

Nowość

NOWA Biologia na czasie

3

PODRĘCZNIK • LICEUM • TECHNIKUM

ZAKRES PODSTAWOWY

ZMIANY
W PODSTAWACH
2024



podręcznik w pełni
dostosowany



nowa
era

NOWA Biologia na czasie

3

PODRĘCZNIK • LICEUM • TECHNIKUM

ZAKRES PODSTAWOWY

JOLANTA HOLECZEK

NOWA Biologia na czasie

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania biologii, na podstawie opinii rzeczoznawców:

mgr Małgorzaty Maraszek, dr. Błażeja Rychlika, dr. hab. Krzysztofa Kaszewskiego.

Etap edukacyjny: III

Typ szkoły: liceum ogólnokształcące i technikum

Rok dopuszczenia: 2025

Numer ewidencyjny w wykazie MEN: 1221/3/2025

Podręcznik przygotowano na podstawie *Programu nauczania biologii w zakresie podstawowym dla liceum ogólnokształcącego i technikum – Biologia na czasie* autorstwa Katarzyny Kłosowskiej.

Nabyta przez Ciebie publikacja jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy o przestrzeganie praw, jakie im przysługują. Zawartość publikacji możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym, ale nie umieszczaj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, to nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. Możesz skopiować część publikacji jedynie na własny użytek.

Szanujmy cudzą własność i prawo. Więcej na www.legalnakultura.pl



© Copyright by Nowa Era Sp. z o.o. 2026
ISBN 978-83-267-5350-3

Koordinacja prac i redakcja merytoryczna: Ewa Mejtun.

Redakcja merytoryczna: Magdalena Bujnowska, Anna Kłopotek, Aleksandra Mazur.

Redakcja językowa: Aleksandra Kowalczyk-Pryczkowska.

Współpraca redakcyjna: Aleksandra Hofman.

Nadzór artystyczny: Ewa Kaletyn, Kaia Pichler. **Opieka graficzna:** Maciej Galiński, Marcin Oleksak.

Projekt okładki: Maciej Galiński. **Projekt graficzny:** Marcin Kołacz.

Opracowanie graficzne: Marek Błoszko, Elena Grikurova-Wojnowska, Marcin Kołacz, Piotr Rudź, Aleksandra Szpunar, Grażyna Truchlińska, Ultra, Sławomir Włodarczyk.

Ilustracje: Ewelina Baran, Rafał Buczkowski, Elżbieta Buczkowska, Marta Długokęcka, Zuzanna Dudzic, Natalia Helman, Wioleta Herczyńska, Agata Knajdek, Adam Król, Sławomir Maniak, Laura Maziewska, Krzysztof Mrawiński, Marek Nawrocki, Paulina Podolska, Joanna Ptak, Marcin Ptak, Wojciech Sendal, Ewa Sowulewska.

Fotoserwis: Bogdan Wańkowicz. **Realizacja projektu graficznego:** Ewa Pietras.

Podczas prac redakcyjnych nad niektórymi fragmentami tej publikacji wspierano się narzędziami sztucznej inteligencji z zachowaniem najwyższych standardów wydawniczych.

Wykorzystywanie treści niniejszego Utworu, w jakiegokolwiek formie lub w jakimkolwiek procesie, do celów eksploracji tekstu i danych, uczenia maszynowego, rozwoju i/lub szkolenia i/lub wzbogacania sztucznej inteligencji jakiegokolwiek rodzaju jest surowo zabronione.

Wydawnictwo dołożyło wszelkich starań, aby odnaleźć posiadaczy praw autorskich do wszystkich utworów zamieszczonych w publikacji. Pozostałe osoby prosimy o kontakt z Wydawnictwem.

Nowa Era Sp. z o.o.
Aleje Jerozolimskie 146 D, 02-305 Warszawa
www.nowaera.pl, e-mail: nowaera@nowaera.pl
Centrum Kontaktu: 58 721 48 00

Druk i oprawa: P/mint Sp. z o. o.

O czym jest podręcznik?

W podręczniku *Biologia na czasie 3* znajdziesz informacje dotyczące genetyki, biotechnologii, ewolucji organizmów i ekologii. Pozwolą Ci one lepiej zrozumieć m.in. mechanizmy dziedziczenia cech organizmów, związek pomiędzy organizmami a środowiskiem, a także wpływ procesów ewolucyjnych na różnorodność organizmów.



Do czego służą poszczególne elementy podręcznika?

Przypomnij sobie

Informacje z tego elementu pomogą Ci przypomnieć sobie wiadomości z wcześniejszych lat, w tym ze szkoły podstawowej.

O tym się mówi!

Ciekawe tematy pozwolą Ci zająć własne stanowisko w różnych sprawach.

Ważne na tej lekcji!

Wyszczególnienie głównych treści na początku tematu podpowie Ci, które wiadomości są najważniejsze.

Krok po kroku

Dzięki samouczkowi krok po kroku wykształcisz najważniejsze umiejętności biologiczne.

Bliżej życia

Informacje zawarte w tym elemencie pokażą Ci, jak wiedzę biologiczną stosuje się w praktyce.

Polecenia kontrolne

Na końcu tematu znajdziesz zadania, które pomogą Ci sprawdzić i utrwalić wiedzę. Pamiętaj, by odpowiedzi pisemnie zapisywać w zeszyte.

Doświadczenie, Obserwacja

Obowiązkowe doświadczenia i obserwacje zostały opisane w sposób, który umożliwi Ci dokładne przeanalizowanie wszystkich ich etapów.

W skrócie

Krótkie podsumowanie na końcu każdego tematu ułatwi Ci szybką powtórkę i zapamiętanie treści.

Podsumowanie

Na tych stronach znajdziesz najważniejsze informacje z danego działu podane w przejrzystej formie. Dzięki nim uporządkujesz i utrwalisz zdobytą wiedzę.

Sprawdź, czy już umiesz!

Zadania umieszczone po każdym rozdziale umożliwią Ci doskonalenie umiejętności biologicznych oraz ułatwią powtarzanie wiadomości przed sprawdzianami.

Spis treści

1. Genetyka molekularna

1.1. Gen. Budowa i rola kwasów nukleinowych

1.2. Kod genetyczny

1.3. Ekspresja genów

Podsumowanie

Sprawdź, czy już umiesz!

6

13

17

21

23

2. Genetyka klasyczna

2.1. Prawo czystości gamet. Krzyżówka testowa

2.2. Prawo niezależnej segregacji cech

2.3. Inne sposoby dziedziczenia cech

2.4. Dziedziczenie płci. Cechy sprzężone z płcią

2.5. Zmienność organizmów. Mutacje

2.6. Choroby i zaburzenia genetyczne człowieka

Podsumowanie

Sprawdź, czy już umiesz!

26

33

37

41

46

51

55

57

3. Biotechnologia

3.1. Biotechnologia tradycyjna

3.2. Podstawowe techniki inżynierii genetycznej

3.3. Organizmy zmodyfikowane genetycznie

3.4. Biotechnologia molekularna – szanse i zagrożenia

Podsumowanie

Sprawdź, czy już umiesz!

60

66

69

74

79

81

4. Ewolucja organizmów

4.1. Źródła wiedzy o ewolucji

4.2. Dobór naturalny – główny mechanizm ewolucji

4.3. Ewolucja na poziomie populacji. Specjacja

4.4. Człowiek a inne naczelne

Podsumowanie

Sprawdź, czy już umiesz!

84

94

98

101

104

106

5. Ekologia i różnorodność biologiczna

5.1. Organizm w środowisku. Tolerancja ekologiczna

5.2. Cechy populacji

5.3. Oddziaływania między organizmami.

5.4. Zależności nieantagonistyczne

5.5. Zależności antagonistyczne

5.6. Funkcjonowanie ekosystemu

5.7. Czym jest różnorodność biologiczna?

5.8. Wpływ człowieka na różnorodność biologiczną

5.9. Ochrona różnorodności biologicznej

Podsumowanie

Sprawdź, czy już umiesz!

108

116

121

125

134

139

147

151

159

161

Sprawdź, czy już umiesz! – klucz odpowiedzi

Przydatne terminy

Indeks

163

167

170

1. Genetyka molekularna

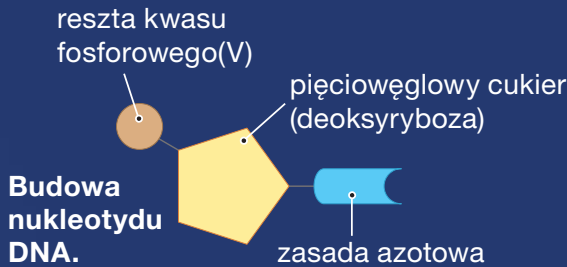


Przypomnij sobie – to było w szkole podstawowej

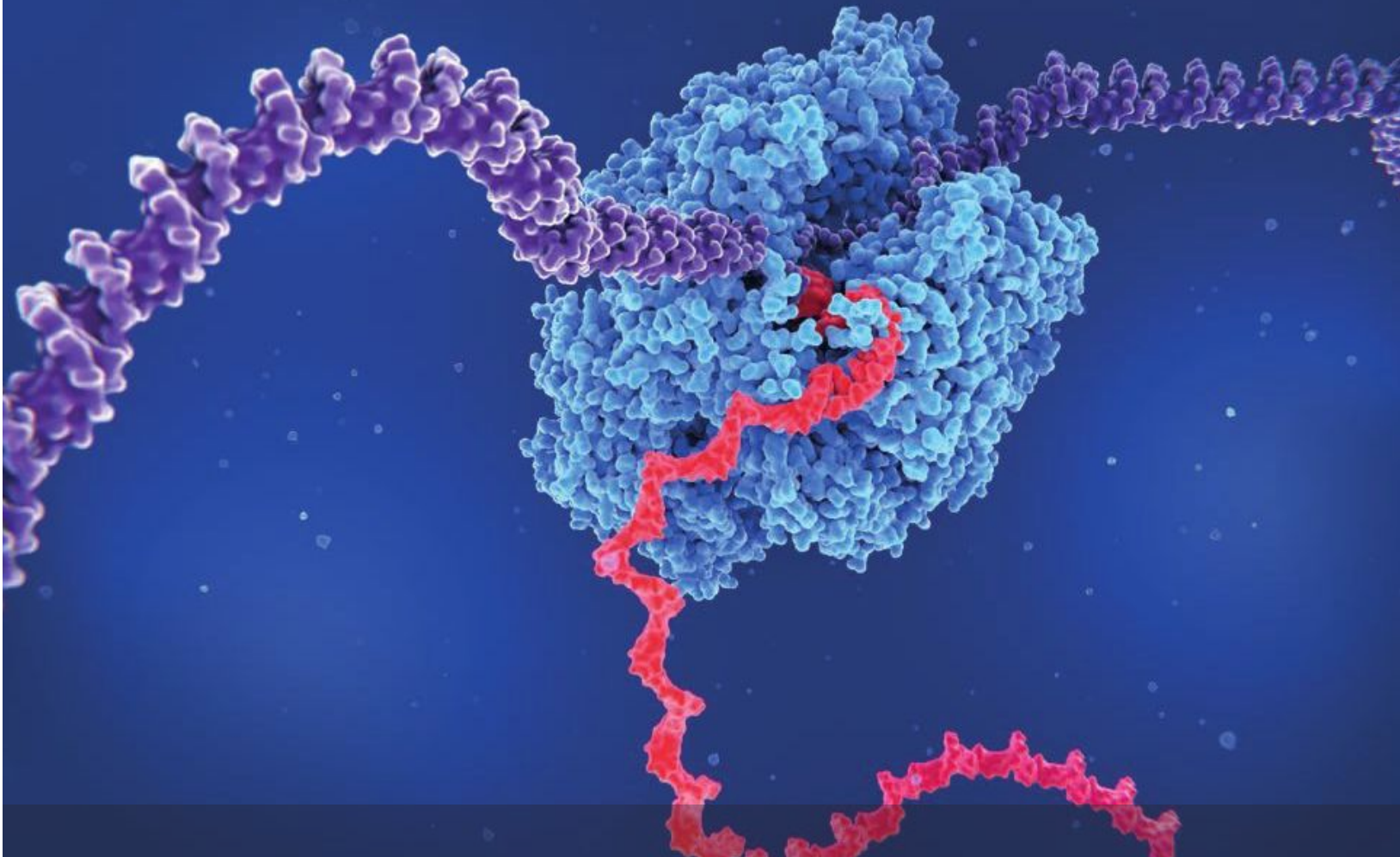
- ▶ **Genetyka** – nauka zajmująca się dziedziczeniem cech i zmiennością organizmów.
- ▶ **Kwas deoksyrybonukleinowy (DNA)** to nośnik informacji genetycznej.



Cząsteczka DNA ma postać podwójnej helisy – dwóch spiralnie skręconych nici.



- ▶ **Komórka diploidalna** ma w jądrze komórkowym podwójny zestaw chromosomów (2n). Diploidalne są komórki budujące ciało. **Komórka haploidalna** ma w jądrze komórkowym pojedynczy zestaw chromosomów (n). Haploidalne są komórki rozrodcze.



1.1. Gen. Budowa i rola kwasów nukleinowych

Ważne na tej lekcji!

- definicja genu
- budowa i funkcje DNA
- przebieg i znaczenie replikacji DNA
- budowa, rodzaje oraz funkcje RNA

Cechy i funkcjonowanie organizmów zależą od ich materiału genetycznego. Materiałem tym jest **DNA**, czyli kwas deoksyrybonukleinowy. DNA to nośnik informacji genetycznej zakodowanej w genach. Nowy organizm otrzymuje geny swoich rodziców i w ten sposób dziedziczy m.in. niektóre ich cechy. Jednak do odczytania zawartej w genach informacji i ujawnienia się cech potrzeba **RNA** – kwasu rybonukleinowego. Sposób, w jaki DNA współdziała z RNA podczas wykształcania cech organizmów, bada nauka o nazwie **genetyka molekularna**.

Czym są geny?

Geny są podstawowymi jednostkami dziedziczenia. Pojedynczy gen to fragment DNA, który zawiera informację dotyczącą budowy białka lub cząsteczki RNA.

Każde białko, niezależnie od wielkości czy funkcji, składa się z aminokwasów połączonych ze sobą w długi łańcuch, który nazywamy polipeptydem. W genach znajdują się „instrukcje” dotyczące tego, jakie to mają być aminokwasy, ile ma ich być i w jakiej kolejności (sekwencji) mają być połączone, aby powstały konkretne białka.

Geny a cechy organizmu

Informacje zawarte w genach są bardzo ważne, ponieważ od budowy białka zależą jego funkcje, a z funkcji tych wynikają określone cechy organizmu. Tę zależność możesz prześledzić na przykładzie koloru oczu, włosów i skóry. Kolor ten zależy od barwników nazywanych melaninami. Za ich wytwarzanie odpowiada wiele białek kodowanych przez różne geny, w tym przez gen zawierający informację o białku MC1R. Jedna z wersji tego białka odpowiada za takie cechy, jak rude włosy, jasna skóra i piegi.



Gen zawiera informację o sekwencji (kolejności) aminokwasów w białku.

Na podstawie tej informacji organizm produkuje białko.

Dzięki białku organizm uzyskuje określone cechy.

Przypomnij sobie

Zależności między DNA, RNA i białkiem

Każde białko powstaje dzięki przetłumaczeniu informacji zawartej w DNA, za pośrednictwem RNA, na odpowiednią sekwencję aminokwasów, które budują to białko.



Budowa genów

Geny organizmów eukariotycznych (jądrowych), w tym człowieka, składają się z części strukturalnej i części regulatorowych. W skład **części strukturalnej** wchodzi:

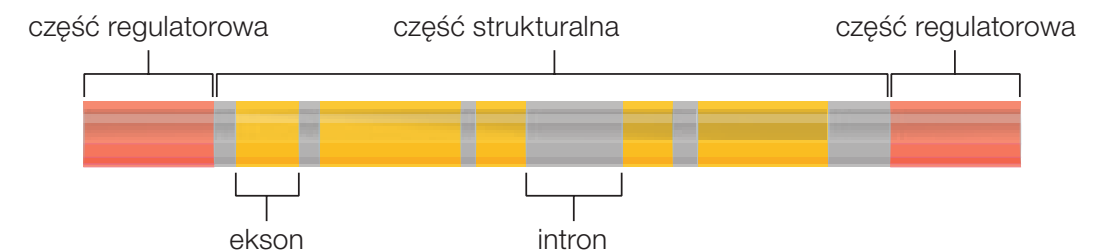
- ▶ **eksony** – sekwencje kodujące, które zawierają informacje o kolejności ułożenia aminokwasów w białkach lub o budowie RNA,
- ▶ **introny** – sekwencje niekodujące, które nie zawierają informacji ani o budowie białek, ani o budowie RNA.

Części regulatorowe genów uczestniczą w regulacji odczytywania informacji genetycznej.

Ze względu na obecność intronów geny organizmów eukariotycznych nazywamy **genami nieciągłymi**.

Geny organizmów prokariotycznych (beziądrowych), np. bakterii, różnią się od genów organizmów eukariotycznych tym, że nie występują w nich introny. Dlatego nazywamy je **genami ciągłymi**.

Budowa genu organizmu eukariotycznego



Jakie informacje są zakodowane w genach?

W genach znajdują się informacje nie tylko o budowie cząsteczek białek lub RNA, lecz także np. o ich rodzajach i sposobach wytwarzania.

Warunki konieczne do wytworzenia cząsteczki (np. podwyższona temperatura otoczenia).

Miejsce, do którego powinna trafić cząsteczka (np. do błony komórkowej, do mitochondrium).

Informacje zakodowane w genie

Budowa cząsteczki, czyli kolejność aminokwasów w białku lub kolejność nukleotydów w RNA.

Rodzaj komórek, w których powinna być produkowana cząsteczka (np. insulina – tylko w komórkach trzustki).

Budowa i funkcje DNA

Cząsteczkę DNA tworzą **dwie nici** ułożone równolegle do siebie i śrubowato skręcone wokół wspólnej osi. Taką strukturę nazywamy **podwójną helisą**. Każda nić DNA składa się z mniejszych jednostek – **nukleotydów**.

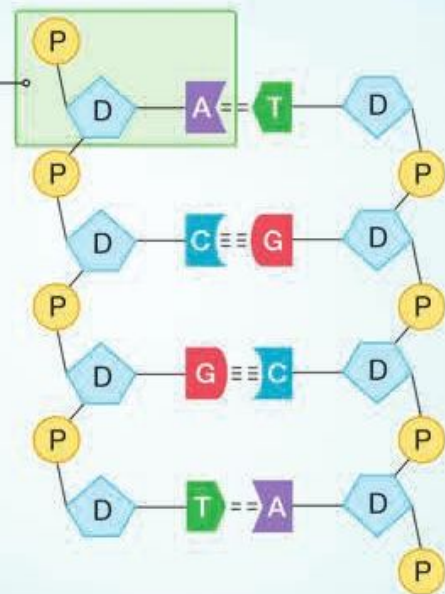
Budowa nukleotydu DNA

W skład każdego nukleotydu DNA wchodzi:

- **P** reszta kwasu fosforowego(V)
- **D** deoksuryboza – pięciowęglowy cukier
- jedna z czterech zasad azotowych:

A adenina	T tymina
C cytozyna	G guanina

Wyróżniamy cztery rodzaje nukleotydów, ponieważ tyle jest zasad azotowych, które mogą wchodzić w ich skład.



Podwójna helisa DNA.

Sekwencja DNA – połączenie nukleotydów w nici DNA

Nukleotydy w nici DNA łączą się ze sobą w określonej kolejności, którą nazywamy **sekwencją DNA**. Sekwencję tę zapisujemy za pomocą liter oznaczających zasady azotowe wchodzące w skład nukleotydów.



Sekwencja nici DNA przedstawionej na rysunku to TAACTGCAGGT.

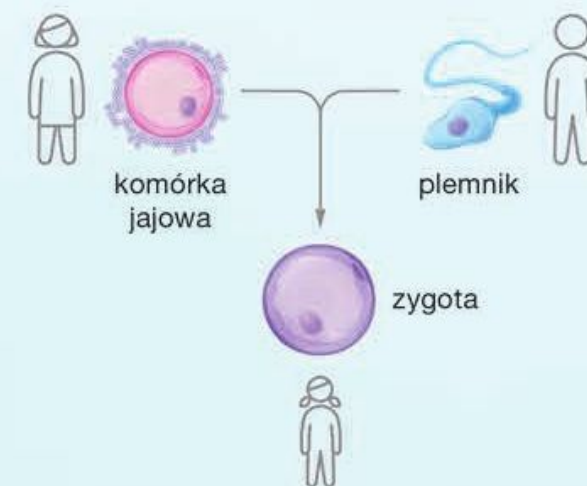
Zasada komplementarności – połączenie ze sobą obu nici DNA

Obie nici DNA łączą się ze sobą za pośrednictwem zasad. Leżące naprzeciwko siebie zasady azotowe obu nici DNA łączą się ze sobą zgodnie z tzw. **zasadą komplementarności**:

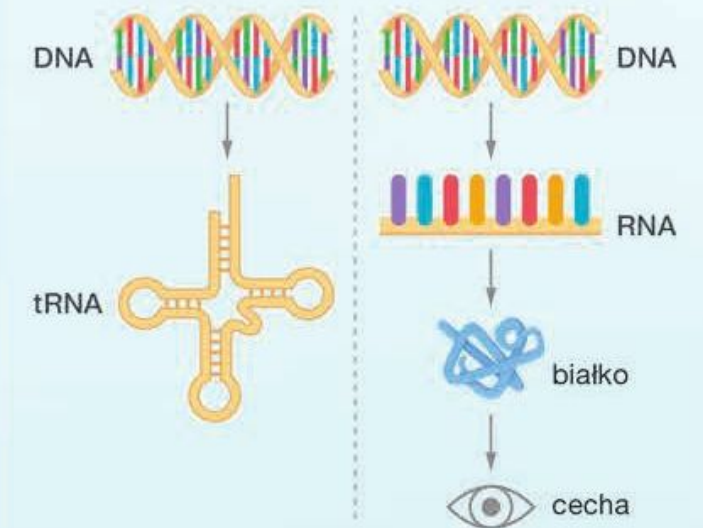
- **A = T** adenina (A) łączy się z tyminą (T)
- **C ≡ G** cytozyna (C) łączy się z guaniną (G)

Jakie funkcje pełni DNA?

- DNA jest nośnikiem informacji genetycznej. Oznacza to, że odpowiada za dziedziczenie cech po rodzicach. Powstała w wyniku zapłodnienia pierwsza komórka nowego organizmu zawiera DNA obu osobników rodzicielskich.



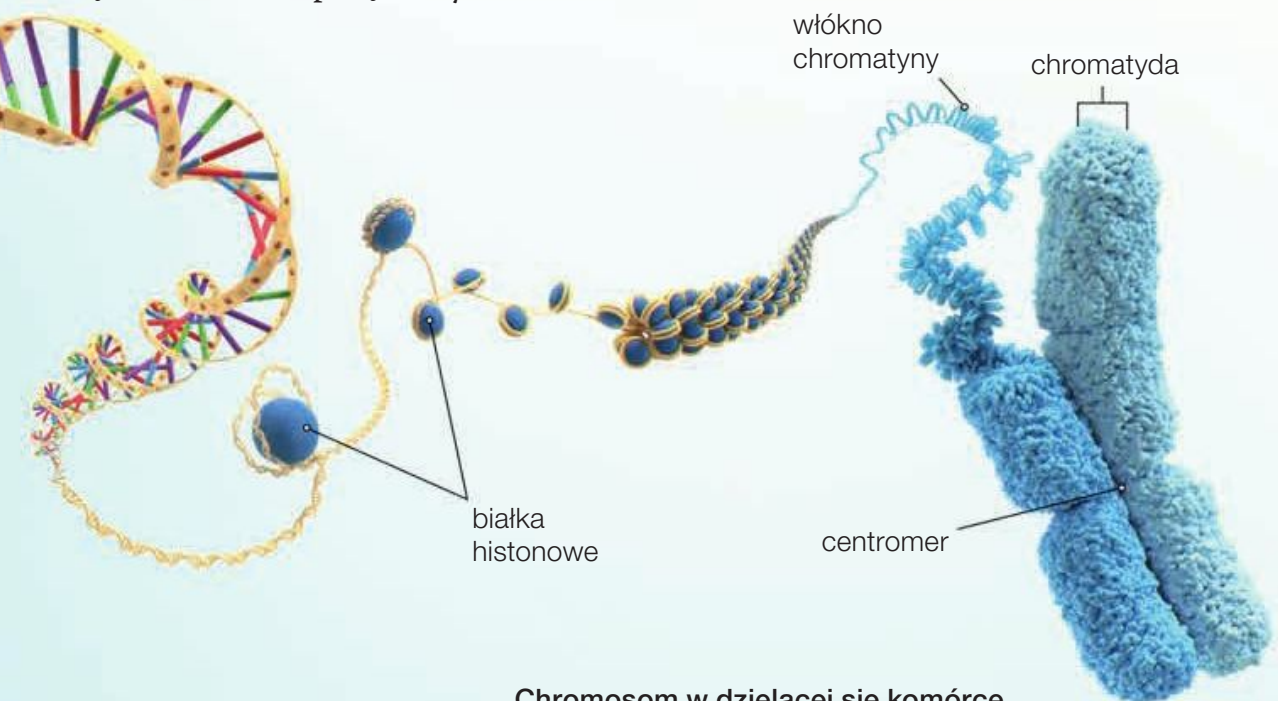
- W genach znajdują się informacje niezbędne do wytworzenia RNA oraz białek. Z kolei na podstawie budowy białek wykształcają się określone cechy organizmu.



Organizacja materiału genetycznego w jądrze komórkowym

DNA występuje głównie w jądrze komórkowym. Cząsteczki DNA łączą się w nim z histonami – wyspecjalizowanymi białkami pozwalającymi upakować przestrzennie długą nić kwasu nukleinowego w tzw. **chromatynę**. Cząsteczkę DNA związaną z białkami nazywamy **chromosomem**.

Podczas podziału komórki włókna chromatyny najpierw układają się w pętle, a następnie spiralnie się zwiwiają. W tym czasie chromatyna ma najbardziej skondensowaną postać. Chromosom składa się wtedy z dwóch **chromatyd**, czyli dwóch cząsteczek DNA połączonych **centromerem**.

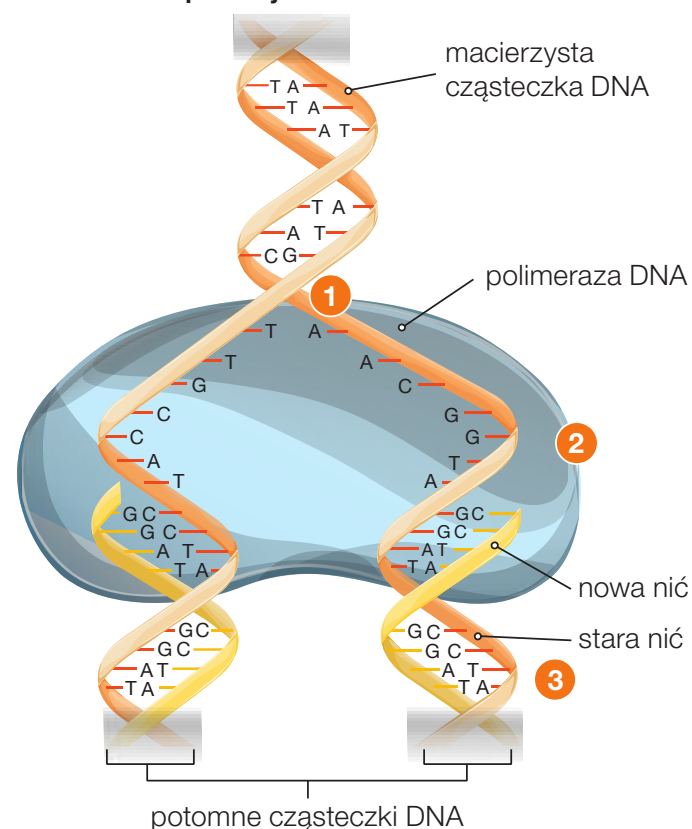


Chromosom w dzielącej się komórce.

Czym jest replikacja DNA?

Replikacja DNA to proces, który prowadzi do powielenia cząsteczek DNA. Dzięki temu informacja genetyczna może zostać przekazana komórkom powstającym w wyniku podziałów komórkowych.

Schemat replikacji DNA



Gdzie i jak przebiega replikacja DNA?

Replikacja DNA zachodzi w jądrze komórkowym. Jej przebieg, regulowany przez enzymy, możemy opisać następująco:

- 1 Cząsteczka DNA, nazywana **cząsteczką macierzystą**, stopniowo rozplata się na dwie pojedyncze nici.
- 2 Do każdej nici na zasadzie komplementarności są dobudowywane nukleotydy, które tworzą nową nić.
- 3 Powstają **dwie potomne cząsteczki DNA** (identyczne z cząsteczką macierzystą). Każda cząsteczka ma jedną nić starą, a drugą – nową.

Czym jest polimeraza DNA?

Polimeraza DNA to enzym, który reguluje przebieg replikacji DNA.

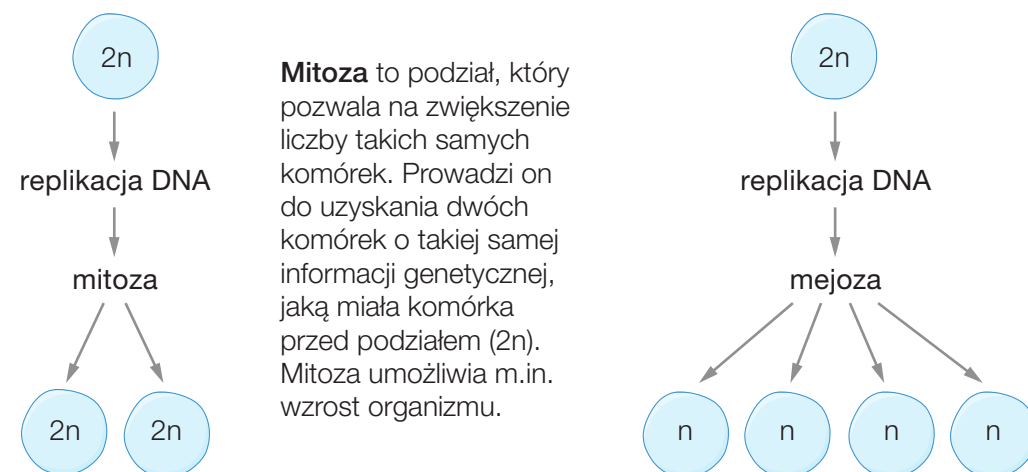
Polimeraza DNA:

- ▶ odpowiada za tworzenie nowych nici DNA,
- ▶ kontroluje poprawność procesu – „sprawdza”, czy nukleotydy wstawione w cząsteczce DNA tworzą odpowiednie pary.

Przypomnij sobie

Znaczenie replikacji DNA w podziałach komórek

Do replikacji DNA dochodzi przed każdym podziałem komórkowym. W jądrze komórkowym tworzą się wtedy dwie identyczne kopie materiału genetycznego. Dzięki temu komórki powstające w wyniku mitozy mają taką samą ilość DNA jak komórki rodzicielskie, a komórki powstające w wyniku mejozy mają ilość DNA zredukowaną o połowę.



Budowa i funkcje RNA

RNA, podobnie jak DNA, składa się z **nukleotydów**.

Jak wygląda cząsteczka RNA?

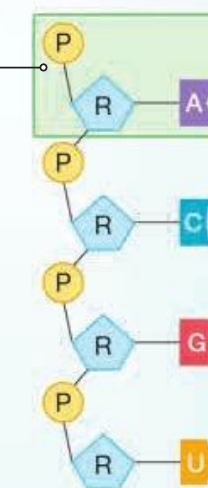
Cząsteczkę RNA tworzy jedna nić, chociaż w niektórych miejscach mogą powstawać fragmenty dwuniciowe. Cytosyna wiąże się wtedy na zasadzie komplementarności z guaniną, a adenina – z uracylem.

Budowa nukleotydu RNA

W skład każdego nukleotydu RNA wchodzi:

- **P** reszta kwasu fosforowego(V)
- **R** ryboza – pięciowęglowy cukier
- jedna z czterech zasad azotowych:

A adenina	U uracyl
C cytozyna	G guanina



Jednociowa cząsteczka RNA.

Funkcje i rodzaje RNA

RNA uczestniczy przede wszystkim w biosyntezie białek. Wyróżniamy trzy główne rodzaje RNA: rRNA, mRNA i tRNA.

rRNA (rybosomowy RNA)	mRNA (informacyjny RNA)	tRNA (transportujący RNA)
Funkcja: rRNA po połączeniu z białkami tworzy rybosomy , na których zachodzi biosynteza białek.	Funkcja: mRNA przenosi informację o budowie białka z jądra komórkowego na rybosomy.	Funkcja: tRNA transportuje aminokwasy na rybosomy.
Rybosom składa się z rRNA i białek.	Informacyjny RNA (mRNA) ma zwykle postać jednej, długiej nici.	W cząsteczce RNA wyróżniamy miejsce, w którym przyłącza się aminokwas, oraz tzw. antykodeon – trzy nukleotydy, które podczas biosyntezy białek odpowiadają za rozpoznanie komplementarnych nukleotydów (kodonu) na nici mRNA.

Krok po kroku

Wykorzystanie zasady komplementarności do obliczania liczby poszczególnych nukleotydów w DNA

Przykład

Cząsteczka DNA składa się z 250 nukleotydów, z których 75 zawiera cytozynę. Określ, ile nukleotydów w tej cząsteczce zawiera tyminę.

1 Ustal liczbę nukleotydów z cytozyną i guaniną.

Wskazówka

Dzięki zasadzie komplementarności wiesz, że liczba nukleotydów z tyminą (T) jest taka sama, jak liczba nukleotydów z adeniną (A). Podobnie liczba nukleotydów z cytozyną (C) i guaniną (G) musi być jednakowa.

Liczba nukleotydów z C = 75

Liczba nukleotydów z G = 75

Łączna liczba nukleotydów z C i G wynosi:

$75 + 75 = 150$

2 Aby obliczyć liczbę nukleotydów z adeniną i tyminą, odejmij od całkowitej liczby nukleotydów sumę nukleotydów z cytozyną i guaniną.

Łączna liczba nukleotydów z A i T wynosi:
 $250 - 150 = 100$

3 Oblicz liczbę nukleotydów z tyminą, dzieląc wynik otrzymany w poprzednim kroku przez dwa.

Liczba nukleotydów z T wynosi:

$100 : 2 = 50$

Odpowiedź: W opisanej cząsteczce tyminę zawiera 50 nukleotydów.

W skrócie

- Wyróżniamy dwa rodzaje kwasów nukleinowych: **DNA** i **RNA**.
- Gen** to fragment DNA zawierający informację o budowie białka lub cząsteczki RNA. Jest on **podstawową jednostką dziedziczenia**.
- Kwasy nukleinowe – DNA i RNA – składają się z **nukleotydów**. Każdy nukleotyd tworzą: reszta kwasu fosforowego(V), pięciowęglowy cukier (deoksyryboza w DNA, ryboza w RNA) oraz jedna z czterech zasad azotowych. Zasady azotowe wchodzące w skład nukleotydu DNA to: guanina, cytozyna, adenina lub tymina. W RNA zamiast tyminy występuje uracyl.
- Zasada komplementarności** polega na tym, że zasady azotowe obu nici DNA łączą się w określony sposób: adenina z tyminą, a guanina z cytozyną.
- Replikacja DNA** to proces prowadzący do podwojenia ilości DNA w jądrze komórkowym. Zachodzi on przed podziałem komórki.

Polecenia kontrolne

- Cząsteczka DNA zawiera 36% nukleotydów z tyminą. Posługując się zasadą komplementarności, oblicz procentowy skład nukleotydów z cytozyną, adeniną i guaniną w tej cząsteczce. Zadanie wykonaj w zeszycie.
- Porównaj funkcje trzech rodzajów RNA.
- Wykaż, że poprawność kopiowania DNA podczas replikacji DNA ma duże znaczenie.

