

# BIOLOGIA

# 12

ÉLETKÖZÖSSÉGEK  
EVOLÚCIÓ • ÖRÖKLŐDÉS



# b

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK



# Biológia

*Az életközösségek biológiája*  
*Az evolúció és az öröklődés* **12**

GIMNÁZIUMI TANKÖNYV

TIZENNEGYEDIK, VÁLTOZATLAN KIADÁS

MOZAIK KIADÓ – SZEGED, 2019

I. fejezet  
AZ ÖRÖKLŐDÉS



II. fejezet  
A POPULÁCIÓK ÉS  
AZ ÉLETKÖZÖSSÉGEK



III. fejezet  
AZ EVOLÚCIÓ ÉS  
A BIOSZFÉRA







# TARTALOM

## AZ ÖRÖKLŐDÉS

Alapfogalmak .....	10
Egy gén által meghatározott tulajdonság öröklődése (allélikus kölcsönhatások) .....	12
Néhány emberi tulajdonság és betegség öröklődése .....	18
Többgénés öröklődés .....	23
A kapcsoltság .....	26
A nemhez kapcsolt tulajdonságok öröklődése .....	29
A mennyiségi jellegek és az extranukleáris öröklődési tulajdonságok .....	32
A gének és a környezet viszonya .....	34
A genetikai ismeretek, kutatások jelentősége .....	36
Összefoglaló tesztfeladatok .....	39

## A POPULÁCIÓK ÉS AZ ÉLETKÖZÖSSÉGEK

Ökológia .....	42
Élőhelyi tényezők .....	46
Az élettelen ökológiai tényezők I. ....	48
Az élettelen ökológiai tényezők II. ....	52
Az élő ökológiai tényezők .....	56
Az életközösségek .....	62
Termelők, fogyasztók, lebontók. Táplálkozási hálózatok .....	64
Az anyag- és energiaforgalom .....	66
A létfontosságú anyagok körforgása a természetben .....	68
A társulás mint életközösség .....	71
Természetes és mesterséges életközösségek .....	76
A biomok mint életközösségek (emelt szintű anyag) .....	80
Társulások Magyarországon I. ....	94
Társulások Magyarországon II. (emelt szintű anyag) .....	95

# TARTALOM

Társulások Magyarországon III. (emelt szintű anyag) .....	99
Társulások Magyarországon IV. (emelt szintű anyag) .....	103
Társulások Magyarországon V. (emelt szintű anyag) .....	107
Társulások Magyarországon VI. (emelt szintű anyag) .....	109
A magyarországi társulások állatvilága .....	112
Összefoglaló tesztfeladatok .....	115

## AZ EVOLÚCIÓ ÉS A BIOSZFÉRA

Az evolúció lényege .....	122
Az evolúció tényezői .....	127
Adaptív és nem adaptív evolúciós folyamatok. A fajok kialakulása .....	133
Az evolúció bizonyítékai .....	137
Változások bolygónk kialakulásáig .....	144
A többsejtűek evolúciójának legfontosabb lépései a tengerekben (emelt szintű anyag) .....	151
Az ember evolúciója .....	159
A bioszféra jelene és jövője I. ....	169
A bioszféra jelene és jövője II. ....	171
A bioszféra jelene és jövője III. ....	177
A bioszféra jelene és jövője IV. ....	180
Környezetvédelem .....	183
Természetvédelem Magyarországon .....	186
A természet védelme nemzetközi szinten .....	195
Összefoglaló tesztfeladatok .....	199

AZ ÖSSZEFOGLALÓ TESZTFELADATOK MEGOLDÁSA .....	201
---	-----

FOGALOMTÁR .....	203
------------------	-----

ÚJ SZAKSZAVAK JEGYZÉKE .....	206
------------------------------	-----





## HOGYAN HASZNÁLJUK A TANKÖNYVET?

A tankönyv az ismereteket szövegben, ábrán és képen jeleníti meg. Az eredményes tanuláshoz együttes használattuk szükséges. A legfontosabb ismereteket **vastag**, illetve *dólt* betűs szedés jelöli. A középszintű érettségi követelményeiben szereplő szakszavakat \*, míg az emelt szintűekét \*\* jelzi.

### A legfontosabb fogalmak kiemelését a kék színű háttér is segíti.

A színes sáv melletti, **kisebb betűs részekben** érdekességek, kiegészítések találhatóak, amelyek **együttal az emelt szintű érettséghez (a biológia felvételihez) szükséges ismereteket is tartalmazzák**. Ilyeneket ti is gyűjthettek más könyvekből, információhordozókból, és előadhatjátok az órán.

Világoskék színnel és eltérő betűtípussal az anyaghoz tartozó feladatok, kísérletek leírását jelöltük. Gondolkodj el a felvetett problémán, és igyekezz megoldani!

### ELLENŐRIZD TUDÁSOD!

A tananyagot kérdések zárják. Segítségükkel kipróbálhatod, sikerült-e megértened, elsajátítanod a tananyagot.

### GONDOLKOZZ ÉS VÁLASZOLJ!

Itt olyan kérdések, feladatok találhatóak, amelyekhez tovább kell gondolni a leckében tanultakat. A választ, a megoldást önállóan kell megfogalmazni.

A fejezetek ismereteinek összefoglalását tesztfeladatok segítik.

# ELŐSZÓ

A természetről tizenéveseknek tankönyvcsalád harmadik tagja ez a 12. osztályosoknak szóló *Biológia* könyv. Az előző kötetek (*Biológia 10. Az élőlények változatossága; Biológia 11. A sejt és az ember biológiája*) tagolását követve tekinti át a genetika, az ökológia, az evolúció alapismereteit, valamint a bioszférában lezajló globális folyamatokat és az ember élővilágra, környezetre gyakorolt hatását.

Fontos szempont volt a szakmai tartalom korszerűsítése úgy, hogy a tankönyv ismeretei megfeleljenek a középszintű tantervi követelményeknek. Ugyanakkor a kötetben megtaláljuk az emelt szintű tantervi és érettségi követelményrendszernek megfelelő tartalmakat is. A közép- és az emelt szint az oldalak tagolásával különül el egymástól. Szerepelnek benne az új követelmények, mint például az öröklődés sejtmagon kívüli lehetőségei, a környezet tulajdonságokra gyakorolt hatásai, a családfaelemzés, az ikerkutatás, a Humán Genom Program, az ember leggyakoribb genetikai eredetű betegségei is. Az ökológia új ismeretei között megtalálhatók a magyarországi gyomtársulások leírása. Megjelenik a biológiai sokféleség fontosságának a kiemelése, megismerhetjük a környezet- és természetvédelem alapjait. Elsősorban a biológiai versenyekre való felkészülés segítése érdekében segédanyagként szerepel hazánk nemzeti parkjainak és a biotopoknak a rövid jellemzése. Az evolúció leglényegesebb fajkeletkezési elméletei, az evolúciós bizonyítékok mellett kitér a könyv a Gaia-elméletre, a városok ökológiai hatásaira, az ökológiai válság okaira is.

Sok táblázat, ábra szerepel a könyvben. A táblázatok rendszerezik az ismereteket, vagy – a megtanulásukat mellőzve – jól használhatók az érettségire való felkészüléshez. Az ábrák között van néhány olyan, mely az adott folyamat elvi tartalmát hivatott bemutatni, segítve a biológiai folyamatok megértését, de a tényei nem tartoznak a követelményekhez.

Abban a reményben ajánlom e tankönyvet, hogy használóit jól segíti majd céljaik elérésében.

*Köszönöm családomnak, hogy minden körülményt biztosítva segítette a munkám, és a kollégáimnak, a szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium biológia munkaközössége pedagógusainak, hogy szakmai észrevételeikkel, javaslataikkal újabb és újabb inspirációt adtak a sorozat elkészültéhez.*

a Szerző



# I. fejezet



## AZ ÖRÖKLŐDÉS

**Az öröklődés törvényszerűségei**

**Az egygénés és többgénés öröklődés.  
A kapcsoltság**

**A nemhez kapcsoltságok  
és a mennyiségi jellegek öröklődése**

**A gének és a környezet.  
A genetikai kutatások jelentősége**

# A MENNYISÉGI JELLEGEK ÉS AZ EXTRANUKLEÁRIS ÖRÖKLŐDÉSI TULAJDONSÁGOK

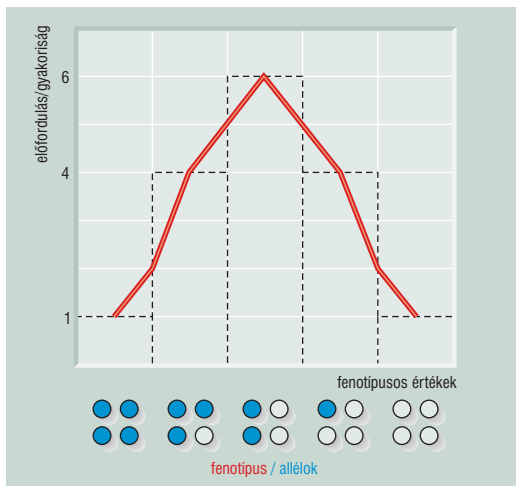
A faj egyedei tulajdonságaiban tapasztalható eltérések közül nem mindegyik magyarázható a génmutációval. Az eltérő tulajdonságok kialakulásában a környezeti különbségek is nagy szerepet játszanak. A populáció egyedei közötti különbségek mennyiségi szempontból is jellemezhetők. Így például méretekkel (testmagasság), számokkal (tyúk tojáshozama) vagy egyéb fokozatsorozatokkal (színsorozat, betegség iránti fogékonyság). Ezeket közös néven mennyiségi jellegeknek nevezzük.

