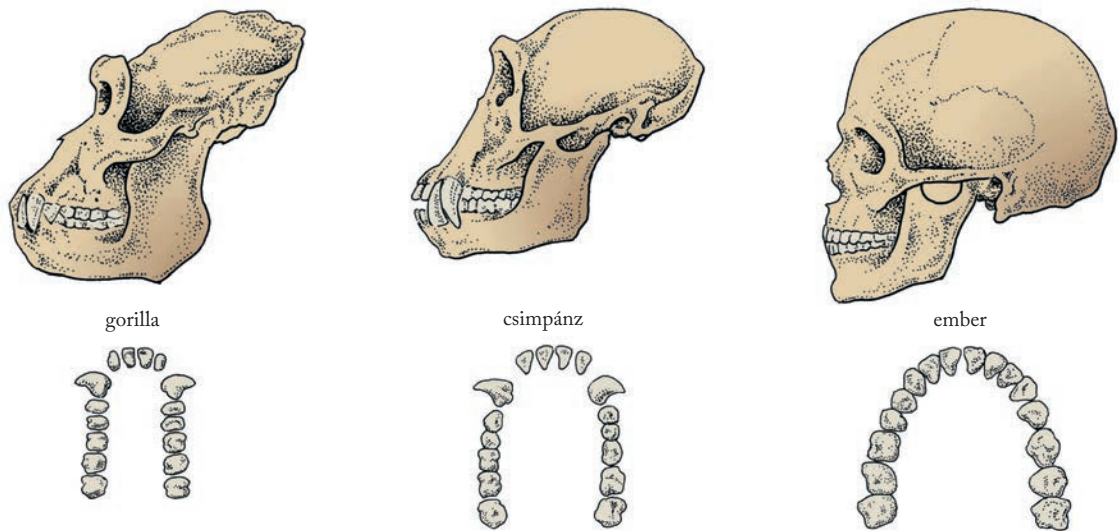


Az ember és az emberszabású majmfélék

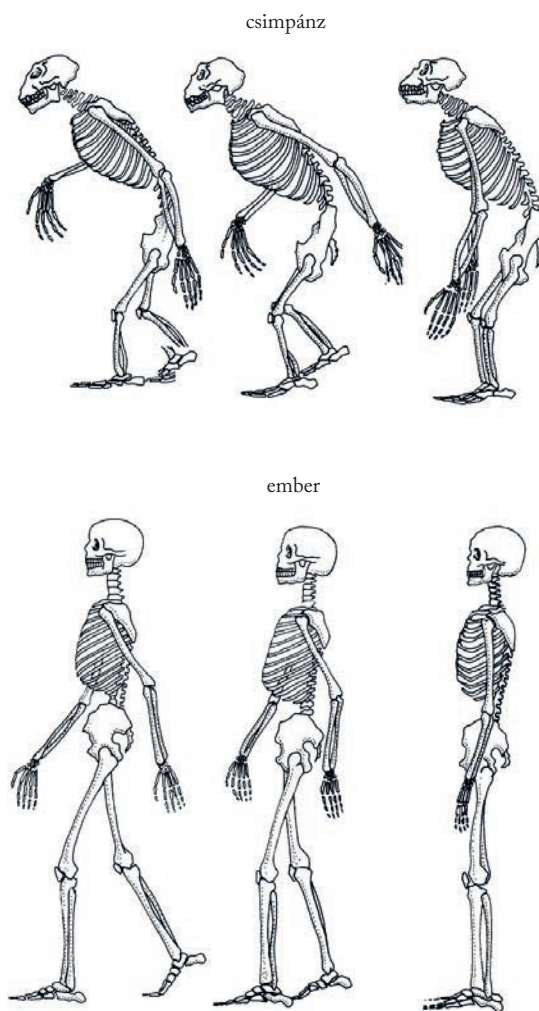
A földtörténet negyedidőszakában megjelenő ember évmilliók során az ősi főemlősökből fejlődött ki. A főemlősök evolúciós kibontakozása a harmadidőszak elejére tehető. Ennek során testi felépítésükben igen jelentős és sokrétű változás következett be. Csökkent fogaik száma, alapvető fogtípusaik a metsző-, a szem- és az őrlőfogak voltak. Ötujjú végtagjaik a fogáshoz alkalmazkodtak, többnyire a többi ujjal szembe fordítható hüvelykujj segítségével. Az ősi típusoknál az ugrás és a kapaszkodás jutott nagyobb szerephez a helyváltoztatás alkalmával. Az eredetileg oldalirányban lévő szemük előrekerült, ami lehetővé tette a térbeli látás kialakulását. Más állatokhoz képest igen jelentős az agy fejlettsége, amelynek mérete a testhez viszonyítva nagy volt.

Az emberszabású majmfélék ősi alakját a *Dryopithecus*-fajok képviselték. A *Dryopithecus*-fajok populációi az afrikai szavannákat népesítették be. Fogaik alapján főleg magvakkal és gyökerekkel táplálkozhattak. Többnyire a földön tartózkodtak, és a nyílt szavannán a ragadozókra figyelve rendszeresen felegyenesedtek. Az így felszabadult kezükkel botokat és köveket eszközként használhattak. Később Afrikából így eljutottak Európába, sőt továbbvándorolva egészen Délkelet-Ázsiáig. Ez az oka annak, hogy a *Dryopithecus*-fajok számos lelete került elő Európában. Hazánkban Rudabánya az emberszabású ősmajmok legjelentősebb európai lelőhelye. Az első leleteket 1967-ben fedezték fel, majd a több éven keresztül végzett ásások további gazdag leletanyagot szolgáltatottak. A maradványok a mai csimpánzoknál valamivel kisebb termetű főemlősre utalnak, koponyájából következtetve agytérfogata 300 cm³ lehetett.