1.2. Kod genetyczny

Ważne na tej lekcji!

- cechy kodu genetycznego
- sposób odczytywania tabeli kodu genetycznego

Jak wyjaśniliśmy na poprzedniej lekcji, DNA zawiera zakodowaną informację o budowie białek. Aby ją odczytać, należy poznać zasady jej kodowania, czyli tzw. kod genetyczny.

■ Czym jest kod genetyczny?

Kod genetyczny to sposób zapisu informacji o budowie białek w sekwencji kwasów nukleinowych (DNA lub mRNA). Jego podstawowymi jednostkami są **kodony**, które kodują poszczególne aminokwasy tworzące białka. Każdy kodon składa się z trzech kolejnych nukleotydów.

■ Jak jest odczytywana informacja genetyczna?

Pierwszym etapem odczytywania informacji genetycznej jest przepisanie jej z DNA na

mRNA. W procesie tym uczestniczy tylko jedna nić tworząca cząsteczkę DNA. Nazywamy ją **nicą matrycową**. Druga nić DNA to **nić kodująca**, czyli sekwencja genu z informacjami o danym białku.

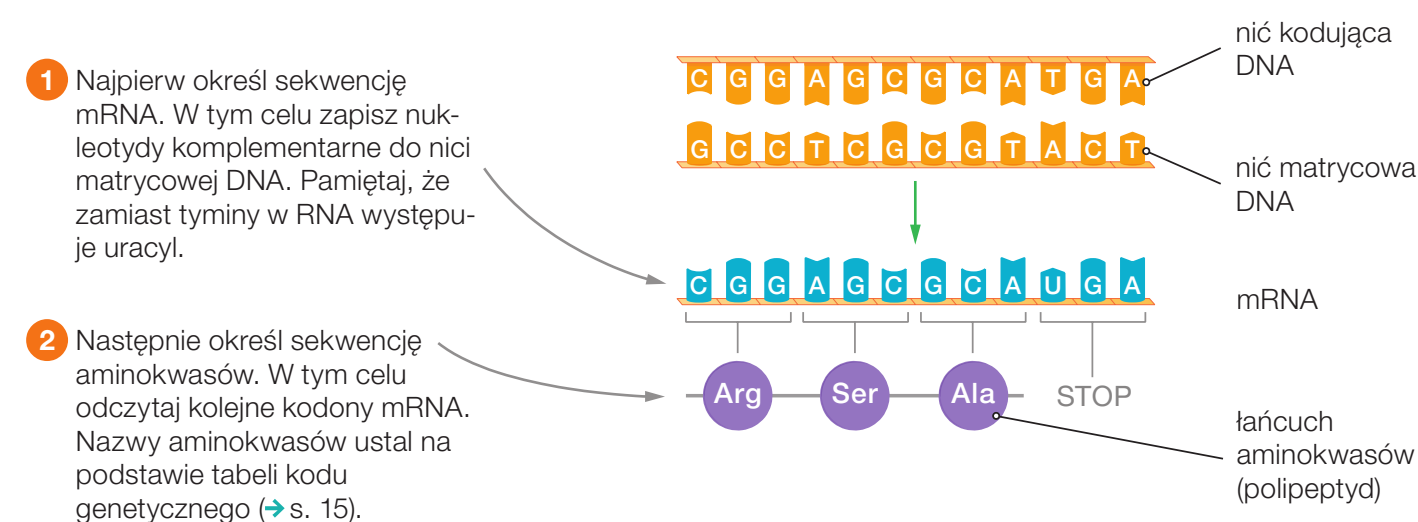
W drugim etapie, na podstawie informacji zawartej w mRNA, zachodzi synteza białka. Dlatego zazwyczaj poszczególne kodony zapisujemy za pomocą symboli nukleotydów mRNA.

■ Kodony START i STOP

Cztery kodony mają specjalne znaczenie. Kodon AUG jest **kodonom START**, który rozpoczyna syntezę białka. Na końcu sekwencji nukleotydów tworzącej gen znajduje się jeden z trzech **kodonów STOP**: UAA, UAG, UGA, kończących ten proces.

Jak określić sekwencję aminokwasów w białku?

Sposób określania sekwencji aminokwasów w białku poznasz na przykładzie sekwencji DNA oznaczającej fragment cząsteczki pewnego białka.



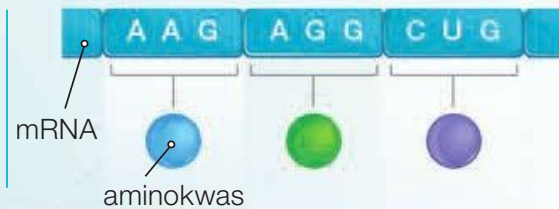
Cechy kodu genetycznego

Kod genetyczny ma sześć cech, które umożliwiają dokładne odczytywanie informacji genetycznej.

Kod genetyczny jest:

1 trójkowy

Każde trzy kolejne nukleotydy kwasu nukleinowego oznaczają jeden aminokwas – tworzą jeden **kodon**.



2 jednoznaczny

Jeden kodon oznacza zawsze wyłącznie jeden aminokwas.



3 zdegenerowany

Jeden aminokwas może być kodowany przez więcej niż jeden kodon.



4 bezprzecinkowy

Nie ma wolnych nukleotydów. Każdy nukleotyd wchodzi w skład jakiegoś kodonu.



5 niezachodzący

Nukleotyd wchodzący w skład jednego kodonu nie może być elementem kolejnego kodonu.



6 uniwersalny

Poza nielicznymi wyjątkami kodony u wszystkich organizmów oznaczają te same aminokwasy. Na przykład kodon AAG oznacza aminokwas lizynę niezależnie od gatunku organizmu.

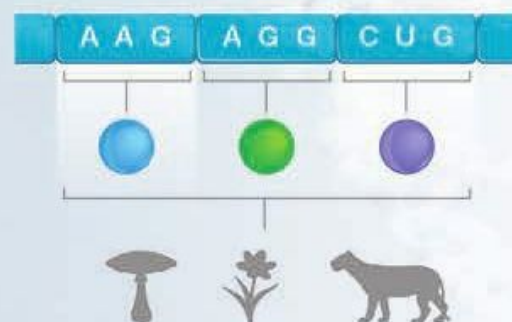


Tabela kodu genetycznego

Tabela kodu genetycznego pokazuje związek między kodonami a aminokwasami. Zawiera ona wszystkie możliwe kombinacje trójek nukleotydów mRNA i nazwy kodowanych przez nie aminokwasów. Aby dowiedzieć się, który aminokwas jest kodowany przez dany kodon, musisz znaleźć w kolumnach kolejne nukleotydy wchodzące w skład tego kodonu.

		DRUGI NUKLEOTYD				
		U	C	A	G	
PIERWSZY NUKLEOTYD	U	UUU fenyloalanina (PHE) UUC UUA leucyna (LEU) UUG	UCU UCC seryna (SER) UCA UCG	UAU tyrozyna (TYR) UAC UAA kodony STOP UAG	UGU cysteina (CYS) UGC UGA kodon STOP UGG tryptofan (TRP)	U C A G
	C	CUU leucyna (LEU) CUC CUA CUG	CCU prolina (PRO) CCC CCA CCG	CAU histydyna (HIS) CAC CAA glutamina (GLN) CAG	CGU arginina (ARG) CGC CGA CGG	U C A G
	A	AUU izoleucyna (ILE) AUC AUA AUG metionina (MET)	ACU treonina (THR) ACC ACA ACG	AAU asparagina (ASN) AAC AAA lizyna (LYS) AAG	AGU seryna (SER) AGC AGA arginina (ARG) AGG	U C A G
	G	GUU walina (VAL) GUC GUA GUG	GCU alanina (ALA) GCC GCA GCG	GAU kwas asparaginowy (ASP) GAC GAA kwas glutaminowy (GLU) GAG	GGU glicyna (GLY) GGC GGA GGG	U C A G

Krok po kroku

Odczytywanie informacji genetycznej zawartej w DNA

Przykład

Na podstawie podanego fragmentu DNA kodującego pewne białko określ sekwencję aminokwasów w tym białku. Uwaga: nić matrycowa została wskazana strzałką.

ATGCCTGCCAAATAA
→ TACGGACGGTTTATT

1 Określ sekwencję mRNA, która powstanie na podstawie DNA. Pamiętaj o zasadzie komplementarności.

Wskazówka

W cząsteczce RNA zamiast tyminy występuje uracyl, który jest komplementarny do adeniny.

DNA: T A C G G A C G G T T T A T T
mRNA: A U G C C U G C C A A U A A

2 Przyporządkuj kolejnym trójkom nukleotydów mRNA odpowiednie aminokwasy. Wykorzystaj do tego tabelę kodu genetycznego.

Wskazówka

Ostatni kodon mRNA: UAA to kodon STOP. Nie można mu więc przyporządkować żadnego aminokwasu.

AUG metionina CCU prolina GCC alanina AAA lizyna

Odpowiedź: Na podstawie podanego fragmentu DNA powstanie łańcuch aminokwasów o następującej kolejności: metionina – prolina – alanina – lizyna.

Krok po kroku

Odtwarzanie informacji genetycznej na podstawie łańcucha aminokwasów

Przykład

Zapisz przykładową sekwencję nukleotydów mRNA dla podanego niżej łańcucha aminokwasów. W odpowiedzi uwzględnij kodon STOP.

metionina – arginina – histydyna – cysteina – leucyna – tyrozyna

1 Wyszukaj podane aminokwasy w tabeli kodu genetycznego (→ s. 15) i zapisz oznaczające je kodony. Jeden aminokwas może być kodowany przez większą liczbę kodonów, ale ponieważ możesz podać przykładową sekwencję, wybierz dowolny kodon.

Aminokwasy	metionina	arginina	histydyna	cysteina	leucyna	tyrozyna
Przykładowe kodony	AUG	AGA AGG* CGU CGC CGA CGG	CAC CAU	UGU UGC	CUA UUA UUG CUU CUC CUG	UAU UAC

* Kolorem szarym zaznaczyliśmy inne możliwe kodony kodujące dany aminokwas.

2 Zapisz sekwencję mRNA utworzoną z wybranych kodonów oznaczających odpowiednie aminokwasy. Pamiętaj, aby na końcu umieścić jeden z trzech kodonów STOP: UAA, UAG, UGA.

Odpowiedź: Dla podanych pięciu aminokwasów cząsteczka mRNA może mieć następującą sekwencję nukleotydów:
AUGAGACACUGUCUAUAUUGA.

W skrócie

- **Kod genetyczny** to sposób zapisu informacji o budowie białek w sekwencji kwasów nukleinowych (DNA lub mRNA).
- Z właściwości kodu genetycznego wynikają jego cechy. Kod genetyczny jest:
 - trójkowy,
 - jednoznaczny,
 - zdegenerowany,
 - bezprzecinkowy,
 - niezachodzący,
 - uniwersalny.

Polecenia kontrolne

1. Zapisz w zeszycie sekwencję aminokwasów w polipeptydzie, który powstanie na podstawie cząsteczki mRNA o następującej sekwencji nukleotydów: AUGCCGGGCAUCUUUACGUAA.
2. Na podstawie podanego fragmentu DNA utwórz mRNA oraz łańcuch kodowanych przez niego aminokwasów. Nić matrycową wskazaliśmy strzałką. Zadanie wykonaj w zeszycie.
ATGCCGAGCCAACGCACT
→ TACGGCTCGGTTGCGTGA
3. Na podstawie tabeli kodu genetycznego zapisz w zeszycie przykładowy fragment mRNA, który może kodować poniższy łańcuch aminokwasów. W odpowiedzi uwzględnij kodon STOP.
metionina – seryna – glicyna – alanina – tryptofan

1.3. Ekspresja genów

Ważne na tej lekcji!

- przebieg transkrypcji i modyfikacje potranskrypcyjne
- mechanizm translacji
- istota regulacji ekspresji genów

Chociaż wszystkie komórki jednego organizmu zawierają tę samą informację genetyczną, to jednak różnią się budową i funkcjami. Jest tak dlatego, że w poszczególnych rodzajach komórek są aktywne różne geny. Jak dochodzi do odczytywania z nich informacji genetycznej, czyli ekspresji genów?

Czym jest ekspresja genów?

Ekspresja genów to proces odczytywania informacji genetycznej i syntezy na jej podstawie odpowiednich cząsteczek białka lub RNA.

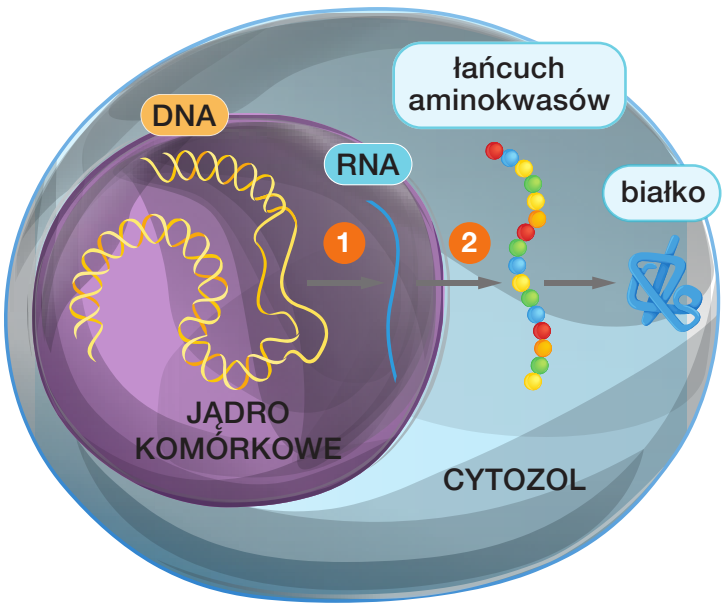
Etapy ekspresji genów

Ekspresja genów kodujących białka, nazywana **biosyntezą białek**, przebiega w dwóch etapach. Są to:

- ▶ **transkrypcja**, czyli przepisanie informacji z DNA na mRNA. W jej wyniku powstaje cząsteczka mRNA o sekwencji komplementarnej do sekwencji DNA;
- ▶ **translacja**, polegająca na przetłumaczeniu języka nukleotydów na język aminokwasów. W jej wyniku na podstawie informacji zawartej w mRNA powstaje odpowiednie białko.

Gdzie w komórce zachodzi biosynteza białek?

U organizmów eukariotycznych transkrypcja, czyli pierwszy etap biosyntezy białek, zachodzi w **jądrze komórkowym**. Drugi etap – translacja – zachodzi w **cytozolu**, do którego przedostają się cząsteczki mRNA po transkrypcji.



Lokalizacja etapów biosyntezy białek w komórce.

- 1 **Transkrypcja** – cząsteczki DNA znajdują się w jądrze komórkowym. Zawarta w nich informacja dotycząca budowy białka zostaje przepisana na mniejsze nośniki informacji – cząsteczki mRNA.
- 2 **Translacja** – na podstawie cząsteczek mRNA w cytozolu zachodzi synteza długich łańcuchów aminokwasów. Kolejność aminokwasów zależy od kolejności nukleotydów tworzących mRNA. Następnie łańcuch aminokwasów podlega modyfikacjom. Dzięki temu powstaje aktywne biologicznie białko.

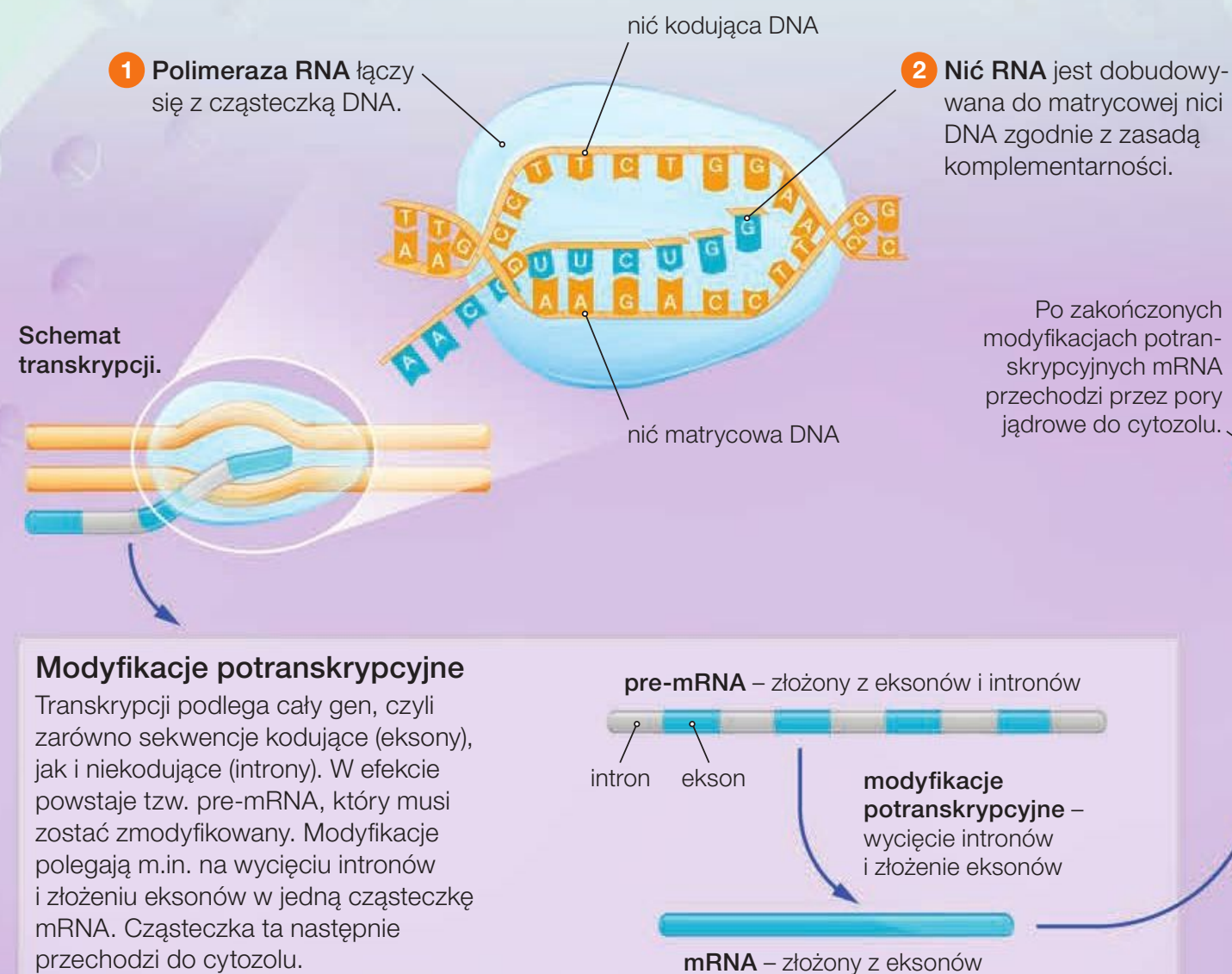
Biosynteza białek

Biosynteza białek składa się z dwóch głównych etapów: **transkrypcji** i **translacji**. Poniżej wyjaśnimy, w jaki sposób przebiegają one w komórkach eukariotycznych, czyli m.in. w komórkach człowieka.



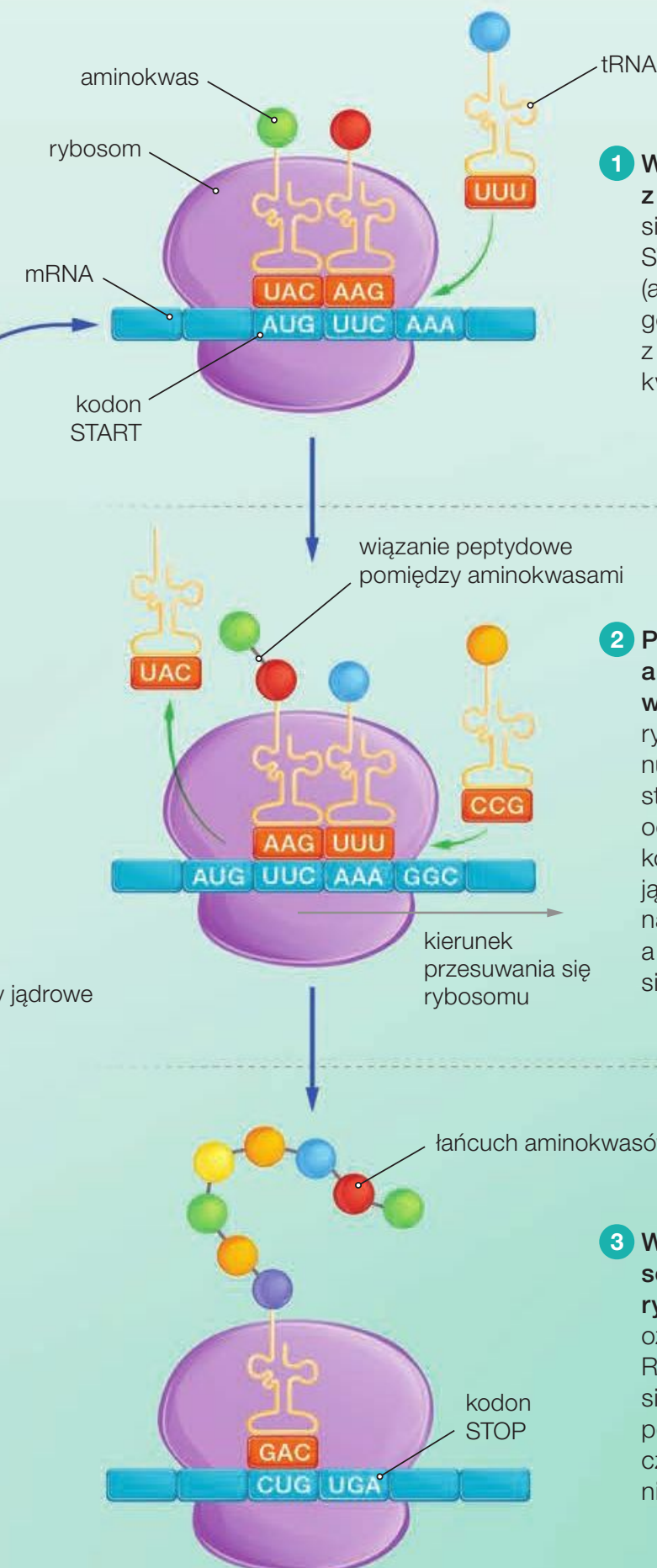
ETAP 1. Transkrypcja – proces syntezy mRNA

Transkrypcja zachodzi w jądrze komórkowym i polega na syntezie mRNA. Za proces ten odpowiada głównie **polimeraza RNA**. Enzym ten łączy się z cząsteczką DNA. Następnie, przesuwając się wzdłuż nici DNA, rozsuwa je stopniowo i przyłącza kolejne nukleotydy RNA komplementarne do matrycowej nici DNA aż do miejsca, w którym znajduje się sekwencja oznaczająca koniec transkrypcji. W ten sposób na podstawie nici matrycowej DNA na zasadzie komplementarności powstaje cząsteczka pre-mRNA. Po przepisaniu informacji nici DNA na nowo się splatają, cząsteczka pre-mRNA zostaje uwolniona i rozpoczynają się jej **modyfikacje potranskrypcyjne**.



ETAP 2. Translacja – proces syntezy białka

Proces translacji przebiega w cytozolu. Biorą w nim udział rybosomy, cząsteczki mRNA oraz cząsteczki tRNA. Rybosomy na podstawie informacji zawartej w mRNA łączą aminokwasy dostarczane przez tRNA. W ten sposób powstaje łańcuch aminokwasów o sekwencji charakterystycznej dla danego białka.



1 W cytozolu mRNA łączy się z rybosomem. Translacja rozpoczyna się od przyłączenia się do kodonu START cząsteczki tRNA z metioniną (aminokwasem). Następnie do kolejnego kodonu mRNA przyłącza się tRNA z pasującym do tego kodonu aminokwasem.

2 **Pomiędzy metioniną a drugim aminokwasem tworzy się wiązanie peptydowe.** Wtedy rybosom przesuwają się o trzy nukleotydy w nici mRNA, a cząsteczka tRNA bez aminokwasu się odłącza. Do mRNA przyłącza się kolejna cząsteczka tRNA transportująca aminokwas zgodny z kodonem na mRNA. Cykl ten się powtarza, a łańcuch aminokwasów stopniowo się wydłuża.

3 Wydłużanie łańcucha aminokwasów kończy się wtedy, gdy rybosom napotka kodon STOP oznaczający zakończenie translacji. Rybosom oraz mRNA rozdzielają się, a łańcuch aminokwasów podlega modyfikacjom, dzięki czemu powstaje aktywne biologicznie białko.

W jaki sposób białko uzyskuje swoje właściwości?

W wyniku translacji powstaje długi łańcuch aminokwasów, jednak nie jest to jeszcze aktywne biologicznie białko o odpowiednich właściwościach. Aby tak się stało, łańcuch aminokwasów musi przejść wiele modyfikacji. Polegają one przede wszystkim na nadaniu mu odpowiedniego kształtu, a także na usunięciu z niego niektórych aminokwasów lub przyłączeniu do niego dodatkowych związków, np. reszt cukrowych, tłuszczowych czy fosforanowych.

Regulacja ekspresji genów

Regulacja ekspresji genów polega na zmianie ich aktywności. W jej wyniku w każdej komórce w określonym czasie są aktywne tylko geny niezbędne do funkcjonowania tej komórki. Dzięki mechanizmom regulacji genów komórki mogą:

- ▶ różnicować się na określone rodzaje;
- ▶ reagować na zmiany w środowisku i sygnały z układu nerwowego i hormonalnego. Przykładowo insulina uczestniczy w regulacji aktywności genów związanych z metabolizmem cukrów.

W skrócie

- **Ekspresja genów** to proces odczytywania informacji genetycznej i syntezy na jej podstawie cząsteczek białka lub RNA. Składa się on z dwóch etapów: transkrypcji i translacji.
- **Transkrypcja** polega na tworzeniu cząsteczki mRNA na podstawie informacji genetycznej zawartej w DNA. Proces ten zachodzi w jądrze komórkowym, a odpowiada za niego enzym o nazwie **polimeraza RNA**.
- W komórkach eukariotycznych zachodzą **modyfikacje potranskrypcyjne**. W czasie tych procesów w cząsteczce pre-mRNA dochodzi m.in. do wycięcia intronów i scalenia eksonów. W ten sposób powstaje cząsteczka mRNA.
- **Translacja** polega na tłumaczeniu sekwencji nukleotydów mRNA na sekwencję aminokwasów w białku. Proces ten zachodzi w cytozolu. Biorą w nim udział: mRNA, rybosomy oraz cząsteczki tRNA, które transportują aminokwasy do miejsca translacji.
- **Modyfikacje łańcucha aminokwasów** otrzymanego w wyniku translacji nadają mu odpowiednią strukturę i właściwości. Dzięki temu białko staje się aktywne biologicznie.
- Dzięki **regulacji ekspresji genów** komórki m.in. mogą się różnicować oraz reagować na zmiany w środowisku. Proces ten umożliwia też produkcję białek odpowiednich dla danego rodzaju komórek.

Polecenia kontrolne

1. Przedstaw dwa główne etapy biosyntezy białka – opisz, na czym każdy z nich polega i w którym miejscu komórki zachodzi.
2. Opisz znaczenie modyfikacji zachodzących po transkrypcji.
3. Wyjaśnij, dlaczego w komórkach wątroby są aktywne inne geny niż w komórkach szpiku kostnego.
4. Korzystając z różnych źródeł informacji, ustal, czy może zachodzić proces odwrotny do transkrypcji, oznaczający uzyskanie DNA na podstawie RNA.

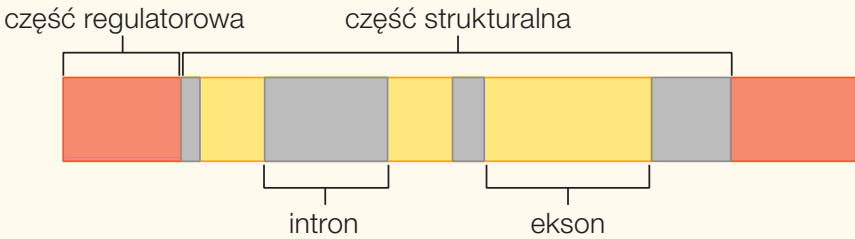
Podsumowanie



1 **Gen** – jednostka dziedziczenia. Fragment DNA zawierający informację o budowie cząsteczki białka lub cząsteczki RNA.

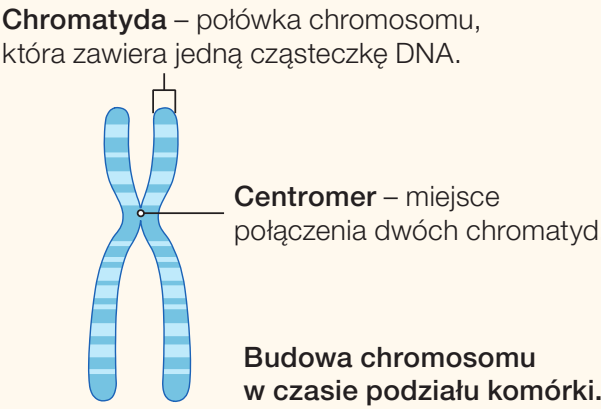
Geny organizmów eukariotycznych składają się z **części regulatorowych** i części **strukturalnej**. Geny te są nieciągłe. Oznacza to, że zawierają:

- **eksony** – sekwencje kodujące,
- **intryny** – sekwencje niekodujące.

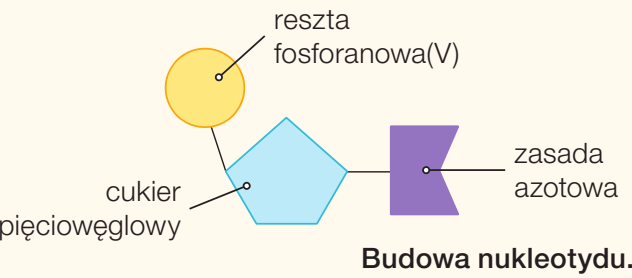


2 **Organizacja materiału genetycznego w jądrze komórkowym**

- Pomiędzy podziałami komórki DNA jest połączony z białkami histonowymi, z którymi tworzy **chromatynę**.
- W czasie podziałów komórkowych chromatyna przybiera najbardziej skondensowaną postać. Chromosomy są wtedy zbudowane z dwóch chromatyd połączonych centromerem.



3 **DNA i RNA** – kwasy nukleinowe zbudowane z nukleotydów.



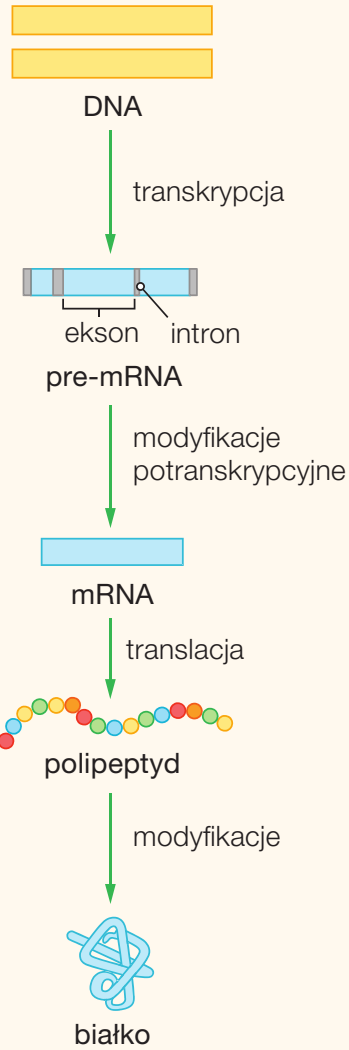
Porównanie cech kwasów nukleinowych

Cecha	DNA	RNA
Struktura cząsteczki	podwójna helisa (dwie nici DNA)	pojedyncza nić
Cukier	deoksyryboza	ryboza
Zasady azotowe	guanina, cytozyna, adenina, tymina	guanina, cytozyna, adenina, uracyl
Rodzaje	jeden rodzaj	mRNA – informacyjny RNA, tRNA – transportujący RNA, rRNA – rybosomalny RNA
Rola	zawiera informację genetyczną – odpowiada za dziedziczenie cech	bierze udział w biosyntezie białek

4 Replikacja DNA – proces, który prowadzi do uzyskania dwóch identycznych cząsteczek DNA. Bierze w nim udział enzym o nazwie **polimeraza DNA**. Replikacja DNA zachodzi w jądrze komórkowym przed podziałem komórkowym.

5 Ekspresja genu – proces odczytywania informacji genetycznej i syntezy na jej podstawie cząsteczek białka lub RNA.

Etapy ekspresji genu

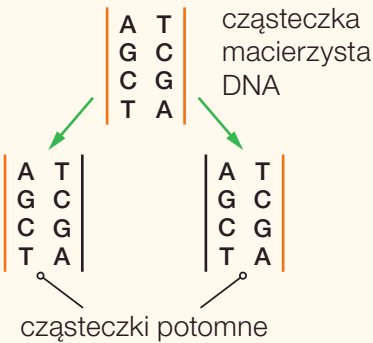


- 1 Transkrypcja** – proces przepisywania informacji genetycznej z DNA na RNA, zachodzący w jądrze komórkowym. Podczas transkrypcji na podstawie nici matrycowej DNA powstaje cząsteczka pre-mRNA tworzona na zasadzie komplementarności. W transkrypcji uczestniczy polimeraza RNA.
- 2 Modyfikacje potranskrypcyjne** – procesy, podczas których w cząsteczce pre-mRNA dochodzi m.in. do wycięcia intronów i scalenia eksonów. W ten sposób powstaje cząsteczka mRNA.
- 3 Translacja** – proces „tłumaczenia” języka nukleotydów na język aminokwasów. Na podstawie informacji zawartej w mRNA powstaje łańcuch aminokwasów (polipeptyd). Kolejność aminokwasów w tym łańcuchu zależy od kolejności nukleotydów w mRNA. Proces ten zachodzi w cytozolu. Biorą w nim udział: mRNA, rybosomy oraz cząsteczki tRNA, które transportują aminokwasy do miejsca translacji.
- 4 Modyfikacje** prowadzące do uzyskanie aktywnego biologicznie białka.

6 Regulacja ekspresji genów polega na zmianie ich aktywności – w komórce aktywne są tylko geny niezbędne do jej funkcjonowania. Dzięki temu komórki mogą m.in. się różnicować oraz reagować na bodźce, np. na zmiany środowiska.

7 Kod genetyczny – sposób zapisu informacji o budowie białek w sekwencji kwasów nukleinowych (DNA lub RNA).

- Kod genetyczny jest:
- trójkowy – trzy kolejne nukleotydy tworzą kodon,
 - jednoznaczny – każdy kodon oznacza tylko jeden aminokwas,
 - zdegenerowany – jeden aminokwas może być kodowany przez więcej niż jeden kodon,
 - bezprzecinkowy – każdy nukleotyd wchodzi w skład jakiegoś kodonu,
 - niezachodzący – element jednej trójki nie może wchodzić w skład kolejnego kodonu,
 - uniwersalny – poza nielicznymi wyjątkami jest taki sam u wszystkich organizmów.



Sprawdź, czy już umiesz!

WYKONAJ W ZESZYCIE



1 Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących związku pomiędzy informacją genetyczną a cechą organizmu. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

(2 p.)

1.	Kolejność aminokwasów w białku zależy od kolejności nukleotydów w mRNA.	P	F
2.	Dzięki białkom produkowanym na podstawie informacji zawartej w genach organizm uzyskuje określone cechy.	P	F

2 Odcinek DNA składa się z 300 nukleotydów, z których 46 zawiera adeninę.

(1 p.)

Określ, ile nukleotydów w tym odcinku DNA zawiera guaninę. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

3 Jeśli cząsteczka DNA zawiera 34% nukleotydów z tyminą, to jaki procent stanowią w tej cząsteczce nukleotydy z guaniną? Wybierz punkt z poprawną odpowiedzią. Zapisz ją w zeszycie i uzasadnij odpowiednimi obliczeniami.

(1 p.)