**Mennyiségi (kvantitatív) jellegek:**\* valamilyen mérőszámmal jellemezhető tulajdonságok (pl. a testmagasság, a testsúly, az utódok száma stb.).

**Galton** az 1900-as éveket megelőzően vizsgálta az öröklődés és a környezet relatív hatásait a mennyiségi jellegek esetében. Eredményei alapján rakta le a **biometria** alapjait, a statisztika tudományának alkalmazását a biológiában.

A mennyiségi jellegek *a faj minden egyedére jellemzőek, de különböző mértékben*. A tulajdonság kialakulását több gén közös működése határozza meg. Ezek közül az egyes géneknek csak *kicsiny szerepe van* a fenotípus kialakításában („kishatású gének”).

32.1. A búzaszem színének eloszlása a populációban



A mennyiségi jellegek vizsgálatakor *nagyszámú egyed*et kell alapul venni. Ekkor a jellegek eloszlása *haranggörbével* jellemezhető. (32.1.)

A mennyiségi jellegeket meghatározó gének *öröklődése követi Mendel szabályait*. Mégis nehéz vizsgálni őket a sok gén, valamint a *környezet jelentős befolyásoló hatása* miatt.

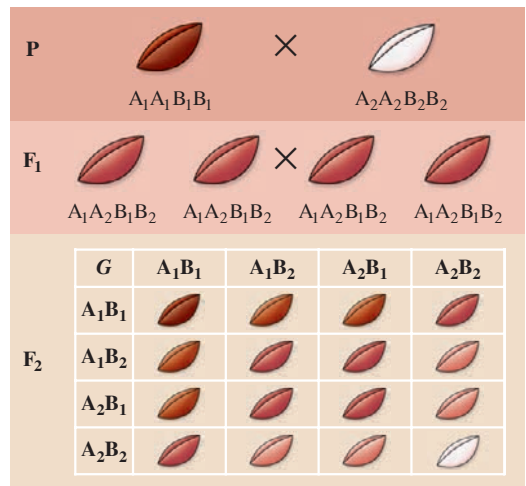
A fokozatosan változó tulajdonságok jól megfigyelhetők a búzaszem színének változásában. Sötétvörös és fehér búzafajtákat kereszteztek egymással. Az **F<sub>1</sub>** nemzedékben a terméshéj színe középvrös volt. Az **F<sub>2</sub>** nemzedékben azonban öt csoport alakult ki, ezek a fehér-világospiros-középvrös-sötétpiros-sötétvörös színskálát hozták létre (1 : 4 : 6 : 4 : 1). A genotípus vizsgálata után rájöttek, hogy a szem színének erőssége egyenes arányban áll a színt meghatározó domináns allélek együttes számával.

A fehér búzaszemekben 0, a sötétvörös szemekben 4 volt a domináns allélek száma. A gének hatása összegződve a fenotípus színskálájában tükröződik, az egyedek száma a szín erősségének sorrendjében egymás mellé helyezve normál eloszlást mutat. (32.2.)

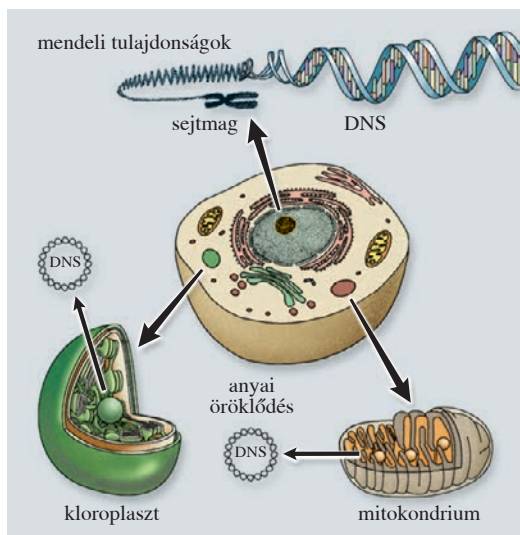
## Extrakromoszomális (extranukleáris) öröklődés\*\*

Az öröklődés vizsgálata során megfigyelhetünk olyan jellegzetességeket, amelyek nem magyarázhatók

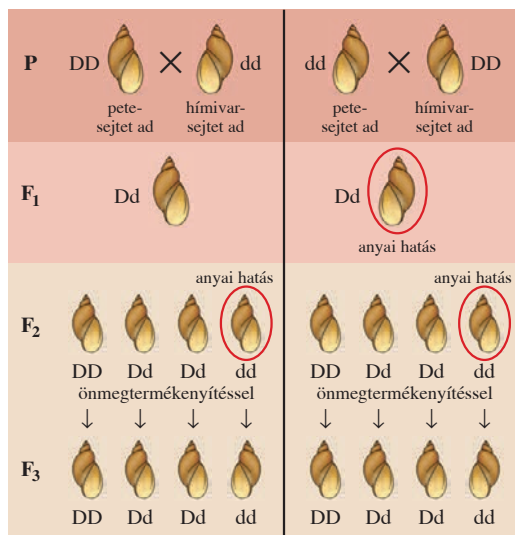
32.2. A búzaszem színének változatai







33.1. Az öröklődés lehetőségei a sejtben. ► Mire utalhat a gyűrű alakú DNS a mitokondriumban és a kloroplasztban?



33.2. Csigaház csavarodásának öröklődése. ► Az  $F_2$  és az  $F_3$  nemzedékek  $dd$  genotípusú egyedei nem azonos fenotípusúak. Mi az oka?

a sejtmagban lévő gének hatásaival. Ennek oka, hogy a sejtmagon kívül a mitokondriumban és a színtestben is található gének. E gének öröklődését nevezzük extrakromoszomális (extranukleáris) öröklődésnek. (33.1.)

Az élőlények összes mitokondriuma, illetve szintestje a petesejtből kerül a zigótába, az utódba. Így mindkét sejtalkotóban lévő DNS anyai eredetű, ezért *anyai öröklődésként*\*\* is emlegethetjük. Itt nem érvényesülnek Mendel szabályai. A tulajdonság megjelenése attól függ, hogy milyen sajátságokkal rendelkezik az anya.

Vannak olyan tulajdonságok is, melyek génjei a sejtmag kromoszómaiban találhatóak. A csigaház tekeredése attól függ, hogy a petesejt citoplazmájá-

ban van-e olyan fehérje, amely meghatározza, hogy a ház jobbra csavarodjon (a magorszomszék irányába) vagy balra. Ha nincs (a nőstény  $dd$ ), a ház balra csavarodik. Így az anya génjei határozzák meg a fehérje termelését, így az csigaház tekeredésének iránya anyai eredetű. E különös jelenségnek az az oka, hogy az utód tulajdonságát nem a saját, hanem az anya genetikai tartalma határozza meg. Tehát azok az RNS- és fehérjemolekulák, amelyek a petesejt érése során kerülnek a petesejt citoplazmájába, és képződésüket az anya génjei kódolják. Valamely anyai hatású RNS és/vagy fehérje hiánya a zigóták pusztulását, végső soron meddőséget eredményez. A tulajdonságok ilyen módon történő megjelenését nevezzük *anyai hatásnak*\*\* (33.2.)



GONDOLKOZZ ÉS VÁLASZOLJ!

- \*1. Két, azonos fajba tartozó növény egymástól szélsőségesen eltérő virágméretű.
  - Hogyan igazolnád, hogy a virágméret meghatározásában genetikai tényezők vagy környezeti hatások szerepelnek?
  - Ha igazolódik az öröklődés hatása, miként mondható meg, hogy hány gén határozza meg a tulajdonságot?
- \*2. Az árpa „A” fajtájának átlagos szártaghossza 32 cm, a „B” fajtáé pedig 21 cm. A két fajta keresztezésekor az  $F_1$  és az  $F_2$  nemzedékben egyaránt 26,5 cm átlagos hossz jelent meg. Az  $F_2$ -ben az egyedek 6,25%-ának 32 cm-es, 6,25%-ának 21 cm-es szártagja alakult ki.
  - Hány génpár határozza meg a jelleget?
  - Egy-egy allél hány cm-rel járul hozzá a tulajdonság kialakulásához?