Az emberszabású majmfélék további evolúciója során a harmadidőszak vége felé alakultak ki az emberszabású majmok és az emberfélék. A két csoport között számos felépítésbeli különbség tapasztalható (73.1. ábra). Az emberszabásúakat az előreugró arckoponya, ehhez képest jóval kisebb agykoponya és rajta az izmok megtapadására szolgáló tarajok jellemzik. Fogazatukra a fejlett szemfog, a metszőfogak és a szemfog közötti hézag, valamint a párhuzamos fogív a jellemző. Az embernél viszont domború és nagy térfogatú agykoponyát, kisebb arckoponyát az állcsúccsal, hézagmentes fogsort, valamint kisebb széttartó fogívet láthatunk. Bár az emberszabá-



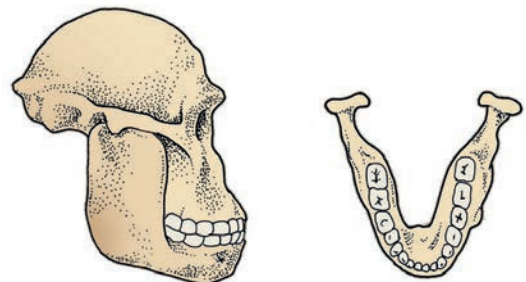
73.1. ábra. Az emberszabású majmok és az ember koponyájának és fogzatának összehasonlítása



73.2. ábra. A csimpánz és az ember vázrendszerének felépítésbeli különbsége a járásban is kifejeződik

sú majmok igen gyakran felegyenesedve, két lábon változtatják helyüket, ez azonban sokkal kevésbé hatékony, mint az ember járása. Az emberi járás kialakulása a negyedidőszak evolúciós folyamatában ment végbe, és igen összetett adaptáció eredménye (73.2. ábra).

Az első emberfélék, a majomemberek Kelet-Afrikában éltek. Az itt talált kövületek 6 és 3 millió évvel ezelőttiek, vagyis a harmadidőszak és a negyedidőszak határáról származnak. Ezekre az *Australopithecus*-fajokra az emberhez képest még kis méretű, átlagban 500 cm³ térfogatú agykoponya jellemző. Fejlett állkapcsukban fogívük az emberéhez hasonlóan széttartó, foghézag nélkül és kevésbé fejlett szemfogakkal (73.3. ábra). Csontleleteik és vulkáni hamumaradványban megőrződött lábnyomaik tanúsága szerint felegyenesedve, két lábon jártak, bár jól tudtak kapaszkodni a fákon is. Több fajuk ismeretes, ezek valószínűleg egymással párhuzamosan fejlődtek, illetve egymás mellett éltek. Fajaik a negyedidőszak közepére kihaltak.



73.3. ábra. A majomember koponyája és fogzata



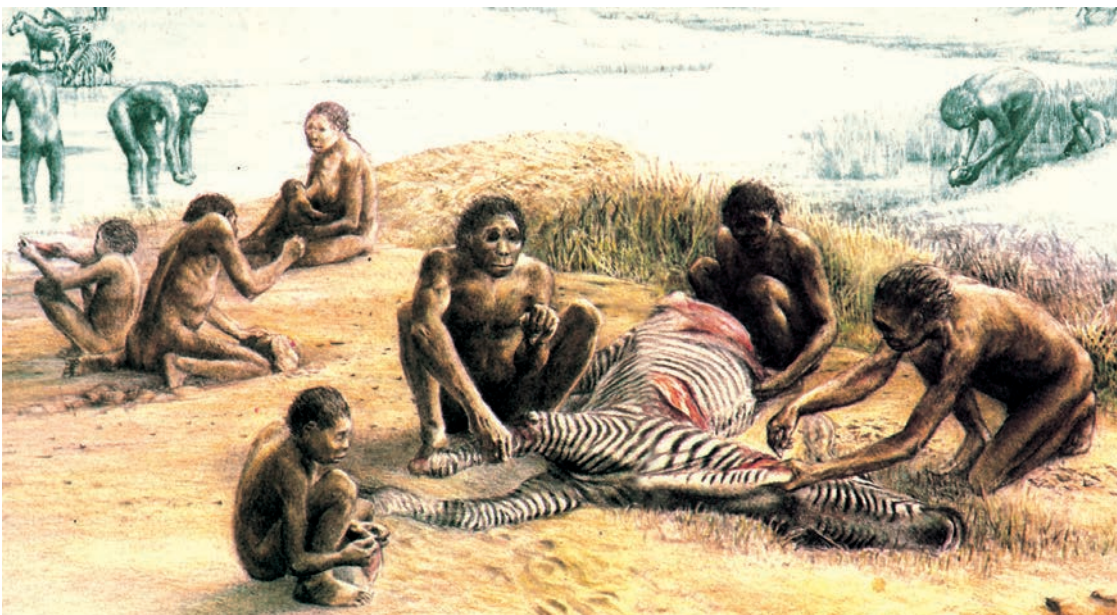
73.4. ábra. A Homo habilis kőeszközei

Az előemberek megjelenése

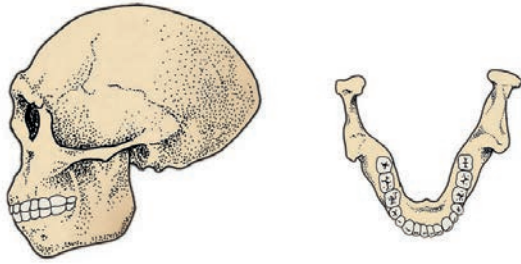
A negyedidőszak elején, körülbelül kétmillió évvel ezelőtt jelentek meg az előemberek. Első képviselőjük a Kelet-Afrikában élt *Homo habilis* lehetett. Populációi a késői Australopithecusokkal egy időben, hasonló típusú élőhelyen éltek. Csontrendszerük felépítéséből arra lehet következtetni, hogy a két lábbon járás a mai emberhez hasonlóan gyors és könnyed volt, szemben az Australopithecusok nehezkesebb mozgásával. Agyuk mérete átlagban elérte a