- A. 4% B. 26% C. 16% D. 32%

4 Przepisz poniższy tekst do zeszytu, wybierając wyrazy tak, aby powstał poprawny opis budowy DNA.

(1 p.)

W nukleotydzie DNA reszta kwasu fosforowego(V) łączy się z cukrem pięciowęglowym – *rybozą* / *deoksyrybozą*. Jedną z zasad azotowych może być *tymina* / *uracyl*. Cząsteczka tego kwasu nukleinowego składa się z *dwóch nici* / *jednej nici*.

5 Cząsteczka RNA w niektórych miejscach może tworzyć fragmenty dwuniciowe. Zasady azotowe łączą się tam na zasadzie komplementarności.

(1 p.)



Określ, która zasada azotowa występuje w miejscu oznaczonym na ilustracji literą X. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

6 Uporządkuj punkty A–E tak, aby przedstawić kolejne etapy prowadzące do powstania białka. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

(1 p.)

- A. Połączenie mRNA z rybosomami.
B. Przepisanie informacji z DNA na pre-mRNA.
C. Uzyskanie aktywnego biologicznie białka dzięki modyfikacjom polipeptydu.
D. Wycięcie sekwencji niekodujących z pre-mRNA i powstanie cząsteczki mRNA.
E. Łączenie aminokwasów w polipeptyd na podstawie sekwencji nukleotydów mRNA.

7 Poniżej przedstawiono sekwencję nici matrycowej DNA, zawierającej introny (kolor zielony) i eksony (kolor czarny).

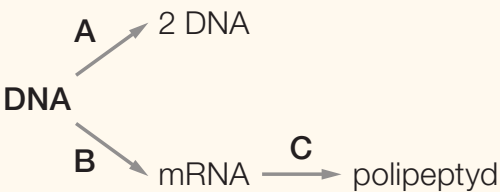
(2 p.)

Zapisz w zeszycie sekwencję cząsteczki mRNA uzyskanej po modyfikacji potranskrypcyjnej.

AAATCGATTAAATGCTAACGCTCCGATCCGTATTTAACGGTA

8 Schemat przedstawia procesy zachodzące w komórce z udziałem kwasów nukleinowych. (2 p.)

- a) Podaj nazwy procesów oznaczonych na schemacie literami A, B i C. Odpowiedź zapisz w zeszycie.
- b) Określ, które z tych procesów zachodzą w jądrze komórkowym. Odpowiedź zapisz w zeszycie.



9 W ramce obok podano fragment sekwencji cząsteczki DNA. Nić matrycową wskazano strzałką. (1 p.)

TCGGTACC
→ AGCCATGG

Wybierz punkt z poprawnym zapisem sekwencji cząsteczki mRNA, która powstała w wyniku transkrypcji. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

- A. AGCCAUCC B. UCGGUACC C. TCGGTACC D. AGCCATGG

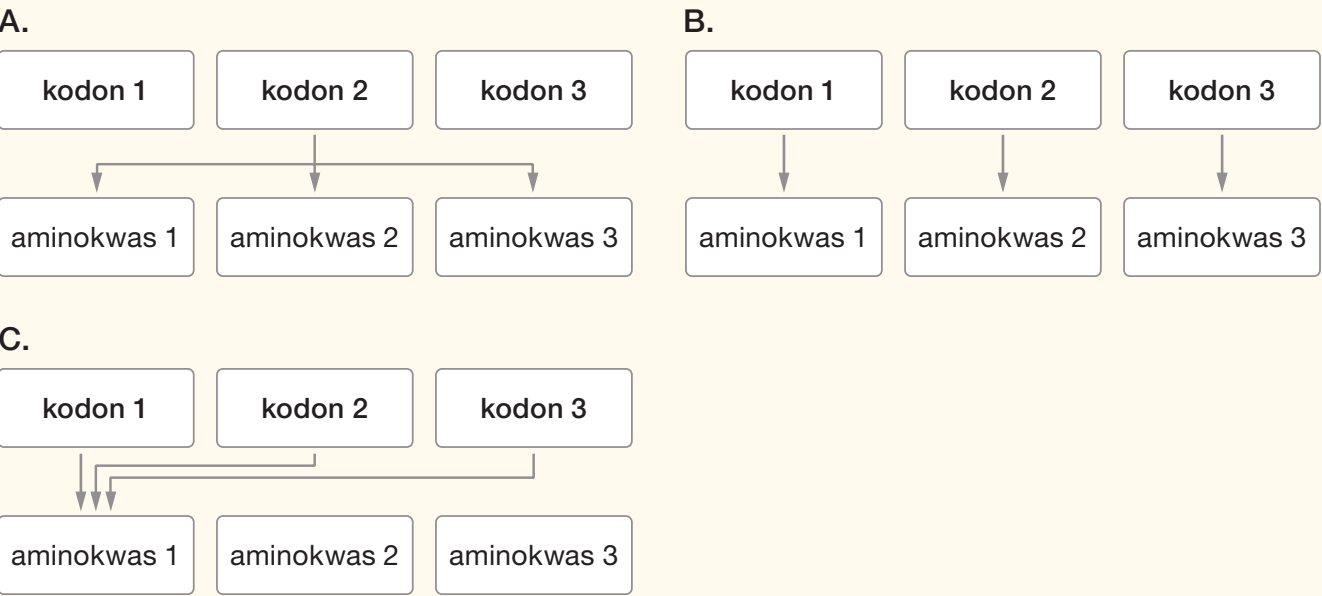
10 Na podstawie podanej sekwencji cząsteczki mRNA utwórz łańcuch aminokwasów. W tym celu skorzystaj z tabeli kodu genetycznego (→ s. 15). Odpowiedź zapisz w zeszycie. (1 p.)

mRNA: AUGCUAAGGGACCGUAUUUAA

11 Poniżej przedstawiono łańcuch sześciu aminokwasów. (2 p.)
metionina – alanina – seryna – glicyna – lizyna – walina

- a) Zapisz przykładową sekwencję cząsteczki mRNA, która może kodować aminokwasy w podanym łańcuchu aminokwasów. W tym celu skorzystaj z tabeli kodu genetycznego (→ s. 15). Pamiętaj, aby uwzględnić kodon STOP. Odpowiedź zapisz w zeszycie.
- b) Na podstawie uzyskanej nici mRNA utwórz nić matrycową DNA. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

12 Określ, który spośród podanych schematów (A–C) przedstawia jednoznaczność, a który – zdegenerowanie kodu genetycznego. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (1 p.)

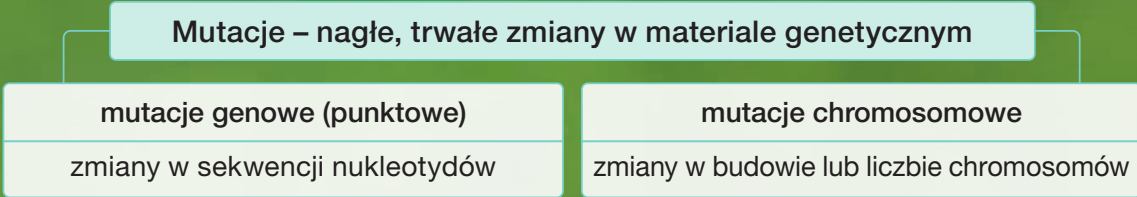


2. Genetyka klasyczna



Przypomnij sobie – to było w szkole podstawowej

- ▶ **Gen** – odcinek DNA, który zawiera informację o budowie białka lub RNA. Może występować w kilku wersjach nazywanych **allelami**.
- ▶ **Genotyp** – informacja genetyczna zawarta we wszystkich genach organizmu lub zapis alleli pojedynczego genu. **Fenotypem** nazywamy możliwe do zaobserwowania cechy organizmu.
- ▶ **Rodzaje mutacji:**



2.1. Prawo czystości gamet. Krzyżówka testowa

Ważne na tej lekcji!

- różnica między genotypem a fenotypem oraz między genem a allelem
- mechanizm dziedziczenia cech zgodnie z prawem czystości gamet
- krzyżówki genetyczne oraz ich interpretacja

Znasz już zależność między cechą a genem. Na tej lekcji dowiesz się, czym są genotyp i fenotyp, oraz poznasz reguły dziedziczenia tych cech, które zależą od jednego genu.

■ Czym są genotyp i fenotyp?

Genotyp to zespół wszystkich genów występujących w organizmie. Z kolei **fenotyp** to zespół wszystkich cech organizmu, które można zaobserwować. Są to cechy zarówno dotyczące wyglądu, np. kształt nosa, jak i cechy fizjologiczne i biochemiczne. Fenotyp zależy zarówno od genotypu organizmu, jak i od czynników środowiska.

Terminów „genotyp” i „fenotyp” używamy też do opisu jednego genu lub jednej cechy organizmu. Tak będziemy robić m.in. podczas rozwiązywania krzyżówek genetycznych.

■ Gen i allel

Geny mogą występować w wielu wersjach, które nazywamy **allelami**. Różne allele oznaczają inne warianty danej cechy. Przykładowo gen warunkujący barwę kwiatów grochu zwyczajnego występuje w postaci allelu barwy czerwonej i allelu barwy białej.

Gdy istnieją dwa allele danego genu, jeden z nich często dominuje nad drugim. Dlatego mówimy, że jeden gen jest **dominujący**, a drugi – **recesywny**.

Do ujawnienia się cechy warunkowanej przez allel dominujący, czyli **cechy dominującej**, wystarczy jeden allel dominujący. Cecha warunkowana przez allel recesywny – **cecha recesywna** – ujawnia się tylko wtedy, gdy organizm ma dwa allele recesywne danego genu.

Kto odkrył podstawowe prawa dziedziczenia?

Podstawowe prawa dziedziczenia odkrył Gregor Mendel, czeski zakonnik żyjący w XIX w. Prowadził on badania na grochu zwyczajnym. Roślina ta ma dużo łatwych do obserwacji cech. Mendel rozpoczął badania od wyhodowania tzw. czystych linii, czyli osobników, u których konkretna cecha, np. biały kolor kwiatów, utrzymuje się z pokolenia na pokolenie. Następnie krzyżował osobniki o odmiennych cechach i obserwował ich potomstwo.

Przykłady cech dominujących i recesywnych u grochu zwyczajnego

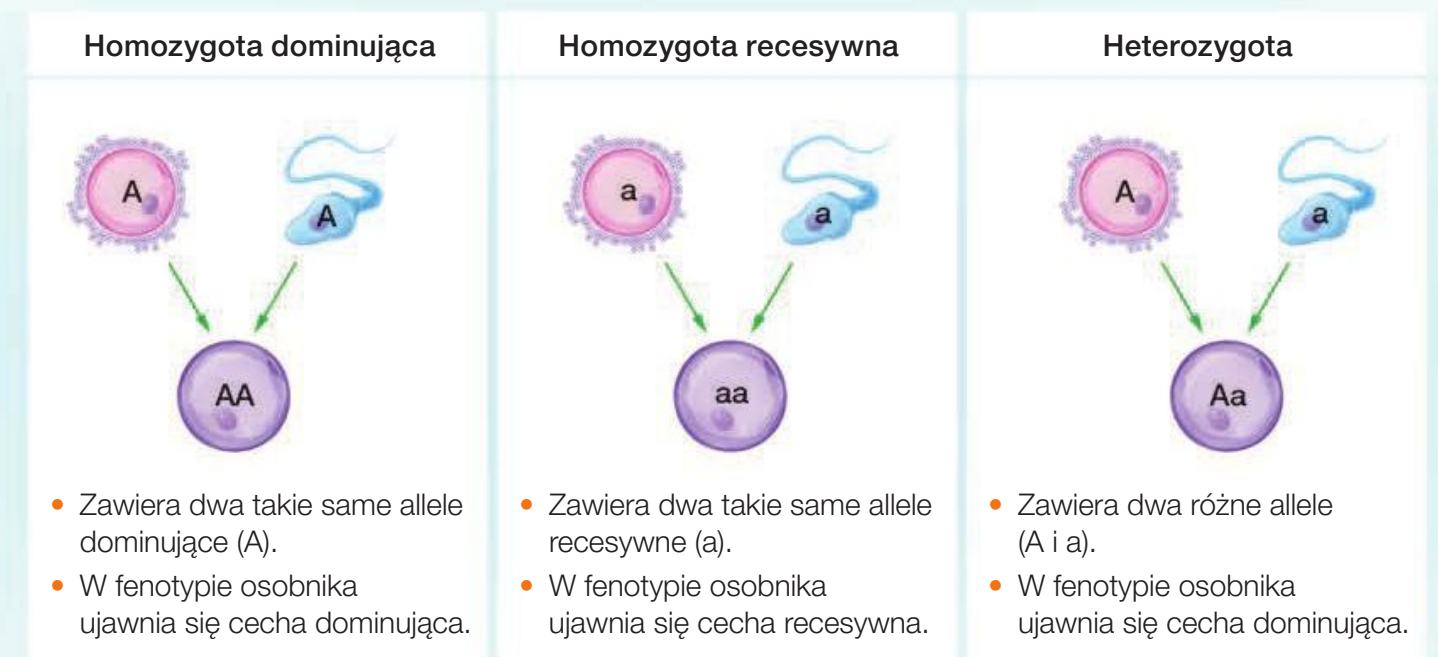
Rodzaj cechy	Cecha dominująca	Cecha recesywna
Barwa kwiatów	czerwona 	biała 
Kolor nasion	żółty 	zielony 
Powierzchnia nasion	gładka 	pomarszczona 

Dowiedz się więcej

Ile alleli danego genu znajduje się w gamecie, a ile – w zygocie?

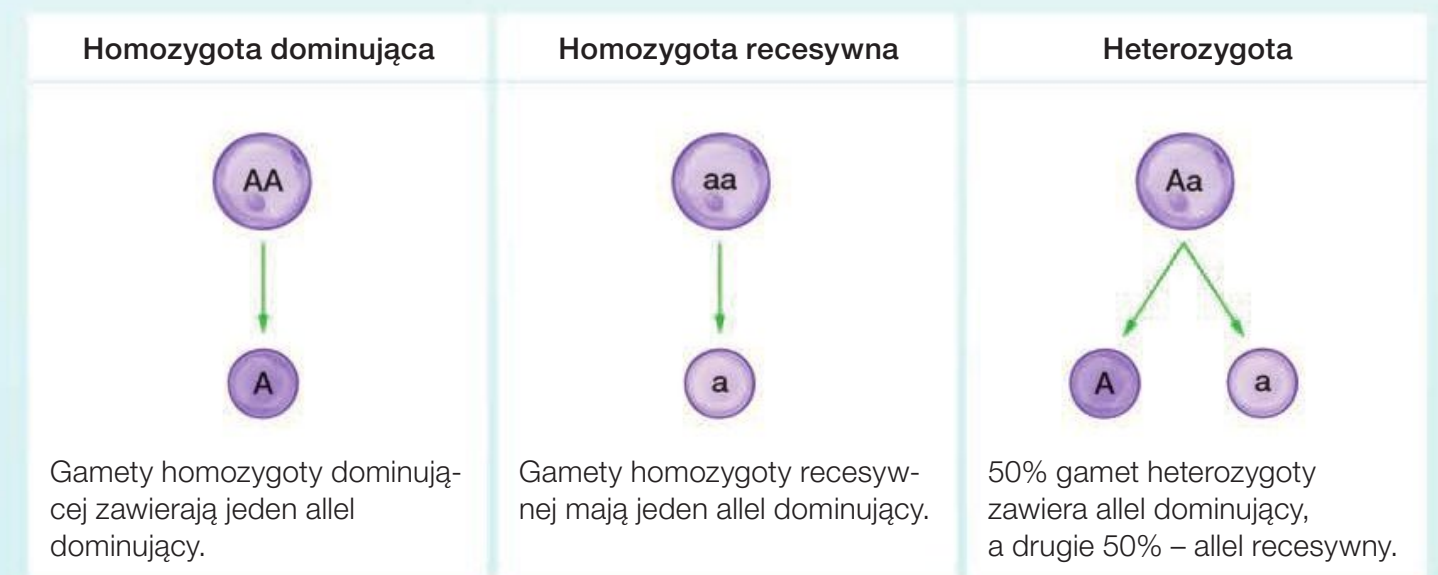
Gamety są haploidalne i zawierają po jednym allelu każdego genu. Dzięki temu zygota, która powstaje w wyniku zapłodnienia, jest diploidalna i ma dwa allele każdego genu – jeden od matki, a drugi od ojca. Allele w gametach matki i ojca mogą być takie same lub różne. Z tego powodu wyróżniamy trzy rodzaje zygot, z których rozwijają się trzy rodzaje osobników.

Zapamiętaj! Gdy piszemy o allelach, allel dominujący oznaczamy wielką literą (np. A), natomiast allel recesywny – małą literą (np. a).



■ Jakie gamety wytwarzają homozygoty i heterozygoty?

Gamety wytwarzane przez homozygoty i heterozygoty muszą być haploidalne. Dlatego zawierają tylko jeden allel każdego genu.



U heterozygot wytwarzanie gamet jest jak rzut monetą. Zawsze istnieją dwie możliwości. To, który allel (dominujący czy recesywny) znajdzie się w gamecie, jest kwestią przypadku. Prawdopodobieństwo obecności w gamecie dla każdego z tych alleli wynosi 50%.

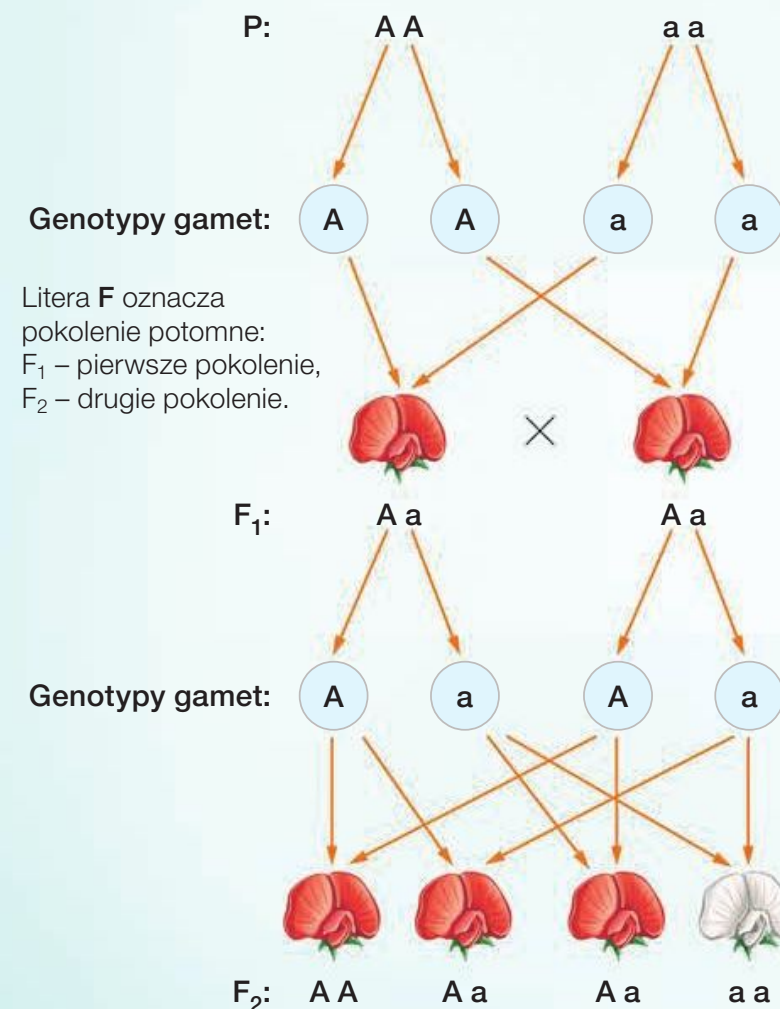
Prawo czystości gamet

W gamecie znajduje się zawsze jeden allel danego genu, dzięki czemu zygota ma dwa allele tego genu. Jest to jedno z podstawowych praw genetyki. Nazywamy je **prawem czystości gamet** lub **I prawem Mendla**

Jak działa prawo czystości gamet?

Działanie prawa czystości gamet możemy prześledzić na przykładzie dziedziczenia łatwo dostrzegalnej cechy, np. barwy kwiatów u grochu zwyczajnego. Cecha dominująca to czerwona barwa kwiatów. Allel, który za nią odpowiada, oznaczamy jako A. Cecha recesywna to biała barwa kwiatów. Allel, który za nią odpowiada, oznaczamy jako a.

Litera **P** oznacza pokolenie rodzicielskie.



Litera **F** oznacza pokolenie potomne: F₁ – pierwsze pokolenie, F₂ – drugie pokolenie.

1 Rośliny o czerwonych kwiatach, będące homozygotami dominującymi (AA), wytwarzają gamety z allelem dominującym (A). Natomiast rośliny o białych kwiatach, czyli homozygoty recesywne (aa), wytwarzają gamety z allelem recesywnym (a). Zobacz, co się stanie, gdy skrzyżujemy roślinę o białych kwiatach z rośliną o czerwonych kwiatach.

2 Z połączenia gamet osobników o białych kwiatach z gametami osobników o czerwonych kwiatach w pierwszym pokoleniu otrzymujemy osobniki fenotypowo czerwone, które są **heterozygotami** – mają dwa różne allele (jeden dominujący i jeden recesywny). Allel recesywny się jednak u nich nie ujawnił.

3 W wyniku skrzyżowania heterozygot z pierwszego pokolenia w drugim pokoleniu nastąpiło rozszczepienie cech fenotypowych w **stosunku 3:1**. Oznacza to, że 75% osobników ma kwiaty czerwone, a 25% – kwiaty białe.

Krok po kroku

Szachownica Punnetta – rozwiązywanie krzyżówek genetycznych

Jeżeli znamy genotypy pokolenia rodzicielskiego, możemy na podstawie prawa czystości gamet ustalić genotypy potomstwa. Służy do tego szachownica (diagram) Punnetta.

Przykład

Skrzyżowano dwie rośliny heterozygotyczne grochu zwyczajnego o kwiatach czerwonych. Określ, jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia wśród potomstwa roślin o kwiatach białych.

1 Oznacz allele.

A – kwiaty czerwone (allel dominujący)
a – kwiaty białe (allel recesywny)

2 Zapisz genotypy osobników rodzicielskich.

P: Aa × Aa

3 Zapisz genotypy gamet osobników rodzicielskich.

Wskazówka

Pamiętaj, że zgodnie z prawem czystości gamet w każdej gamecie znajduje się tylko jeden allel danego genu. Heterozygoty wykazują cechę dominującą – w tym zadaniu są to czerwone kwiaty – ale mają też allel recesywny, który się nie ujawnia. Każdy z osobników rodzicielskich wytwarza połowę gamet z allelem dominującym i drugą połowę – z allelem recesywnym.

Genotypy gamet pierwszego osobnika: A, a
Genotypy gamet drugiego osobnika: A, a

4 Skonstruuj szachownicę Punnetta.

Narysuj tabelę taką jak na ilustracji poniżej. W pierwszym wierszu tabeli wpisz genotypy gamet jednego z osobników rodzicielskich, a w pierwszej kolumnie – genotypy gamet drugiego osobnika rodzicielskiego. W białych polach wpisz możliwe połączenia gamet, wynikające z zestawienia kolumny z wierszem.

♀ \ ♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

5 Na podstawie genotypów ustal i zapisz w szachownicy fenotypy potomstwa.

♀ \ ♂	A	a
A	czerwone kwiaty AA	czerwone kwiaty Aa
a	czerwone kwiaty Aa	białe kwiaty aa

6 Zapisz, jaki jest stosunek genotypów i fenotypów potomstwa.

Stosunek genotypów:

1 : 2 : 1

AA : Aa : aa

Stosunek fenotypów:

3 : 1

czerwone kwiaty białe kwiaty

7 Określ prawdopodobieństwo wystąpienia każdego z fenotypów.

Prawdopodobieństwo wystąpienia roślin o czerwonych kwiatach: $3/4 = 75\%$

Prawdopodobieństwo wystąpienia roślin o białych kwiatach: $1/4 = 25\%$

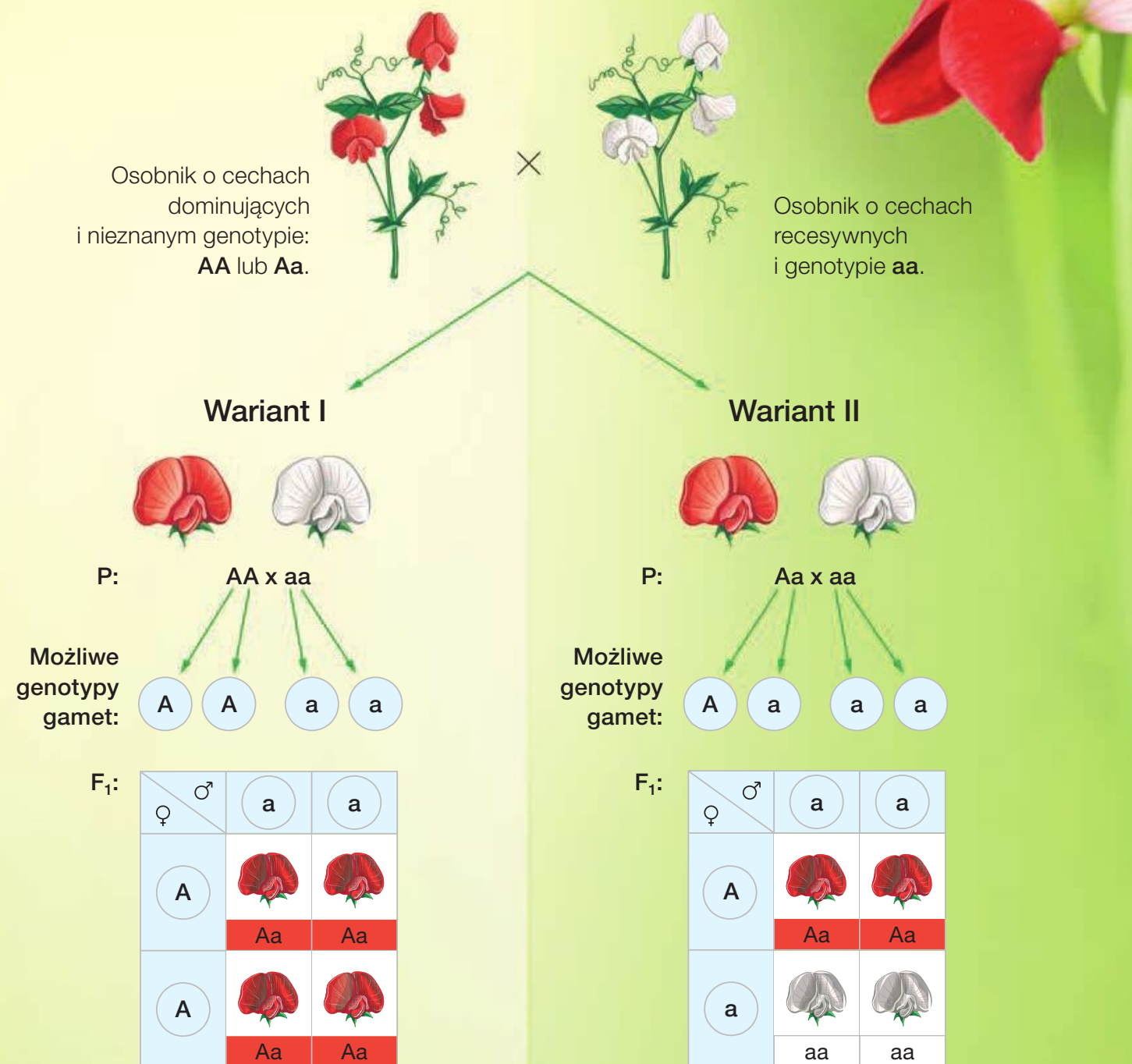
8 Sformułuj odpowiedź.

Odpowiedź: Prawdopodobieństwo wystąpienia roślin o białej barwie kwiatów u potomstwa dwóch heterozygot o czerwonej barwie kwiatów wynosi 25%.

Krzyżówka testowa, czyli jak sprawdzić, czy osobnik jest heterozygotą?

Osobnik o cechach dominujących może być homozygotą dominującą lub heterozygotą. Aby sprawdzić, jaki jest jego genotyp, należy wykonać **krzyżówkę testową**.

Krzyżówka ta polega na skrzyżowaniu osobnika o cechach dominujących z homozygotą recesywną.



Jeżeli osobnik rodzicielski o cechach dominujących jest homozygotą, to u wszystkich osobników potomnych fenotypowo ujawnia się cecha dominująca. W omawianym przykładzie wszystkie osobniki potomne mają czerwone kwiaty.

Jeżeli osobnik rodzicielski o cechach dominujących jest heterozygotą, to u połowy osobników potomnych fenotypowo ujawnia się cecha dominująca, a u drugiej połowy – cecha recesywna. W tym przykładzie wśród osobników potomnych pojawiły się osobniki z czerwonymi kwiatami i osobniki z białymi kwiatami.

Krok po kroku

Przykłady rozwiązywania jednogennych krzyżówek genetycznych

Odstające uszy są cechą dominującą, a przylegające uszy – cechą recesywną. Prześledź dwa przykłady dziedziczenia tej cechy.

Dane dla obu przykładów:

A – odstające uszy (allel dominujący)

a – przylegające uszy (allel recesywny)

Przykład 1.

Jakie jest prawdopodobieństwo, że dziecko będzie miało przylegające uszy, jeśli ojciec ma odstające uszy, a matka – uszy przylegające?

Wskazówka

Matka ma przylegające uszy, jest więc homozygotą recesywną pod względem tej cechy. Ojciec ma odstające uszy – nie wiadomo, czy jest homozygotą dominującą, czy też heterozygotą. Należy rozważyć oba warianty.

Wariant 1. Ojciec jest homozygotą dominującą.

1 Ustal genotypy rodziców.

P: AA x aa

2 Określ możliwe genotypy gamet obojga rodziców.

Ojciec: wyłącznie A
Matka: wyłącznie a

3 Skonstruuj szachownicę Punnetta.

Wpisz w niej genotypy gamet obojga rodziców. Następnie określ genotypy i fenotypy w pokoleniu F₁.

♂ \ ♀	A	A
a	Aa odstające uszy	Aa odstające uszy
a	Aa odstające uszy	Aa odstające uszy

4 Określ prawdopodobieństwo wystąpienia u potomstwa przylegających uszu.

Prawdopodobieństwo wystąpienia przylegających uszu wynosi 0%, ponieważ dzieci tej pary będą heterozygotami, u których ujawni się cecha dominująca – odstające uszy.

Wariant 2. Ojciec jest heterozygotą.

1 Ustal genotypy rodziców.

P: Aa x aa

2 Określ możliwe rodzaje gamet obojga rodziców.

Ojciec: A, a

Matka: wyłącznie a

3 Skonstruuj szachownicę Punnetta.

Wpisz w niej genotypy gamet obojga rodziców. Następnie określ genotypy i fenotypy w pokoleniu F₁.

♂ \ ♀	A	a
a	Aa odstające uszy	aa przylegające uszy
a	Aa odstające uszy	aa przylegające uszy

4 Określ prawdopodobieństwo wystąpienia u potomstwa przylegających uszu.

Prawdopodobieństwo wystąpienia u dziecka przylegających uszu wynosi 50% (2/4). Dziecko może być heterozygotą o odstających uszach lub homozygotą o przylegających uszach.

Odpowiedź: Jeśli ojciec jest homozygotą dominującą, to prawdopodobieństwo wystąpienia u dziecka przylegających uszu wynosi 0%. Jeśli jest heterozygotą – prawdopodobieństwo wystąpienia u dziecka przylegających uszu wynosi 50%.

Krok po kroku

Przykład 2.

Które fenotypowe cechy mogą wystąpić u dziecka, jeżeli oboje rodzice mają odstające uszy (cecha dominująca) i są heterozygotami? W odpowiedzi uwzględnij prawdopodobieństwo wystąpienia danego fenotypu.

1 Ustal genotypy rodziców.

Genotypy rodziców:
P: Aa x Aa

2 Określ możliwe genotypy gamet obojga rodziców.

Genotypy gamet każdego z rodziców: A, a

3 Skonstruuj szachownicę Punnetta. Wpisz w niej genotypy gamet rodziców, a następnie określ możliwe genotypy i fenotypy potomstwa.

♂ ♀	A	a
A	AA odstające uszy	Aa odstające uszy
a	Aa odstające uszy	aa przylegające uszy

4 Określ, jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych fenotypów u potomstwa.

Odstające uszy: $\frac{3}{4} = 75\%$
Przylegające uszy: $\frac{1}{4} = 25\%$

Odpowiedź: Jeśli oboje rodzice są heterozygotami, to prawdopodobieństwo wystąpienia u dziecka odstających uszu wynosi 75%, a przylegających uszu – 25%.

W skrócie

- Genotyp** to zespół wszystkich genów danego organizmu.
- Fenotypem** nazywamy zespół cech organizmu, które można zaobserwować. Zależy on od genotypu oraz czynników środowiska.
- Allel** to wersja danego genu. Może być **dominujący** – oznaczamy go wtedy wielką literą (np. A), lub **recesywny** – oznaczamy go wtedy małą literą (np. a).
- Jeśli osobnik ma dwa takie same allele danego genu, nazywamy go **homozygotą** (AA lub aa) pod względem cechy warunkowanej przez ten gen. Jeśli ma dwa różne allele, określamy go mianem **heterozygoty** (Aa).
- Zgodnie z **prawem czystości gamet** w każdej gamecie znajduje się jeden allel danego genu.
- Krzyżówka jednogenowa dla dwóch heterozygot zgodnie z prawem czystości gamet daje stosunek fenotypów 3:1.
- Krzyżówka testowa** pozwala sprawdzić, czy osobnik wykazujący cechę dominującą jest heterozygotą, czy też homozygotą dominującą.

Polecenia kontrolne

- Wyjaśnij, dlaczego gamety mają po jednym allelu danego genu, a zygota ma dwa allele tego genu.
- Określ związek pomiędzy fenotypem a genotypem.
- Wyjaśnij, czym homozygota różni się od heterozygoty.
- Oboje rodzice mają wolne płatki uszu. Określ, jakie jest prawdopodobieństwo, że ich dziecko będzie miało przyrośnięte płatki uszu, jeśli każde z rodziców jest heterozygotą pod względem tej cechy. Wolny płatek ucha jest cechą dominującą. Odpowiedź zapisz w zeszycie.
- Określ, czy para osobników rodzicielskich grochu zwyczajnego o białych kwiatach może mieć potomstwo o czerwonych kwiatach. Odpowiedź uzasadnij odpowiednią krzyżówką zapisaną w zeszycie.

2.2. Prawo niezależnej segregacji cech

Ważne na tej lekcji!

- prawo niezależnej segregacji cech
- rozwiązywanie dwugenowych krzyżówek genetycznych zgodnie z prawem niezależnej segregacji cech

Jak to się dzieje, że dziecko dziedziczy np. kręcone włosy po mamie, a piegi po tacie? Czy możemy przewidzieć wynik dziedziczenia dwóch cech? Okazuje się, że tak, jeśli zastosujemy prawo niezależnej segregacji cech. Na tej lekcji dowiesz się, jak to zrobić, a w ćwiczeniu tej umiejętności pomoże Ci tabela z przykładami cech człowieka.

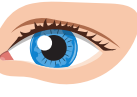
Prawo niezależnej segregacji cech

Prawo niezależnej segregacji cech mówi o tym, że cechy dziedziczą się niezależnie od siebie. Prawo to sformułował Gregor Mendel na podstawie badań nad roślinami różniącymi się więcej niż jedną cechą. Stąd inna nazwa tego prawa – II prawo Mendla.

Współcześnie wiemy, że dziedziczymy allele różnych genów warunkujących określone cechy. Wiemy również, że allele te dziedziczą się niezależnie od siebie. Dzieje się tak, ponieważ allele genów również niezależnie od siebie, losowo, trafiają do gamet i tworzą w gametach różne kombinacje o jednakowym prawdopodobieństwie wystąpienia.