## II. fejezet

# A POPULÁCIÓK ÉS AZ ÉLET- KÖZÖSSÉGEK



Az élettelen és élő ökológiai tényezők

Táplálkozási hálózatok

A bioszféra anyag- és energiaforgalma

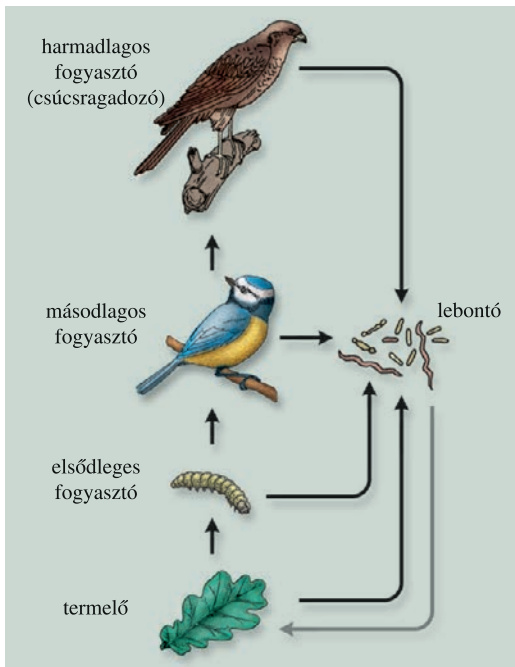
A társulások és biomok mint életközösségek

Társulások Magyarországon

# TERMELŐK, FOGYASZTÓK, LEBONTÓK. TÁPLÁLKOZÁSI HÁLÓZATOK

A fajok, a populációk – mint láttuk – egymással sajátos kapcsolatban állnak. A legjellemzőbb ezek közül a táplálkozási kapcsolat. A táplálkozással az élőlények anyaghoz és energiához jutnak. Az anyagcseréjükben közvetlenül csak a kémiai energiát képesek hasznosítani. Ezért egy életközösség alapját az autotróf élőlények képezik. A fotoszintetizáló növények képesek a fény energiáját megkötni, és szerves szén-dioxid beépítésével szerves anyagokat kialakítani. Az így létrejött szén-szén és szén-hidrogén kötésekbe kerül az az energia, melyet a heterotróf élőlények felhasználnak. Az autotróf élőlények a **termelő**k. Az ezekkel táplálkozó állatok a **fogyasztó**k. Közülük az *elsődleges fogyasztó*k növényekkel táplálkoznak. E növényevők szerves anyagait a *másodlagos fogyasztó*k használják fel. A másodlagos fogyasztókkal táplálkozó élőlények a *harmadlagos fogyasztó*k. Az elsődleges, másodlagos és harmadlagos fogyasztók között találunk mindenevőket is.

64.1. A tápláléklánc. ► Állíts össze tápláléklánccokat a rétről, erdőből, városból!



A harmadlagos fogyasztók között azok a fajok, melyeknek az adott életközösségben nincs természetes ellenségük, a *csúcsragadozó*k. A szerves anyag az élőlények pusztulásával a **lebontókhoz** kerül. Miközben ezek az élőlények felhasználják az elhalt szerves anyagban még meglévő energiát, magát a szerves anyagot szervesetlen vegyületekké alakítják át (ásványosítanak).

**Termelő (producens):\*** *autotróf* táplálkozású élőlények (főként zöld növények), amelyek szervesetlen vegyületekből szerves vegyületeket állítanak elő.

**Fogyasztó (konzumens):\*** *heterotróf* növényevő, húsevő vagy mindenevő állatok. Szervezetük felépítéséhez közvetlenül vagy közvetve a termelők által felépített szerves vegyületeket használják fel.

**Csúcsragadozó:\*** olyan ragadozó, amelynek az adott életközösségben nincs természetes ellensége.

**Lebontó (reducens):\*** Az elhalt élőlények maradványait feldolgozó szervezetek. A szerves vegyületeket a *termelő*k által felvehető (általában szervesetlen) vegyületekké bontják le. Ilyenek pl. egyes baktériumok, nyálkagombák, valódi gombák és egysejtűek.

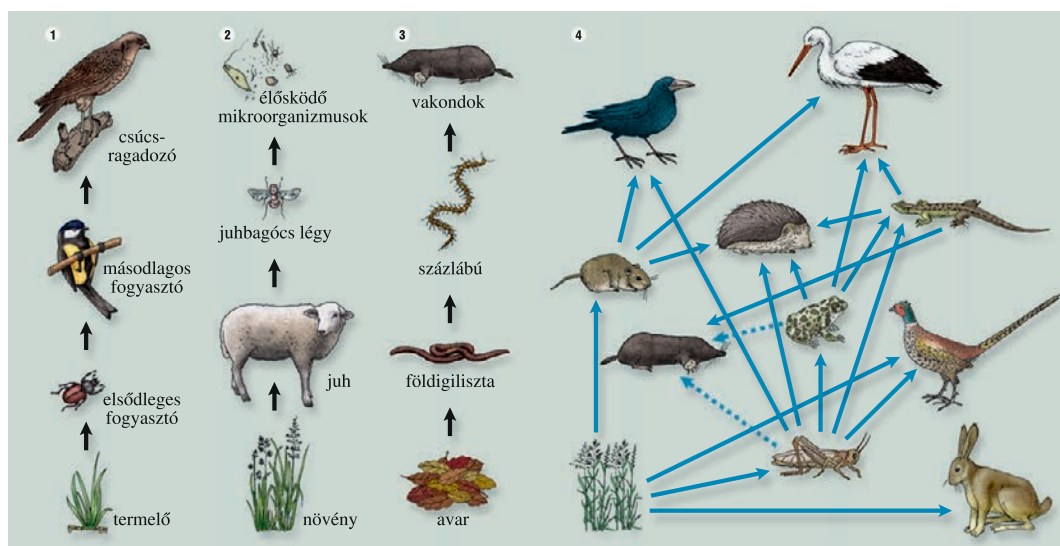
A lebontás folyamatában sok élőlény vehet részt. A dögevők (nekrofágok) kezdik felhasználni az elhalt szerves anyagot, majd a dekomponálók alakítják szervesetlenné. A koprofág élőlények (ürülékfogyasztók) még az ürülék szerves anyagait is felhasználhatják.

Keress példákat az egyes típusokra!

Az életközösségben az anyag végighalad a termelők–fogyasztók–lebontók során, így táplálékláncok alakulnak ki. A tápláléklánc: egy termelő, a vele táplálkozó elsődleges, majd másodlagos fogyasztók, valamint a csúcsragadozó egyszerű táplálkozási kapcsolata. (64.1.)

Az életközösségekben több, rendszerint nagyon sok tápláléklánc alakul ki. Ezek a táplálékláncok





65.1. Táplálékláncok: növényevő (1), parazita (2), szaprofita (3) és táplálékhálózat (4)

úgy kapcsolódnak össze, hogy egy termelő anyagait több fogyasztó is hasznosítja, amelyekkel szintén több másodlagos fogyasztó táplálkozik, és a sor folytatható egészen a csúcsragadozóig. Minél bonyolultabb a létrejött táplálékhálózat, annál stabilabb a társulás.

A táplálékláncokban a populációk kölcsönhatásai eltérőek lehetnek. A kapcsolatok jellege alapján többféle tápláléklánc típust különíthetünk el. Ilyen a növényevő, a parazita és a szaprofita tápláléklánc. (65.1., 65.2.)

**Tápláléklánc:**\* egy társulás populációi közötti lineáris táplálkozási kapcsolat.

**Táplálékhálózat:**\* egy társulás populációi közötti táplálkozási kapcsolatrendszer, amely az egymást fogyasztó populációk rendszeréből áll.

**Táplálkozási szintek:**\* a táplálékláncok, ill. a táplálékhálózatok azonos funkciójú populációcsoportjai. Ilyenek pl. a termelők, az elsődleges fogyasztók, a másodlagos fogyasztók, a harmadlagos fogyasztók és a lebontók.