700 cm³-es térfogatot, fejlettségére a lelőhelyükön talált durva megmunkálású kőeszközök is utalnak (73.4. ábra). Alapvető különbségük az Australopithecusoktól elsősorban viselkedésükben kereshető, amelyre a táplálkozási helyeiken és lakóhelyükön talált leletegyüttesek utalnak. Növényi táplálékok és elhullott állatok húsa után kutatva a *Homo habilis* rendszeres gyűjtögetőkké lettek. Táplálékszerző munkájukat közösen látták el. Az elhullott állatok megnyúzását és a hús feldarabolását már kőeszközök segítségével végezték. A hús gyakoribbává válása az étrendjükben kiváló minőségű fehérjeforrást jelentett. A gyűjtött táplálékot közösen összehordták a táplálkozási helyükre, és egymás között megosztva elfogyasztották. A *Homo habilis* tehát már nemcsak egyszerűen alkalmazkodott a táplálékhoz, hanem rendszeresen és szervezeten gyűjtögetett, viselkedésének pedig fő evolúciós jellemzője a táplálék megosztása volt, ami a csoporton belüli nagyfokú szociális szervezethez utal (73.5. ábra).

A negyedidőszak közepe táján, egymillió évvel ezelőtt jelent meg az előemberek evolúciójában a *Homo erectus* faj. Felépítésében már nagyon hasonló a mai emberhez. Agykoponyája jelentősen nagyobb, mint a *Homo habilis*-é, átlag 1000 cm³ térfogatú. Fejlettebb vonásai közé tartozik laposabb arckoponyája is (73.6. ábra). Afrikai, európai és ázsiai élőhelyeken egyaránt megtalálták leleteiket, és számos helyen az általuk készített finomabb kidolgozású kőeszközöket is (73.7. ábra). A faj széles körű elterjedését a populációk feltételezhetően Kelet-Afrikából kiinduló

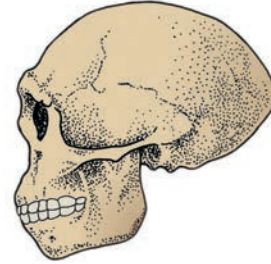


73.5. ábra. Egy Homo habilis csoport együttműködése az elhullott állatból történő táplálékszerzéskor

73.6. ábra. A *Homo erectus* koponyája és fogazata

adaptív radiációjával magyarázzák. A *Homo erectus* populációk táborozási helyeinek leletanyaga vadászó és gyűjtögető életmódra, valamint a tűz használatára utal. Ezt erősíti meg egyik jellemző testi változásuk, a fogak méreteinek csökkenése is. A koponyájuk belső felszínének vizsgálata azt mutatták, hogy agyukban kifejlődött a beszédközpont, így valószínűleg már kezdetleges beszéddel kommunikáltak.

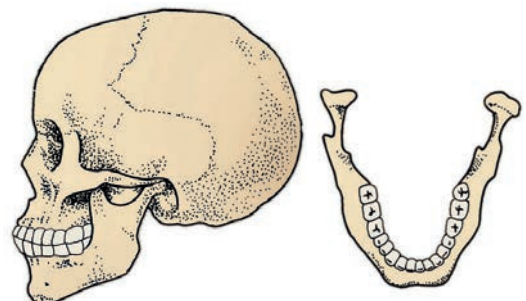
A negyedidőszak második felében, alig 300 ezer éve jelentek meg az ősemberek. Az első leletek a XIX. század közepén kerültek elő a németországi Düsseldorf melletti Neander-völgyből. Innen származik az ősember elnevezése, a *Homo neanderthalensis*. Testfelépítésük jellemzője a nagy méretű koponya, minimum 1300 cm³ térfogattal (73.8. ábra). Testmagasságuk 165 cm körüli, zömök, erőteljes izomzatú felépítéssel. Szerszámaikhoz hasított kővakövet és megmunkált csontokat használtak. A leletek szerint életmódjuk egyik jellemzője volt, hogy eltemették halottaikat. Az ősember előtti időből származó emberi maradványokat szétszórva vagy állati csontok között találták meg. Az elföldelésre utaló első nyomokat a 80 ezer évvel ezelőtti leleteknél

73.7. ábra. A *Homo erectus* kőeszközei73.8. ábra. A *Homo neanderthalensis* koponyája

tapasztalták először. A negyedkorban, hozzávetőleg 30 ezer évvel ezelőtt, az utolsó Neander-völgyi ősember is kihalt, valószínűleg mint az evolúció túlságosan specializálódott oldalága.