Badania pozwoliły również stwierdzić, że prawo niezależnej segregacji cech dotyczy tylko cech warunkowanych przez geny znajdujące się na różnych chromosomach. Dokładniej prawo niezależnej segregacji cech poznasz na przykładzie dwóch cech nasion grochu zwyczajnego, który to przykład opisaliśmy na s. 34.

Przykłady cech dominujących i cech recesywnych człowieka¹

Cechy dominujące		Cechy recesywne	
ciemne włosy		jasne włosy	
kręcone włosy		proste włosy	
ciemne oczy		jasne oczy	
grupa krwi Rh+		grupa krwi Rh-	
piegi		brak piegów	

¹ Podczas rozwiązywania krzyżówek genetycznych dla uproszczenia możemy przyjąć, że wskazane w tabeli cechy dziedziczą się jednogenowo. Współczesne badania wskazują jednak na bardziej złożony sposób ich dziedziczenia.

Dziedziczenie barwy i rodzaju powierzchni nasion u grochu zwyczajnego

Przeanalizuj działanie prawa niezależnej segregacji cech na przykładzie dziedziczenia dwóch cech grochu zwyczajnego – barwy i rodzaju powierzchni nasion.

Oznaczenia alleli:
A – żółta barwa B – gładka powierzchnia
a – zielona barwa b – pomarszczona powierzchnia

- 1
- Skrzyżowano dwie podwójne homozygoty. Były to:
 - homozygota dominująca (AABB), która miała tylko cechy dominujące,
 - homozygota recesywna (aabb), która miała tylko cechy recesywne.
- 2
- Zgodnie z prawem czystości gamet gamety osobników rodzicielskich miały tylko po jednym allelu każdej cechy. Jeden osobnik rodzicielski wytworzył więc gamety zawierające tylko allele dominujące (AB), a drugi – wyłącznie allele recesywne (ab).
- 3
- W pokoleniu F₁ powstały wyłącznie **podwójne heterozygoty** – AaBb o nasionach żółtych i gładkich.



- 4
- Podwójna heterozygota może wytworzyć cztery genotypy gamet. Każda gameta musi zawierać po jednym allelu danej cechy. To, który allel (dominujący czy recesywny) znajdzie się w danej gamecie, jest kwestią przypadku, dlatego trzeba prześledzić wszystkie możliwe kombinacje: **AB, Ab, aB i ab**.
- 5
- Jak widzisz, nasiona żółte nie zawsze są gładkie, a nasiona zielone nie muszą być pomarszczone. W pokoleniu F₂ pojawiły się też osobniki o nasionach żółtych i pomarszczonych oraz zielonych i gładkich. Geny umożliwiające wykształcenie tych cech dziedziczą się zatem niezależnie od siebie.

F₂:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AaBb	AABB	AABb	AaBB	AaBb
AaBb	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
AaBb	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
AaBb	AaBb	Aabb	aaBb	aabb



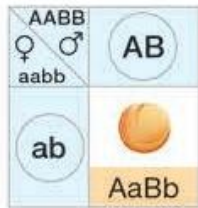
- 6
- Na 16 możliwych kombinacji połączeń gamet (4 x 4) stosunek fenotypów osobników potomnych wynosił 9:3:3:1. Otrzymano:
 - 9 nasion żółtych i gładkich,
 - 3 nasiona żółte i pomarszczone,
 - 3 nasiona zielone i gładkie,
 - 1 nasiono zielone i pomarszczone.

Krzyżówka testowa dwugenowa

Jak powiedzieliśmy na poprzedniej lekcji, dzięki krzyżówce testowej możemy sprawdzić, czy dany osobnik jest homozygotą, czy

też heterozygotą. Taką krzyżówkę można przygotować również dla dwóch cech. Jest to krzyżówka testowa dwugenowa. Sposób jej przygotowania możesz prześledzić poniżej.

Krzyżówka testowa dwugenowa dotycząca barwy i powierzchni nasion grochu zwyczajnego



Jednolite fenotypowo:



Jeżeli badany osobnik jest podwójną homozygotą dominującą, to w pokoleniu F₁ wszystkie rośliny będą mieć żółte i gładkie nasiona.



♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AaBb	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Stosunek fenotypów:



Jeżeli badany osobnik jest podwójną heterozygotą, to w pokoleniu F₁ wystąpią cztery fenotypy w stosunku: 1:1:1:1.

Krok po kroku

Rozwiązanie krzyżówek dwugenowych

Pięgi i odstające uszy są cechami dominującymi, a brak piegów i przylegające uszy – recesywnymi.

Przykład 1.

Rodzice są piegowaci i mają odstające uszy. Każde z nich jest podwójną heterozygotą pod względem tych cech. Określ, jakie jest prawdopodobieństwo, że dziecko tych rodziców będzie miało przylegające uszy, a nie będzie miało piegów.

1

Oznacz allele obu cech.
A – piegi a – brak piegów
B – odstające uszy b – przylegające uszy

2

Zapisz genotypy rodziców.
P: AaBb x AaBb

3

Zapisz genotypy gamet rodziców.
Jedno z rodziców: AB, Ab, aB, ab
Drugie z rodziców: AB, Ab, aB, ab

4

Skonstruuj szachownicę Punnetta. Określ i zapisz w niej możliwe genotypy potomstwa. Zaznacz genotyp, który daje taki fenotyp, jak wymieniony w poleceniu do zadania.

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	<u>aabb</u>

5

Sformułuj odpowiedź.
Odpowiedź: Prawdopodobieństwo, że dziecko będzie miało przylegające uszy i nie będzie miało piegów, wynosi 1/16, czyli 6,25%.

Krok po kroku

Przykład 2.

Ojciec ma piegi i przylegające uszy, a matka nie ma piegów, ale ma odstające uszy. Jakie fenotypy mogą wystąpić u ich potomstwa, jeśli rodzice są heterozygotami pod względem cech widocznych fenotypowo jako dominujące? Podaj prawdopodobieństwo wystąpienia każdego fenotypu.

1 Oznacz allele obu cech.

- A – piegi
- a – brak piegów
- B – odstające uszy
- b – przylegające uszy

2 Ustal genotypy rodziców.

Genotypy rodziców:
P: Aabb x aaBb

3 Określ możliwe genotypy gamet rodziców.

Genotypy gamet ojca: Ab, ab
Genotypy gamet matki: aB, ab

4 Skonstruuj szachownicę Punnetta. Określ i zapisz w niej genotypy i fenotypy potomstwa.

♂ \ ♀	Ab	ab
aB	AaBb piegi odstające uszy	aaBb brak piegów odstające uszy
ab	Aabb piegi przylegające uszy	aabb brak piegów przylegające uszy

Odpowiedź: U potomstwa tej pary mogą wystąpić cztery różne fenotypy. Ich stosunek wynosi: 1:1:1:1. Oznacza to 25-procentowe prawdopodobieństwo wystąpienia każdego z następujących fenotypów:

- piegi i odstające uszy,
- piegi i przylegające uszy,
- brak piegów i przylegające uszy,
- brak piegów i odstające uszy.

W skrócie

- **Prawo niezależnej segregacji cech** mówi o tym, że cechy dziedziczą się niezależnie od siebie. Wynika to z tego, że allele różnych genów trafiają do gamet niezależnie od siebie.
- **Krzyżówka dwugenowa** dla dwóch podwójnych heterozygot zgodnie z prawem niezależnej segregacji cech daje stosunek fenotypów 9:3:3:1.

Polecenia kontrolne

1. Zapisz w zeszycie, jakie genotypy gamet wytworzy każdy z osobników rodzicielskich podanych w przykładach.
a) AaBB x AABB, b) AAbb x aaBb, c) AaBb x Aabb.
2. Żółta barwa i gładka powierzchnia nasion grochu są cechami dominującymi. Zielona barwa i pomarszczona powierzchnia nasion to cechy recesywne. Jaki stosunek fenotypów uzyskamy u potomstwa, jeśli skrzyżujemy osobniki o żółtych i pomarszczonych nasionach z osobnikami o zielonych i gładkich nasionach? Przyjmij, że osobniki rodzicielskie to heterozygoty pod względem cech widocznych fenotypowo jako dominujące. Zadanie wykonaj w zeszycie.
3. W pewnej rodzinie ojciec ma piegi i kręcone włosy, matka nie ma piegów i ma proste włosy. Określ, jakie cechy mogą wystąpić u ich potomstwa, jeśli wiemy, że ojciec jest heterozygotą pod względem obu tych cech, a cechy dominujące to piegi i kręcone włosy. Zadanie wykonaj w zeszycie.
4. Cechami dominującymi są długie rzęsy i wolne płatki uszu. Janek ma przyrośnięte płatki uszu i długie rzęsy. Określ, jaki genotyp ma Janek, jeśli jego ojciec ma krótkie rzęsy. Uzasadnij odpowiedź. Zadanie wykonaj w zeszycie.

2.3. Inne sposoby dziedziczenia cech

Ważne na tej lekcji!

- zasady dziedziczenia cech związane z dominacją pełną i dominacją niepełną
- występowanie alleli wielokrotnych i kodominacji na przykładzie dziedziczenia grup krwi
- dziedziczenie wielogenowe

Badania Mendla, które opisaliśmy wcześniej, zostały uzupełnione przez naukowców doświadczeniami przeprowadzonymi na wielu gatunkach. Na ich podstawie ustalono m.in., że niekiedy osobniki potomne, będące heterozygotami, mają cechy pośrednie w stosunku do cech rodziców, a wykształcenie jednej cechy może zależeć od dwóch lub większej liczby genów.

Dziedziczenie jednogenowe

O **dziedziczeniu jednogenowym** mówimy wtedy, gdy wykształcenie danej cechy zależy od jednego genu. Gen ten może występować w dwóch wersjach (allelach) lub w większej liczbie wersji (allelach).

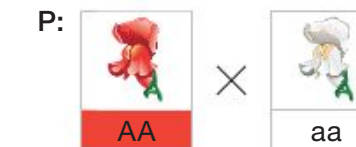
Dominacja pełna i niepełna

Dominacja pełna (zupełna) występuje wtedy, gdy jeden allel (dominujący) wyraźnie dominuje nad drugim allelem (recesywnym). Heterozygoty wykazują więc zawsze cechę dominującą. W ten sposób dziedziczy się np. obecność piegów.

Dominacja niepełna (niezupełna) jest takim rodzajem dziedziczenia, w którym żaden allel nie dominuje w pełni nad drugim allelem. Heterozygoty wykazują wtedy cechy pośrednie pomiędzy homozygotą dominującą a homozygotą recesywną. Osobniki potomne homozygot: dominującej i recesywnej mają zatem inny fenotyp niż osobniki rodzicielskie, ponieważ do wykształcenia pełnej wartości cechy dominującej potrzeba dwóch alleli dominujących.

Przykładem dominacji niepełnej jest dziedziczenie koloru kwiatów u wyżłinu większego. Homozygota dominująca ma czerwone kwiaty, a recesywna – białe kwiaty. Pierwsze pokolenie heterozygotyczne ma różowe kwiaty, ponieważ do wykształcenia pełnej, czerwonej barwy potrzebne są dwa allele dominujące. Krzyżówka heterozygot w drugim pokoleniu daje taki sam **stosunek genotypów i fenotypów: 1:2:1**.

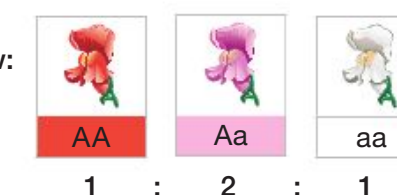
Dominacja niepełna – dziedziczenie barwy kwiatów u wyżłinu większego



F₂:

♀ \ ♂	A	a
A	 AA	 Aa
a	 Aa	 aa

Stosunek fenotypów:



Kodominacja i allele wielokrotne

Inny sposób jednogenowego dziedziczenia cech to **kodominacja**. Polega ona na tym, że dwa allele jednego genu są równorzędne wobec siebie – żaden z nich nie jest ani dominujący, ani recesywny w stosunku do drugiego. W przypadku kodominacji heterozygoty wytwarzają białka kodowane przez oba allele.

Czasami zdarza się, że gen ma więcej niż dwa allele. Jeżeli jeden gen występuje w co

najmniej trzech wersjach, czyli ma co najmniej trzy allele, to nazywamy je **allelami wielokrotnymi**.

Dziedziczenie wielogenowe

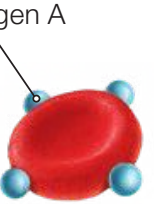
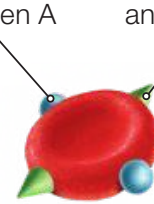
Z **dziedziczeniem wielogenowym** mamy do czynienia wtedy, gdy daną cechę warunkuje nie jeden gen, ale wiele genów, od których ekspresji zależy ostateczny efekt fenotypowy. Przykłady takich cech u człowieka to wzrost, masa ciała i barwa skóry.

Dziedziczenie grup krwi człowieka – przykład występowania alleli wielokrotnych

Grupa krwi w układzie AB0 (ABO) zależy od tego, jakie antygeny występują na powierzchni erytrocytów. Cechę tę warunkują trzy różne allele tego samego genu: I^A lub I^B oraz i . Allel I^A powoduje występowanie antygeny A, natomiast allel I^B – antygeny B. Allel i nie koduje żadnego z antygenów.

- ▶ **Kodominacja** występuje między allelami I^A oraz I^B , które są równorzędne względem siebie. Jeżeli w genotypie występują oba te allele, to zachodzi ekspresja ich obu i erytrocyt ma dwa antygeny (A i B) na powierzchni komórki.
- ▶ **Dominacja pełna** występuje pomiędzy allelem I^A oraz allelem i , a także pomiędzy allelem I^B oraz allelem i . Oznacza to, że allele I^A oraz I^B są **dominujące** względem **recesywnego** allelu i . U homozygoty recesywnej (ii) na powierzchni erytrocytów nie występują ani antygeny A, ani antygeny B.

Rodzaje antygenów na powierzchni erytrocytów w zależności od grupy krwi

Grupy krwi człowieka			
grupa krwi A	grupa krwi B	grupa krwi AB	grupa krwi 0
			
Za obecność antygeny A odpowiada allel dominujący I^A .	Za obecność antygeny B odpowiada allel dominujący I^B .	Za obecność antygenów A i B odpowiadają allele dominujące: I^A oraz I^B .	Za brak antygenów odpowiada allel recesywny i .
Możliwe genotypy			
$I^A I^A, I^A i$	$I^B I^B, I^B i$	$I^A I^B$	ii

Krok po kroku

Krzyżówki genetyczne dotyczące dziedziczenia grup krwi

Przykład 1.

Matka ma grupę krwi B, a ojciec – grupę krwi A. Oboje rodzice są heterozygotami pod względem tej cechy. Jakie grupy krwi mogą mieć ich dzieci? Określ prawdopodobieństwo wystąpienia każdej z grup krwi.

1 Oznacz allele.

- I^A – allel dominujący warunkujący obecność antygeny A
- I^B – allel dominujący warunkujący obecność antygeny B
- i – allel recesywny warunkujący brak antygeny

2 Zapisz genotypy rodziców.

Wskazówka

Wiemy, że rodzice są heterozygotami. Oznacza to, że ojciec o grupie krwi A musi mieć jeden allel dominujący warunkujący obecność antygeny A (I^A) oraz jeden allel recesywny (i). Podobnie matka o grupie krwi B musi mieć jeden allel dominujący (I^B) oraz jeden allel recesywny (i).

Przykład 2.

Określ, jakich grup krwi nie może mieć ojciec dziecka, jeżeli matka ma grupę krwi A (jest homozygotą dominującą), a dziecko – grupę krwi AB.

1 Oznacz allele.

- I^A – allel dominujący warunkujący obecność antygeny A
- I^B – allel dominujący warunkujący obecność antygeny B
- i – allel recesywny warunkujący brak antygeny

2 Zapisz genotypy rodziców.

Wskazówka

Dziecko ma grupę krwi AB, czyli ma dwa allele dominujące: jeden I^A , a drugi I^B . Ponieważ matka w gametach ma wyłącznie allele dominujące I^A (jest homozygotą), to allel I^B dziecko musiało odziedziczyć po ojcu. Ojciec musi mieć więc grupę krwi B lub AB.

Genotypy rodziców:
 $P: I^B i \times I^A i$

3 Zapisz, jakie genotypy gamet są wytwarzane przez matkę i ojca.

Genotypy gamet matki: I^B oraz i
Genotypy gamet ojca: I^A oraz i

4 Skonstruuj szachownicę Punnetta. Wpisz w niej genotypy i fenotypy potomstwa.

♂ \ ♀	I^A	i
I^B	$I^A I^B$ grupa krwi AB	$I^B i$ grupa krwi B
i	$I^A i$ grupa krwi A	ii grupa krwi 0

5 Sformułuj odpowiedź.

Odpowiedź: Dzieci mogą mieć grupę krwi A, B, AB lub 0. Prawdopodobieństwo wystąpienia każdej z tych grup krwi u potomstwa wynosi 25%.

Możliwe genotypy rodziców:

- $P: I^A I^A \times I^A I^B$
- $P: I^A I^A \times I^B i$
- $P: I^A I^A \times I^B i$

3 Ustal, jakiej grupy krwi nie może mieć ojciec.

W genotypie ojca musi być allel I^B , dlatego ojciec nie może mieć genotypu:

- ii – grupa krwi 0,
- $I^A i$ lub $I^A I^A$ – grupa krwi A.

4 Sformułuj odpowiedź.

Odpowiedź: Jeżeli matka ma grupę krwi A, a dziecko – grupę krwi AB, to ojciec nie może mieć grup krwi 0 oraz A.

Dlaczego białe koty często mają problemy ze słuchem?

Blżej życia

Naukowcy zaobserwowali, że prawdopodobieństwo wystąpienia problemów ze słuchem u kotów jest związane z barwą ich sierści i kolorem oczu. Najczęściej nie słyszą białe koty z niebieskimi oczami (60–80%). Dlaczego tak się dzieje? Jest to przykład sytuacji, gdy jeden gen wpływa na wiele cech organizmu. W tym przypadku dominujący allel wpływający na melanocyty (komórki produkujące barwniki) powoduje równoczesne wystąpienie u kota takich cech, jak: białe futro, niebieskie tęczówki i głuchota.



W skrócie

- **Dziedziczenie jednogenowe** to rodzaj dziedziczenia, w którym wykształcenie jednej cechy zależy od jednego genu.
- **Dominacja pełna** (zupełna) występuje wtedy, gdy jeden z alleli (allel dominujący) w pełni dominuje nad drugim allelem (allele recesywnym). Heterozygoty mają w tym przypadku taki fenotyp, jak homozygota dominująca.
- **Dominacja niepełna** (niezupełna) występuje wtedy, gdy żaden allel nie dominuje w pełni nad drugim allelem. Heterozygoty wykazują cechy pośrednie pomiędzy homozygotą dominującą a homozygotą recesywną.
- **Kodominacja** polega na tym, że dwa allele danego genu są równorzędne wobec siebie. Organizmy heterozygot produkują jednocześnie oba białka kodowane przez te allele.
- O **allelach wielokrotnych** mówimy wtedy, gdy jeden gen występuje w co najmniej trzech wersjach (allelach).
- **Dziedziczenie wielogenowe** to rodzaj dziedziczenia, w którym za wykształcenie jednej cechy odpowiada kilka genów współdziałających ze sobą.

Polecenia kontrolne

1. Określ, jaki będzie wynik krzyżówki testowej (heterozygoty z homozygotą recesywną) w przypadku dziedziczenia barwy kwiatów u wyżłinu większego. Zadanie wykonaj w zeszycie.
2. Zapisz w zeszycie, które grupy krwi i w jakim stosunku fenotypowym mogą wystąpić w pokoleniu potomnym, jeśli:
 - a) oboje rodzice mają grupę krwi AB,
 - b) oboje rodzice mają grupę krwi O,
 - c) jedno z rodziców ma grupę krwi AB, a drugie – grupę krwi O.
3. Wyjaśnij, na czym polega dziedziczenie wielogenowe. Podaj przykład cechy dziedziczonej w ten sposób.

2.4. Dziedziczenie płci. Cechy sprzężone z płcią

Ważne na tej lekcji!

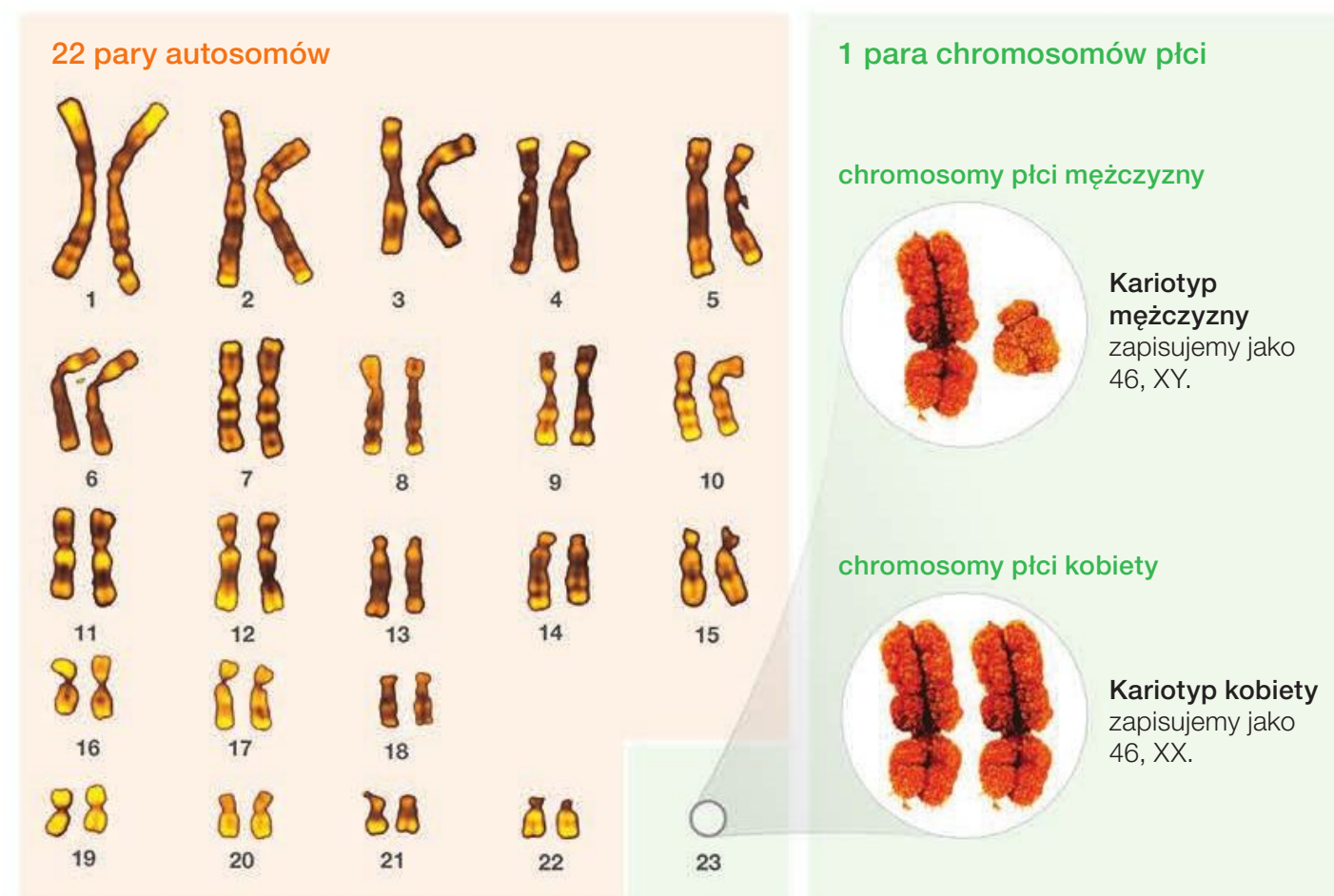
- karyotyp człowieka
- dziedziczenie płci u człowieka
- cechy sprzężone z płcią i przykłady ich dziedziczenia

Przyszli rodzice często słyszą pytania: Czy znacie już płeć dziecka? To będzie dziewczynka czy chłopiec? Jednak czy mogą określić płeć dziecka lub chociaż prawdopodobieństwo urodzenia się chłopca albo dziewczynki bez przeprowadzania badań? Od czego zależy genetyczna płeć potomstwa? I czy istnieją cechy, których dziedziczenie zależy od płci? Aby poznać odpowiedzi na te pytania, musisz najpierw dowiedzieć się, czym jest karyotyp oraz na jakiej podstawie można określić genetyczną płeć człowieka.

■ Karyotyp. Chromosomy płci

Karyotypem nazywamy zestaw wszystkich chromosomów w komórce diploidalnej. Karyotyp człowieka zawiera 46 chromosomów tworzących 23 pary. Wśród nich wyróżniamy:

- ▶ **22 pary autosomów** – są one takie same u obu płci,
- ▶ **1 parę chromosomów płci** – chromosomy z tej pary zawierają geny warunkujące płeć organizmu. U kobiet są to dwa chromosomy X, a u mężczyzn chromosom X i chromosom Y.

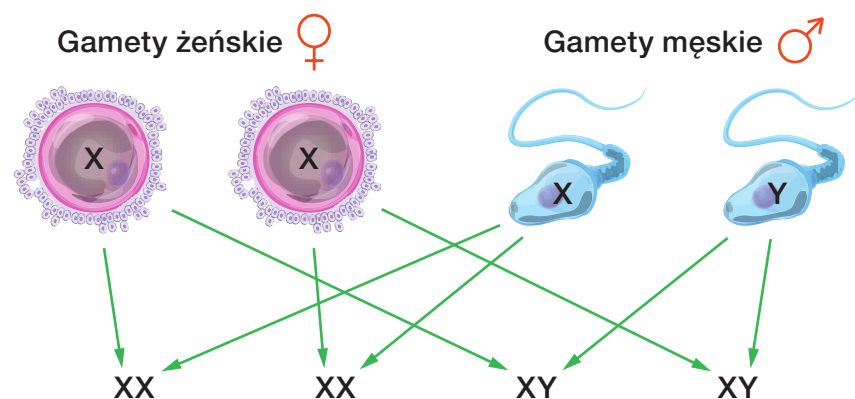


Karyotyp człowieka składa się z 23 par chromosomów. 22 pary to autosomy, a 1 para to chromosomy płci.

Determinacja i dziedziczenie płci u człowieka

U człowieka determinacja płci zależy od obecności chromosomów płci – kobiety mają chromosomy XX, a mężczyźni XY. W komórkach jajowych produkowanych przez kobietę zawsze znajduje się chromosom X. Z kolei u mężczyzn połowa plemników zawiera chromosom X, a druga połowa – chromosom Y. Płeć dziecka zależy od tego, czy z komórką jajową połączy się plemnik z chromosomem X, czy też plemnik z chromosomem Y.

Aby dowiedzieć się, jakie jest prawdopodobieństwo urodzenia się chłopca lub dziewczynki, przeanalizuj poniższy schemat dotyczący połączenia gamet i dziedziczenia płci.



XY ♂ ♀ XX	X	Y
X	XX	XY
X	XX	XY

Prawdopodobieństwo urodzenia się chłopca i dziewczynki jest takie samo – wynosi 50%.

■ Czym są cechy sprzężone z płcią?

Cechy sprzężone z płcią to cechy warunkowane przez geny znajdujące się na chromosomach płci, głównie na chromosomie X.

Chromosom Y zawiera niewiele genów i są one związane przede wszystkim z wykształceniem męskich cech płciowych. Natomiast na chromosomie X znajduje się wiele genów odpowiadających za cechy organizmu nie dotyczące płci. Dlatego omawiając cechy sprzężone z płcią i ich dziedziczenie, najczęściej mówimy o **cechach sprzężonych z chromosomem X**. Allele tych cech oznaczamy literą obok znaku X.

Przykładowo, jedną z cech sprzężonych z płcią jest umiejętność rozróżniania barw. Allel recesywny odpowiada za zaburzenie rozróżniania barw zwane **daltonizmem**.

Allel ten oznaczamy jako X^d . Allel dominujący odpowiada za prawidłowe widzenie barw i oznaczamy go jako X^D .

Innym przykładem cechy sprzężonej z płcią jest **hemofilia**. Przyczyna tej choroby to mutacje w genach odpowiadających za produkowanie czynników umożliwiających krzepnięcie krwi. Do jej objawów należą długotrwałe i obfite krwawienia, nawet po drobnych urazach. Szczególnie niebezpieczne są rozległe krwawienia wewnętrzne, które mogą być skutkiem pozornie niegroźnego uderzenia.

Ponieważ allele warunkujące zarówno daltonizm, jak i hemofilię są recesywne i występują na chromosomie X, dużo częściej chorują na nie mężczyźni niż kobiety. Dokładniej wyjaśniliśmy to zagadnienie na przykładzie daltonizmu → s. 43.

Daltonizm – przykład cechy sprzężonej z płcią

Daltonizm to zaburzenie polegające na niewłaściwym rozpoznawaniu barwy czerwonej i zielonej.

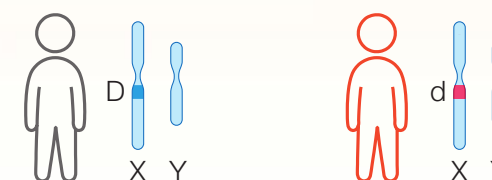


Zdjęcie w kółku obrazuje postrzeganie barw przez osobę z jednym z rodzajów daltonizmu.

Osoby bez daltonizmu zobaczą na zdjęciu całą gamę barw.

■ Daltonizm u mężczyzn

Mężczyźni mają tylko jeden chromosom X, dlatego występuje u nich tylko jeden allel genu sprzężonego z płcią. Jeżeli na chromosomie X znajduje się allel dominujący (D), to mężczyzna prawidłowo rozróżnia barwy, a jeżeli allel recesywny (d), to mężczyzna jest daltonistą.

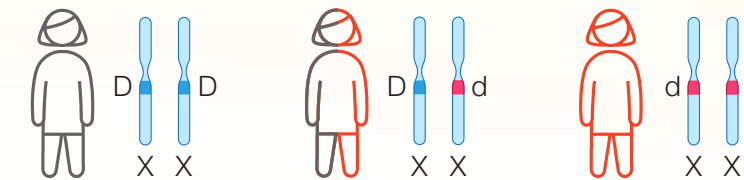


Mężczyzna prawidłowo rozróżniający barwy.

Mężczyzna z daltonizmem.

■ Daltonizm u kobiet

Kobiety mają dwa chromosomy X, dlatego mają dwa allele genu sprzężonego z płcią. Jeżeli chociaż na jednym z chromosomów znajduje się allel dominujący (D), to kobieta prawidłowo rozróżnia barwy. Jeżeli jednak na drugim chromosomie znajdzie się allel recesywny (d), to kobieta będzie nosicielką daltonizmu. Kobieta jest daltonistką tylko wtedy, gdy na obu chromosomach X znajdzie się allel recesywny.



Kobieta prawidłowo rozróżniająca barwy.

Kobieta nosicielka daltonizmu (prawidłowo rozróżniająca barwy).

Kobieta z daltonizmem.

Jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia daltonizmu?

Prawdopodobieństwo wystąpienia daltonizmu u dziecka zależy zarówno od jego płci, jak i od tego, które z rodziców ma tę cechę. Możliwe jest również, że rodzice prawidłowo rozróżniający barwy będą mieli dziecko z daltonizmem. Przeanalizuj trzy sytuacje.

1 Ojciec jest daltonistą, a matka nie jest daltonistką ani nosicielką daltonizmu.

♀ \ ♂	X ^d	Y
X ^D	X ^D X ^d nosicielka daltonizmu	X ^D Y zdrowy syn
X ^d	X ^D X ^d nosicielka daltonizmu	X ^D Y zdrowy syn

Córki będą nosicielkami daltonizmu, a synowie będą zdrowi.

2 Ojciec nie jest daltonistą, a matka jest nosicielką daltonizmu.

♀ \ ♂	X ^D	Y
X ^D	X ^D X ^D zdrowa córka	X ^D Y zdrowy syn
X ^d	X ^D X ^d nosicielka daltonizmu	X ^d Y daltonista

Istnieje 50-procentowe prawdopodobieństwo, że córka będzie nosicielką daltonizmu i 50-procentowe ryzyko, że syn będzie daltonistą.

3 Ojciec jest daltonistą, a matka jest nosicielką daltonizmu.

♀ \ ♂	X ^d	Y
X ^D	X ^D X ^d nosicielka daltonizmu	X ^D Y zdrowy syn
X ^d	X ^d X ^d daltonistka	X ^d Y daltonista

Istnieje 50-procentowe ryzyko, że dziecko, bez względu na płeć, będzie daltonistą. Dziewczynki, które nie będą daltonistkami, będą nosicielkami daltonizmu.

Krok po kroku

Rozwiązywanie krzyżówek genetycznych dotyczących dziedziczenia cech sprzężonych z płcią

Przykład 1.

Ojciec i matka są daltonistami. Określ, jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia daltonizmu u ich potomstwa.

1 Oznacz allele na chromosomach.

X^D – prawidłowe rozróżnianie barw
X^d – daltonizm

2 Zapisz genotypy rodziców.

P: X^dX^d x X^dY

3 Określ genotypy gamet obojga rodziców.

Genotypy gamet matki: X^d
Genotypy gamet ojca: X^d, Y

4 Skonstruuj szachownicę Punnetta. Określ genotypy i fenotypy potomstwa.

♀ \ ♂	X ^d	Y
X ^d	X ^d X ^d daltonistka	X ^d Y daltonista
X ^d	X ^d X ^d daltonistka	X ^d Y daltonista

5 Sformułuj odpowiedź.

Odpowiedź: Prawdopodobieństwo, że potomstwo tej pary będzie miało daltonizm, wynosi 100% (niezależnie od płci potomstwa).

Krok po kroku

Rozwiązywanie krzyżówek genetycznych dotyczących dziedziczenia cech sprzężonych z płcią

Przykład 2.

Hemofilia to choroba genetyczna sprzężona z płcią, objawiająca się brakiem krzepliwości krwi. Chorobę tę warunkuje allel recesywny (h), natomiast allel dominujący (H) warunkuje normalną krzepliwość krwi. Rodzice pewnego chłopca chorego na hemofilię są zdrowi. Określ prawdopodobieństwo wystąpienia hemofilii u kolejnego syna tej pary.

1 Oznacz allele na chromosomach.

X^H – prawidłowa krzepliwość
X^h – hemofilia

2 Zapisz genotypy rodziców.

Wskazówka

Syn pary ma hemofilię, co oznacza, że matka musi być nosicielką tej choroby.

P: X^HX^h x X^HY

3 Określ genotypy gamet obojga rodziców.

Genotypy gamet matki: X^H, X^h
Genotypy gamet ojca: X^H, Y

4 Skonstruuj szachownicę Punnetta. Określ genotypy i fenotypy potomstwa.

♀ \ ♂	X ^H	Y
X ^H	X ^H X ^H zdrowa córka	X ^H Y zdrowy syn
X ^h	X ^H X ^h nosicielka hemofilii	X ^h Y syn z hemofilią

5 Sformułuj odpowiedź.

Odpowiedź: Prawdopodobieństwo, że kolejny syn będzie miał hemofilię, wynosi 50%.

W skrócie

- **Kariotyp** to zestaw wszystkich chromosomów w diploidalnej komórce.
- W kariotypie człowieka występują 23 pary chromosomów – 22 pary autosomów oraz jedna para chromosomów płci: XX u kobiet i XY u mężczyzn.
- Genetyczne prawdopodobieństwo urodzenia syna lub córki zawsze wynosi 50%.
- Cechy warunkowane przez geny zlokalizowane na chromosomach płci nazywamy **cechami sprzężonymi z płcią**. Są to głównie cechy sprzężone z chromosomem X. Przykłady takich cech to daltonizm i hemofilia. Występują one częściej u mężczyzn niż u kobiet, ponieważ do ujawnienia cechy recesywnej u mężczyzn wystarczy jeden allel genu.