65.2. A táplálékláncok összefoglalása

	Növényevő tápláléklánc	Parazita tápláléklánc	Szaprofita tápláléklánc
<b>Termelő</b>	növény	növény	növényi, állati maradványok
<b>Elsődleges fogyasztó</b>	növényevő állat	növényevő állat	szaprofita élőlény
<b>Másodlagos fogyasztó</b>	ragadozó/mindenevő állat	parazita élőlény	fogyasztó állat
<b>Egyedszám a csúcs felé</b>	csökken	nő	csökken
<b>Egyedméret a csúcs felé</b>	nő	csökken	nő

## ELLENŐRIZD TUDÁSOD!

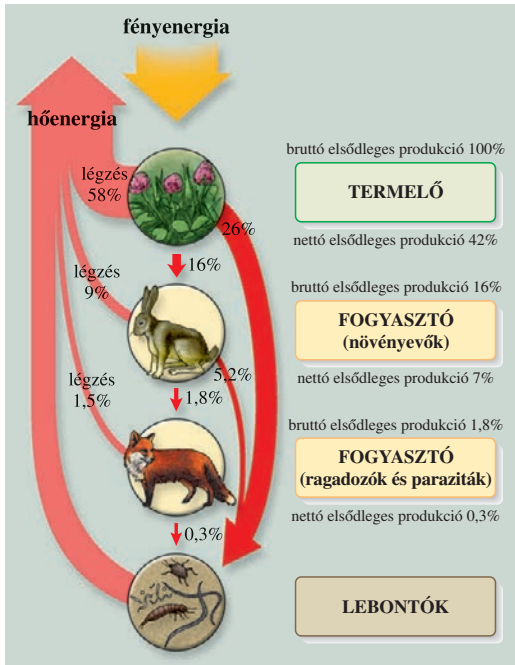
1. Miért a termelők képezik a táplálékláncok alapját?
2. Miért stabilabb egy életközösség, ha bonyolultabb táplálékhálózat jellemzi?
3. Egy táplálékláncnak lehet-e négyenél több tagja?



# AZ ANYAG- ÉS ENERGIAFORGALOM

Az életközösségekben – ahogy a bioszférában is – az anyag jellegzetes mozgása figyelhető meg. Az élőlények életjelenségeik során (táplálkozás, légzés stb.) anyagot vesznek fel, illetve adnak le. Az anyagfelvétel „célja” az élőlény tömegének gyarapítása és az anyagban lévő kémiai energia megszerzése. A szerves és szervetlen anyagok mozgását, egyik szintről a másikra kerülését az *energia* biztosítja. Minden élő rendszer energetikailag nyílt, az energiát külső forrásból kapja. A fotoszintetizáló növények a Földre érkező fénycsugárzásnak csak egy kis hányadát képesek átalakítani kémiai energiává (0,5%). Ennek egy részét saját anyagcsere-folyamataikra használják el, míg a másikat a szerves anyagok kötéseiben raktározzák. Ez a raktározott energia jut el a táplálkozás útján az állatokba (legnagyobb része azonban az ürülékkel hulladékként el is távozik). Az energia nagyobbik hányada az élettevékenységek energiaszükségletét fedezi, míg kisebb hányada az állat szervezetébe épült anyagok révén annak energiáját növeli. (66.1.)

66.1. A tápláléklánc energiaviszonyai. ▶ *Elemezd az adatokat!*

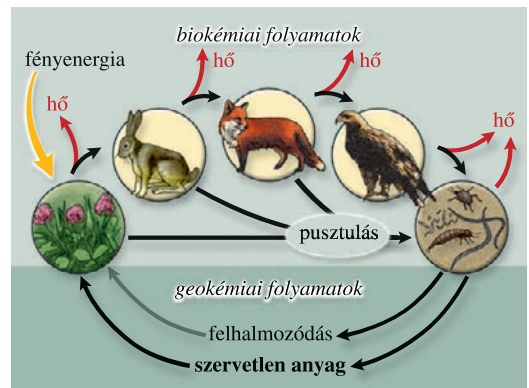


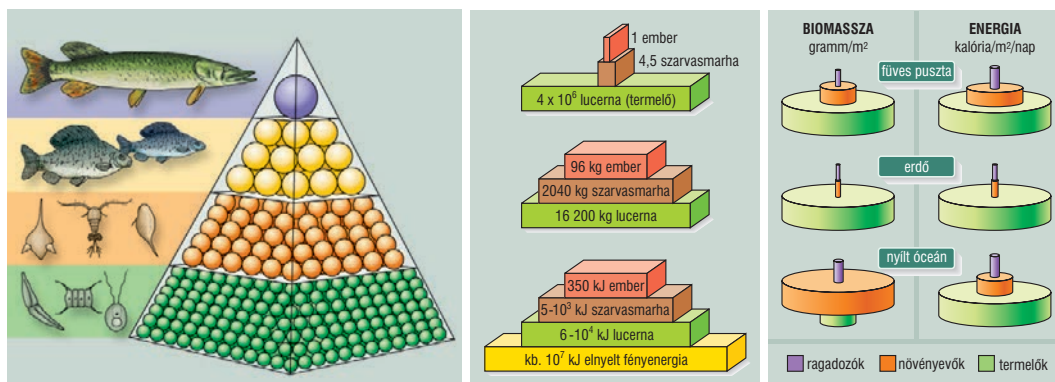
A lánc végén a lebontó szervezetek a szerves anyag szervetlen anyaggá alakítása során nyerik ki a maradék kémiai energiát. A folyamatban az anyag energiátartalma egyre csökken. A növények össztömegénél lényegesen kisebb a növényevők és még kisebb a ragadozók össztömege, ez az érték a csúcsragadozóknál a legkisebb. Végül minden korábban energiában feldúsult molekula újra energiaszegény szervetlen molekulává válik. Az élettelen közegbe került anyag felhalmozódhat, és szervetlen, esetleg szerves formában is kikerülhet időlegesen az anyagforgalomból. Ilyen például a tengeri üledék képződése, a mészkőhegyek kialakulása, a földgáz és a kőolaj létrejötte.

A szervetlen anyagok ionok vagy molekulák formájában ismét a termelő szervezetek testébe épülhetnek. Ezt követően az autotróf anyagfelépítés során energiában újrádúsulva előlről kezdik vándorlásukat. Az életközösségek földrajzi közege és mérete különböző, ezért a bennük mozgó kémiai elemek és vegyületek aránya, mozgásának intenzitása eltérő. Abban viszont megegyeznek, hogy az élő és élettelen világban lezajló *anyagforgalom körfolyamat*. Az egyes szinteken a mennyiség változhat, de az anyagok össz mennyisége változatlan marad. A kémiai elemeknek az élő szervezetek és az élettér között bejárt körpályája a *biogeokémiai ciklus* (66.2.).

Az anyagcsere-folyamatokhoz felhasznált energia jelentős része (átlagosan 90%-a) hővé alakul. Így a táplálékláncon végighaladva az anyag

66.2. A biogeokémiai anyagforgalom. ▶ *Milyen energiát jelölhet még a piros nyíl?*





67.1. Az ökológiai piramis mennyiségi viszonyai és az ökológiai piramisok

energiatartalma egyre csökken. Amíg az életközösségben az anyagforgalom körfolyamat, addig az *energiaáramlás* a folyamatos energiavesztés miatt nem lehet ciklikus, hanem *egyirányú*.

**Milyen táplálkozású állatokat tart az ember húsváráért? Mivel táplálja ezeket az állatokat? Miért?**

A húsváráért tenyésztett állataink növényevők (pl. szarvasmarha, juh) vagy mindenevők (pl. sertés, baromfi). A mindenevőket is növényi táplálékkal etetik. Ennek magyarázata, hogy így gazdaságosabban állítható elő szerves anyag.

Vegyünk egy példát ennek igazolására! Ha 1000 kg kukoricát baromfikkal etetünk meg, 10%-os hasznosítás mellett 100 kg-ot építenének be a testükbe. Ha az így termelt szerves anyaggal sertéseket táplálnánk, 10 kg-ot gyarapodnának. A sertést elfogyasztva 1 kg épülne be a szervezetünkbe. Látszik, célszerűbb baromfit fogyasztanunk, vagy a sertést kukoricával táplálnunk, hiszen úgy 10 kg épülhetne be a szervezetünkbe!

Az élő rendszerek működését a szervesanyag-termelés, azaz a bennük lezajló anyagforgalom és energiaáramlás jelenti. A folyamatok törvényszerűségeit produkcióbiológia vizsgálja. E tudományterület alapvető fogalmai a következők:

**Biomassza:** \*\* az életközösséget alkotó élőlények egy adott pillanatban mért összes tömege vagy energiatartalma.

**Biológiai produkció:** \*\* az a folyamat, mely során az élőlények szerves anyagot termelnek (az élő-

lények által létrehozott szerves anyag tömege vagy energiatartalma). A biomassza viszonyait az életközösségekben az ökológiai piramisokkal ábrázolhatjuk. A biomasszát tömeggel, de az anyag energiatartalmával is jellemezhetjük. (67.1.)

**Elsődleges (primer) produktum:** \*\* fotoszintetizáló növények (autotrófok) által termelt szerves anyag tömege vagy energiatartalma.

**Másodlagos (szekunder) produktum:** \*\* heterotróf élőlények által kialakított szerves anyag tömege vagy energiatartalma.