Az ősember és a mai emberek

A negyedidőszak hozzánk közel eső legutóbbi szakaszában, közel 200 ezer évvel ezelőtt jelent meg a mai ember képviselője, a *Homo sapiens*. A legősibb leleteket Afrikában fedezték fel, így valószínűsíthető a mai ember Afrikában történő kialakulása. Az Ázsiában talált 100 ezer éves, majd Ausztráliában talált 50 ezer éves leletek igazolják a *Homo sapiens* gyors elterjedését. Ázsia felől az eljegesedett Bering-szoroson keresztül vándorolva 20 ezer évvel ezelőtt már Észak-Amerikában is megjelentek. Európába valószínűleg a Közel-Kelet felől érkezhettek, úgy 40 ezer éve. A *Homo sapiens* testfelépítésére jellemző a boltozatos koponya, amelynek átlagtérfogata 1400 cm³ (73.9. ábra), valamint a 160–180 cm-es átlagos testmagasság. A szemöldök feletti eresz már eltűnt, viszont kifejlődött az állcsúcs. Csontváza az előző emberfélékhez képest jóval könnyedebb és finomabb felépítésű. A mai emberek csakúgy, mint elődeik, gyűjtögető, vadászó életmódot folytattak. Finoman kidolgozott kőpengéik, csontból és szarvasagancsból készült fegyvereik és szerszámaik segítségével hatékonyan vadásztak. Az

73.9. ábra. A *Homo sapiens* koponyája és fogazata

elejtett vad szinte minden részét felhasználták a táplálkozásban, a ruházzkodásban, az eszközök készítésében, a szálláshelyük kialakításában. A ma élő ember a *Homo sapiens* evolúciója során hozzávetőleg 10 ezer évvel ezelőtt lépett be a történelmi jelenkorba. Különböző testalkatú vagy bőrszínű vál-

tozatai az evolúciós folyamat földrajzi izolációjának következményei, és a különböző helyi viszonyokhoz való adaptációból erednek. A Földön található minden emberi lény, akár az europid, a mongolid, a negrid vagy az ausztralid típushoz tartozik, az egyetlen emberi fajnak a tagja.

Hazai lelőhelyek

1967-ben hazánkban Rudabánya környékén, a felszíni lignites rétegekben a *Dryopithecus* rokonsági körébe tartozó leletet, egy állkapocstörödéket találtak. Kiderült róla, hogy egy ősmajom maradványáról van szó, amelyet *Rudapithecus hungaricus*nak neveztek el. 1985-ben egy nőstény *Rudapithecus* törödékes koponyáját is megtalálták itt (elsőként a *Dryopithecus* fejlődési vonalából). 1986-ban egy másik rudabányai majom, az *Anapithecus hernyaki* koponyatörödéke is előkerült. Rudabányáról eddig közel 200 majomfog és -csont ismert, ez a mennyiség több, mint amit Európa többi hasonló korú leletéből összesen találtak. 1999-ben egy magyar–kanadai kutatócsoport újabb nagy jelentőségű leletet tárt fel Rudabányán. Ez azért volt kiemelkedő jelentőségű, mert ekkor találtak először *Rudapithecus* fejlettségi szintű élőlénytől olyan csontmaradványokat, amelyek a koponya arci és agyi részét kapcsolta össze. E csontmaradványok, valamint az a tény, hogy a fellelt csontdarabokból a *Rudapithecus hungaricus* szinte teljes agykoponyája összeállítható lett, új helyzetet teremtett. A szinte teljes agy megismerése hallatlanul fontos új következtetések levonását tette lehetővé. E leletanyag újra az érdeklődés középpontjába állította a rudabányai lelőhelyet, amely eddig is a világ tíz legfontosabb lelőhelye között szerepelt.

A *Rudapithecus hungaricus* testtömege 25–27 kilogramm, testmagassága 120–130 cm lehetett. Ez az ősmajom a fák ágain élhetett, az ágakon behajlított kezével függeszkedve közlekedett, a talajon négy lábon járt. Fogai alapján puha, növényi táplálékon élt. Ivari kétalakúság jellemezte. Arckoponyája erősen megrövidült, szemei viszonylag távol álltak egymástól és előre tekintettek. Nem volt erős homlokeresze, agytérfogata 300 cm³ lehetett. A koponyacsontok belső felszínének vizsgálata alapján agyfelépítése csak a mai páviánok szintjét érte el.

Az előember hazai maradványait a Vértesszőlős melletti mészkőbányában találták meg. A lelet négy fogból és egy később megtalált koponyacsont-törödékből áll. Mellettük számos, kavicsból készült kőszközt, vadászott állatok csontmaradványait találtak, sőt az iszapos rétegben az előember lábnyomát is felfedezték. A leletek hozzávetőleg 200–300 ezer évvel ezelőttiek.

Magyarországon több ősemberlelet is előkerült, ezek közül a legfontosabbak a Bükk-hegységben, a Subalyuk-barlangban talált maradványok, amelyek kora körülbelül 60 ezer év. A feltáró munka során egy felnőtt nő és egy kisgyermek csontmaradványai kerültek elő. Az ősemberek mellett számos kőszközt és vadászattal elejtett állatok csontjait találták. Ebből lehetett arra következtetni, hogy az ősember a jégkori állatok közül kőszáli kecskére, barlangi medvére és gyapjas orrszarvúra is vadászott.

Olvasmány

Kérdések és feladatok

1 Hasonlítsd össze az ember és az emberszabásúak koponyáját, törzsvázát és végtagjait! Használd a 73.1. és a 73.2. ábrát is!

2 Rajzolj egy törzsfát, amelyen a *Homo* nemzettség evolúciójának fő lépéseit ábrázolod!

3 Készíts táblázatot, amelyben az emberelődök életmódját, használati tárgyait és fegyvereit tünteted fel! Mi a kapcsolat a testfelépítés, az életmód és az agytérfogat között?