Polecenia kontrolne

1. Wyjaśnij, czym się różni kariotyp mężczyzny od kariotypu kobiety.
2. Zapisz w zeszycie genotypy:
 - a) mężczyzny o normalnej krzepliwości krwi,
 - b) mężczyzny chorego na hemofilię,
 - c) kobiety nosicielki allelu hemofilii.
3. Skonstruuj w zeszycie krzyżówkę genetyczną pokazującą sposób dziedziczenia hemofilii, jeśli ojciec jest chory na hemofilię, a matka nie ma allelu warunkującego tę chorobę.
4. Wyjaśnij, dlaczego kobiety są daltonistkami rzadziej niż mężczyźni.

2.5. Zmienność organizmów. Mutacje

Ważne na tej lekcji!

- rodzaje zmienności i ich przyczyny
- czynniki mutagenne, rodzaje mutacji i ich skutki
- mutacje jako przyczyny transformacji nowotworowej komórek

Różnimy się wyglądem, ponieważ każdy z nas odziedziczył inną informację genetyczną po swoich rodzicach. Jednak nasz wygląd zależy nie tylko od genów, lecz także od środowiska, w którym żyjemy.

Czym jest zmienność organizmów?

Zmienność organizmów to występowanie różnic pomiędzy osobnikami należącymi do jednego gatunku. Z czego wynikają te różnice? Z różnorodności fenotypów poszczególnych organizmów.

Fenotypy, czyli widoczne cechy organizmu, są kształtowane na dwa sposoby:

- ▶ przez genotypy organizmów,
- ▶ przez czynniki środowiska.

Na tej lekcji skupimy się na zmienności genetycznej – jej rodzajach i przyczynach powstawania.



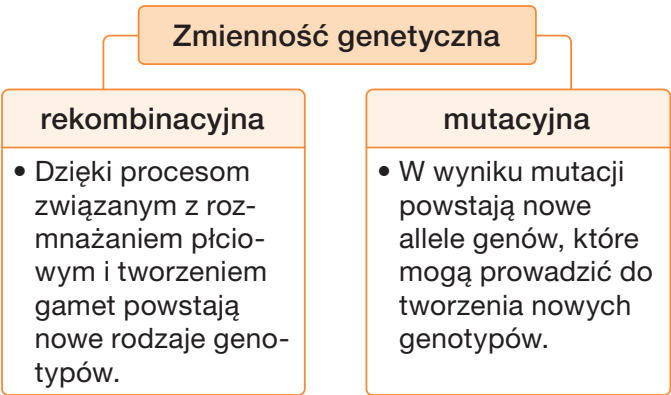
U człowieka zmienność wewnątrzgatunkową najłatwiej można zaobserwować na przykładzie koloru włosów, oczu i skóry. Zmienność ta dotyczy jednak również różnic w przebiegu procesów metabolicznych, np. wytwarzania danych enzymów.

Zmienność genetyczna

Zmienność genetyczna oznacza zróżnicowanie genotypów osobników jednego gatunku. Zmienność ta jest dziedziczna. Oznacza to, że potomstwo otrzymuje informację genetyczną zapisaną w genach rodziców. Wyodrębniamy:

- ▶ zmienność genetyczną rekombinacyjną,
- ▶ zmienność genetyczną mutacyjną.

Rodzaje zmienności genetycznej



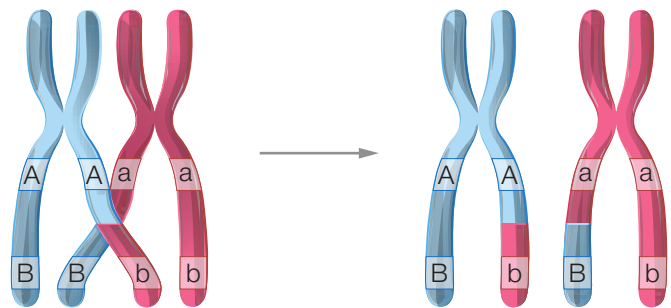
Bliźnięta jednojajowe mają taki sam genotyp, ale często różnią się pewnymi cechami wynikającymi np. z odmiennego stylu życia. Te różnice pokazują, w jaki sposób czynniki środowiska mogą wpływać na fenotyp.

Zmienność genetyczna rekombinacyjna

Dzieci są podobne do swoich rodziców, ale nigdy nie są ich dokładnymi kopiami. Duży wpływ na zróżnicowanie genotypów u osobników potomnych ma **rekombinacja**, czyli proces prowadzący do uzyskania różnorodnych układów alleli genów tworzących genotypy. W wyniku rekombinacji nie powstają nowe geny i allele, ale nowe kombinacje alleli w genotypach.

Do czynników wpływających na rekombinację należą:

- ▶ losowy dobór osobników rodzicielskich,
- ▶ niezależna segregacja chromosomów do gamet w czasie mejozy,
- ▶ wymiana odcinków między chromosomami homologicznymi w czasie mejozy,
- ▶ losowe łączenie się gamet podczas zapłodnienia.



Podczas mejozy dochodzi do wymiany odcinków między chromosomami homologicznymi. Zwiększa to różnorodność genetyczną gamet.

Zmienność genetyczna mutacyjna

Mutacja to nagła, trwała zmiana w materiale genetycznym. Jeżeli mutacja dotyczy zmian w komórkach somatycznych (np. komórkach skóry), to potomstwo jej nie odziedziczy. Natomiast jeżeli dotyczy komórek rozrodczych – zostanie przekazana potomstwu. Mutacje mogą być niekorzystne dla organizmu (np. mutacje prowadzące do chorób genetycznych) lub – rzadziej – korzystne (np. mutacja może okazać się przydatna w danym środowisku).

Mutacje w materiale genetycznym pojedynczych genów mogą doprowadzić do powstania nowych alleli. Jeśli cecha warunkowana przez nowy allel zostanie przekazana kolejnym pokoleniom, to może się ona utrwalić. Mutacje mogą być również źródłem nowych genów, a tym samym – nowych cech, które zwiększają zmienność genetyczną.

Jak powstają mutacje?

Czasami mutacje powstają spontanicznie w organizmie, np. wskutek pomyłki w czasie replikacji DNA. Częściej jednak powoduje je zewnętrzny **czynnik mutageny**, który wywołuje zmiany w materiale genetycznym.

Ze względu na pochodzenie czynniki mutagenne dzielimy na: fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Przykłady czynników mutagennych i skutków ich działania

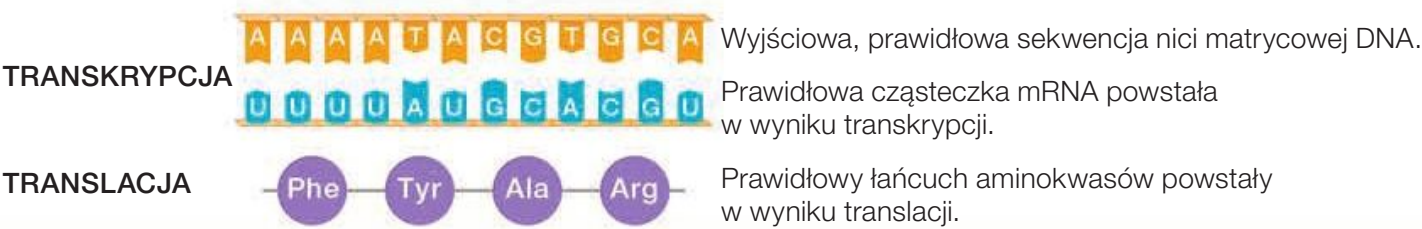
Rodzaje czynników mutagennych	Przykłady czynników	Przykłady skutków
Czynniki fizyczne	wysoka temperatura, promieniowanie rentgenowskie, promieniowanie gamma, promieniowanie ultrafioletowe (UV)	Promieniowanie UV może przyczyniać się do rozwoju czerniaka.
Czynniki chemiczne	konserwanty żywności (m.in. azotan(III) sodu), niektóre składniki zanieczyszczeń (np. dioksyny, węglowodory aromatyczne, pestycydy), składniki dymu tytoniowego (np. nikotyna, benzopiren)	Składniki dymu tytoniowego mogą powodować nowotwory płuc, żołądka czy jelita grubego.
Czynniki biologiczne	wirusy, grzyby, bakterie	Zakażenie wirusem HPV może prowadzić do rozwoju nowotworu szyjki macicy, a wirusowe zapalenie wątroby (HBV i HCV) – do powstania raka wątroby.

Rodzaje mutacji genowych i chromosomowych

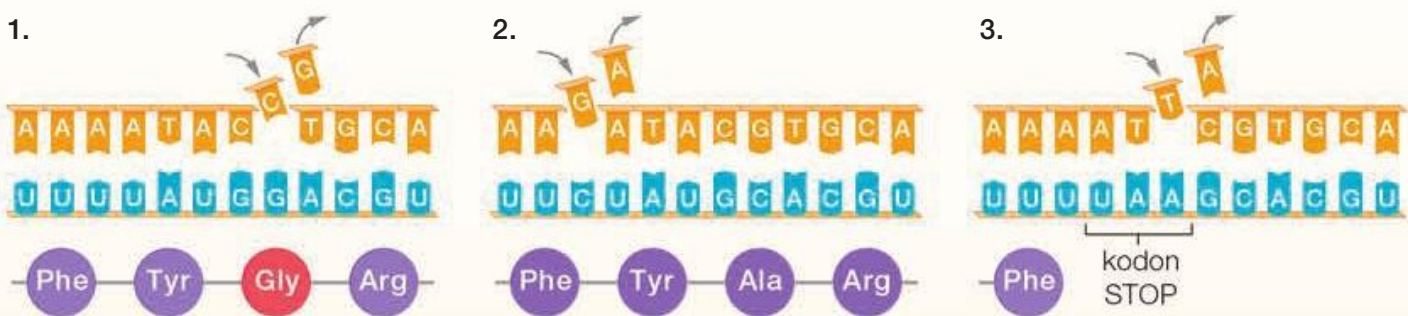
Wśród mutacji wyróżniamy **mutacje genowe**, które dotyczą pojedynczych nukleotydów, oraz **mutacje chromosomowe**, które dotyczą całych chromosomów.

■ Mutacje genowe

Mutacje genowe wynikają ze zmian zachodzących w pojedynczych nukleotydach DNA. Poniżej przedstawiliśmy prawidłowy przebieg transkrypcji i translacji oraz rodzaje mutacji genowych i ich skutki.



► Wymiana jednego nukleotydu na inny



Skutki mutacji		
1. Mutacja zmiany sensu – na skutek wymiany nukleotydu kodon może oznaczać zupełnie inny aminokwas.	2. Mutacja milcząca – wymiana nukleotydu nie spowoduje żadnych zmian, ponieważ nowa sekwencja nukleotydów oznacza dalej ten sam aminokwas.	3. Mutacja nonsensowna – po zamianie jednego nukleotydu na inny kodon oznacza trójkę nonsensowną (kodon STOP). Następuje przerwanie syntezy białka, przez co może być ono nieaktywne.

► Wstawienie lub utrata nukleotydu



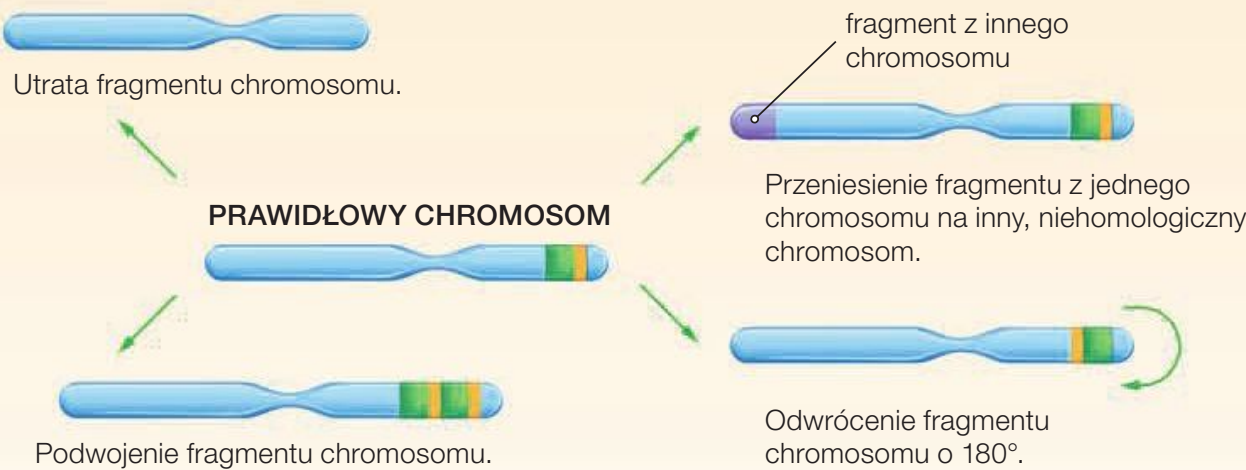
Skutek obu mutacji
Zmiana ramki odczytu – ramka odczytu to seria kodonów w sekwencji DNA zaczynająca się od kodonu START, a kończąca się kodonem STOP. Wstawienie lub utrata innej niż trzy (lub wielokrotność trzech) liczby nukleotydów powoduje zmianę w odczytywaniu kodonów od miejsca mutacji. Prowadzi to do wstawienia nieodpowiednich aminokwasów.

■ Mutacje chromosomowe

Mutacje chromosomowe (aberracje chromosomowe) dotyczą budowy lub liczby chromosomów. Najczęstsze przyczyny tych mutacji to błędy w czasie podziałów komórkowych oraz czynniki mutagenne zaburzające te podziały.

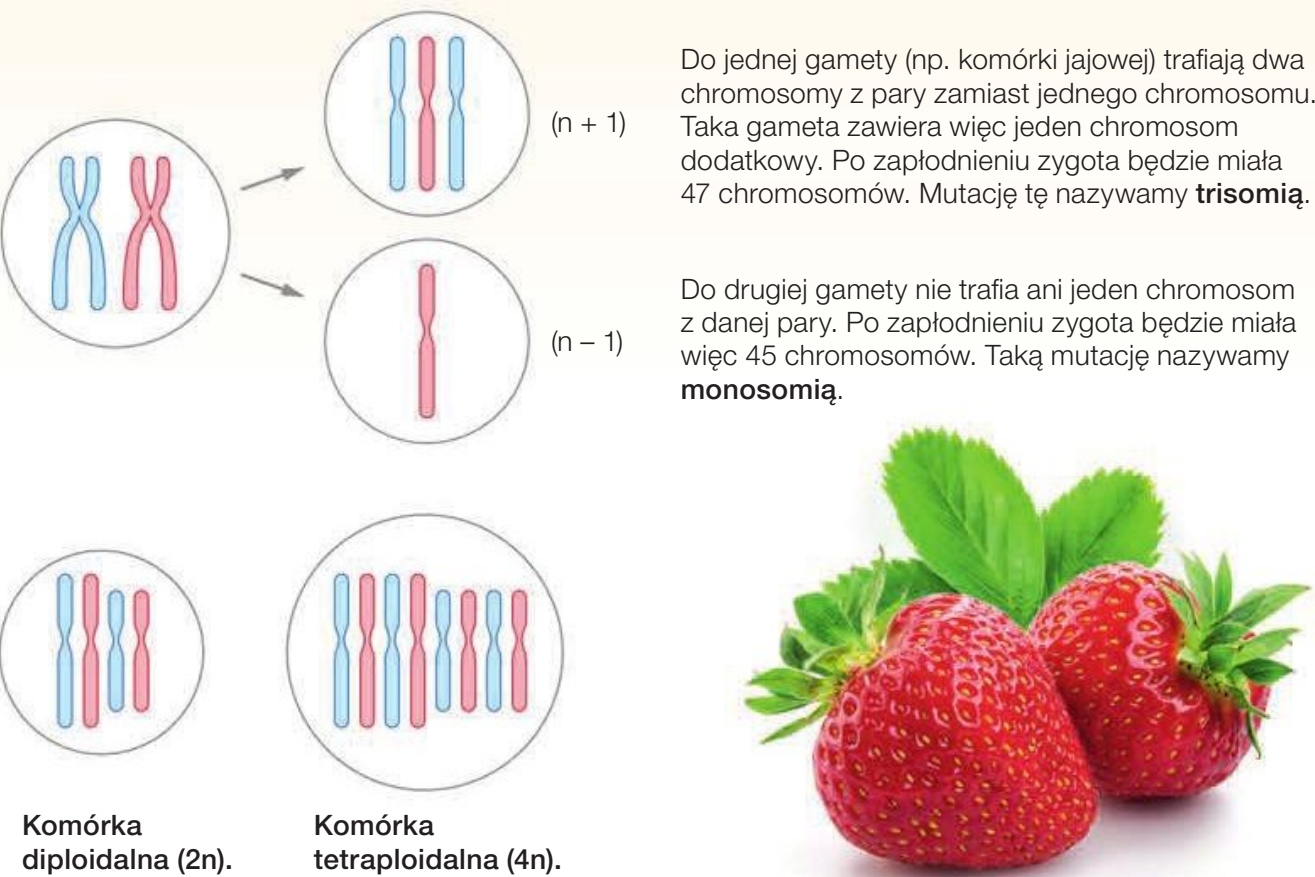
► Mutacje chromosomowe strukturalne

Mutacje strukturalne powstają na skutek pęknięcia i dzielenia się chromosomów na fragmenty, a następnie błędnego połączenia fragmentów. Takie mutacje mają zwykle niekorzystne skutki i mogą doprowadzić m.in. do rozwoju chorób genetycznych lub nowotworów. Zobacz na ilustracji poniżej, na czym mogą one polegać.



► Mutacje chromosomowe liczbowe

Mutacje liczbowe chromosomów powstają najczęściej na skutek zaburzenia rozdziału chromosomów w trakcie podziałów komórkowych.



Poliploidalność polega na zwielokrotnieniu całych zestawów chromosomów (np. 3n, 4n, 5n ...). U ludzi takie mutacje są śmiertelne, natomiast są one częste u roślin, np. roślin uprawnych takich jak truskawki.

Na czym polega transformacja nowotworowa?

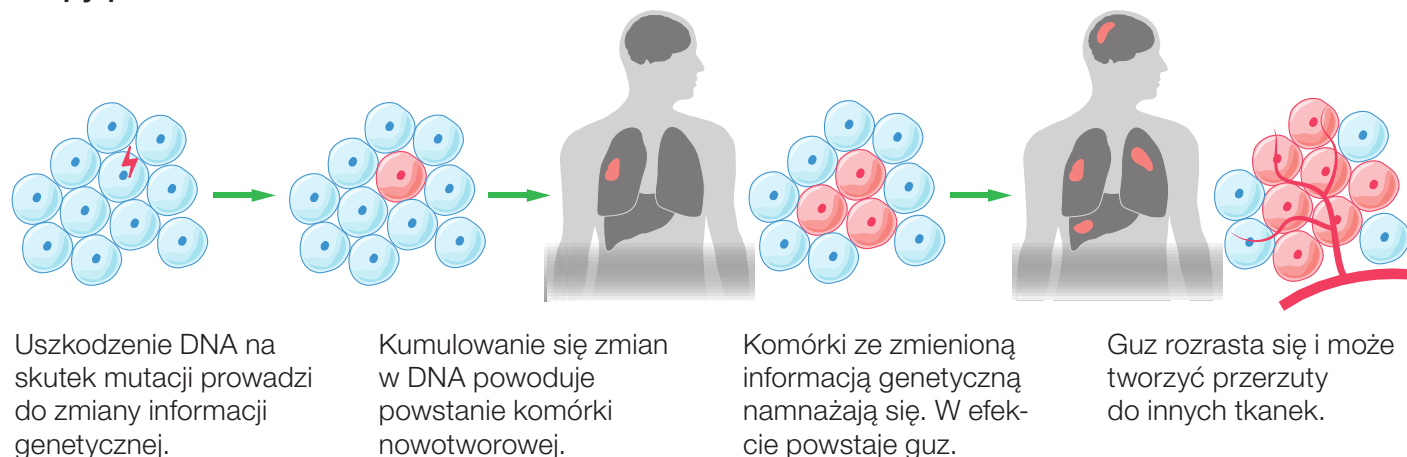
Transformacja nowotworowa polega na przemianie prawidłowych komórek naszego ciała w komórki nowotworowe. Główną cechą takich komórek to zdolność do stałego, niekontrolowanego podziału i zanik zdolności do zaprogramowanej śmierci (apoptozy).

Bezpośrednią przyczyną transformacji nowotworowej są mutacje w genach kodujących białka regulujące cykl komórkowy. Przykładowo białko p53 hamuje replikację DNA

w czasie cyklu komórkowego, jeśli materiał genetyczny jest uszkodzony, co daje czas na jego naprawę. Jeśli zmiany w DNA są zbyt duże, białko to inicjuje apoptozę komórki. Brak białka p53 wynikający z mutacji genu warunkującego jego produkcję może prowadzić do choroby nowotworowej.

Istotne są też mutacje w genach regulujących naprawę DNA. Jeśli geny te nie będą prawidłowo funkcjonować, dojdzie do nagromadzenia błędów w DNA, co może spowodować transformację nowotworową komórki.

Etapy powstawania nowotworu



W skrócie

- **Zmienność organizmów** oznacza występowanie różnic pomiędzy osobnikami jednego gatunku.
- **Zmienność genetyczna** wiąże się z różnym układem genów. Dzieli się ona na:
 - **zmienność rekombinacyjną** prowadzącą do uzyskania różnorodnych układów alleli najczęściej przez procesy związane z rozmnażaniem płciowym,
 - **zmienność mutacyjną** prowadzącą do powstania nowych alleli oraz genów w wyniku **mutacji** – trwałej, nagłej zmiany w materiale genetycznym.
- Wyróżniamy mutacje **genowe** oraz **chromosomowe** (strukturalne i liczbowe).
- **Transformacja nowotworowa** polega na mutacji materiału genetycznego, która prowadzi do zamiany prawidłowo funkcjonującej komórki w komórkę nowotworową.

Polecenia kontrolne

1. Określ, w wyniku którego rodzaju zmienności – rekombinacyjnej czy mutacyjnej – powstają nowe allele genów.
2. Określ, jakie zmiany w sekwencji aminokwasów może wywołać mutacja polegająca na zamianie jednego nukleotydu na inny.
3. Scharakteryzuj rodzaje mutacji chromosomowych.

2.6. Choroby i zaburzenia genetyczne człowieka

Ważne na tej lekcji!

- podłoże genetyczne chorób jednogenowych oraz aberracji chromosomowych człowieka
- sposoby dziedziczenia chorób jednogenowych
- zespół Downa jako przykład aberracji chromosomowej człowieka
- analiza rodowodu genetycznego

Wynikiem mutacji mogą być choroby lub zaburzenia genetyczne. Przykładem jest daltonizm, który omówiliśmy już na lekcji dotyczącej dziedziczenia cech sprzężonych z płcią (→ s. 42). Teraz poznasz więcej chorób i zaburzeń genetycznych, ich podział oraz sposób dziedziczenia. Omówimy również jedną z aberracji chromosomowych występujących u człowieka.

Choroby jednogenowe

Choroby jednogenowe są spowodowane mutacjami w jednym genie, przez co gen ten ma nieprawidłowy allel. Ze względu na lokalizację wadliwego genu choroby jednogenowe dzielimy na:

- ▶ **choroby sprzężone z płcią** – związane z mutacjami genów znajdujących się na chromosomach płci, najczęściej na chromosomie X,

- ▶ **choroby jednogenowe niesprężone z płcią** (autosomalne) – związane z mutacjami genów na autosomach.

W zależności od sposobu dziedziczenia allelu powodującego chorobę wśród obu tych rodzajów chorób wyróżniamy:

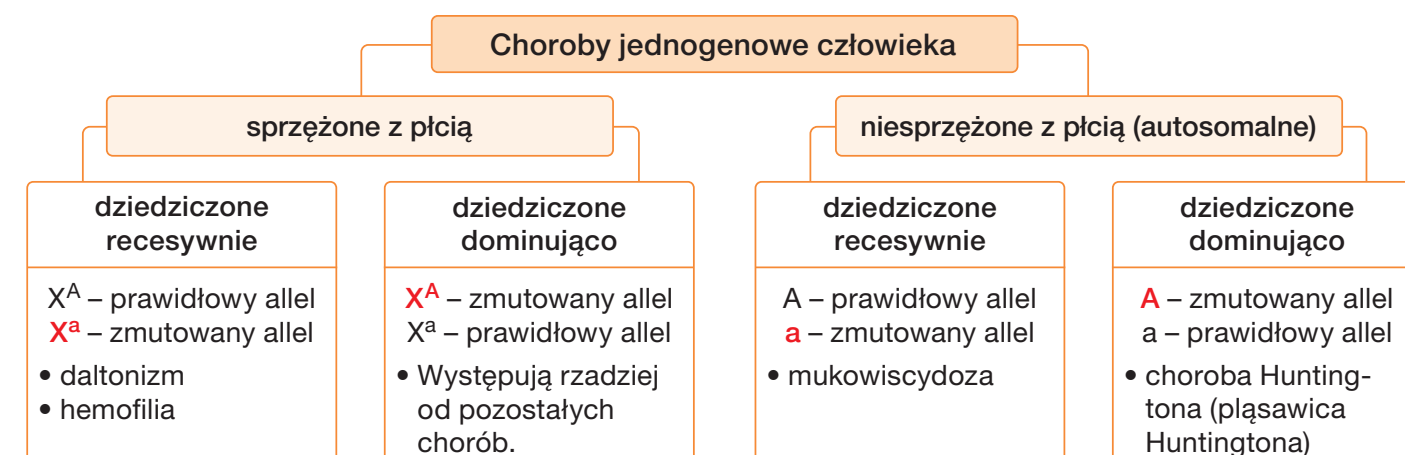
- ▶ **choroby dziedziczone recesywnie** – nieprawidłowy allel dziedziczy się recesywnie,
- ▶ **choroby dziedziczone dominująco** – nieprawidłowy allel dziedziczy się dominująco.

Aberracje chromosomowe

Aberracje chromosomowe to nieprawidłowości spowodowane mutacjami związanymi ze strukturą lub liczbą chromosomów. Mogą one dotyczyć zarówno chromosomów płci, jak i autosomów.

Przykładem aberracji chromosomowej jest zespół Downa, który omówiliśmy na → s. 53.

Przykłady chorób jednogenowych człowieka



Wybrane choroby jednogenowe człowieka

Sposób dziedziczenia chorób jednogenowych zależy od tego, czy choroby te są sprzężone z płcią oraz czy nieprawidłowy allel jest recesywny, czy też dominujący.

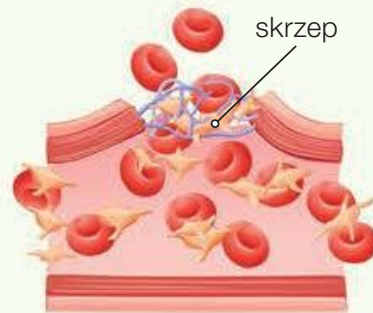
Choroby dziedziczone recesywnie jednogenowe sprzężone z płcią

Sposób dziedziczenia tych chorób zależy od płci osoby. Ujawniają się one przede wszystkim u mężczyzn, ponieważ mają oni tylko jeden chromosom X i jedną wersję genu.

Hemofilia

Skutkiem mutacji jest brak jednego z czynników krzepnięcia, który pozwala zainicjować kolejne etapy wytwarzania skrzepu. Każde skaleczenie prowadzi do długotrwałego i obfitego krwawienia.

U osób z hemofilią skrzep tworzy się dłużej niż u zdrowych osób. Dlatego też wydłuża się u nich czas krwawienia.



Daltonizm

Mutacja powoduje nieprawidłową budowę lub brak barwnika w komórkach siatkówki oka. Osoby z daltonizmem nie rozróżniają barwy zielonej i czerwonej.



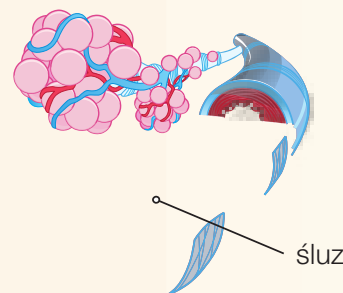
Choroby jednogenowe niesprężone z płcią

Dziedziczenie tych chorób nie zależy od płci. Do ujawnienia się **chorób dziedziczonych recesywnie** konieczne są dwa allele recesywne. Dlatego chorują na nie jedynie homozygoty recesywne. Heterozygoty są nosicielami nieprawidłowego allelu. Do ujawnienia się **chorób dziedziczonych dominująco** wystarczy jeden nieprawidłowy allel – chorują homozygoty dominujące i heterozygoty.

Mukowiscydoza – choroba dziedziczona recesywnie

W wyniku mutacji gruczoły śluzowe funkcjonują nieprawidłowo. Śluz staje się gęsty i lepki, co prowadzi m.in. do niewydolności układu oddechowego i układu pokarmowego, duszności oraz częstych, nawracających infekcji.

Gęsty i lepki śluz blokuje oskrzeliki, przez co stają się one niedrożne. W śluzie znajdują się liczne bakterie, co sprzyja infekcjom.



Choroba Huntingtona – choroba dziedziczona dominująco

W wyniku mutacji białko (huntingtyna) ma nieprawidłową budowę i odkłada się w mózgu. Prowadzi to do obumierania komórek nerwowych. Pierwsze objawy choroby pojawiają się w wieku 35–50 lat. Należą do nich zaburzenia ruchowe i psychiczne oraz stopniowe otępienie umysłowe.

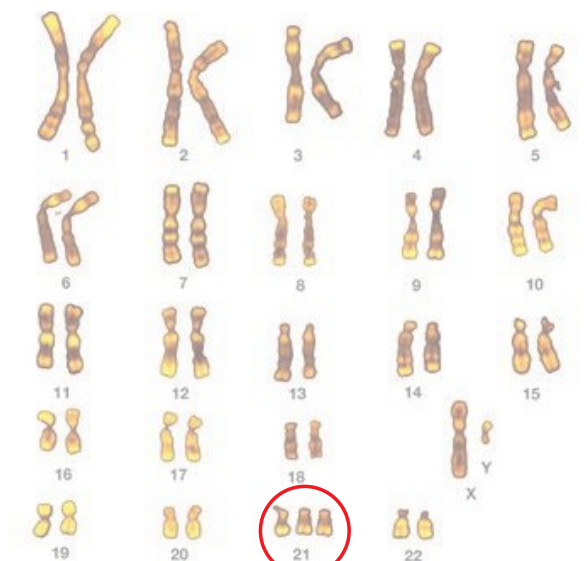
Zmiany w mózgu spowodowane przez chorobę można ocenić za pomocą rezonansu magnetycznego (NMR).



Zespół Downa

Zespół Downa to przykład aberracji chromosomowej. W efekcie mutacji podczas mejozy **dochodzi** do nierównomiernego rozdziału chromosomów do gamet – **do jednej gamety trafia** dodatkowy chromosom. Gdy ta gameta weźmie udział w **zapłodnieniu**, **zygota** będzie zawierać trzy chromosomy w 21. parze.

U osób z zespołem Downa oprócz charakterystycznego wyglądu mogą występować nieprawidłowości w budowie narządów wewnętrznych oraz różny stopień niepełnosprawności intelektualnej.

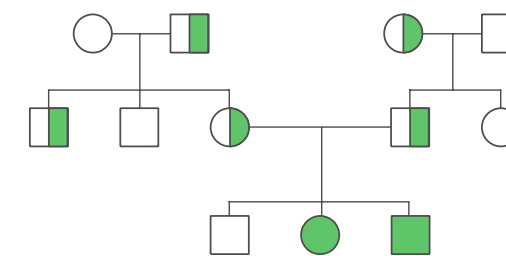


Kariotyp mężczyzny z zespołem Downa (na zdjęciu) to 47, XY + 21. Kobiety z zespołem Downa mają kariotyp 47, XX + 21.

Czym jest rodowód genetyczny?

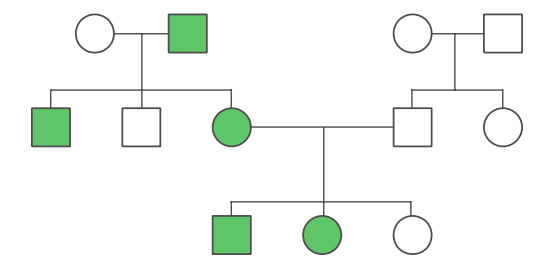
Rodowód genetyczny to graficzne przedstawienie dziedziczenia wybranej cechy w kolejnych pokoleniach danej rodziny. Dzięki analizie rodowodu można ustalić obciążenie rodziny dziedzicznymi chorobami genetycznymi.

Choroba autosomalna dziedziczona recesywnie



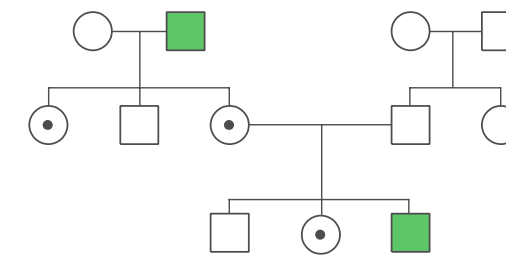
- Chorzy to homozygoty recesywne.
- Chorują mężczyźni i kobiety.

Choroba autosomalna dziedziczona dominująco



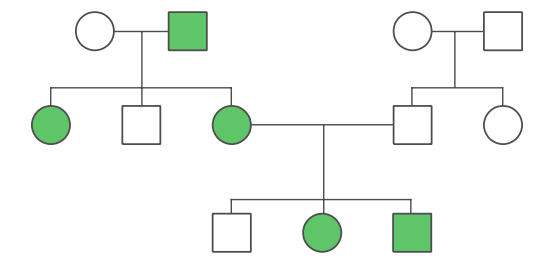
- Chorzy to homozygoty dominujące i heterozygoty.
- Chorują mężczyźni i kobiety.

Choroba dziedziczona recesywnie sprzężona z płcią



- Chory mężczyzna ma córki nosicielki, a synowie nosielek mogą być chorzy.
- Chorzy to głównie mężczyźni (wśród kobiet chorują tylko homozygoty).

Choroba dziedziczona dominująco sprzężona z płcią



- Chory mężczyzna nie przekazuje wadliwych alleli synom, ale chore są wszystkie córki.
- Chorzy to mężczyźni i kobiety.

Oznaczenie symboli:

- | | | | |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|---|
| ○ zdrowa kobieta | ● chora kobieta | ◐ nosicielka (heterozygota) | ◑ nosicielka choroby sprzężonej z chromosomem X |
| □ zdrowy mężczyzna | ■ chory mężczyzna | ◑ nosiciel (heterozygota) | |

Krok po kroku

Ustalanie sposobu dziedziczenia chorób genetycznych na podstawie rodowodu

Na podstawie poniższego rodowodu ustal sposób dziedziczenia choroby genetycznej.

1 Określ, czy dana choroba dziedziczy się recesywnie, czy też dominująco.

W pokoleniu II wszystkie osoby są zdrowe – zdrowi rodzice mają chore dzieci. Oznacza to, że chorobę powoduje allel recesywny.

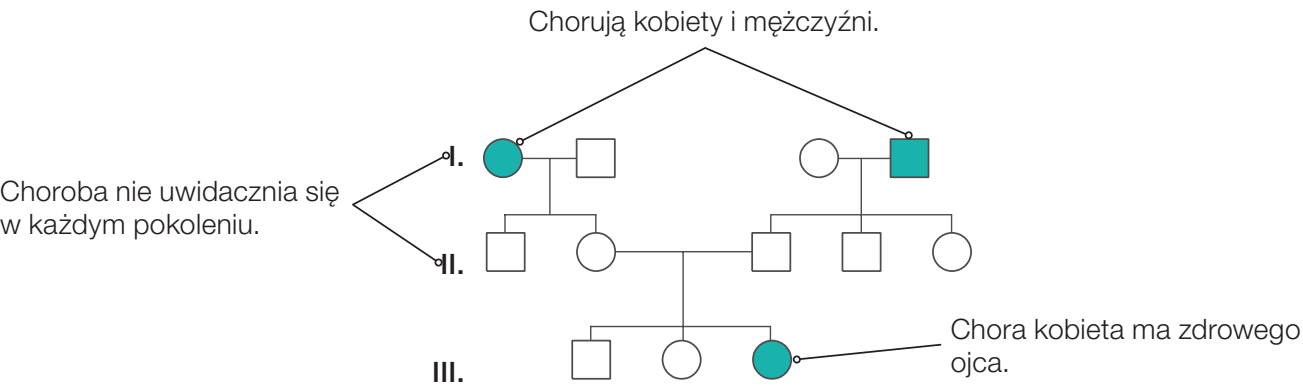
2 Określ, czy jest to choroba sprzężona z płcią.