**Mi az oka annak, hogy piramisalakzat jön létre az egyes táplálkozási szintek tömegének vagy energiatartalmának ábrázolásakor?**

**Mi lesz a következménye annak, ha egy mérés során a termelők biomasszája csak alig nagyobb, mint az elsődleges fogyasztóké?**

**Mi lehet a magyarázata, hogy az óceánok nyílt vízében a termelők biomasszája kisebb, mint az elsődleges fogyasztóké?**

Az életközösségek változatossága nagyon fontos a biológiai produkcióhoz. Sok esetben megfigyelhető, hogy a nagyobb diverzitású növény-társulások nagyobb mennyiségű új biomasszát képesek termelni. Ökológiai kísérletek szerint a növény-társulás sokféleségét megfelelően 10-20%-kal csökken a társulásban képződő szerves anyag mennyisége.

**Az egyetlen fajjal beültetett parcellának több mint 50%-kal kisebb a produktivitása, mint egy 24–32 fajt tartalmazó parcelláé. Mi okozhatja a jelenséget?**

**Kiseb fajgazdagság esetén egyes tápanyagok könnyebben kimosódnak a talajból. Vajon miért?**

## e ELLENŐRIZD TUDÁSOD!

1. Milyen különbség van az anyag és az energia „mozgásában” Földünkön?
2. Miért piramisforma alakul ki, ha az egyes táplálkozási szinteket tömegük arányában ábrázoljuk?

# III. fejezet

## AZ EVOLÚCIÓ ÉS A BIOSZFÉRA



**Az evolúció folyamatai és bizonyítékai**

**Az ember evolúciója**

**A bioszféra jelene és jövője**

**A környezet- és természetvédelem  
aktuális kérdései**



# A TÖBBSEJTŰEK EVOLÚCIÓJÁNAK LEGFONTOSABB LÉPÉSEI A TENGEREKBEN

## EMELT SZINTŰ ANYAG

A többsejtű élőlények 1-1,5 milliárd évvel ezelőtt jelentek meg. Kialakulásuk elképzelhető több sejt közeledése és együttműködése eredményeként. Valószínűbb azonban, hogy az utódsejtek az egysejtű élőlény osztódása után együtt maradtak.

A sejt kialakulása fél milliárd évet vett igénybe. Érdekes, hogy a többsejtű élőlény megjelenéséhez további 2,5-3 milliárd évre volt szükség. Mi indokolhatja a sokkal hosszabb időt?

A többsejtűek megjelenésével felgyorsult az evolúció folyamata. Ekkorra a levegő ózontartalmának növekedése miatt az élőlényeknek mindössze 30 cm-nyi vízmélységben való tartózkodás is elegendő volt az UV sugárzás elleni védekezéshez. Az egysejtű fotoszintetizálók nagy tömegben leptek el az óceánokat, és különböző többsejtű moszatok alakultak ki. Ezek az élőlények teremtették meg a velük táplálkozó – szilárd váz nélküli – állatok létalapját. A legidősebb állatnyomok kb. 1 milliárd évesek.

Az óidő elején az óceán élőlényei között moszatok, szivacsok, csalánozók, férgek, puhatestűek, rákok és tüskésbőrűek voltak jellemzőek. Később elterjedtek a *háromkarjú ősrákok (trilobiták)*. Nagy faj- és egyedszámuk, evolúciós léptékkel mérve gyors megváltozásuk, valamint kövületképzésre alkalmas vastagabb szilárd vázuk miatt az óidő szintjelzői. A perm végén kihaltak. (151.2.)

Az ordóvícium egyes élőlényeiben az időszakban megjelenő ragadozó formák elleni védekezésre kialakult a meszes szilárd váz. Ezeknél az ősi *előgerinchúrosoknál* jelenik meg a valódi belső váz.

151.1. Az üledékes kőzetek megőrzik az egykor élt élőlények körvonalait (egy medúza lenyomata)



151.2. A kambrium élővilágának rajza. ► *Mely fajokat ismered fel a rajzról?*

A devonban a vízi gerinceseket a nagy testű páncélos őshalak képviselik. E ragadozók nevüket a kültakarójuk bőrcsontokból álló jellegzetes megvastagodásáról, a páncélról kapták. (151.3.)

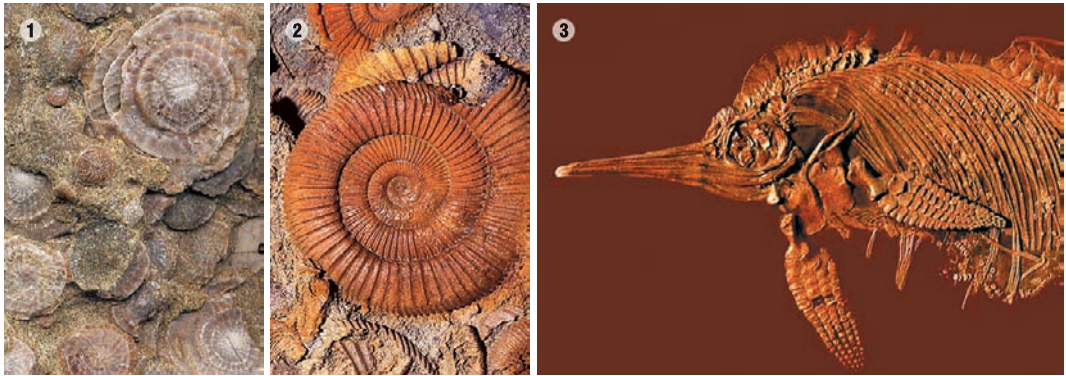
A perm végén az állatvilágban tömeges kihalás következett be. A tengeri gerinctelen fajok 90%-a eltűnt. A kihalás – ha nem is ilyen mértékben – a halakat is érintette.

A tömeges kihalás okai máig sem tisztázottak. Szerepet játszhatott benne a kontinensek mozgásából adódóan a sekélytengeri területek nagymértékű zsugorodása és a tengervíz sótartalmának lecsökkenése is. Legvalószínűbb oknak a mai Szibéria területén a permben kialakult vulkanizmust tartják, amely a földtörténet legnagyobb, legkiterjedtebb vulkáni eseménye volt.

151.3. Nagy termetű ragadozó gerinces a devonból: páncélos őshal







152.1. A középidő tengerének hatalmas egyedszámban előforduló egysejtűje, a likacsoshéjú nummulina (1), többsejtű gerincteleneje, az ammonita kövülete (2) és az ichthyosaurus vázmaradványa (3)

A középidő tengerében az *ammoniták* a legjellemzőbb élőlények. A rekeszes mészvázalattal rendelkező, ragadozó fejlábúak e kor szintjelző állatai. A többsejtűek között kagylók, halak, valamint a vízbe visszatért őshüllők domináltak. (152.1.)

A triászban kőzetalkotó mennyiségben jelennek meg a tengerekben a mészvázú zöldalgák. A jurától pedig fejlődésnek indultak a kova-, a barna- és a vörösmozzatok.

A kréta végén az állatfajok közel háromnegyede kihalt. A földtörténet során ez volt a harmadik nagy kihalási esemény. A kihalás okait nem ismerjük. Valószínű, hogy a vulkáni tevékenység következtében megnövekvő légköri szén-dioxid-tartalom, a klímaváltozás és a tengervíz kémiai viszonyainak változása együttesen vezetett a tengeri szervezetek pusztulásához. De kozmikus katasztrófa is bekövetkezhetett.

Az újidő tengereiben megjelennek a tipikus növények. Elsősorban a zárvatermő tengeri fajok

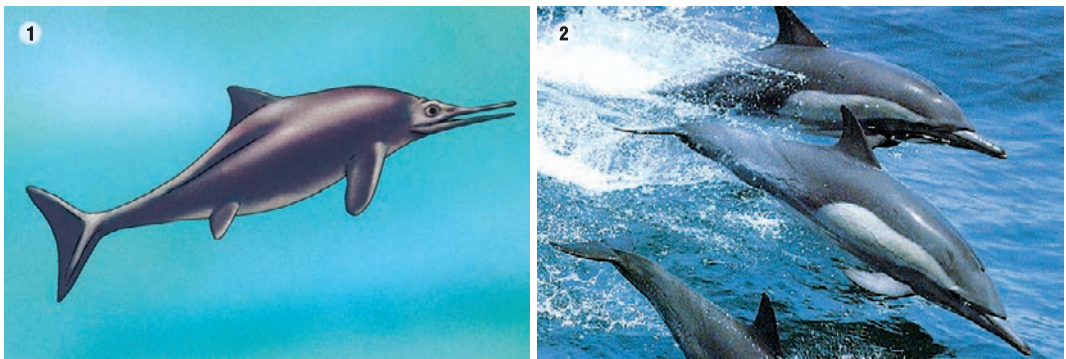
elterjedése a jellemző. Természetesen a fotoszintetizálók között továbbra is a moszatok vannak jelen legnagyobb mennyiségben. Az állatvilág – a fajok szintjén meglehetősen eltérésektől eltekintve – lényegében azonos volt a maival (152.2.). Csigák, kagylók, rákok és tengeri sünök népesítették be a tengereket. A hüllők visszaszorultak, helyüket a vízi emlősök foglalták el.