4 Tüntesd fel egy világtérképen az emberi evolúció szempontjából fontos lelőhelyeket!

ÖSSZEFOGLALÁS

- 1 Tegyük fel, hogy egy 1624 egyedből álló vörösbegy-populációban 96% a vörösbegy foltos (AA, Aa) egyedeinek aránya, 4%-ban a folt barnás, elmosódott. Hány darab homozigóta domináns, hány darab heterozigóta és hány darab homozigóta recesszív egyed képezi a populációt?
- 2 Mit értünk rátermettségen?
- 3 Milyen szelekciós típusai lehetnek a mennyiségi jellegek megváltozásának egy populációban?
- 4 Nézz utána, milyen mutáció eredménye a ma termelt cukorrépa!
- 5 Miért lehet a legtöbb természetes populációra alkalmazni a Hardy–Weinberg szabályt?
- 6 Melyik ökológiai tényező van döntő hatással a talaj tulajdonságainak alakításában?
- 7 Min alapszik a ^{14}C -es abszolút kormeghatározási módszer?
- 8 Keress az interneten olyan videókat, amelyek Ázsia és Afrikai trópusi esőerdeinek élővilágát mutatja be!

Kérdések és feladatok

- 9 Készíts kiselőadást a hazai *Dryopithecus*-lelet-együttesről!
- 10 Nézz utána, honnan származnak a hazai jégkor végi *Homo sapiens* leletek!
- 11 Hasonlítsd össze az *Australopithecus* és a mai ember koponyáját!
- 12 Olvasd el az alábbi szöveget, majd oldd meg a hozzá kapcsolódó feladatot!
1857-ben a bajorországi Solnhofen kőbányájában egy különleges fossziliát találtak a bányászok. A meglehetősen rossz állapotban lévő maradványt a szakemberek az őshüllők közé sorolták (csak 1970-ben derült ki, hogy ebben az esetben is egy *Archeopteryx*-torzó került elő). 1861-ben megkövesedett tollmaradványokra bukkantak, amelyeket Hermann Meyer (1801–1869) német paleontológus azonosított. Nem telt el egy esztendő, amikor egy réteg lehasításakor egészen különleges lenyomat bukkant elő. A galamb nagyságú szárnyastollas lelet félig hüllő-, félig madársajátosságokat mutatott. A példányt Friedrich Haberlein (1823–1887) a bánya orvosa, amatőr paleontológus vizsgálta meg, és egyértelművé vált, hogy páratlan őslénytani jelentősége van.
Nézz utána, hogyan nézett ki az *Archeopteryx*, és mutasd be a rá jellemző hüllő- és madársajátosságokat!

The image features four clear glass test tubes arranged in a row on a light blue surface. Each tube contains a clear liquid, with varying levels. The background is a vibrant green field of grass, slightly out of focus. The overall composition is clean and scientific.

Rendszerbiológia és evolúció

74 *lecke*

Az ember és a természet

FOKOZOTTAN VÉDETT
TERMÉSZETI
TERÜLET
BÉLÉPÉS CSAK
ENGEDÉLLYEL!

Az ember egyszerre biológiai és társadalmi lény

Az embert – legalábbis mi magunk – az evolúció legtökéletesebb eredményének tekintjük. Hangsúlyozzuk, hogy éntudattal rendelkező társadalmi lényvé lettünk, és ezáltal kapcsolatunk a bioszférával a többi fajhoz képest alapvetően megváltozott. Ezzel egyidejűleg keressük a választ olyan kérdésekre, hogy hol a helyünk a világban, milyen jövő vár ránk, hiszen egyre növekvő aktív befolyásunk a környezetünkre és egyre fokozódó függőségünk tőle napjainkra égető problémává vált.

A XIX. és XX. században több olyan filozófiai irányzat is kibontakozott, amely erősen túlértékelt (sőt túlértékeli ma is) az ember képességeit, és adottságai révén a természet fölé helyezte. A kommunizmus eszmerendszere is az embert a természet „leigázására” ösztökélte. Ezek az elméletek elfelejtkeznek arról, hogy az ember evolúciós sikerei ellenére nem ura, hanem része a természetnek. Lényegét tekintve egy heterotróf lény maradt, amely a táplálkozási hálózatok tagjaként eleme a működő ökológiai rendszereknek. Lehet elsődleges, másodlagos, akár harmadlagos fogyasztó, valamint csúcsragadozó egyaránt, ám termelő nem! Ebből következik, hogy önfenntartásához kizárólag a termelők által megkötött napenergiát képes felhasználni, és alapvetően ennek a felismerése kell, hogy meghatározza a természetes környezetéhez való viszonyát. Az általa megteremtett társadalom látszólag önálló működési törvényei mögött valójában a természet törvényei érvényesülnek. Ezek hatása alól nem vonhatja ki magát az ember, sem egyedi, sem közösségi szinten. Az anyag körforgása révén működő természet biológiai egyensúlyát biztosító szabályozó mechanizmusok teljes rendszere ma még csak részben ismert. Ezek feltárása napjaink ökológiai és evolúcióbiológiai kutatásainak fontos feladata a jövő érdekében. Nem kétséges, hogy a fejlődés csak úgy tartható fenn, ha az emberi életvitel alapmodelljévé a természet működési rendje válik.

Milyen jövő vár az emberiségre?

Az ember jövőjét – önpusztító atomháború nélkül is – a tudósok nagy többsége meglehetősen pesszimizmistán ítéli meg. Többségük véleménye sze-

rint az ember soha nem lesz képes felfogni, hogy szükségtelen a saját életterét túlnépesedéssel és a természet erőforrásainak kiuzsorázásával tönkretenni. A borúlátó prognózisok további alapja, hogy a földtörténet során nem az első eset lenne, hogy egy élőlénycsoport rövid idő alatt óriási mértékben elszaporodik, majd hirtelen kipusztul. Ugyanakkor kétségtelen, hogy az ember az egyetlen faj, amely tevékenységével nemcsak károsan, de ha a körülmények rákényszerítik, talán kedvezően is befolyásolni képes környezetét. A természettel való harmonikus együttélés szükségszerűség. Valóban nem lehet előre látni szellemi-lelki továbbfejlődésünket, azonban nem szabad az ember kapcsán csupán a földtörténet korábbi példáiból kiindulnunk.