Na schemacie są widoczne osoby chore różnej płci, w tym chora kobieta, która ma zdrowego ojca.

ojca. Ponieważ jest to choroba dziedziczona recesywnie, to w przypadku choroby sprzężonej z płcią ojciec chorej kobiety musiałby być też chory. Dlatego choroba ta nie może być sprzężona z płcią.

3 Sformułuj odpowiedź.

Odpowiedź: Choroba przedstawiona na rodowodzie dziedziczy się autosomalnie recesywnie.



W skrócie

- **Choroby jednogenowe** wynikają z mutacji w pojedynczych genach. Dzielimy je na choroby sprzężone z płcią (np. hemofilia, daltonizm) i niesprzężone z płcią (np. mukowiscydoza, choroba Huntingtona).
- **Aberracje chromosomowe** wynikają ze zmiany liczby lub struktury chromosomów. Przykładem jest zespół Downa.
- **Rodowód genetyczny** to graficzne przedstawienie dziedziczenia wybranej cechy w kolejnych pokoleniach danej rodziny. Pozwala on ustalić obciążenie rodziny dziedzicznymi chorobami genetycznymi.

Polecenia kontrolne

1. Określ, jakie jest ryzyko, że dziecko będzie nosicielem mukowiscydozy, jeżeli oboje rodzice są nosicielami tej choroby. Zadanie wykonaj w zeszycie.
2. Podaj, na podstawie wiarygodnych źródeł, przykład aberracji chromosomowej dotyczącej chromosomów płci. Zapisz w zeszycie karyotyp osoby, u której występuje ta aberracja.
3. Narysuj w zeszycie rodowód genetyczny swojej rodziny, przedstawiający występowanie wybranej cechy (np. piegi, odstające uszy, kręcone włosy) u wszystkich członków. Na podstawie zebranych danych określ, czy cecha dziedziczy się recesywnie, czy też dominująco.

Podsumowanie



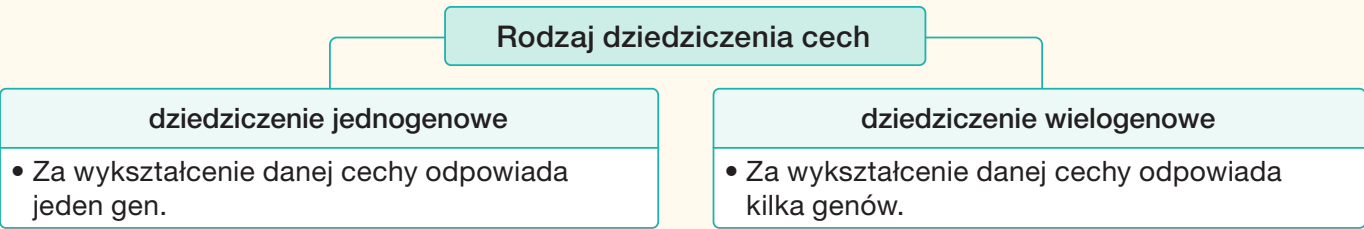
1 Ważne pojęcia z genetyki

Pojęcie	Definicja
Genotyp	Zespół wszystkich genów lub zapis alleli pojedynczego genu.
Fenotyp	Zespół możliwych do zaobserwowania cech organizmu, które zależą od genotypu oraz czynników środowiska; również: określenie pojedynczej cechy.
Allel	Jedna z wersji danego genu. Wyróżniamy allele dominujące i allele recesywne.
Homozygota	Organizm, który ma dwa identyczne allele danego genu. Wyróżniamy homozygoty recesywne i homozygoty dominujące.
Heterozygota	Organizm, który ma dwa różne allele danego genu.
Karyotyp	Kompletny zestaw chromosomów charakterystyczny dla danego gatunku. Karyotyp człowieka składa się z 22 par autosomów i jednej pary chromosomów płci – u kobiet XX, u mężczyzn XY.

2 Prawa Mendla

Prawo czystości gamet (I prawo Mendla)	W każdej gamecie znajduje się tylko jeden allel danego genu.
Prawo niezależnej segregacji cech (II prawo Mendla)	Cechy dziedziczą się niezależnie od siebie.

3 Podział rodzajów dziedziczenia cech w zależności od liczby genów warunkujących daną cechę



4 Stosunki dominacji między różnymi allelami jednego genu

Stosunek dominacji	Opis	Przykład dziedziczenia
Dominacja pełna (zupełna)	Jeden allel w pełni dominuje nad drugim. W takiej sytuacji nie można odróżnić fenotypu heterozygoty od fenotypu homozygoty dominującej.	Dziedziczenie barwy kwiatów u grochu zwyczajnego – allele odpowiadające za barwę czerwoną i białą.
Dominacja niepełna (niezupełna)	Żaden z alleli nie dominuje w pełni nad drugim. W takiej sytuacji heterozygota ma pośredni fenotyp między fenotypem homozygoty dominującej a fenotypem homozygoty recesywnej.	Dziedziczenie barwy kwiatów u wyżłinu większego – allele odpowiadające za barwę czerwoną i białą.
Kodominacja (współdominacja)	Allele są równorzędne, co oznacza, że nie można wyróżnić wśród nich allelu dominującego oraz allelu recesywnego.	Dziedziczenie grup krwi – allele odpowiadające za grupy krwi A i B.

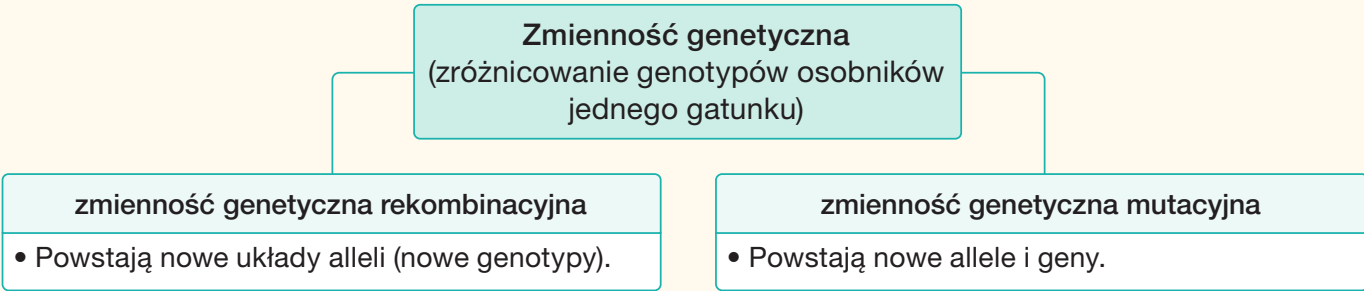
5 Cechy sprzężone z płcią – gen odpowiadający za daną cechę znajduje się na chromosomie płci, zwykle na chromosomie X. Przykłady cech sprzężonych z płcią to daltonizm i hemofilia.

6 Allele wielokrotne – jeden gen występuje w co najmniej trzech wersjach.

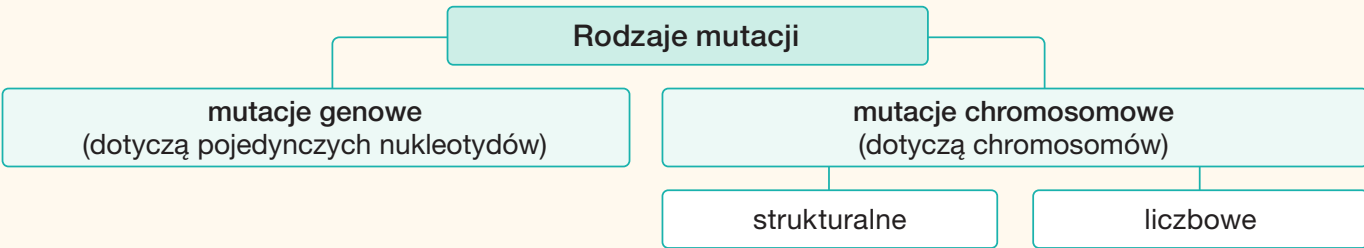
Przykładem są allele warunkujące grupy krwi układu AB0 (ABO):

- I^A – warunkuje grupę krwi A,
- I^B – warunkuje grupę krwi B,
- I – warunkuje grupę krwi 0.

7 Zmienność organizmów – występowanie różnic pomiędzy osobnikami tego samego gatunku. Różnice te wynikają ze zmienności genetycznej oraz z oddziaływania środowiska.



8 Mutacja – nagła, trwała zmiana w materiale genetycznym.



9 Choroby i zaburzenia genetyczne człowieka

Sposób dziedziczenia			Opis	Przykład
Choroby jedno-genowe	sprzężony z płcią	zwykle recesywny	U mężczyzn ujawniają się, gdy jest jeden wadliwy allel, a u kobiet, gdy są dwa wadliwe allele.	daltonizm, hemofilia
	niesprzężony z płcią (auto-somalny)	recesywny	Ujawniają się u homozygot recesywnych (gdy są dwa wadliwe allele).	mukowiscydoza
		dominujący	Objawy występują u homozygot dominujących i heterozygot (wystarcza jeden wadliwy allel).	choroba Huntingtona
Aberracje chromosomowe			Wynikają z nierównego rozejścia się chromosomów do gamet. Polegają na zmianie liczby lub struktury chromosomów.	zespół Downa

Sprawdź, czy już umiesz!

WYKONAJ W ZESZYCIE



1 Ojciec jest nosicielem recesywnego allelu mukowiscydozy. W rodzinie matki występowały przypadki mukowiscydozy, jednak nie wiadomo, czy matka jest nosicielką tej choroby. (2 p.)

Określ możliwe genotypy i fenotypy potomstwa tej pary. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

2 Podaj, jakie gamety wytwarzają osoby o poniższych genotypach. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (1 p.)

1. AABB
2. AABb
3. AaBb

3 Pewien rolnik wyhodował groch zwyczajny o żółtych nasionach. Ponieważ żółty kolor nasion to cecha dominująca, nie wiedział, czy z nasion wyrosną homozygoty dominujące, czy też heterozygoty. (2 p.)

Wyjaśnij, w jaki sposób rolnik może sprawdzić genotyp wyhodowanych przez siebie roślin, i udowodnij to za pomocą odpowiednich krzyżówek. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

4 Cechami dominującymi są kręcone włosy i orli nos, a cechami recesywnymi – proste włosy i prosty nos. Ojciec ma kręcone włosy i orli nos, a matka – proste włosy i prosty nos. Oboje rodzice są podwójnymi homozygotami. (1 p.)

Określ, jakie fenotypy mogą wystąpić u ich dzieci. Odpowiedź zapisz w zeszycie i uzasadnij ją odpowiednią krzyżówką.

5 U królików cechami dominującymi są czarna barwa futra i krótki włos, a cechami recesywnymi – biała barwa futra i długi włos. Skrzyżowano króliki czarne długowłose, których matki były białe, z królikami białymi krótkowłosymi, które miały długowłosych ojców. (1 p.)

Podaj, jaki będzie stosunek fenotypów potomstwa. Odpowiedź zapisz w zeszycie i uzasadnij ją odpowiednią krzyżówką.

6 Podaj, jakiego genotypu (lub jakich genotypów) nie może mieć ojciec w poniższych przypadkach. Odpowiedzi zapisz w zeszycie. (4 p.)

- A. Matka ma grupę krwi AB, a dziecko – grupę krwi A.
- B. Matka ma grupę krwi 0, a dziecko – grupę krwi B.
- C. Matka ma grupę krwi 0, dziecko też – grupę krwi 0.
- D. Matka ma grupę krwi B, a dziecko – grupę krwi AB.

7 U dziwaczka japońskiego po skrzyżowaniu osobników o różowych kwiatach uzyskano: 75 osobników czerwonych, 75 osobników białych i 150 osobników różowych. (1 p.)

Określ sposób dziedziczenia koloru kwiatów u dziwaczka japońskiego. Odpowiedź zapisz w zeszycie i uzasadnij ją odpowiednią krzyżówką.

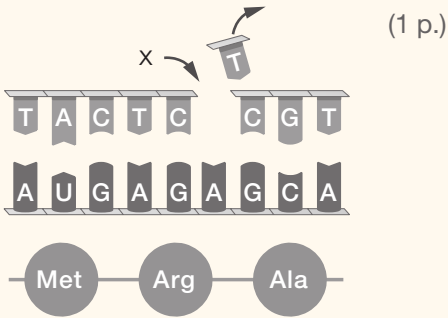
8 Daltonizm to cecha recesywna sprzężona z płcią. Zdrowy mężczyzna, którego ojciec jest daltonistą, ożenił się z kobietą – nosicielką allelu daltonizmu. (1 p.)

Określ, jakie jest prawdopodobieństwo, że:

- a) córka tej pary będzie nosicielką allelu daltonizmu,
- b) narodzone dziecko będzie chorym synem.

Odpowiedzi zapisz w zeszycie i uzasadnij je odpowiednią krzyżówką.

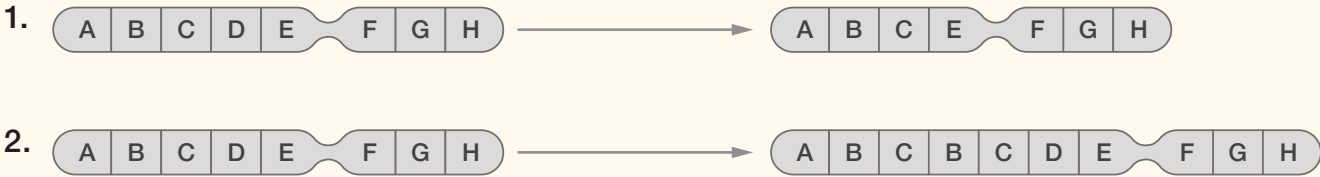
9 W podanym fragmencie nici DNA doszło do mutacji. Nukleotyd z tyminą został wymieniony na inny. Podaj przykład nukleotydu, który musiałby zostać wstawiony, żeby zamiana była mutacją milczącą. Skorzystaj z tabeli kodu genetycznego (→ s. 15). Odpowiedź wraz z uzasadnieniem zapisz w zeszycie.



10 Ilustracja przedstawia prawidłową budowę pewnego chromosomu. (3 p.)



a) Określ, na czym polegały mutacje, które zaszły w tym chromosomie, przedstawione na ilustracjach 1. i 2. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.



b) Narysuj w zeszycie przykład obrazujący mutację polegającą na odwróceniu fragmentu chromosomu o 180°. Wykorzystaj sekwencję podanego wyjściowego chromosomu.

11 Przyporządkuj podanym sposobom dziedziczenia (A–C) odpowiednie przykłady chorób wybrane spośród podanych (1–4). Odpowiedź zapisz w zeszycie. (4 p.)

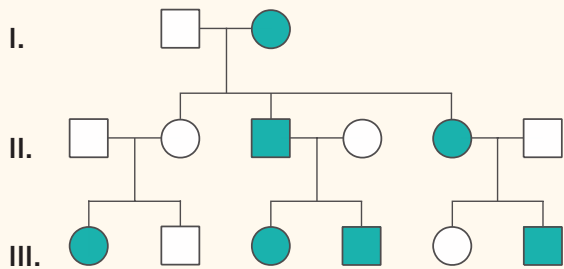
- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| A. Recesywny autosomalny. | 1. Daltonizm. |
| B. Dominujący autosomalny. | 2. Choroba Huntingtona. |
| C. Recesywny sprzężony z płcią. | 3. Mukowiscydoza. |
| | 4. Hemofilia. |

12 Schemat przedstawia dziedziczenie pewnej choroby. (1 p.)

Wybierz poprawne dokończenie zdania. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

Na schemacie przedstawiono dziedziczenie

- A. hemofilii.
- B. zespołu Downa.
- C. choroby Huntingtona.
- D. mukowiscydozy.



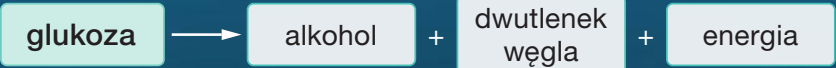
3. Biotechnologia



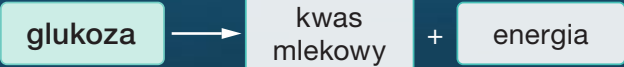
Przypomnij sobie – to było w szkole podstawowej

► **Fermentacja** – sposób uzyskiwania energii z substancji pokarmowych bez udziału tlenu. Wyróżniamy m.in. fermentację alkoholową i fermentację mlekową.

Przebieg fermentacji alkoholowej



Przebieg fermentacji mlekowej



► **Poradnictwo genetyczne** – forma pomocy kierowanej m.in. do przyszłych rodziców. W poradni genetycznej można dowiedzieć się, jakie jest ryzyko wystąpienia choroby genetycznej u dziecka oraz jakie są możliwości leczenia i rehabilitacji chorych dzieci.

3.1. Biotechnologia tradycyjna

Ważne na tej lekcji!

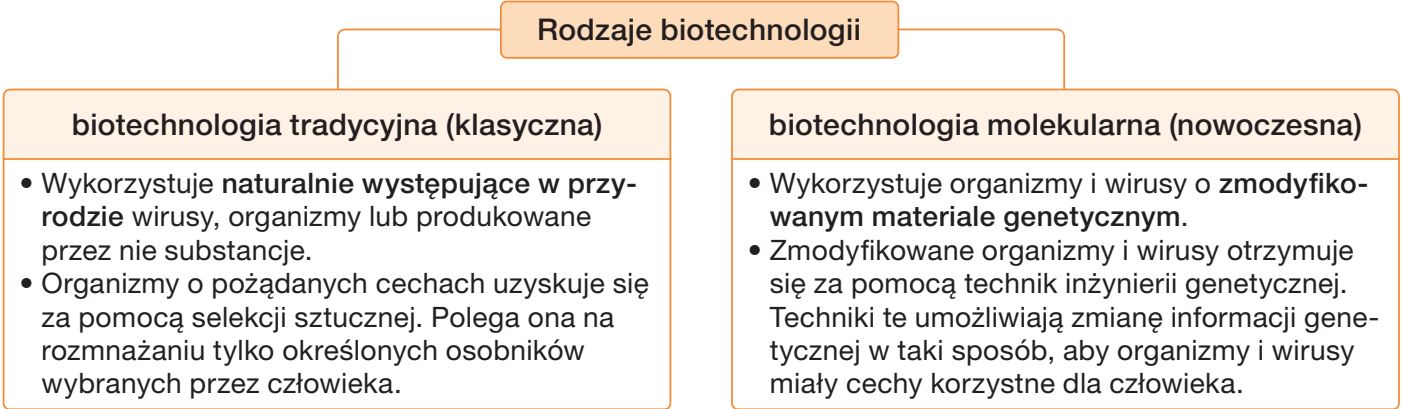
- definicja biotechnologii
- podział biotechnologii na biotechnologię tradycyjną i biotechnologię molekularną
- zastosowanie biotechnologii tradycyjnej w przemyśle farmaceutycznym, rolnictwie, biodegradacji, oczyszczaniu ścieków i przemyśle spożywczym

Ludzie od wieków wykorzystują organizmy do własnych celów, np. pozyskują z nich substancje niezbędne do produkcji żywności, narzędzi lub leków. Obecnie, dzięki rozwojowi biotechnologii, organizmy, a także wirusy, stosuje się w tych dziedzinach życia, w których wcześniej nie było to możliwe.

Czym jest biotechnologia?

Biotechnologia to dyscyplina naukowa, która zajmuje się wykorzystywaniem organizmów, wirusów lub ich składników (np. enzymów) do celów użytkowych.

Dzielimy ją na biotechnologię tradycyjną i biotechnologię molekularną.



Zakres działań biotechnologii

Biotechnologia dzieli się na gałęzie związane z różnymi dziedzinami życia. Aby ułatwić rozróżnianie zakresu ich działania, wprowadzono specjalny kod kolorystyczny, który przedstawiliśmy poniżej.

Rolnictwo

Medycyna

Użytkowanie wód

Przemysł

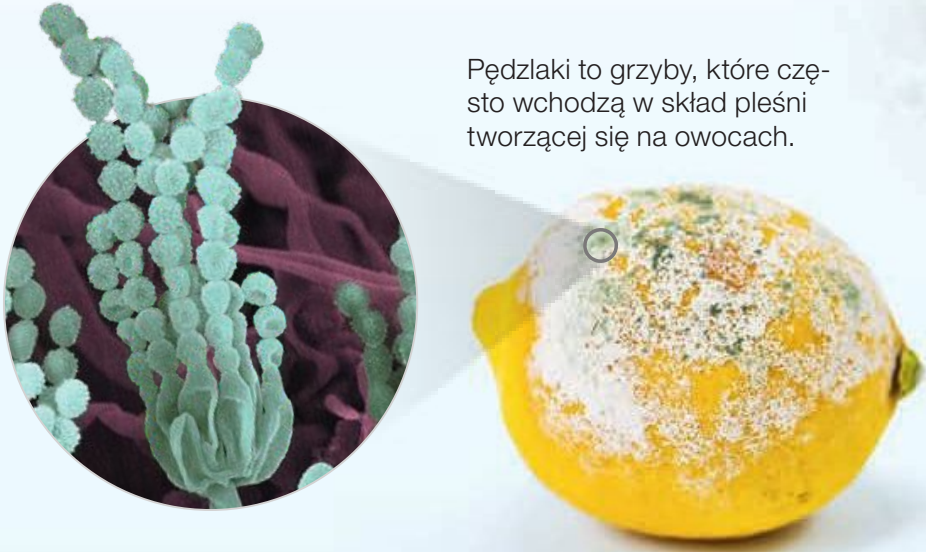
Działania prawno-społeczne

Biotechnologia tradycyjna w przemyśle farmaceutycznym

Dzięki metodom biotechnologii tradycyjnej wytwarza się m.in. antybiotyki, takie jak penicylina, oraz surowice odpornościowe.

Penicylina

Penicylina to antybiotyk pochodzenia naturalnego – wytwarzają ją grzyby z rodzaju pędzlak (*Penicillium*). Została odkryta w 1928 r. i jest jednym z najdłużej stosowanych antybiotyków na świecie.



Pędzlaki to grzyby, które często wchodzą w skład pleśni tworzącej się na owocach.



W fabrykach farmaceutycznych grzyby z rodzaju *Penicillium* i inne mikroorganizmy hoduje się w bioreaktorach – urządzeniach, które utrzymują idealne warunki do ich rozwoju.

Surowica odpornościowa

Surowica odpornościowa to preparat wytworzony z osocza, zawierający przeciwciała skierowane przeciwko konkretnemu patogenowi lub określonej toksynie. Dzięki temu można je szybko zneutralizować i uniknąć poważnych powikłań zdrowotnych. Surowicę odpornościową podaje się np. osobom ukąszonym przez żmiję.

Sposób uzyskiwania surowicy odpornościowej

- 1

Na początku pobiera się toksynę, np. jad żmii.
- 2

Toksynę wprowadza się do organizmu, np. konia, co pobudza jego układ odpornościowy do produkcji odpowiednich przeciwciał.
- 3

Po określonym czasie od zwierzęcia, do którego organizmu wprowadzono toksynę, pobiera się krew.
- 4

Z krwi oddziela się bogatą w przeciwciała surowicę, z której produkuje się gotowy do podania preparat.



Biotechnologia tradycyjna w rolnictwie i ochronie środowiska

Środki chemiczne stosowane w rolnictwie oraz ogromna ilość ścieków i odpadów produkowanych przez człowieka zanieczyszczają środowisko i przyczyniają się do degradacji gleb. Metody biotechnologii tradycyjnej pomagają skutecznie radzić sobie z tymi problemami.

■ Szczepionki glebowe

Szczepionki glebowe zawierają szczepy mikroorganizmów, których rozwój sprawia, że w glebie wzrasta ilość związków niezbędnych do wzrostu i rozwoju roślin.

W szczepionkach glebowych mogą znajdować się np. bakterie, które dostarczają roślinie azot niezbędny jej do wzrostu.



■ Wykorzystanie naturalnych interakcji między organizmami

Dzięki wykorzystaniu naturalnych interakcji między organizmami można ograniczyć stosowanie nawozów sztucznych i chemicznych środków ochrony roślin.

Mikoryza

Mikoryza to obustronnie korzystna relacja między grzybami a korzeniami roślin. W relacji tej grzyby otrzymują od roślin cukry, a rośliny od grzybów – wodę z solami mineralnymi. Rośliny, które wchodzą w związek z grzybami, lepiej rosną i dają obfitsze plony. Aby uzyskać ten efekt w uprawach, można stosować szczepionki zawierające grzyby mikoryzowe.



Pasożytnictwo i drapieżnictwo

Biologiczna walka ze szkodnikami może odbywać się dzięki wykorzystaniu ich naturalnych wrogów – pasożytów lub drapieżników.



Larwy kruszynka odżywiają się jajami owadów uważanych przez człowieka za szkodniki.



Biedronki i ich larwy żywią się m.in. mszycami i przędziorkami, które są powszechnymi szkodnikami roślin.

■ Gospodarka odpadami i oczyszczanie ścieków

Ludzie wytwarzają ogromne ilości odpadów, np. każdy Polak produkuje ich średnio ok. 300 kg rocznie. Odpady pochodzą też z zakładów przemysłowych, firm i gospodarstw rolnych. Biotechnologia tradycyjna wypracowała wiele sposobów na to, jak gospodarować odpadami, by nie zaśmiecać naszej planety.

Polimery biodegradowalne

Polimery biodegradowalne to związki szybko rozkładane przez mikroorganizmy naturalnie występujące w przyrodzie.

Z naturalnych biodegradowalnych polimerów, np. skrobi, wykonuje się wiele opakowań jednorazowego użytku. W przyrodzie są one rozkładane w ciągu kilkudziesięciu dni.



Biogaz

Odpady organiczne i ścieki mogą służyć do wytwarzania biogazu. To gaz palny, który można zastosować m.in. do ogrzewania budynków. Produkcja biogazu odbywa się w biogazowniach. Odpady organiczne gromadzi się tam w komorach, w których zachodzi fermentacja metanowa.



Biogazownia rolnicza umożliwia wytworzenie biogazu z organicznych odpadów rolnych, np. gnojowicy czy odpadów z pól uprawnych.

Biologiczne oczyszczanie ścieków

Biologiczne oczyszczanie ścieków polega na rozkładzie nieczystości organicznych przez mikroorganizmy. Przeprowadza się je zwykle w warunkach tlenowych, w specjalnie napowietrzanych komorach. Niekiedy, aby oczyszczanie było skuteczniejsze, przeprowadza się je zarówno w warunkach tlenowych, jak i beztlenowych.



Oczyszczanie biologiczne przeprowadza się w specjalnych zbiornikach i komorach fermentacyjnych.

Kompost

Odpady organiczne można wykorzystać do produkcji naturalnego nawozu. W tym celu należy założyć tzw. pryzmę kompostową, czyli zbudować kopiec z ułożonych na przemian warstw odpadów organicznych i gleby. Procesy rozkładu przeprowadzane przez mikroorganizmy glebowe zmieniają odpady w żyzny nawóz.

Nawozem wytworzonym w pryzmie kompostowej można obłożyć np. warzywa uprawiane w ogrodzie.

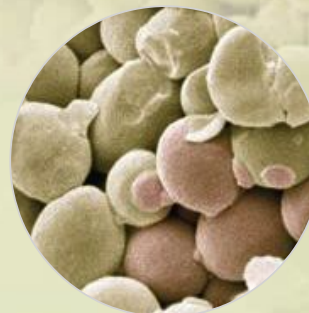


Biotechnologia tradycyjna w przemyśle spożywczym

Metody biotechnologii tradycyjnej umożliwiają produkcję takich produktów spożywczych, jak pieczywo, sery, kiszone warzywa i alkohole. Do tego celu wykorzystuje się fermentację alkoholową i fermentację mlekową.

Fermentacja alkoholowa

Fermentacja alkoholowa polega na rozkładzie cukrów do alkoholu etylowego i dwutlenku węgla. Ten rodzaj fermentacji stosuje się m.in. do produkcji piwa, wina i innych napojów alkoholowych oraz do produkcji pieczywa.



W przemyśle spożywczym wykorzystuje się szlachetne szczepy drożdży należących do gatunku *Saccharomyces cerevisiae*.



Ciasto drożdżowe „rośnie” dzięki dwutlenkowi węgla uwalnianemu podczas fermentacji alkoholowej.



Piwo produkuje się w ogromnych fermentatorach nazywanych kadziami.

Fermentacja mlekowa

Fermentacja mlekowa polega na rozkładzie cukrów do kwasu mlekowego. Kwas mlekowy zakwasza produkty, dzięki czemu otrzymujemy kiszone warzywa, np. ogórki lub kapustę. Powoduje też ścinanie się białka mleka, co pozwala nam produkować sery i jogurty. Ma on również właściwości konserwujące – poddane jego działaniu produkty spożywcze dłużej zachowują świeżość.



Do produkcji nabiału wykorzystuje się głównie bakterie z rodzajów *Lactobacillus* lub *Lactococcus*.

Fermentacja mlekowa umożliwia produkcję m.in. serów, jogurtów i kiszonych warzyw.



Czy gruszki mogą rosnąć na wierzbie?

Bliżej życia

Odpowiedź na to pytanie brzmi: niestety nie, choć w określonych sytuacjach na jednym drzewie można otrzymać różne owoce. Technika, która umożliwia uzyskanie takich efektów, jest szczepienie drzew. Polega ono na nacięciu pędu jednej rośliny i złączeniu go z wyciętym fragmentem pędu innej rośliny w taki sposób, aby oba fragmenty zrosły się ze sobą. Do szczepienia można wykorzystać tylko osobniki zbliżone do siebie fizjologicznie, dlatego nie otrzymamy w ten sposób gruszek na wierzbie, ale na jednym pniu śliwy możemy wyhodować kilka różnych odmian śliwek.



Podczas szczepienia łączy się fragmenty dwóch różnych roślin.

Szlachetne odmiany roślin mają zwykle mniejszą odporność na patogeny oraz niekorzystne warunki środowiska niż ich dzikie odmiany. Dlatego często gałązki odmiany szlachetnej wszczepia się w pierś odmiany dzikiej.

W skrócie

- **Biotechnologia** to dyscyplina naukowa, która zajmuje się wykorzystywaniem organizmów i wirusów lub ich składników do celów użytkowych.
- Wyróżniamy:
 - **biotechnologię tradycyjną**, w której wykorzystuje się naturalnie występujące organizmy i wirusy lub ich składniki,
 - **biotechnologię molekularną**, w której wykorzystuje się wirusy lub organizmy o materiale genetycznym zmodyfikowanym za pomocą technik inżynierii genetycznej.
- Metody biotechnologii tradycyjnej stosuje się w różnych obszarach życia człowieka, np. w przemyśle farmaceutycznym, przemyśle spożywczym czy rolnictwie. W ochronie środowiska pomagają one m.in. w przyjaznej dla środowiska utylizacji ścieków, odpadów organicznych i innych zanieczyszczeń.

Polecenia kontrolne

1. Wyjaśnij, czym różni się biotechnologia tradycyjna od biotechnologii molekularnej.
2. Opisz w zeszycie jeden przykład wykorzystywania metod biotechnologii tradycyjnej w przemyśle farmaceutycznym.
3. Wykaż, że biotechnologia tradycyjna przyczynia się do ochrony środowiska.
4. Podaj po dwa przykłady zastosowania fermentacji mlekowej i fermentacji alkoholowej w przemyśle spożywczym.
5. Na podstawie wiarygodnych źródeł informacji omów rolę fermentacji w przemyśle innym niż przemysł spożywczy.

3.2. Podstawowe techniki inżynierii genetycznej

Ważne na tej lekcji!

- techniki inżynierii genetycznej (elektroforeza DNA, PCR)
- zastosowanie technik inżynierii genetycznej

W miarę rozwoju nauk biologicznych naukowcy uzyskali wiedzę m.in. o genach, przebiegu replikacji DNA i biosyntezie białka. Dzięki temu mogli manipulować materiałem genetycznym, co doprowadziło do powstania nowej dziedziny nauki – inżynierii genetycznej.

■ Czym jest inżynieria genetyczna

Inżynieria genetyczna to dziedzina nauki zajmująca się opracowywaniem technik, które umożliwiają wprowadzanie zmian w materiale genetycznym organizmów oraz wirusów. Posługuje się ona takimi technikami,

jak elektroforeza DNA oraz łańcuchowa reakcja polimerazy (PCR).

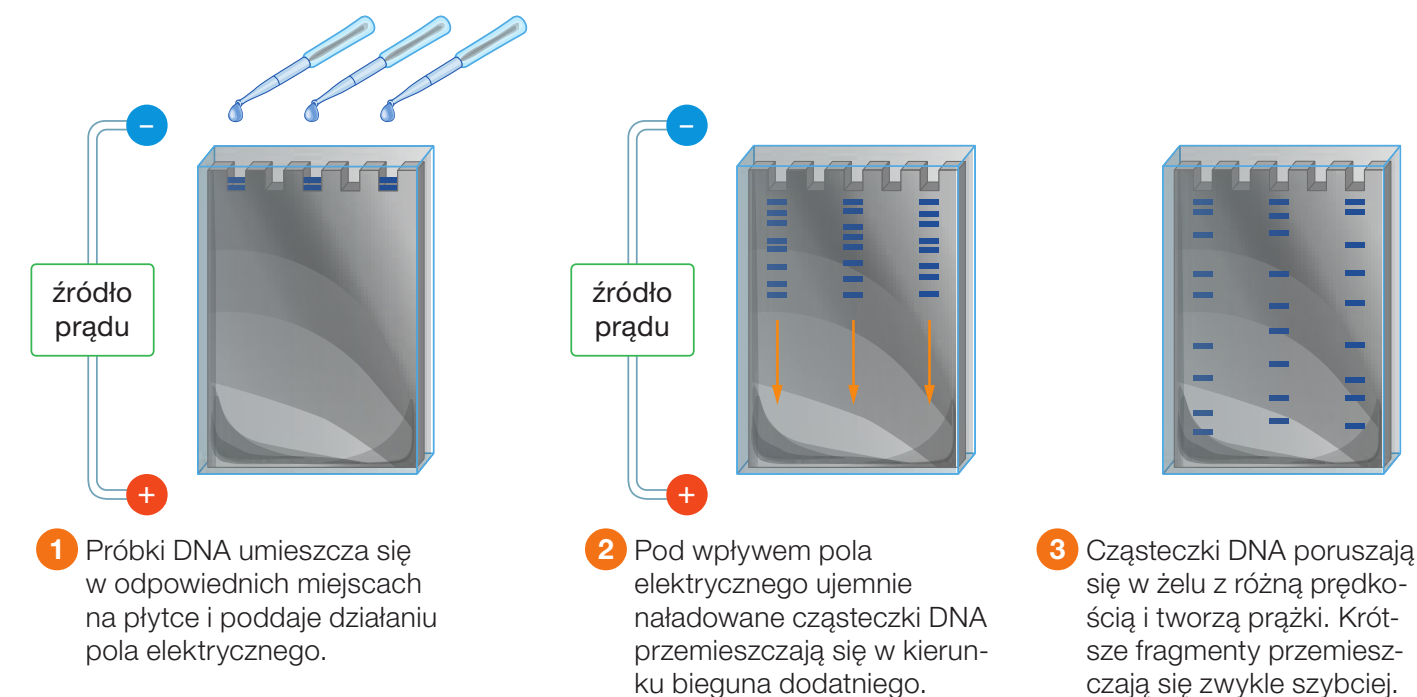
■ Elektroforeza DNA

Elektroforeza DNA to technika, która umożliwia rozdzielanie fragmentów DNA w polu elektrycznym.

Elektroforezę DNA wykorzystuje się m.in. do tworzenia **profilu genetycznych**, czyli do ustalania długości określonych fragmentów DNA u danej osoby. Profil genetyczny jest jak odcisk palca – niepowtarzalny u nikogo innego.