### A SZÁRAZFÖLDI NÖVÉNYEK TÖRZSEINEK KIALAKULÁSA

Az élet kialakulása a szilur végéig kizárólag a tengerekre korlátozódott. Az oxigén nélküli légkör ózonihiánya miatt ugyanis lehetetlen volt a tartós szárazföldi lét.

Az ordovíciumban bizonyíték van egyes barnamoszatok kikerülésére. Ám a szárazföldi viszonyokhoz nem tudtak tartósan alkalmazkodni, és rövid időn belül kipusztultak.

152.2. A középidő halgálykja (ichthyosaurus) és az újidő delfinjé. ► *Milyen evolúciós jelenséget figyelhatsz meg?*



A levegő oxigéntartalma a szilur végére érte el a mai érték 10%-át, ami lehetővé tette a szárazföldi életet. Elsőként – még a szilur végén – a növényvilág képviselői léptek ki a szárazföldre. Ezek az ősharasztokhoz tartozó fajok voltak. A kicsi, levéltelen növények tengerparti mocsarakban éltek. (153.2.)

A devon időszakban csökkent a vízszint, s ez a sekély part menti területek növény- és állatvilágát jelentősen befolyásolta.

A devon időszak jelentette a szárazföldek meghódításának kezdetét. Megjelentek a korpafüvek, a zsurlók és a páfrányok fejletlenebb képviselői.

A karbon időszakban a növényvilág már teljesen birtokba vette a szárazföldeket. A Pangea egyenlítői elhelyezkedése nagy területeken trópusi éghajlatot eredményezett. A mindennapos esők kioldották a talaj ionjait, és tápanyagban gazdag mocsarak alakultak ki. A kéregmozgások miatti heves vulkanizmus pedig növelte a növények számára felhasználható szén-dioxid koncentrációját. Ezek együttes hatására a növényvilág gyors gyarodása történt meg mind az egyed-számban, mind pedig az egyedek méretében. A fatermetű növények a 30 méteres magasságot is elérték. A korpafüvek közül a pikkelyfák, a peccsétfák, az 5-6 méteres zsurlófák hatalmas mocsárerdőket alakítottak ki. Megjelentek az aljnövényzetben a páfrányok is. A mindennapos viharok következtében jelentős növénypusztulás jellemzi

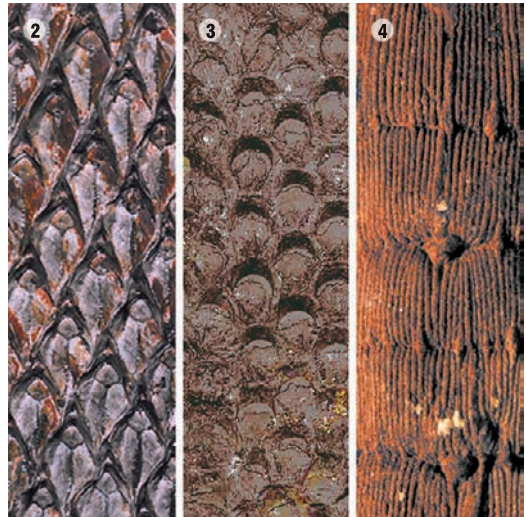


153.2. Szilur végi szárazulat rajza. ▶ Milyen ősi jellegeket fedezhetsz fel a növényeken?

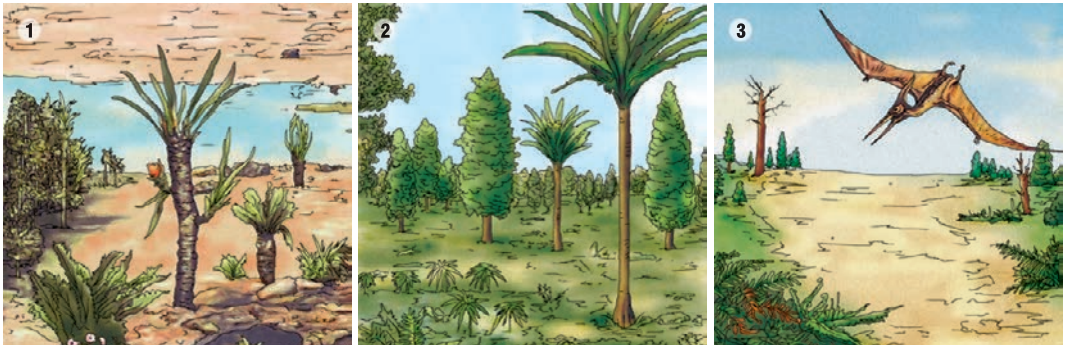
a korszakot. A mocsárba kerülő maradványokkal jelentős kőszénképződés indult meg, melynek a trópusi, nedves éghajlat is kedvezett. A Föld kőszénkészletének fele a karbon időszakban keletkezett. (153.1.)

A Pangea déli részének partközeli területein a hűvösebb éghajlati viszonyok között peremerdők alakultak ki. Itt jelentek meg az első nyitvatermők. A cserjeszerű, kisebb magvaspáfrányok és az akár 20-30 méteres magasságú ősfák a permben éltek virágkorukat. Az időszak végére azonban kihaltak.

153.1. Karbon időszi táj rajza (1); jellegzetes növények szárának kövületei: pikkelyfa (2), peccsétfa (3), zsurlófa (4)





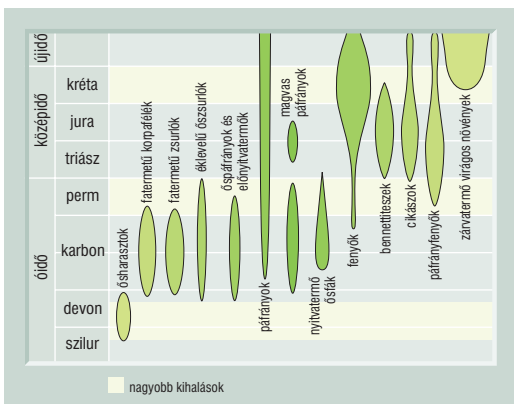


154.1. A triász (1), a jura (2) és a kréta (3) jellegzetes tájainak rajzai

A középidőt a nyitvatermők uralták egészen a kréta közepéig. A triászban a szágópalmák és a páfrányfenyők (Ginkgo), a jurában a fenyőfélék alakultak ki. A kréta közepén rövid idő alatt nagy területen elterjedtek a zárvatermők (154.1.). Szinte egyszerre jelentek meg a kétszikűek és az egyszikűek (palmák). A kétszikűek közül előbb a szélbeporzású fák (babér, fűz, tölgy, bükk stb.), majd a rovarok terjedésével a színes virágtakaróval rendelkező fajok terjedtek el.

Az újdíó növényvilága a maihoz volt hasonló. A szárazföldet a zárvatermők uralták. A harasztok közül a páfrányok, a nyitvatermők között pedig a fenyőfélék voltak a leggyakoribbak. Az eljegesedések idején a jégtakaró peremén a tundra, a tajga és a sztyepp terült el. A jégkorszakok közti időszakok flórája más képet mutatott. A szavannák és füves területek kiterjedtek voltak, a lombhullatók pedig nagy, zárt erdősegeket alkottak.

154.2. A hajtásos növények evolúciója. ▶ *Elemezd a magvas páfrányok fejlődését mutató ábrarészletet! Mi történhetett a perm-triász átmenet időszakában?*



A fotoszintézis ősidőbeli megjelenésétől kezdve a különböző törzsek többnyire egymás után jelentek meg. A moszatok egyes típusainak kialakulását követően a mohák és a harasztok leg-egyszerűbb képviselői egymással párhuzamosan fejlődve hódították meg a szárazföldet. A mohák – mivel szöveteik nem jelentek meg – evolúciós zsákutcába kerültek, és nem alakultak tovább. Ugyanakkor a harasztok ősi képviselői között létrejöttek a korpafűvek, a zsrulók, majd a páfrányok sokféle képviselője is megjelent. Virágkoruk a karbonra tehető, hiszen volt elég víz a szaporodásukhoz. A perm-i száraz meleg éghajlaton azonban már a legősibb nyitvatermők terjedtek el, hiszen a virág megjelenésével a megtermékenyítéshez már nem volt szükség vízre. Bár a magvaspáfrányok kihaltak, helyükbe a szágópalmák és a páfrányfenyők léptek. A jurában már a mamutfenyők, sőt a fenyők első képviselői voltak a fő társulásalkotók. A virágkorukat élő nyitvatermők nagy változatosságban terjedtek el, és ekkor jelentek meg közöttük az első zárvatermők. Ezek fásszárúak és szélporoztak voltak, mint nyitvatermő őseik. A színes virágtakaró és a virág nektáriumainak megjelenése jelentős szaporodási előnyt jelentett a zárvatermőknek. Alkalmazkodásuk fokozódott a kettős megtermékenyítés kialakulásával és szállítószövetük továbbalakulásával (vízszállító- és rostacsövek). (154.2.)