Az bizonyos, hogy hosszú távú stratégiát kell kidolgozni, amely lehetővé teszi a környezetkímélő fejlődést, és erre nézve igen biztatóak a kilátásaink. A szemléletváltás már megtörtént, a műszaki tudományok fejlődése megteremtette több alternatív energiaforrás mai felhasználásának a lehetőségét, és igen biztatóak hosszabb távon a napenergia hasznosításának teljesen új lehetőségei. Mindez csak nemzetközi összefogással valósítható meg, hiszen a környezet megóvása érdekében együttműködést kell kidolgozni a gazdaságilag fejlett és a fejlődő országok között, olyan közös, kölcsönösen előnyös megoldások érdekében, amelyek figyelem-

be veszik az emberek, az erőforrások, a környezet és a fejlődés kölcsönhatásait. Láttuk, hogy az ENSZ közgyűlése 1983-ban hozta létre a Környezet és Fejlődés Világbizottságát, és azóta számos világkonferenciára került sor. Bár a jelentések jól mérik fel a helyzetet és a változtatásra tett javaslatok is megszívlelendők, sajnálatos módon komoly áttörést a problémák világméretű, közös megoldásában az azóta eltelt majd négy évtizedben nem sikerült elérni.

A fenntartható mezőgazdasági fejlődés korszerű fajták alkalmazását, megfelelő vetéssorrendet, optimális talajművelést, a szükséges, de mértékletes tápanyag-utánpótlást, korszerű növényvédelmi technológia alkalmazását igényli, nagy hozamú, károsítókra toleráns, hagyományos nemesítésű fajták alkalmazásával. A növényvédő szerek felhasználásában előnyben részesíti azokat a szereket, amelyek szelektívek, továbbá a környezetben gyorsan és maradéktalanul lebomlanak. Előtérbe kell helyezni a biogazdálkodást, amely körfolyamatokat kialakítva gazdálkodik. Az ipari termelés korszerű technológiai folyamatainak energiatakarékosnak és környezetbarátnak kell lennie.

„A jövőnk ma kezdődik” gondolat jegyében fontos – akár személyre bontottan is – mindnyájunknak megvalósítanunk a „gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan” szellemiségét.

Kérdések és feladatok

- 1 Miért tekinthető – vagy miért nem – az ember az evolúció legfejlettebb eredményének?
- 2 Hol van a helye az embereknek az ökológiai rendszerekben?
- 3 Az emberi faj evolúciójának leglényegesebb eredménye társadalmi lényvé válása lett. Igazold az állítást!
- 4 Fejtsd ki és példákkal illusztráld a „gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan” szlogent!

75. lecke

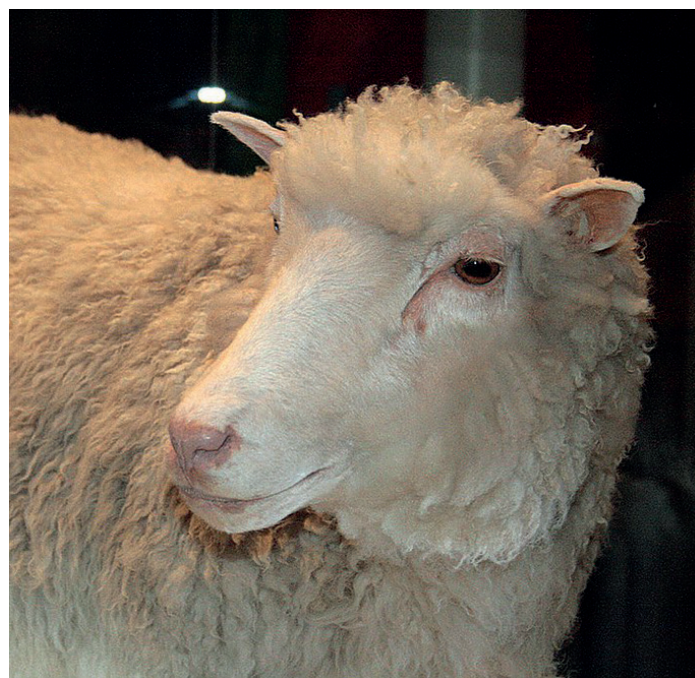
A biológia és a társadalom



A biológiai örökség és a kultúra

Az ember dinamikus fejlődésének alapjául az evolúció során kialakult genetikai állományunk szolgált. A *Homo sapiens* génállománya mintegy hárommilliárd éves törzsfjlődés eredménye. Terméke az emberi kultúra, amely szociális öröklés útján adódik át nemzedékről nemzedékre. Ennek lehetőségét azonban a biológiai öröklődés teremti meg. A biológiai kutatások eredményei hosszú ideig csak egyirányú hatást jelentettek a társadalomra, mind több olyan ismeret halmozódott fel, amelyeket az alkalmazott tudományterületek – mindenekelőtt az orvoslás – sikeresen hasznosított az emberiség javára. A viszony napjainkra már kétirányúvá vált, hiszen az emberi tudás alkalmassá vált saját genetikai állományának megismerésére és megváltoztatására is.

Az orvostudomány fejlődése már évtizedekkel ezelőtt felvetett olyan bioetikai kérdéseket, amelyekre válaszokat várt. Sokan fogalmazznak úgy, hogy a fejlett gyógyászat a természetes szelekció ellen dolgozik. Az orvosi beavatkozás életlehetőséget teremt olyan génkombinációk életben maradására is, amelyek emberi beavatkozás nélkül életképtelenek lennének. Így ezeknek a letális alléloknak a száma természetszerűen nő az emberi populációkban, és növeli a hibás allélok homozigóta formában való megjelenésének valószínűségét.