Jak przeprowadza się elektroforezę DNA?

Mieszaninę fragmentów DNA umieszcza się na płytce ze specjalnego żelu, który poddaje się działaniu pola elektrycznego. Szybkość przemieszczania się cząsteczek zależy od ich długości oraz budowy. Dlatego fragmenty DNA tworzą na płytce prążki widoczne np. po ich wybarwieniu specjalnym barwnikiem.



■ Łańcuchowa reakcja polimerazy (PCR)

Łańcuchowa reakcja polimerazy – PCR (ang. *polymerase chain reaction*) pozwala na uzyskanie w krótkim czasie dużej liczby kopii dowolnego fragmentu DNA.

Technikę tę stosuje się zwłaszcza wtedy, gdy nie ma wystarczającej ilości materiału

do przeprowadzenia badań. PCR znajduje zastosowanie m.in. w:

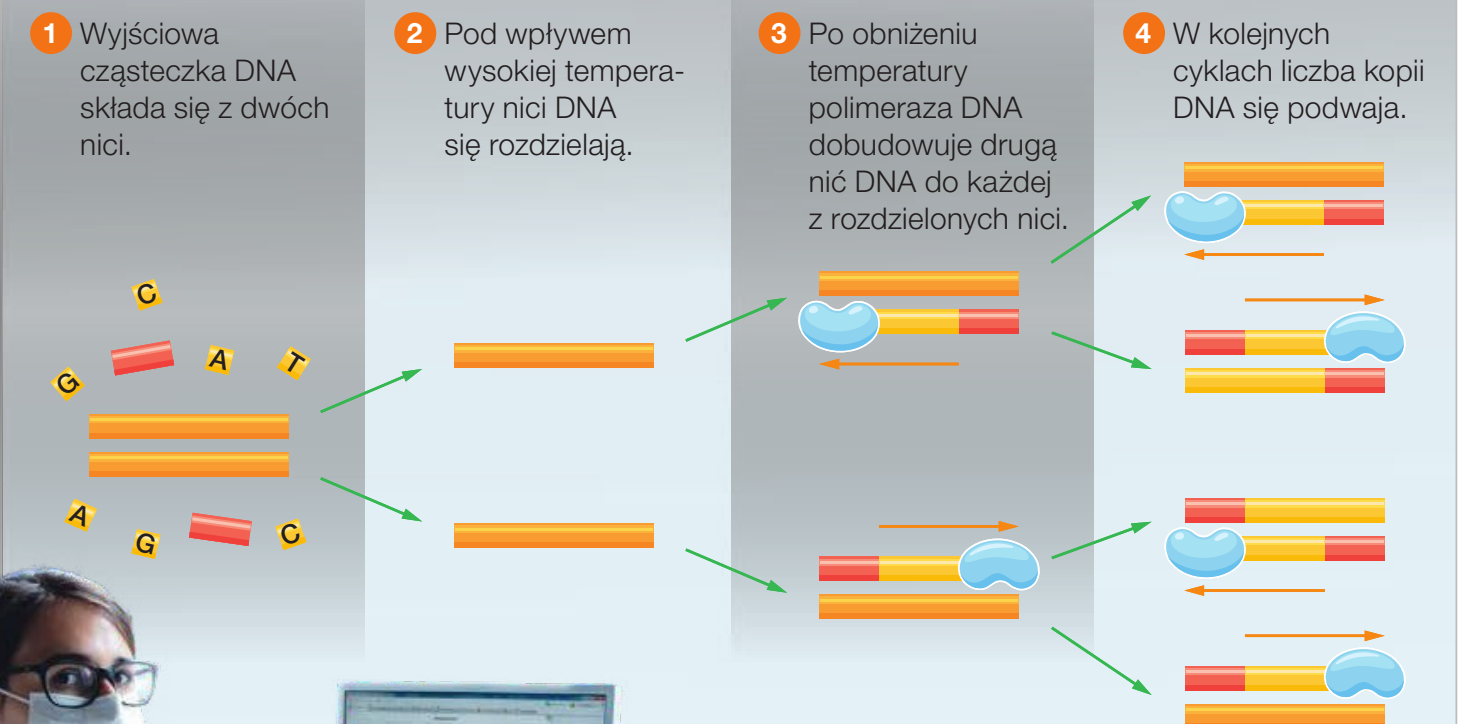
- ▶ **diagnostyce chorób** – do zwielokrotnienia materiału genetycznego pobranego od pacjenta,
- ▶ **kryminalistyce** – do powielania śladów genetycznych pozostawionych na miejscu przestępstwa.

Mechanizm PCR

Podczas PCR replikacja DNA zachodzi w cyklach. W każdym cyklu liczba kopii cząsteczek DNA podwaja się, stąd po dwudziestu cyklach PCR z jednej cząsteczki DNA uzyskuje się ponad milion kopii.

Do PCR wykorzystuje się:

- fragment DNA do powielenia,
- startery – krótkie fragmenty DNA niezbędne do tego, aby polimeraza DNA mogła dobudowywać nowe nici DNA,
- nukleotydy – elementy budulcowe DNA, C, G, A, T
- polimerazę DNA – enzym, który tworzy kopie DNA.



PCR przeprowadza się w urządzeniach nazywanych termocyklerami, które umożliwiają szybkie zmiany temperatury. Technikę tę wykorzystuje się w diagnostyce wielu chorób.



Zastosowanie technik inżynierii genetycznej

Techniki inżynierii genetycznej znajdują zastosowanie m.in. w medycynie sądowej, kryminalistyce i diagnostyce wielu chorób.

Medycyna sądowa

W medycynie sądowej techniki inżynierii genetycznej stosuje się m.in. do ustalania ojcostwa lub pokrewieństwa, np. w przypadku niektórych spraw spadkowych. Pozwalają one także na identyfikację zmarłych nawet po wielu latach od ich śmierci.



Kryminalistyka

W kryminalistyce na podstawie DNA pobranego z miejsca przestępstwa tworzy się profile genetyczne, dzięki którym można ustalić tożsamość ofiar i sprawców przestępstw. Wystarczą do tego nawet śladowe ilości materiału genetycznego, np. pozostawionego w odciskach palców.



Diagnostyka chorób

Techniki inżynierii genetycznej stosuje się również w diagnostyce chorób. Dzięki nim można ustalić sekwencję DNA pacjenta i określić, czy jest on nosicielem mutacji odpowiedzialnej za rozwój określonej choroby, lub wykryć materiał genetyczny patogenu powodującego chorobę.



W skrócie

- **Inżynieria genetyczna** to dziedzina nauki, która zajmuje się opracowywaniem technik i metod umożliwiających wprowadzanie zmian w materiale genetycznym organizmów oraz wirusów.
- Do podstawowych technik inżynierii genetycznej należą:
 - **elektroforeza DNA** – rozdzielanie fragmentów DNA w polu elektrycznym,
 - **PCR** – powielanie materiału genetycznego.
- Techniki inżynierii genetycznej wykorzystuje się m.in. w medycynie sądowej, kryminalistyce i diagnostyce chorób.

Polecenia kontrolne

1. Wyjaśnij, dlaczego cząsteczki DNA przemieszczają się w żelu podczas elektroforezy.
2. Opisz możliwe zastosowania PCR w kryminalistyce.
3. Podaj trzy sytuacje, w których można wykorzystać profile genetyczne.

3.3. Organizmy zmodyfikowane genetycznie

Ważne na tej lekcji!

- definicje GMO i organizmów transgenicznych
- przykłady produktów otrzymywanych z wykorzystaniem GMO
- korzyści i zagrożenia wynikające z zastosowania GMO

W sklepie spożywczym czy w drogerii na niektórych artykułach możemy znaleźć oznaczenia „bez GMO” lub „wyprodukowane bez stosowania GMO”. Dzięki nim wiemy, które produkty powstały bez wykorzystania organizmów zmodyfikowanych genetycznie. Czy wiesz, czym są takie organizmy?

Czym jest GMO?

Organizm zmodyfikowany genetycznie (GMO) to organizm, którego materiał genetyczny został zmieniony za pomocą technik inżynierii genetycznej. Organizmy zmodyfikowane genetycznie otrzymuje się przez:

- ▶ **zmianę aktywności** (aktywację lub wyciszenie) **genu** naturalnie występującego w informacji genetycznej organizmu.

Skutkuje to obecnością wybranej cechy lub jej brakiem;

- ▶ **zwielokrotnienie genu** naturalnie występującego w informacji genetycznej organizmu danego gatunku. W efekcie u organizmu występują dodatkowe kopie jednego z jego genów. Powstaje wtedy większa ilość kodowanego przez ten gen białka, co nasila wybraną cechę;
- ▶ **wprowadzenie do informacji genetycznej organizmu genu** pochodzącego od innego gatunku. W konsekwencji organizm produkuje nowe białko, dzięki czemu wykształca nową cechę (→ s. 6). Organizm, który zawiera w swojej informacji genetycznej gen pochodzący od innego gatunku, nazywamy **organizmem transgenicznym**.

Gdzie wykorzystuje się GMO?

Organizmy zmodyfikowane genetycznie wykorzystuje się m.in. w przemyśle farmaceutycznym, rolnictwie i ogrodnictwie.



Transgeniczny szczep bakterii *E. coli* produkuje insulinę stosowaną w leczeniu cukrzycy.



Soja zmodyfikowana genetycznie zawiera w swoim DNA gen bakterii, który powoduje odporność na środki chwastobójcze.



Fioletowe goździki zawierają w swoim DNA gen niebieskiego barwnika, pochodzący od petunii i wyżłinu.

Korzyści i zagrożenia wynikające ze stosowania GMO

Tworzenie organizmów zmodyfikowanych genetycznie daje wiele nowych możliwości, ale może też stwarzać zagrożenia. Zapoznaj się z podanymi niżej przykładami pozytywnych i możliwych negatywnych stron stosowania GMO.

■ GMO – korzyści

Walka z niedożywieniem na świecie

Dzięki modyfikacji DNA roślin uprawnych można tworzyć odmiany, które zawierają bardzo duże ilości składników pokarmowych, np. białek lub witamin. W ten sposób można ograniczyć występowanie chorób wynikających z niedożywienia.

Złoty ryż ma w swojej informacji genetycznej geny kukurydzy i bakterii, dzięki którym jego nasiona zawierają dużo prowitaminy A. Spożywanie tego ryżu może przeciwdziałać m.in. ślepecie.

Postęp w badaniach naukowych

Genetycznie zmodyfikowane zwierzęta wykorzystuje się jako organizmy modelowe, dzięki którym można badać przebieg wielu chorób człowieka, np. nowotworów i cukrzycy.

Zmodyfikowane genetycznie myszy stanowią m.in. modele do badań nad nowotworami gruczołów mlecznych, trzustki i prostaty.

Użyteczne gospodarczo odmiany i rasy

Dzięki inżynierii genetycznej uzyskujemy odmiany roślin uprawnych odporne na szkodniki, chemiczne środki chwastobójcze, mróz oraz choroby. Zmodyfikowane genetycznie zwierzęta osiągają np. większe rozmiary, a uzyskiwane z nich produkty mają większą wartość odżywczą.

Transgeniczne łososie AquAdvantage rosną dwukrotnie szybciej niż osobniki naturalne. Ryby na zdjęciu są siostrami, ale tylko u większej z nich zachodzi ekspresja dodatkowych genów.

Produkcja żywności

W przemyśle spożywczym genetycznie zmodyfikowane mikroorganizmy stosuje się głównie do produkcji witamin, aromatów czy enzymów. Przykładem jest podpuszczka – enzym trawienny wykorzystywany do produkcji serów.

Podpuszczka pierwotnie była pozyskiwana z cielęcych żołądków. Obecnie produkują ją zmodyfikowane genetycznie mikroorganizmy.

Ochrona środowiska

GMO mogą służyć do oczyszczania środowiska, np. gleb z zanieczyszczeń metalami ciężkimi lub wód z zanieczyszczeń ropą naftową. Stosuje się je także do wytwarzania niektórych biodegradowalnych polimerów, z których produkuje się opakowania przyjazne środowisku.

Zmodyfikowane bakterie i rośliny wykorzystuje się do produkcji niektórych tworzyw biodegradowalnych.

Ochrona zdrowia

Z transgenicznych roślin można produkować jadalne szczepionki, np. przeciwko żółtaczce typu B czy malarii. GMO służą też m.in. do wytwarzania ludzkiej insuliny, przeciwciał czy hormonu wzrostu. Naukowcy pracują także nad tworzeniem zmodyfikowanych świń, od których można będzie uzyskiwać narządy do przeszczepów dla ludzi.

Ziemniaki zawierające gen toksyny B cholery mogą służyć do produkcji szczepionki przeciwko tej chorobie.

■ GMO – zagrożenia

Wpływ na zdrowie

- Istnieją obawy, że żywność zawierająca GMO może m.in. powodować alergie, choroby układu pokarmowego czy nowotwory. Dotychczas nie zostało to jednak udowodnione naukowo.
- Innym możliwym zagrożeniem jest zanieczyszczenie żywności zawierającej GMO chemicznymi środkami np. chwastobójczymi. Zmodyfikowane rośliny są odporne na te środki, dlatego rolnicy nie muszą ograniczać ich stosowania.

Wpływ na bioróżnorodność

- Dokładna kontrola upraw GMO jest trudna, dlatego może się zdarzyć sytuacja, w której zmodyfikowane genetycznie rośliny rozsiewą się w środowisku i wyprą rodzime gatunki.
- W wyniku krzyżowania się zmodyfikowanych genetycznie roślin ze spokrewnionymi roślinami mogą powstać chwasty o większej odporności na środki chemiczne.

Wpływ na rolnictwo

- Jednym z głównych zagrożeń jest możliwość uzależnienia gospodarstw rolnych od koncernów biotechnologicznych dostarczających nasiona zmodyfikowanych roślin.
- Uprawy ekologiczne znajdujące się w pobliżu upraw GMO mogą zostać zanieczyszczone tymi roślinami, co może prowadzić gospodarstwa ekologiczne do bankructwa oraz do wyparcia rodzimych odmian roślin.

O tym się mówi!

Czy żywność zawierająca GMO jest dla nas bezpieczna?

Nie wszyscy jesteśmy zgodni co do tego, czy produkty zawierające GMO są bezpieczne dla naszego zdrowia. Zapoznaj się z różnymi opiniami na ten temat.

1

„Opinia WHO dotycząca ryzyka zdrowotnego żywności genetycznie modyfikowanej stwierdza, że żywność ta nie jest bardziej niebezpieczna dla zdrowia ludzkiego niż żywność konwencjonalna. Badania przeprowadzone w Polsce pod kątem bezpieczeństwa stosowania roślin genetycznie modyfikowanych w żywieniu zwierząt nie wykazały negatywnego wpływu tych roślin na ich funkcjonowanie i rozwój. Metaanaliza z 2018 roku, w której wykorzystano wyniki ponad 6 tysięcy badań nad GMO (badania dotyczyły jedynie kukurydzy), prowadzonych przez ostatnie 20 lat, wskazuje, że żywność modyfikowana genetycznie nie stanowi zagrożenia dla ludzi. Występują nieliczne badania, wykazujące działania niepożądane i szkodliwość GMO”.

E. Pietraś, E. Matczuk; *GMO – z czym to się je?*, ABC Żywnienia. Fakty i mity, <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywnienia/gmo-z-czym-to-sie-je/> (dostęp: 08.07.2025).

2

„Do tej pory nie udało się w badaniach naukowych stwierdzić negatywnego wpływu genetycznie zmodyfikowanej żywności na organizm ludzki, ale również nie udało się udowodnić, że jest ona nieszkodliwa. Nadal nieznane są skutki, jakie może wywołać długotrwałe spożywanie produktów GM [zmodyfikowanych genetycznie – red.]. Istotne w tym przypadku są względy rynkowe i ekonomiczne. Rośliny GMO odznaczają się bowiem często lepszym smakiem i są bardziej dorodne, co może skłaniać konsumenta do ich zakupu. Z tego powodu producenci, upowszechniając stosowanie GMO w żywności, korzystają z wolności gospodarczej zagwarantowanej w regulacjach prawa międzynarodowego”.

I. Wrześniewska-Wal, *Bezpieczeństwo upraw GMO i żywności GM na podstawie nowych regulacji prawnych na poziomie międzynarodowym i krajowym*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2018, 25, 4(117), s. 14, <https://wydawnictwo.ptz.org/magazine-archive/bezpieczenstwo-upraw-gmo-i-zywnosci-gm-na-podstawie-nowych-regulacji-prawnych-na-poziomie-miedzynarodowym-i-krajowym/> (dostęp: 08.07.2025).

3

„Genetycznie modyfikowana [...] żywność stanowi ewidentne zagrożenie dla zdrowia konsumentów. Wbrew zapewnieniom biotechnologów DNA transgenicznych roślin nie jest stabilny, tym samym możliwa jest synteza obcych, alergennych białek. Z powodu wysokiej zawartości inhibitora trypsyny GMO żywność jest znacznie wolniej trawiona, co podobnie jak obecność toksyny Bt zwiększa prawdopodobieństwo chorób układu pokarmowego. Kolejne zagrożenia stanowią fitoestrogeny oraz pozostałości Roundupu [środek chwastobójczy – przyp. red.], które poprzez zaburzenia gospodarki hormonalnej mogą ograniczać rozrodczość, a nawet prowadzić do transformacji nowotworowej”.

G. Cichosz, S.K. Wiąckowski, *Żywność genetycznie modyfikowana – wielka niewiadoma*, „Polski Merkuriusz Lekarski” 2012, XXXIII, 194, s. 59.

1 Jakie jest Twoje stanowisko wobec spożywania żywności zawierającej GMO? Uzasadnij swoją odpowiedź.

2 Który argument „za” stosowaniem produktów spożywczych zawierających GMO lub „przeciw” ich stosowaniu uważasz za najważniejszy i dlaczego?

Czy wiesz, co jesz?

W sklepach spożywczych możemy znaleźć produkty bez GMO, produkty zawierające śladowe ilości GMO lub takie, które w swoim składzie zawierają powyżej 0,9% GMO. Jak możemy je odróżnić?

Produkty wolne od GMO

Produkty wyprodukowane bez organizmów zmodyfikowanych genetycznie oznacza się jako „bez GMO” lub „wyprodukowano bez stosowania GMO”.

Produkty zawierające śladowe ilości GMO

Produkty zawierające śladowe ilości GMO (do 0,9% ich składu) zgodnie z prawem nie muszą być oznaczone.

Produkty zawierające GMO

Żywność zawierająca w swoim składzie powyżej 0,9% składników GMO musi być oznakowana jako „wyprodukowana z wykorzystaniem GMO”.

Blżej życia



W skrócie

- **Organizm zmodyfikowany genetycznie (GMO)** to organizm, którego materiał genetyczny został zmieniony przez człowieka za pomocą technik inżynierii genetycznej.
- **Organizm transgeniczny** to organizm, do którego informacji genetycznej za pomocą technik inżynierii genetycznej wprowadzono gen pochodzący od innego gatunku.
- Do **korzyści** związanych ze stosowaniem GMO należą: tworzenie nowych odmian roślin i ras zwierząt o korzystnych dla człowieka cechach, wykorzystywanie GMO do produkcji białek człowieka i szczepionek, produkcja żywności – w tym serów, pieczywa i alkoholu, możliwość prowadzenia na zwierzętach badań nad chorobami człowieka, produkcja biodegradowalnych polimerów oraz wykorzystanie zmodyfikowanych genetycznie mikroorganizmów do oczyszczania środowiska.
- Do ewentualnych **zagrożeń** związanych ze stosowaniem GMO należą: możliwy negatywny wpływ na zdrowie człowieka, zmniejszenie bioróżnorodności, uzależnienie rolników od koncernów biotechnologicznych, bankructwo gospodarstw ekologicznych.

Polecenia kontrolne

1. Określ, czy nazwy „GMO” i „organizm transgeniczny” to synonimy. Odpowiedź uzasadnij.
2. Określ, czy jesteś „za” stosowaniem GMO, czy też „przeciw” stosowaniu GMO do produkcji żywności. Podaj trzy argumenty uzasadniające Twój wybór.
3. Na podstawie wiarygodnych źródeł informacji podaj trzy przykłady organizmów zmodyfikowanych genetycznie, które wykorzystuje się w medycynie.

3.4. Biotechnologia molekularna – szanse i zagrożenia

Ważne na tej lekcji!

- znaczenie poradnictwa genetycznego
- istota terapii genowej
- szanse i zagrożenia związane z zastosowaniem biotechnologii molekularnej
- problemy społeczne i etyczne wynikające z rozwoju inżynierii genetycznej

Biotechnologia molekularna to dziedzina nauki umożliwiająca rozwój m.in. medycyny, przemysłu czy kryminalistyki. Jednak jej osiągnięcia budzą wiele kontrowersji. Na tej lekcji omówimy wykorzystanie biotechnologii molekularnej w poradnictwie genetycznym oraz terapii genowej. Poznasz też korzyści i zagrożenia związane ze stosowaniem tej nauki.

Poradnictwo genetyczne

Poradnictwo genetyczne to forma profesjonalnej pomocy kierowanej do osób chorych na choroby genetyczne oraz ich rodzin. Mogło się ono rozwinąć i nadal się rozwija dzięki odkryciom biotechnologii molekularnej.

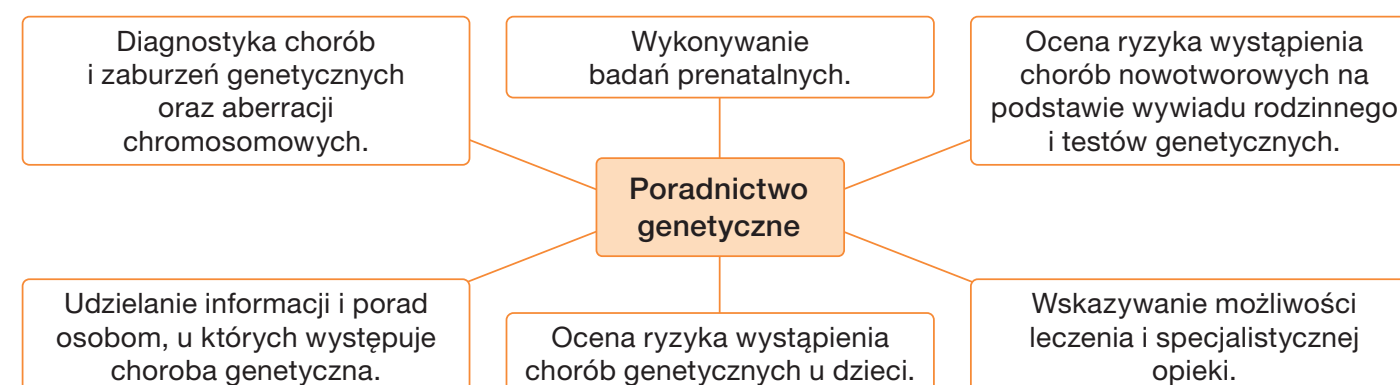
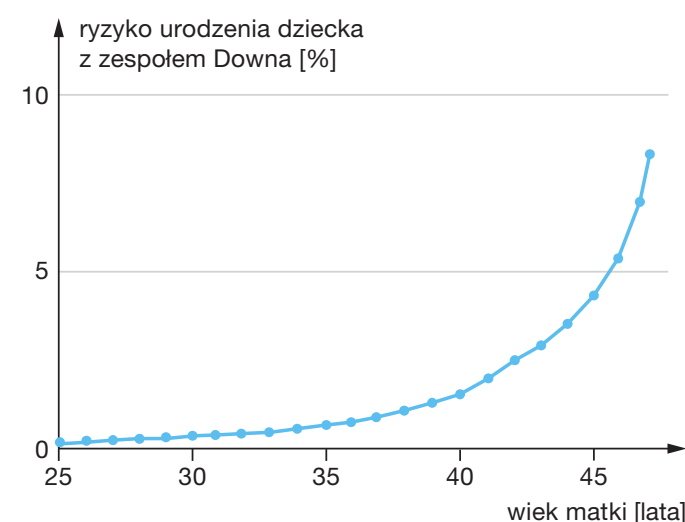
W poradni genetycznej można zazwyczaj zdiagnozować chorobę genetyczną i otrzymać o niej specjalistyczne informacje, m.in. dotyczące tego:

- ▶ w jaki sposób dana choroba się dziedziczy,
- ▶ jakie jest ryzyko urodzenia dziecka z tą chorobą,
- ▶ jak należy opiekować się chorą osobą oraz w jaki sposób można ją leczyć,

- ▶ jaką pomoc można otrzymać od różnych instytucji (np. pomoc finansową czy psychologiczną).

Z poradnictwa genetycznego mogą korzystać także pary, które planują mieć potomstwo, a w których kobiety ukończyły 35. rok życia. Wraz z wiekiem matki wzrasta bowiem ryzyko wystąpienia u dziecka np. zespołu Downa.

Zależność między wiekiem matki a ryzykiem urodzenia dziecka z zespołem Downa



Terapia genowa

Terapia genowa to metoda leczenia polegająca na wprowadzeniu obcych kwasów nukleinowych (głównie DNA) do komórek ciała pacjenta w celu uzyskania określonego efektu terapeutycznego. Fragmenty kwasów nukleinowych wprowadza się za pomocą tzw. **wektorów**. Są to cząsteczki, wirusy lub bakterie zdolne do przenoszenia materiału genetycznego. Celem terapii genowej może być m.in.:

- ▶ dostarczenie komórkom poprawnej wersji genu,

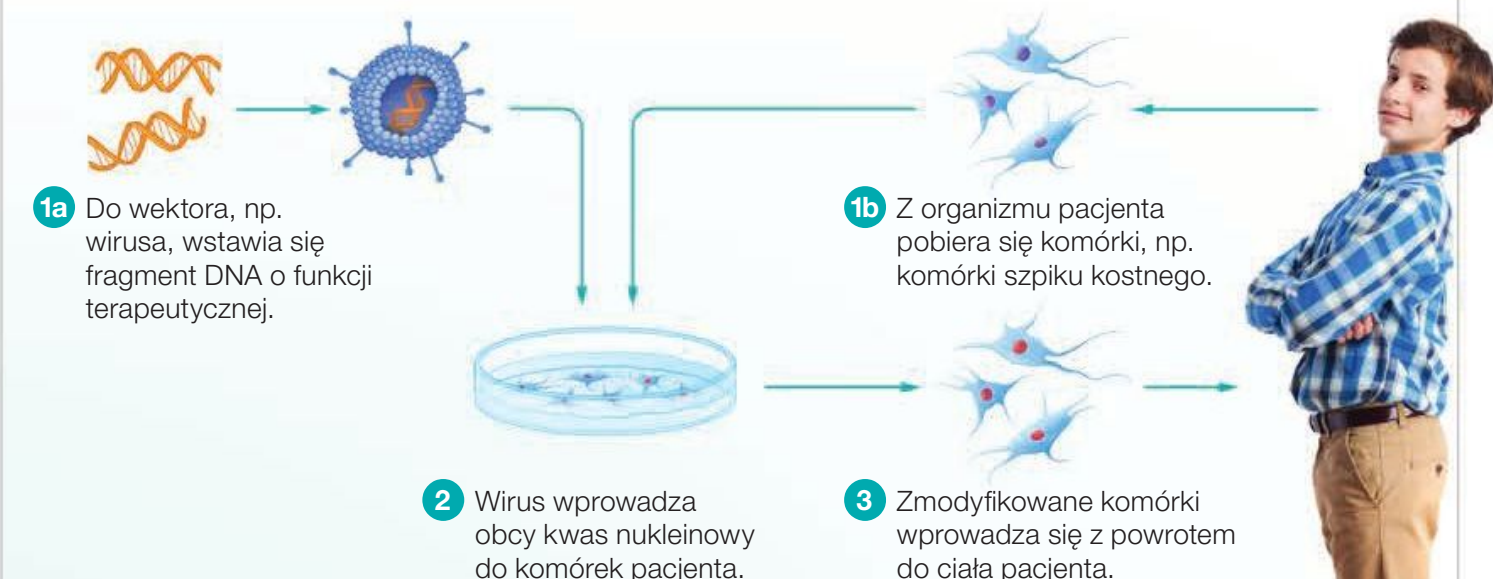
- ▶ wyciszenie aktywności wadliwej wersji genu,
- ▶ spowodowanie apoptozy (śmierci) określonych komórek.

Terapia genowa to stosunkowo nowa metoda leczenia, dlatego stale jeszcze bada się możliwości jej wykorzystania. Obecnie metodę tę stosuje się m.in. w przypadku chorób genetycznych jednogennowych, takich jak rzadka wrodzona ślepotą czy beta-talasemia (choroba polegająca na zaburzeniu syntezy hemoglobiny).

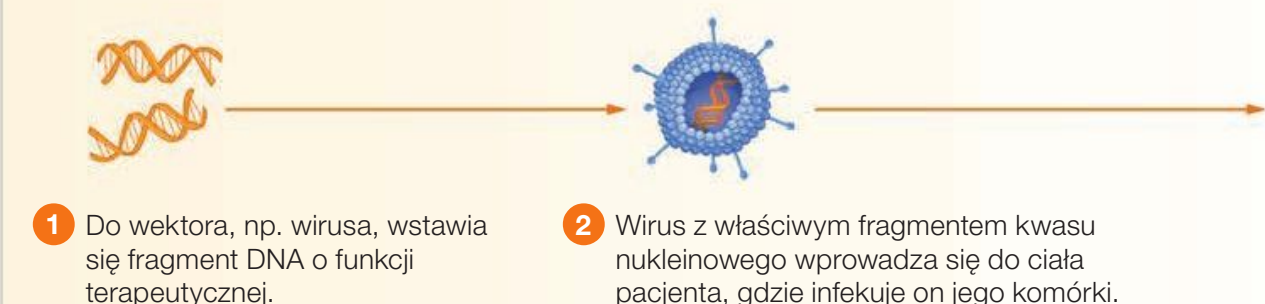
Jak przebiega terapia genowa?

Terapia genowa może przebiegać na dwa sposoby. Pierwszy z nich to wprowadzenie obcych fragmentów DNA do komórek pacjenta *ex vivo*, czyli poza ciałem chorego. Drugi to wprowadzenie takich fragmentów *in vivo*, czyli wewnątrz ciała pacjenta.

Terapia genowa *ex vivo*



Terapia genowa *in vivo*



Biotechnologia molekularna – szanse i zagrożenia

Z rozwojem biotechnologii molekularnej wiążą się zarówno szanse, jak i zagrożenia, w tym te dotyczące natury społecznej i etycznej. Zapoznaj się z najważniejszymi przykładami.



Szanse

■ Rozwój nowoczesnego rolnictwa i walka z niedożywieniem na świecie

Biotechnologia molekularna umożliwia tworzenie nowych odmian roślin uprawnych i ras zwierząt hodowlanych o cechach niemożliwych do uzyskania w sposób naturalny, takich jak odporność na określone choroby, zwiększona masa ciała i produkcja substancji leczniczych. Biotechnologia pozwala też na zwiększenie produkcji żywności.

■ Rozwój medycyny – nowe sposoby leczenia i diagnozowania chorób

Dzięki osiągnięciom biotechnologii produkuje się wiele leków, hormonów i szczepionek. Trwają też prace nad wytwarzaniem organów do przeszczepów oraz zastosowaniem terapii genowych w leczeniu wielu chorób. Nowoczesna diagnostyka opiera się m.in. na badaniu sekwencji DNA w celu odnalezienia mutacji odpowiedzialnych za rozwój danej choroby.

■ Ochrona środowiska

Zmodyfikowane genetycznie mikroorganizmy i rośliny służą do oczyszczania m.in. gleby z zanieczyszczeń metalami ciężkimi oraz do wytwarzania materiałów biodegradowalnych.

■ Rozwój przemysłu

Osiągnięcia biotechnologii molekularnej wykorzystuje się głównie w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym i do produkcji biopaliw. Zmodyfikowane genetycznie mikroorganizmy mogą wytwarzać m.in. antybiotyki, słodziki, aromaty i detergenty.



Zagrożenia

■ Możliwy negatywny wpływ na ekosystemy i zdrowie ludzi

Organizmy wyprodukowane metodami biotechnologii molekularnej mogą spowodować nieodwracalne zmiany w ekosystemach, m.in. wypreć naturalnie występujące w nich gatunki czy spowodować pojawienie się superchwastów. Ponadto nie ma pewności, czy spożycie takich organizmów jest bezpieczne dla zdrowia.

■ Możliwe skutki uboczne i nadużycia

Nowe metody leczenia człowieka, np. terapia genowa, mogą powodować nieznane jeszcze skutki uboczne. Ponadto możliwość poznania sekwencji DNA, a tym samym – wszelkich uwarunkowań genetycznych danej osoby, rodzi obawy dotyczące potencjalnych dyskryminacji na tle genetycznym. Możliwość ingerencji w DNA komórek stwarza też ryzyko produkowania dzieci o wybranych cechach, co jest uznawane za nieetyczne.

■ Zanieczyszczenie środowiska

Uprawa roślin odpornych na chemiczne środki chwastobójcze może zachęcać rolników do zwiększenia liczby oprysków przeciw szkodnikom, co zwiększy zanieczyszczenie środowiska.

■ Zagrożenie biologiczne

Łatwość wytwarzania mikroorganizmów oraz wirusów o zmienionym materiale genetycznym stwarza niebezpieczeństwo wytworzenia broni biologicznej o nieznanych cechach, którą m.in. z tego powodu trudno będzie zneutralizować.

O tym się mówi!

Inżynieria genetyczna – skrzynia ze skarbami czy puszka Pandory?

Wiele osób uważa, że nie powinniśmy korzystać z technik inżynierii genetycznej, zwłaszcza tych związanych z manipulacjami genetycznymi. Stawiają oni pytanie: Czy ingerowanie we własne geny i geny innych organizmów jest bezpieczne?

1

„Inżynieria genetyczna wpłynęła na poprawę życia milionów ludzi. I tak na przykład cukrzyków leczy się insuliną produkowaną metodami inżynierii genetycznej [...]. Modyfikowane genetycznie rośliny uprawne, które dają wyższe plony i są odporne na szkodniki, zajmują coraz więcej miejsca w rolnictwie światowym. [...] Materiał genetyczny komórek macierzystych pobranych od osób cierpiących np. na hemofilię będzie można poza organizmem redagować w celu skorygowania wady genetycznej, będącej przyczyną choroby, a następnie takie naprawione komórki wszczepić pacjentowi, by rozmnożyły się w jego krwiobiegu”.

M. Specter, *Czy wolno nam bawić się w bogów? Rewolucja DNA*, „National Geographic Polska”, <https://www.national-geographic.pl/nauka/czy-wolno-nam-bawic-sie-w-bogow-rewolucja-dna/> (dostęp: 08.07.2025).

2

„Eksperymenty na myszach są obiecujące, ale nie jesteśmy myszami. Żyjemy dużo dłużej, w naszych organizmach zachodzą bardziej złożone interakcje. Nie potrafimy przewidzieć konsekwencji takich zmian dla całego organizmu. [...] Naukowcy zwracali uwagę na to, że technika pozwalająca na precyzyjne modyfikowanie genów jest bez wątpienia wspaniała, ale zastanówmy się, czy i w jakichkolwiek okolicznościach można zastosować ją do modyfikowania genomu ludzkiego w formie przekazywanej z pokolenia na pokolenie. Dlatego środowisko naukowe jest dość zgodne, że takich rzeczy nie należy robić na tym etapie wiedzy”.

M. Stelmach, E. Bartnik, *Wyscigu w nauce nie wygrywa się, robiąc rzeczy nieetyczne*, <https://weekend.gazeta.pl/weekend/7,177333,24417349,prof-ewa-bartnik-wyscigu-w-nauce-nie-wygrywa-sie-robiac-rzeczy.html> (dostęp: 08.07.2025).