A légkör oxidálóvá válásával abiogén úton már nem képződhetett szerves anyag a Földön. A heterotrófok életéhez nélkülözhetetlen szerves anyagot az autotróf fotoszintetizáló élőlények termelték és termelik meg ma is. A növények ugrásszerű fejlődési lépcsői a földtörténet folyamán ezért megelőzték az állatvilág nagy evolúciós változásait.

## AZ ÁLLATOK ALKALMAZKODÁSA A SZÁRAZFÖLDHÖZ

Az állatvilágban is a devon időszak jelentette a szárazföldek meghódításának kezdetét. A szárazulaton megjelent korpafüvek, zsurlók, majd páfrányok megfelelő táplálékot nyújtottak az első állatoknak. Az első növényevők férgek voltak, majd megjelentek az ízeltlábúak (pl. csótányok, százlábúak) is. Szinte velük egyidőben kerültek a szárazföldre az első gerincesek, a kétéltűek. (155.2., 156.2.)

A devon időszakban csökkent a vízszint, s ez a sekély part menti területek növény- és állatvilágát jelentősen befolyásolta. Valószínűleg ekkor alakulhattak ki az ősi bojtosúszójú halakból az első kétéltűek.

A devon leletei között jól megfigyelhető a spórák szerkezete és az ízeltlábúak fejlődése közötti kapcsolat. Egyes pókszabásúak és rovarok spórákkal táplálkoztak. A spórák mintázata, fejlett „díszítése” viszont ezek terjesztő munkájára utal.

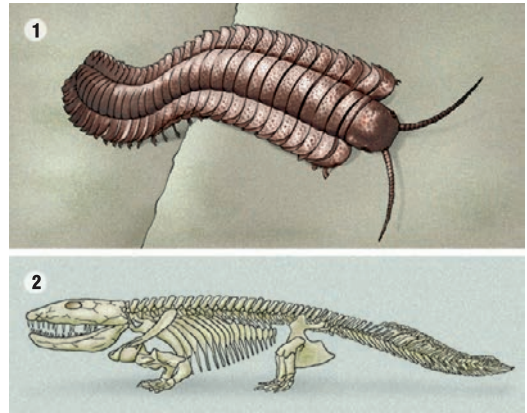
Keress ehhez hasonló példákat az ún. koevolúcióra!

A karbonban a növényvilág mellett az állatvilág is gazdag volt. Erre az időszakra a már korábban kialakult törzsek fejlődése a jellemző. A hatalmas méretű ízeltlábúak közül egyesek már a levegőt is meghódították. A kétéltűek ekkor élték virágkorukat, nagyon elterjedtek, és a ma élőkhöz képest nagyobb méretűek voltak. (155.1.)

Milyen tényezők eredményezhették a kétéltűek elterjedését a karbonban?

A faj- és egyedgazdag kétéltűek között a szárazföldön megjelentek a hüllők is. Ekkor még azonban nem töltötték be jelentős szerepet.

155.1. A karbon állatai: a 70 cm-es szitakötő (1) és egy kétéltű rajza (2). ▶ Mit gondolsz, milyen tényezők eredményezhették, hogy a devonban és a karbonban jóval nagyobb méretű ízeltlábúak, kétéltűek éltek, mint ma?

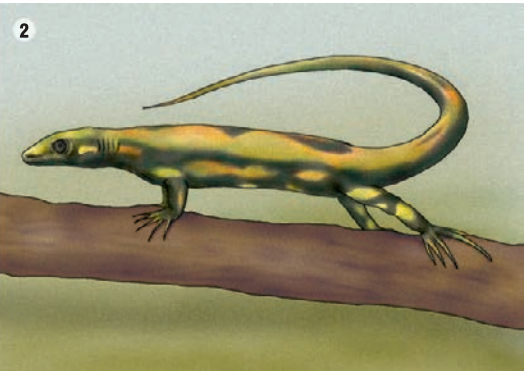


155.2. A devonban szárazföldre került állatok rekonstrukciói: az első szárazföldi férgek (Arthropleura) egyike (1) és egy ősi kétéltű váza (2)

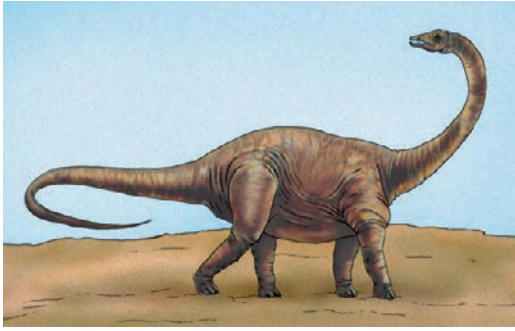
A perm szárazföldi élővilága az időszak elején megegyezett a karbonéval. A később szárazabbá és melegebbé váló éghajlat viszont gyökeres változást eredményezett az állatvilágban is. A szárazság következtében a perm végén tömeges kihalás következett be. A kétéltűek családjainak 4/5-e kipusztult. Helyüket a hüllők vették át. Az alkalmazkodás során még a testük hőszabályozására képes emlősszerű hüllők is megjelentek.

A permi állatvilágban a hüllők uralma a jellemző. Közülük a legnevezetesebb csoportot a dinoszauruszok alkották. A triászban jelentek meg, és adaptív radiációjuk során fantasztikus változatossággal szinte minden életteret meghódítottak. (156.1., 156.4.)

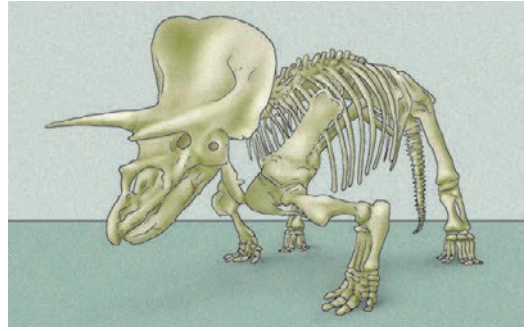
A triász végén – valószínűleg kisméretű hüllőkből kialakulva – megjelentek az első emlősök.



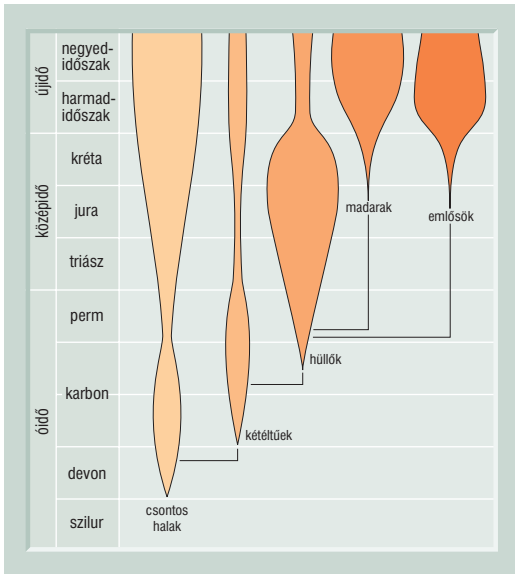




156.1. Apatosaurus (régi nevén Brontosaurus). ▶ Nézz utána az életmódjának!



156.4. Triceratops váz. ▶ Hasonlítsd össze a Triceratops becsült méretét az emberével!

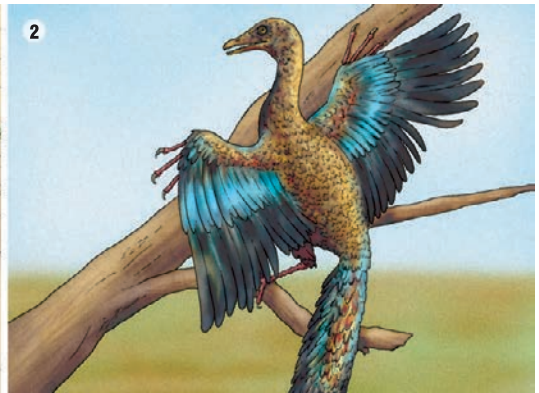


156.2. A gerincesek evolúciója. ▶ Mivel magyarázható, hogy az emlősök előbb jelentek meg, mint a madarak?

Ám ekkor még nem játszottak fontos szerepet az életközösségekben. A madarak később, a jurában fejlődtek ki a hüllőkből. Az egyik átmeneti formát jelentő Archaeopteryxnek több, kitűnő állapotú maradványa is előkerült. (156.3.)