75.1. ábra. Dolly, az első klónozott emlős



Dolly birka (75.1. ábra) klónozási sikere pedig azt jelzi, hogy az ember klónozásának nem technikai, csupán etikai akadályai vannak.

Az ember kulturális evolúciójának terméke

Ez az etikai akadály azonban fontos és szükséges, remélhetően elégséges is. Az ember kulturális evolúciójának terméke az a társadalmi szabályrendszer, amelynek betartása – akárcsak a biológiai evolúciója során kialakult genetikai sokfélesége – további fennmaradásának alapja. Napjaink biológiai tudománya el kell hogy vessen minden olyan jövőképet az ember további sorsára vonatkozóan, amely a társadalmi alapértékektől és normáktól elvonatkoztatva szemléli a tudomány által megnyitott lehetőségeket. Ahogyan az embert nem szemléljük tisztán társadalmi lényként, úgy nem redukálhatjuk csupán biológiai szintre sem, kiszakítva a társadalmi viszonyok összes-

ségéből. Bár magatartásának biológiai alapjai az öröklött és tanult magatartáselemek, az evolúciós hagyatékként öröklött etológiai adottságok mellett más tényezők is megjelentek. Az élővilág legfejlettebb idegrendszerének működése olyan tulajdonságokkal ruházta fel, amelyekkel semelyik másik élőlénycsoport sem rendelkezik. Képessé tette például tudatos cselekvések végrehajtására és szabad döntéshozatalra. Társadalmi fejlődésének eredménye a jogkövető magatartás, amelyben a másik elfogadása, személyiségi jogainak tiszteletben tartása alapvető. Altruizmus helyett tudatos önzetlenségre lett képes, amelyre a másokért érzett felelősségvállalása a jellemző. Ez teszi lehetővé olyan társadalmi rendszerek működtetését például, mint a szociális háló, amely gondoskodást biztosít a gyengébbek vagy elesettebbek számára. A természetes szelekció félreértelmezett vagy félremagyarázott társadalmi kivetítése, az ezekben gyökerező fajelméletek a tudományos eredmények torzításából fakadnak, amelyre volt már példa a történelemben, és amelyek borzalmas következményei közismertek.

Kérdések és feladatok

- 1 Miért mondható, hogy a fejlett orvostudomány a természetes szelekció ellen dolgozik?
- 2 Mit értünk kulturális evolúción? Mi a hasonlóság a gének és a mémek között?
- 3 Mi a különbség az altruizmus és az emberi önzetlenség között?
- 4 Miért nem szabad-e az embert csupán társadalmi vagy csupán biológiai lénynek tekinteni?

76. lecke

Az evolúció mint a biológiai rendszerek változásának alaptörvénye



Genetika- és rendszerbiológia

Napjainkban a biológiai kutatás számos technikai lépése automatizált, ezáltal felgyorsult. Az informatika fejlődése megteremtette a számítógépes adattárolásnak és a bevitt adatok gyors feldolgozásának lehetőségeit („big data”). Ily módon nagyon sok információ halmozódott fel és válik folyamatosan hozzáférhetővé a kutatók számára. Ennek eredményeképpen egy új biológiai tudományterület született, a genomika, amely az élőlények teljes génkészletét és a gének kölcsönhatásait vizsgálja. A ráépülő rendszerbiológia alapvető célkitűzése, hogy a rendelkezésre álló információk alapján a sejteknek egy, a működésében jól elkülöníthető alrendszerét megvizsgálja, és azonosítsa az abban működő géneket és azok kapcsolatrendszerét, vagyis az általuk létrehozott funkcionális hálózatot. A biológiai hálózatok tulajdonságait és kölcsönhatásait számítógépes modellek segítségével elemzik. A modellek működésének elemzéseiből következtetni lehet például természetes körülmények között a környezet változásainak, kísérleti körülmények között a genetikai beavatkozásoknak a várható hatásaira. A vizsgálati objektumok ma az egyszerű génkészletekkel rendelkező baktériumok közül kerülnek ki. A velük végzett vizsgálatok azonban képesek információt szolgáltatni arról, hogy melyek azok a génkészletek, amelyek kiiktatása a sejtből tovább egyszerűsíti a vizsgált hálózatokat, ezáltal utat mutat a bonyolultabb szerveződésű eukarióta sejtek működési mechanizmusainak megértéséhez.

A genomikától a biotechnológiáig és az evolúciókutatásig

A genomika eredményeinek alkalmazott felhasználója érthetően ma elsősorban a biotechnológia. Az elméleti biológia területén pedig egyebek között az evolúciókutatást szolgálja. Az evolúciókutatás azért nagy jelentőségű, mert hozzájárul a különböző biológiai jelenségek mélyebb megértéséhez. Ebben segíthet az azt megvalósító rendszer felépítésének és élettanának megismerése. Ez nagyon fontos, de nem elégséges. Ha már tudjuk azt, hogy elemeiben hogyan működik az egységes rendszer, jó lenne megtudni azt is, miért éppen olyanná szerveződött, amilyenné, és azt is, hogy milyen körülmények között maradhat fenn. Az evolúciós kutatások a rendszerbiológia és a ge-

nomika módszereit és eredményeit messzemenően felhasználják. Az evolúció menete, azaz az iránya és a sebessége a természetben a véletlenszerűen fellépő mutációk felbukkanásától, azok rátermettségétől és a populációban való elterjedésétől függ. Ezért fontos ismernünk a mutációk természetét és a konkrét esetekben az élőlényekre gyakorolt hatásukat. Ezek vizsgálata azért nehéz, mert a sejtek biológiai hálózatai nagyon összetettek, és működésük függ a környezeti hatásoktól is. A rendszerbiológiai modellek megteremtik az egyszerűsítést, a feltételeit annak, hogy a jelenséget lényegtelen elemeitől megfosztva vizsgálják, és akár prognosztizálhatják egy-egy mutáció bekövetkezésének hatásait. Ebből következik, hogy az evolúciókutatás eredményei a gyakorlatba is átültethetők.

Az evolúciós biotechnológia eljárásai a véletlenszerűen létrehozott variációk, majd a szelekció darwini elméletén alapulnak. A rendszerbiológia

az evolúció mai, korszerű bizonyítására is alkalmasnak bizonyult. Richard Lenski amerikai kutató 1988-ban egy kísérletsorozatot hajtott végre. A közönséges bélbaktérium (*Escherichia coli*) 12 genetikailag azonos populációját megfelelő táptalajt tartalmazó edényben helyezte el. Minden nap a baktériumpopulációk mindössze 1%-át másik, friss tápanyagot tartalmazó edénybe töltötte át. Az átoltás során a gyorsabban szaporodó egyedek nagyobb eséllyel kerültek új táptalajra, ezért azok aránya az átoltások során egyre nőtt. Néhány nap elteltével véletlenszerűen olyan mutánsok is megjelentek, amelyek jobban tudták hasznosítani a tápanyagot, ezért nagyobbra nőttek. Ezek is elterjedtek a régi variánsok kárára. A kísérletsorozatban 2009-re már 30 000-nél több *E. coli*-generáció váltotta egymást, és közben megnőtt a baktériumok mérete és szaporodási sebessége is. A populáció alkalmazkodott új környezetéhez.

Kérdések és feladatok

- 1 Mivel foglalkozik a genomika tudománya?
- 2 Mi a rendszerbiológiai kutatások alapvető célkitűzése?
- 3 Miért jelentősek a biológiai hálózatok vizsgálati a modern biológiai kutatásokban?
- 4 Mutasd be egy példán az evolúciókutatás gyakorlati jelentőségét!

ÖSSZEFOGLALÁS

1 Olvasd el az ember viselkedéséről szóló szöveget, majd oldd meg a hozzá kapcsolódó feladatokat!

Az ember viselkedésének biológiai tényezőivel kapcsolatban több álláspont is létezik. Darwin evolúciós elmélete szerint az ember evolúciós szempontból ugyanolyan „állatfaj”, mint az összes többi, egy lényeges különbséggel: társadalmi lényvé vált azáltal, hogy képes volt kultúrát teremteni. Azzal, hogy Konrad Lorenz a viselkedést evolúciós terméknek tekintette, egy újra és újra fellángoló tudományos vita tüzét szította fel. A viselkedés törzsfajlódási alapokon nyugvó megközelítéséből egyenesen következett nála, hogy az emberi magatartás fajspecifikus, és éppen úgy az evolúció során alakult ki, mint az állatok megnyilvánulásai. Ebből pedig – bírálói szerint – logikusan következik hibás következtetés, hogy cselekedeteink genetikusan beprogramozottak, úgy élünk, azt tesszük, amit ez a program diktál, nem tehetünk ellene semmit.

A „természet által eleve meghatározott”, „ve-lünk született” emberi magatartás már az ókori görög filozófiában felbukkan, és végigkíséri történelmünket napjainkig.

A biológiai determinizmussal először (amely alatt ekkor még kizárólag a „viselkedés öröklődését” értették) John Locke (1632–1704) angol filozófus, közgazdász, a korabeli angol liberális nagypolgárság ideológusa fordult szembe. Szerinte az ember lelke születésekor „tabula rasa”, tiszta tábla, amelyre a környezet hatása és a nevelés karcolja fel a magatartásunkat irányító útmutatásokat. Később a „forradalmi baloldal” tette magáévá a szemléletet, hiszen jól illeszkedett politikai törekvéseikhez.

Kérdések és feladatok

A kommunista ideológia az emberi viselkedést alakíthatónak, „átnevelhetőnek”, a forradalmi eszmék szolgálatába állíthatónak tartotta. A kibontakozó pszichológia csak erősítette a szemléletet. Freud az emberek magatartását alapvetően a gyermekkorban ért hatásokkal és benyomásokkal magyarázta.

Az emberi viselkedést tanulmányozó *humán- etológiai kutatások* ma három fő területen folynak. Vizsgálják a korai gyermekkort, amikor még kis-mértékű a kulturális hatás. Ebből indul ki a *pszichiátriai rendellenességek* etológia jellegű kutatása is. Folyik a *különböző emberi kultúrák összehasonlítható vizsgálata*, ami főleg a kultúra szerepének és a genetikai eredetű hatásoknak az elkülönítésében fontos. A vizsgálatok elve az, hogy a kulturális különbségektől függetlenül mindenhol jelentkező viselkedésformák feltehetően teljesen biológiai eredetűek. A legfontosabb humán- etológiai problémákkal *az emberi viselkedésevolúció utolsó szakaszának kutatása* foglalkozik. Paleontológiai, antropológiai, etnográfiai, nyelvi, pszichológiai és etológiai eszközökkel próbálják felderíteni ezt az evolúciós utat.

Mi a véleményed az emberi viselkedés biológiai öröklöttségéről, illetve a környezet alakító hatásáról? Rendeztetek vitát két kis csoport között! Az egyik csapat az egyik, a másik csapat a másik álláspontot képviselje!

2 A „természet leigázása” ideológiájának egyik legbrutálisabb eredménye az Aral-tó sorsa lett. Nézz utána, mit kell tudnunk e tóról, és miért lett elrettentő példa a sorsa!