A kréta végi nagy kihalási hullám a szárazföldön elsősorban a hüllőket (köztük leglátványosabban a dinoszauruszokat) érintette. A szárazföldi állatvilág kihalását katasztrófaelméletekkel magyarázzák. Az egyik elfogadott elmélet a kihalást egy óriási meteoritbecsapódás következményeire vezeti vissza. Ezt támasztja alá az is, hogy ebből az időszakból több kontinensen magas írdiumtartalmú réteget mutattak ki (157.1.). A becsapódás következményei azonban egyenként is végzetesek lehetnek az élőlények számára. (Ilyenek voltak pl. a hatalmas erejű földrengések, a szökőárok, a hőfelszabadulás, a porfelhőképződés, illetve a légkörbe került gázok miatt kialakult savas esők.) A kihalás valószínűsíthető okai között szerepelhetett a kréta végi lehűlés is. Ezekhez kap-

156.3. Egy ősi emlős (1) és az Archeopteryx (2)



csolódva a fajok csökkenő egyedszáma miatt belenyésztéses leromlás következhetett be. A dinoszauruszok esetében egy feltételezett idegrendszeri probléma is a lehetséges okok között szerepel.

Az újidő 67 millió évvel ezelőtől napjainkig tart. Két időszakra osztjuk: a harmadidőszakra és a negyedidőszakra.

Az újidőben folytatódott a kőzetlemezek mozgása, a kontinensek és az óceánok pedig mind közelebb kerültek a mai elrendezéséhez.

Az újidő kezdetén, a harmadidőszak elején az északi féltéke szétvált Észak-Amerikára és Euráziára. A Gondwana is szét hullott. Dél-Amerika összekapcsolódott Észak-Amerikával, India pedig Euráziának ütközött. Végül Ausztrália vált el az Antarktiszról, és így a harmadidőszak végére kialakult a kontinensek jelenlegi elrendeződése.

A középidő egyenletes meleg időszakához képest az újidő kezdetén lehűlés, illetve jelentős éghajlati ingadozás volt a jellemző. A lehűlés – ha nem is folyamatosan – előrehaladt, és megkezdődött a sarkvidékek eljegesedése. Az ingadozás jégkorszakokat, és ezek között pedig felmelegedéseket eredményezett. A legnagyobb jégkorszak idején a jégtakaró Európa területén egészen a mai Krakkóig ért.

Mai ismereteink szerint legalább 19 eljegesedési periódus volt az újidőben. Jelenleg egy felmelegedő szakaszban élünk. A jégkorszak okaira több magyarázat lehetséges. A kéregmozgások következtében megnövekedtek a kontinentális területek, az Antarktisz a déli pólusra került. A szárazföldön hó halmozódhat fel. A hó, a jég hőviszaverő hatása fokozza a Föld hővesztését. A fokozott vulkanizmus, vagy a hegységképződések során keletkező por miatti levegőszennyezés is közrejátszhatott a lehűlésekben. Feltehetően fontos változást jelentett az északi-sarki óceántömeg elzáródása a melegebb déli tengeráramlatoktól. A mind hidegebb éghajlaton csökkent a csapadék képződése, ami lassan megfékezte az eljegesedést. A lehűlés természetesen a víz kifagyását eredményezte, s a tengerek vízszintje csökkent. Ezzel kisebbé vált a vízfelület is, ami szintén a szárazabb éghajlat kialakulásának kedvezett. A vízszintcsökkenés a sekélyebb, partmenti területeken az élőlények pusztulását eredményezte. A szerves anyag bomlása viszont széndioxidot juttatott a légkörbe, s ez hozzájárult a felmelegedéshez. Így ciklusossá vált a folyamatosor.



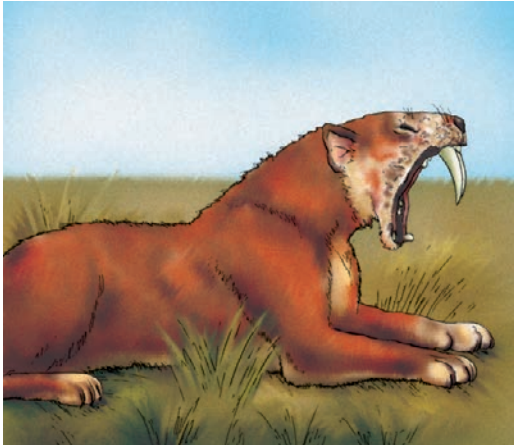
157.1. Iridiumréteg a kréta végi agyagban. ► *Mire utal az iridiumréteg kialakulása?*

Az újidő növényvilága a maihoz volt hasonló. A tengerekben elsősorban a moszatok, a szárazföldön a zárvatermők terjedtek el a leginkább. A harasztok közül a páfrányok, a nyitvatermők között pedig a fenyők (fenyőfélék, mamutfenyők, mocsárciprusok) voltak a leggyakoribbak. Az eljegesedések idején a jégtakaró peremén a tundra, a tajga és a sztyepp terült el. A jégkorszakok közötti időszakok flórája egészen más volt: a szavannák és füves területek kiterjedtek, a lombhullatók pedig nagy, zárt erdősegeket alkottak.

Az eocén korban a Kárpát-medence egyes területeit sekély beltenger borította. A növények víz alá kerülésével megindulhatott az elszenesedésük. E korból származnak a hazai barnakőszéntelepek.

A tenger gerinctelen állatvilága is lényegében azonos volt a maival (pl. csigák, kagylók, rákok, tengeri sünök). Csúpn a fajok szintjén találhatunk eltéréseket. A kréta végi nagy kihalási hullám hozzájárult a madarak és az emlősök igazi térhódításához a szárazföldön. Az újidő harmadidőszakában bekövetkezett az emlősök adaptív szétterjedése. E csoport ezzel példátlan fejlődésnek indult. Még a kréta időszak közepén kialakultak a méhlepényes és az erszényes emlősök is.

Milyen folyamat eredményeként alakult ki a tojásrakó, az erszényes és a méhlepényes emlőscsoportok?



158.1. Egy kardfogú tigris rajza. ► *Előny vagy hátrány lehetett a hatalmas fog az állat számára?*



158.2. Egy hatalmas méretű mamut rajza. ► *Miért jellemzőek a nagy testű állatok a jégkorszakokban?*

Az erszényesek őshazája a déli féltekén lehetett. A szétdarabolódás után az elszigetelődés miatt Ausztráliában fennmaradtak és elterjedtek. A dél-amerikai földrészen azonban csak kis testű erszényesek maradtak fenn (pl. az oposzum). Ennek oka, hogy az Észak-Amerikából – a kontinensek összekapcsolódása után – bevándorló méhlepényesek kiszorították a nagy testű erszényeseket.

A harmadidőszak első felére már a méhlepényesek fő rendjei is elkülönültek egymástól. Kialakultak a rovarevők, a rácsáslók, a denevérek, a ragadozók, a cetek és a patások rendjei.

A negyedidőszak a földtörténet legrövidebb időszaka. Negyedidőszaknak csak az utolsó 1,8 millió évet tekintjük. Ekkor még inkább jellemző volt a jégkorszakok gyors egymásutánisága, váltakozása. A sarkokon kialakult összefüggő jégtakaró többször is – átlagosan százezer éves időtartammal – lehúzódott. A gyors klíma-

változások miatt a harmadidőszaki melegebb éghajlatot igénylő fajok többsége kipusztult. A fennmaradó fajok alkalmazkodása, vándorlása, keveredése pedig új fajok számára nyitotta meg az utat.

A déli féltekén a jégmező határát a tenger szabta meg. Az eljegesedés elsősorban az északi félteke kontinenseinek élővilágára volt és van hatással. Nagy testű állatok alakultak ki. Például gyapjas mamut, gyapjas orrszarvú, óriásszarvas, barlangi medve, kardfogú tigris, vagy az élő kővületnek számító pészmatulok. (158.1., 158.2.)

A főemlősök még a krétában alakulhattak ki ősi rovarevőkből. Az emberszabású majmok fejlődése a harmadidőszakban kezdődött. Az emberfélék az emberszabásúaktól 5-8 millió évvel ezelőtt különülhettek el. A mai ember az utóbbi 200 ezer évben fejlődött ki.

## **E** ELLENŐRIZD TUDÁSOD!

1. Milyen tényezők befolyásolják az élővilág evolúcióját a Földön?
2. Milyen különbség van a növény- és az állatvilág evolúciója között?
3. Mit tudsz a dinoszauruszokról?
4. Élhetek volna emlősök a karbonban? Miért?
5. Milyen következményei voltak a kontinensvándorlásnak az állatvilágra?
6. Mi lehet az oka annak, hogy az erszényesek Ausztráliában megjelenhettek, Euráziában viszont nem?
7. Élhetett-e a mai Magyarország területén mamut?