3

„Ton, w którym media opisują dziś biohakerów, wskazuje na zaniepokojenie. Nic dziwnego – ingerowanie we własne geny metodami, które nie zostały sprawdzone, jest bardzo niebezpieczne. [...] Zastosowanie terapii genowej może np. pobudzić komórki do przekształcenia się w nowotworowe. Niektórzy obserwatorzy zaczęli jednak bić na trwogę także z innego powodu. Skoro narzędzia inżynierii genetycznej już znajdują się w rękach biohakerów – mówią – to może za chwilę zostaną wykorzystane także przez bioterrorystów. W styczniu na łamach czasopisma naukowego „PLOS ONE” ukazała się praca badaczy z kanadyjskiego University of Alberta, którzy w pół roku za ok. 100 tys. dol. z otrzymanych pocztą fragmentów DNA [...] poskładali niebezpiecznego dla koni bliskiego krewnego wirusa czarnej ospy”.

M. Rotkiewicz, *Amatorskie grzebanie w genach*, „Polityka” 2018, nr 34(3174), <https://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/nauka/1760444,1,amatorskie-grzebanie-w-genach.read> (dostęp: 08.07.2025).

1 Na podstawie zdobytej wiedzy dotyczącej korzyści i zagrożeń wynikających ze stosowania technik inżynierii genetycznej sformułuj własną odpowiedź na pytanie zawarte we wstępie.

Szczepionką w raka

Istnieją dwa główne typy szczepionek przeciwnowotworowych: szczepionki zapobiegawcze i szczepionki terapeutyczne. Pierwsze z nich mają na celu zapobieganie infekcjom wirusowym, które przyczyniają się do rozwoju nowotworu. Przykładem jest szczepionka przeciwko HPV, która pomaga kobietom chronić się przed rakiem szyjki macicy. Z kolei celem szczepionek terapeutycznych jest leczenie raka lub zapobieganie nawrotom choroby. Szczepionki te pobudzają układ immunologiczny, tak aby mógł rozpoznać, odnaleźć i zniszczyć komórki nowotworowe. Na razie stosuje się je w nielicznych przypadkach, np. w leczeniu raka prostaty. Trwają jednak prace nad wykorzystaniem szczepionek mRNA, podobnych do szczepionek przeciwko COVID-19.



W skrócie

- **Terapia genowa** to metoda leczenia polegająca na wprowadzeniu obcych kwasów nukleinowych (głównie DNA) do komórek ciała pacjenta w celu uzyskania określonego efektu terapeutycznego. Terapię genową najczęściej stosuje się do leczenia chorób genetycznych.
- **Poradnictwo genetyczne** jest formą pomocy kierowaną do osób chorych na choroby genetyczne. Korzystają z niego także pary, które planują mieć potomstwo, a w których rodzinie występowały choroby genetyczne, lub pary, w których kobiety ukończyły 35. rok życia.
- Przykłady **korzyści** związanych ze stosowaniem technik biotechnologii molekularnej:
 - rozwój rolnictwa, np. dzięki tworzeniu korzystnych dla człowieka ras zwierząt i odmian roślin,
 - walka z niedożywieniem, np. przez produkowanie żywności wzbogaconej o witaminy,
 - rozwój medycyny, np. dzięki nowym metodom diagnozowania i leczenia chorób,
 - produkcja żywności, np. serów, aromatów,
 - oczyszczanie środowiska, np. za pomocą biodegradowalnych tworzyw.
- Przykłady możliwych **zagrożeń** związanych ze stosowaniem technik biotechnologii molekularnej:
 - negatywny wpływ na naturalne ekosystemy, np. wskutek rozprzestrzeniania się roślin GMO,
 - negatywny wpływ żywności GMO na zdrowie człowieka,
 - ryzyko dyskryminacji na tle genetycznym i wykorzystywanie technik do nieetycznych celów,
 - wykorzystywanie do wytwarzania broni biologicznej.

Polecenia kontrolne

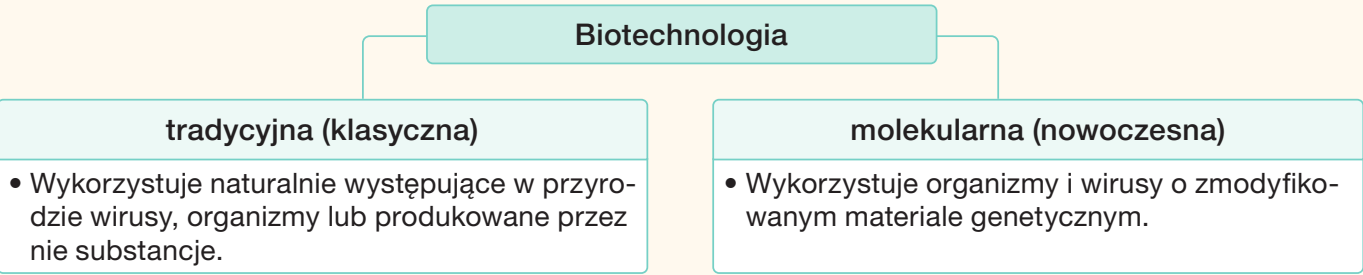
1. Podaj trzy przykłady informacji, które można uzyskać w poradni genetycznej.
2. Porównaj przebieg terapii *ex vivo* z przebiegiem terapii *in vivo*.
3. Wymień trzy korzyści i trzy zagrożenia wynikające ze stosowania osiągnięć biotechnologii molekularnej.

Podsumowanie



1 Definicja i podział biotechnologii

Biotechnologia – dyscyplina naukowa zajmująca się wykorzystywaniem organizmów, wirusów lub ich składników do celów użytkowych.



2 Zastosowanie metod biotechnologii tradycyjnej

Dziedziny	Przykłady zastosowań
Przemysł farmaceutyczny	Produkcja surowców odpornościowych, np. przeciwko jadowi żmii, i antybiotyków, np. penicyliny.
Rolnictwo	Produkcja szczepionek glebowych oraz szczepionek i sadzonek mikoryzowych. Wykorzystanie naturalnych pasożytów do zwalczania szkodników lub drapieżników polujących na szkodniki.
Ochrona środowiska	Kompostowanie odpadów organicznych, produkcja biogazu i stosowanie naturalnych polimerów biodegradowalnych.
Przemysł spożywczy	Produkcja m.in.: pieczywa, napojów alkoholowych, serów, jogurtów i kiszonek warzyw.

3 Inżynieria genetyczna – dziedzina nauki, która zajmuje się opracowywaniem technik umożliwiających wprowadzanie zmian w materiale genetycznym organizmów oraz wirusów.

4 Przykłady technik stosowanych w inżynierii genetycznej:

- **PCR** (łańcuchowa reakcja polimerazy) – wielokrotne kopiowanie wybranego fragmentu DNA,
- **elektroforeza DNA** – rozdzielanie fragmentów DNA na płycie żelowej w polu elektrycznym.

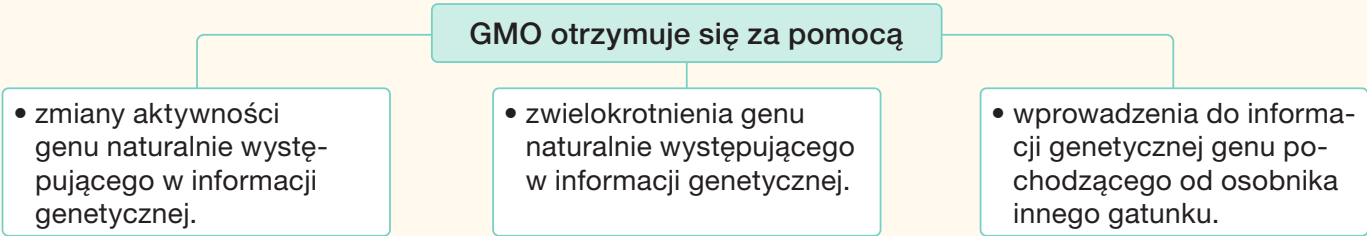
5 Przykłady zastosowania technik inżynierii genetycznej

Dziedziny	Przykłady zastosowań
Medycyna sądowa	Ustalanie pokrewieństwa, identyfikacja zmarłych.
Kryminalistyka	Tworzenie profili genetycznych, ustalanie tożsamości ofiar i przestępców.
Diagnostyka chorób	Wykrywanie sekwencji genetycznych odpowiedzialnych za rozwój chorób genetycznych, wykrywanie materiału genetycznego patogenu.

6 GMO (organizm zmodyfikowany genetycznie) – organizm, którego materiał genetyczny został zmieniony za pomocą technik inżynierii genetycznej.

7 Organizm transgeniczny – organizm, który ma w swojej informacji genetycznej gen pochodzący od innego gatunku wprowadzony za pomocą technik inżynierii genetycznej.

8 Przykłady sposobów otrzymywania GMO.



9 Terapia genowa – metoda leczenia polegająca na wprowadzeniu obcych kwasów nukleinowych (głównie DNA) do komórek ciała pacjenta w celu uzyskania określonego efektu terapeutycznego. Terapię genową stosuje się m.in. w przypadku niektórych chorób genetycznych jednogennych.

10 Poradnictwo genetyczne – forma profesjonalnej pomocy kierowanej do osób chorych na choroby genetyczne oraz ich rodzin. W poradni genetycznej można otrzymać specjalistyczne informacje dotyczące m.in.:

- diagnozowania chorób genetycznych,
- sposobu dziedziczenia określonej choroby genetycznej,
- ryzyka urodzenia dziecka z tą chorobą,
- możliwej terapii osób chorych.

11 Potencjalne korzyści i zagrożenia związane ze stosowaniem metod biotechnologii molekularnej

Korzyści	Zagrożenia
• rozwój rolnictwa, np. przez tworzenie korzystnych dla człowieka nowych ras zwierząt i odmian roślin • walka z niedożywieniem, np. przez tworzenie żywności wzbogaconej o witaminy • rozwój medycyny, np. przez opracowywanie nowych metod diagnozowania i leczenia chorób (terapia genowa, wykorzystanie komórek macierzystych) • produkcja żywności, np. serów, aromatów • oczyszczanie środowiska, np. przez tworzenie tworzyw biodegradowalnych	• możliwy negatywny wpływ na naturalne ekosystemy, np. wskutek rozprzestrzeniania się roślin GMO i stosowania dużej ilości chemicznych środków ochrony roślin • możliwy negatywny wpływ żywności GMO na zdrowie człowieka • możliwe dyskryminacja na tle genetycznym i nieetyczne wykorzystywanie technik biotechnologii molekularnej • możliwe wykorzystywanie technik biotechnologii molekularnej do wytwarzania broni biologicznej

Sprawdź, czy już umiesz!

WYKONAJ W ZESZCIE

1 Przyporządkuj rodzajom biotechnologii (A i B) odpowiednie przykłady ich zastosowania (1–4). Odpowiedź zapisz w zeszycie. (2 p.)

- A. Biotechnologia tradycyjna.

B. Biotechnologia molekularna.
1. Produkcja insuliny przez bakterie zawierające gen człowieka.

2. Wytwarzanie surowicy odpornościowej dzięki wprowadzeniu toksyny do organizmu konia.

3. Uzyskiwanie silniejszych sadzonek drzew owocowych dzięki szczepieniu ich korzeni strzępkami grzybni symbiotycznej.

4. Tworzenie nowej odmiany rośliny uprawnej odpornej na środki chwastobójcze przez wprowadzenie do jej informacji genetycznej genu bakterii.

2 Podaj dwa przykłady zastosowania w przemyśle spożywczym procesu, którego przebieg przedstawiono na poniższym schemacie. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (1 p.)



3 Przyporządkuj podane techniki inżynierii genetycznej (A i B) do odpowiednich przykładów ich zastosowania wybranych spośród podanych (1–3). Odpowiedź zapisz w zeszycie. (2 p.)

- A. Elektroforeza DNA.

B. PCR.
1. Ustalanie kolejności nukleotydów w informacji genetycznej w celu wykrycia mutacji genetycznej odpowiedzialnej za rozwój określonej choroby.

2. Powielanie bardzo małej ilości DNA znalezionej na miejscu przestępstwa w celu ustalenia tożsamości sprawcy.

3. Rozdzielanie fragmentów DNA w celu uzyskania profilu genetycznego.

4 Sporządzono profile genetyczne czterech osób – mężczyzny, kobiety i dwojga dzieci. Na podstawie analizy profili ustal, które z dzieci – 1 czy 2 – jest dzieckiem tej pary. Odpowiedź wraz z uzasadnieniem zapisz w zeszycie. (1 p.)



5 U pewnej odmiany truskawki zablokowano gen, który odpowiada za produkcję enzymu powodującego szybkie dojrzewanie owoców. (1 p.)

Wybierz właściwe dokończenie zdania – 1, 2 lub 3 – i jego uzasadnienie – A, B lub C. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

Opisana odmiana truskawki jest odmianą

1.	zmodyfikowaną genetycznie,	ponieważ	A.	uzyskano ją bez zmian genetycznych.
2.	transgeniczną,		B.	zmieniono aktywność jednego z genów obecnych w jej informacji genetycznej.
3.	naturalną,		C.	do jej informacji genetycznej wprowadzono gen pochodzący od innego gatunku.

6 Na podstawie wiarygodnych źródeł informacji podaj po trzy przykłady korzyści i zagrożeń wynikających z zastosowania GMO. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (3 p.)

7 Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących GMO. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (3 p.)

1.	Przykładem GMO jest roślina, do której wprowadzono gen bakterii.	P	F
2.	Organizm transgeniczny to taki, u którego zmieniono aktywność genu występującego w jego informacji genetycznej.	P	F
3.	Bakterie produkujące ludzką insulinę to organizmy transgeniczne.	P	F

8 Przyporządkuj modyfikacjom genetycznym (A i B) odpowiednie przykłady (1–3). Odpowiedź zapisz w zeszycie. (2 p.)

- A. Wprowadzenie do informacji genetycznej organizmu genu pochodzącego od osobnika innego gatunku.
- B. Zmiana aktywności genu naturalnie występującego w informacji genetycznej organizmu.
1. Bakterie produkujące ludzki hormon wzrostu.
2. Pomidor o zmniejszonej aktywności genów odpowiedzialnych za dojrzewanie.
3. Ziemniak zawierający kilka kopii genu odpowiedzialnego za wzrost.

9 Podaj dwa przykłady sytuacji, w których warto, aby para starająca się o dziecko skorzystała z poradnictwa genetycznego. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (2 p.)

10 Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących terapii genowej. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (3 p.)

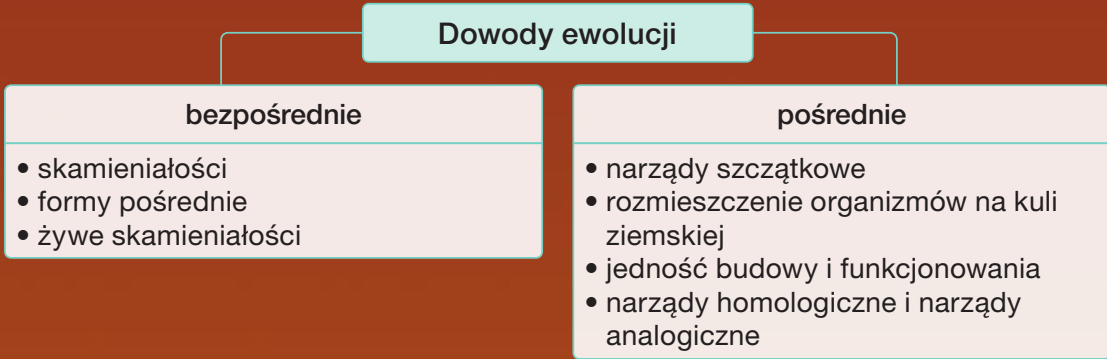
1.	Terapię genową stosuje się m.in. w przypadku rzadkiej wrodzonej ślepoty.	P	F
2.	Celem terapii genowej może być m.in. wyciszenie lub regulacja aktywności wadliwej wersji genu.	P	F
3.	Terapia genowa ex vivo polega na wprowadzeniu bezpośrednio do ciała pacjenta wirusa zmodyfikowanego genetycznie.	P	F

4. Ewolucja organizmów



Przypomnij sobie – to było w szkole podstawowej

Ewolucja – proces stopniowych, ciągłych zmian organizmów prowadzący do powstania nowych gatunków. Ewolucję potwierdzają dowody bezpośrednie oraz dowody pośrednie.



- Dobór naturalny to, zgodnie z teorią Charlesa [wym. czarlśa] Darwina, główny mechanizm ewolucji.
- Człowiek należy do królestwa zwierząt. Ma wiele cech wspólnych ze zwierzętami zaliczanymi do nadrodziny człowiekowatych, jednak różni go od nich m.in.: dwunożność, wyprostowana postawa ciała, mowa i większy mózg.



4.1. Źródła wiedzy o ewolucji

Ważne na tej lekcji!

- bezpośrednie i pośrednie dowody ewolucji
- porównanie konwergencji z dywergencją
- określanie pokrewieństwa gatunków na podstawie drzewa filogenetycznego

Kiedy używamy terminu „ewolucja”, mamy często na myśli stopniowe zmiany. Mówimy np. o ewolucji poglądów lub mody. Czy ewolucja biologiczna polega na tym samym?

■ Czym jest ewolucja biologiczna?

Ewolucja biologiczna to proces stopniowych i nieodwracalnych zmian grup organizmów. W jej wyniku powstają nowe gatunki zwykle lepiej przystosowane do środowiska. Ewolucja nie dotyczy pojedynczego osobnika, lecz zmian zachodzących w kolejnych pokoleniach osobników danego gatunku.

Badaniem mechanizmów ewolucji zajmuje się **ewolucjonizm**. Jest to nauka interdyscyplinarna, która łączy odkrycia różnych dziedzin

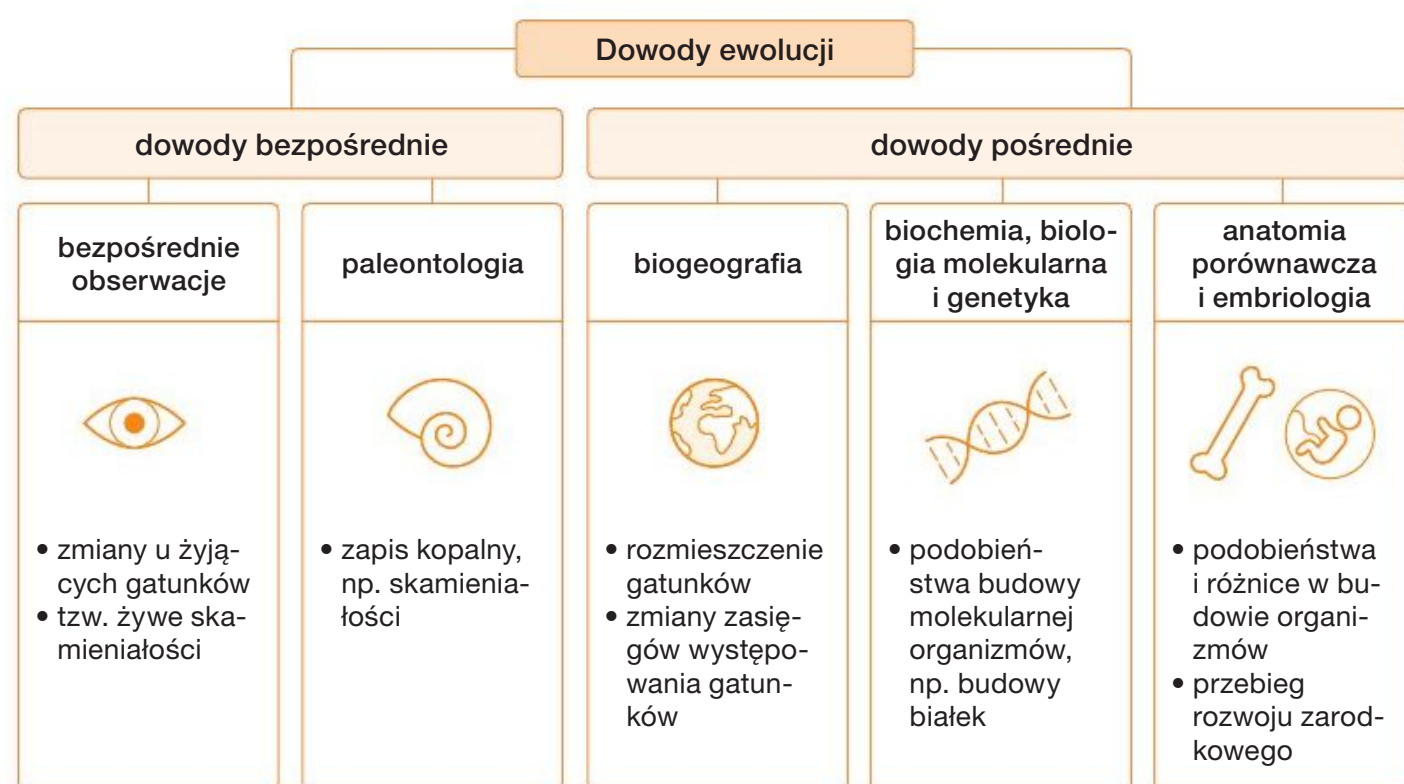
naukowych, m.in. genetyki, biologii molekularnej, geologii oraz ekologii.

■ Źródła wiedzy o przebiegu ewolucji

Wiedzę o przebiegu ewolucji i jej mechanizmach czerpiemy z:

- ▶ **dowodów bezpośrednich** pochodzących z obserwacji współcześnie żyjących gatunków oraz analizy zapisu kopalnego,
- ▶ **dowodów pośrednich**, do których należą dane z zakresu biogeografii, biochemii, biologii molekularnej, genetyki oraz anatomii porównawczej i embriologii. Dzięki nim możemy m.in. porównać występowanie, budowę oraz funkcjonowanie organizmów, a także badać ich ewolucyjne pokrewieństwo.

Rodzaje dowodów ewolucji



■ Bezpośrednie dowody ewolucji

Bezpośrednie dowody ewolucji wynikają z **obserwacji zmian**, które zachodzą u współcześnie żyjących organizmów. Ewolucji nie można jednak obserwować w jednym pokoleniu, dlatego trudno na podstawie tych dowodów analizować jej mechanizmy.

Pewnych danych dotyczących mechanizmów ewolucji dostarczają obserwacje np. owadów lub mikroorganizmów, ponieważ organizmy te szybko się rozmnażają, dzięki czemu w krótkim czasie możemy zauważyć zmiany zachodzące w wielu pokoleniach.

Bezpośrednie dowody czerpiemy też z obserwacji gatunków należących do tzw. **żywych skamieniałości** (→ s. 86).

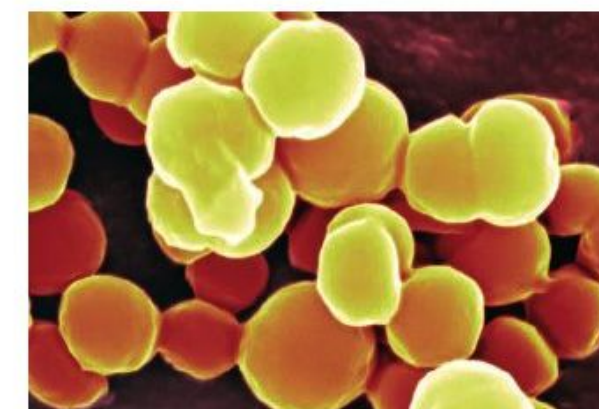
Dowody z zakresu paleontologii

Wielu informacji dotyczących ewolucji dostarcza **paleontologia**, czyli nauka zajmująca się organizmami kopalnymi. Dzięki analizie zapisu kopalnego możemy m.in. poznać budowę wymarłych gatunków, a także, za pomocą datowania, określić, kiedy nastąpiły istotne zmiany ewolucyjne. Do dowodów z zakresu paleontologii należą m.in.:

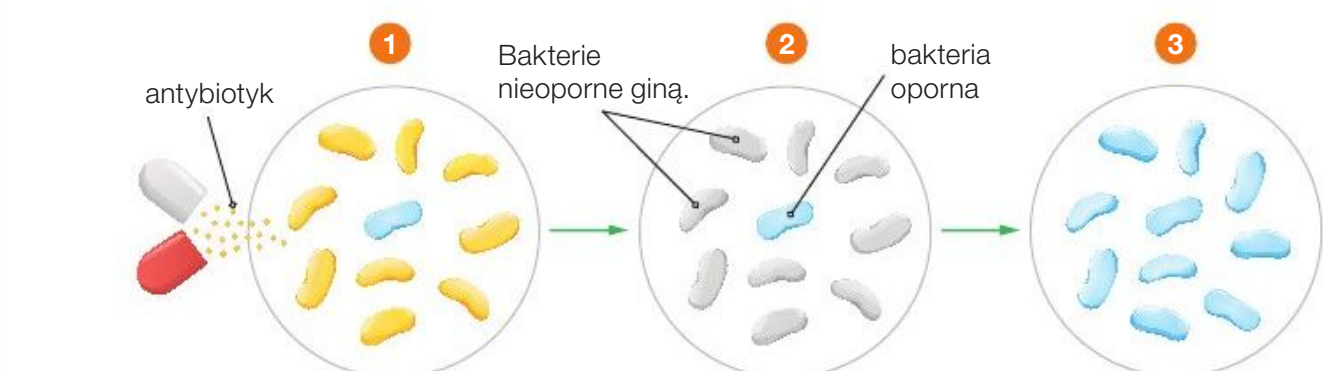
- ▶ skamieniałości (np. skamieniałe fragmenty kości zwierząt),
- ▶ zachowane ślady działania organizmów (np. gniazda, odchody, tropy zwierząt),
- ▶ odciski i odlewy (np. muszli lub liści),
- ▶ zachowane całe organizmy (np. owady w bursztynie).

Antybiotykooporność u bakterii

Antybiotykooporność wykształca się u bakterii zwalczanych za pomocą antybiotyków. Po pewnym czasie stosowania tych leków pozostają niewielkie grupy bakterii odporne na leczenie. Swoją cechę – oporność na lek – przekazują one kolejnym pokoleniom. W ten sposób powstają szczepy bakterii niewrażliwe na dany typ antybiotyku. Musimy jednak pamiętać, że lek nie powoduje wykształcenia nowej cechy u bakterii, ale wyselekcjonowanie osobników opornych na leczenie, już występujących w populacji.



Metycylina to antybiotyk, który wpłynął na powstanie opornego na niego szczepu bakterii gronkowca złocistego, nazwanego MRSA.



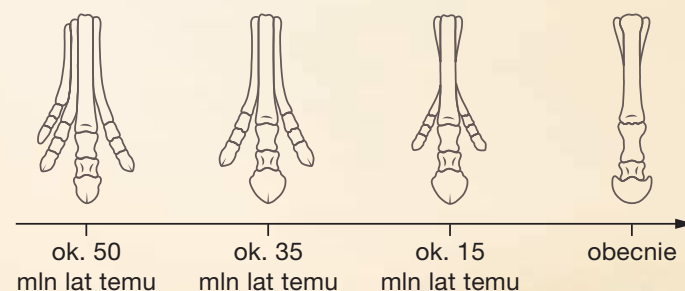
- 1 Antybiotyki zabijają bakterie lub hamują ich rozwój, dlatego stosujemy je w leczeniu chorób bakteryjnych.
- 2 Nieliczne bakterie mogą mieć allele genów, które odpowiadają za oporność na określony antybiotyk.
- 3 Bakterie, które przeżyły kurację antybiotykiem, przekazują cechę oporności komórkom potomnym.

Przykłady bezpośrednich dowodów ewolucji

Do bezpośrednich dowodów ewolucji zaliczamy m.in. skamieniałości kopalne i żywe skamieniałości.

Skamieniałości

Analiza zapisu kopalnego pozwala m.in. na prześledzenie zmian zachodzących w obrębie linii ewolucyjnych. Na przykład na podstawie odnalezionych skamieniałości ustalono, że w linii ewolucyjnej konia domowego nastąpiła m.in. redukcja liczby palców.



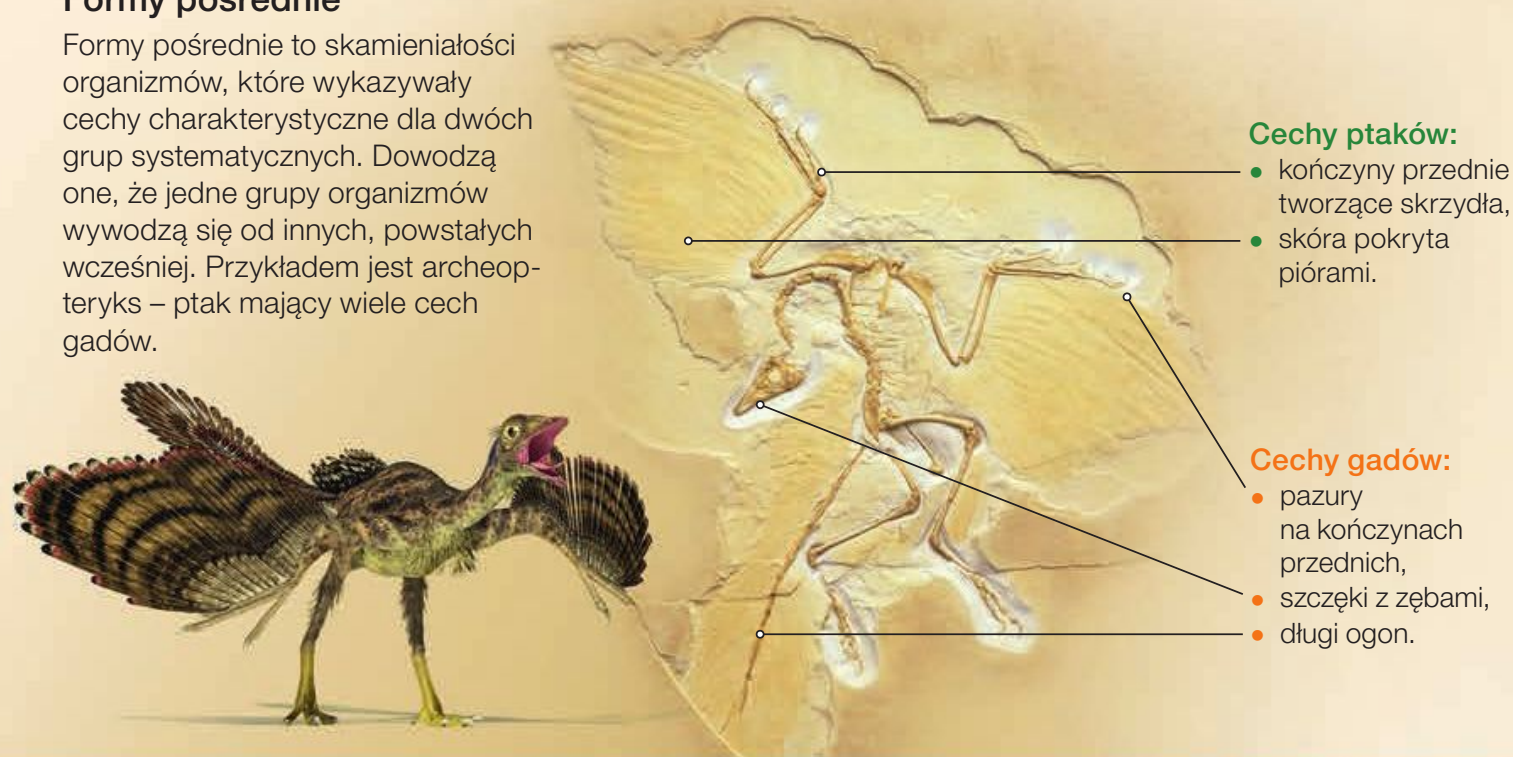
Zmiany budowy kończyny przedniej koniowatych.



Żyjący ok. 50 mln lat temu przodek konia (*Hyracotherium*) był wielkości psa. Jego kończyny przednie miały cztery palce, a tylne – trzy.

Formy pośrednie

Formy pośrednie to skamieniałości organizmów, które wykazywały cechy charakterystyczne dla dwóch grup systematycznych. Dowodzą one, że jedne grupy organizmów wywodzą się od innych, powstałych wcześniej. Przykładem jest archeopteryks – ptak mający wiele cech gadów.



Cechy ptaków:

- kończyny przednie tworzące skrzydła,
- skóra pokryta piórami.

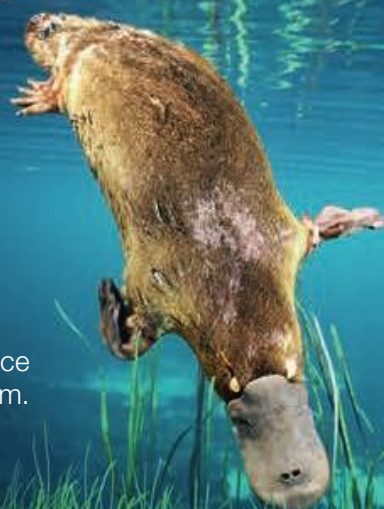
Cechy gadów:

- pazury na kończynach przednich,
- szczęki z zębami,
- długi ogon.

Żywe skamieniałości

Żywymi skamieniałościami nazywamy gatunki, które w prawie niezmienionej formie przetrwały wiele milionów lat do czasów obecnych. Dzięki obserwacji ich budowy i trybu życia możemy uzyskać wiedzę o blisko spokrewnionych z nimi gatunkach, które już dawno wymarły. Dodatkowo porównanie np. sekwencji genetycznych żywych skamieniałości z sekwencjami genetycznymi ich wymarłych krewnych pozwala m.in. wnioskować o tempie ewolucji.

Australijski dziobak to ssak, którego samice składają jaja i karmią młode mlekiem.



Pośrednie dowody ewolucji

Wnioski na temat ewolucji można wyciągnąć także dzięki porównaniu grup organizmów pod względem występowania, budowy i funkcjonowania.

Biogeografia

Dowody z zakresu biogeografii dotyczą różnic w rozmieszczeniu gatunków na Ziemi. W ich analizie uwzględnia się:

- ▶ występowanie gatunków charakterystycznych jedynie dla danego obszaru, czyli **endemitów**, takich jak australijski koala;
- ▶ zmiany zasięgów występowania organizmów w różnych epokach geologicznych, które pozwalają wyjaśnić wpływ czynników środowiska, np. zlodowaceń, na ewolucję gatunków (→s. 99).

Biochemia, biologia molekularna i genetyka

Biochemia, biologia molekularna i genetyka zajmują się analizą budowy biochemicznej organizmów oraz dziedziczeniem cech. Dowody ewolucji dostarczane przez te nauki to m.in.:

- ▶ wspólne: budowa i funkcje cząsteczek,
- ▶ podobieństwa sekwencji aminokwasów w białkach i nukleotydów w DNA,
- ▶ wspólny kod genetyczny organizmów.

Narządy szczątkowe oraz atawizmy

Narządami szczątkowymi nazywamy te narządy, które uległy uwsteczniению u współcześnie żyjących organizmów. Przykładowo u człowieka są to kość ogonowa, będąca pozostałością po kręgach ogonowych, oraz zęby mądrości.

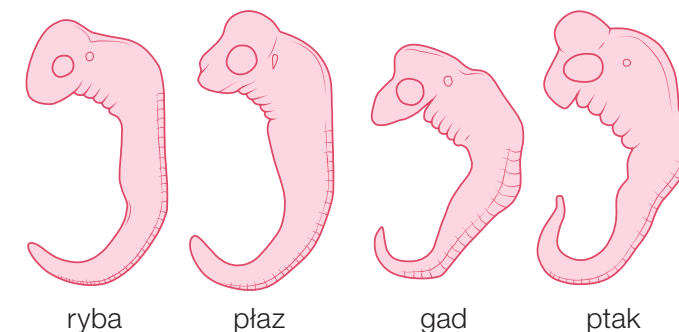
Cechy atawistyczne to cechy nietypowe, występujące wyłącznie u niektórych osobników, ale charakterystyczne dla ich przodków. U człowieka są to np. bardzo silne owłosienie ciała, dodatkowe brodawki sutkowe czy zbyt mocno rozwinięte kły.

Anatomia porównawcza i embriologia

Anatomia porównawcza dostarcza dowodów dotyczących podobieństw i różnic w budowie organizmów. Należą do nich m.in.:

- ▶ wspólny plan budowy organizmów w obrębie tych samych grup systematycznych,
- ▶ występowanie narządów analogicznych i narządów homologicznych,
- ▶ obecność narządów szczątkowych i cech atawistycznych.

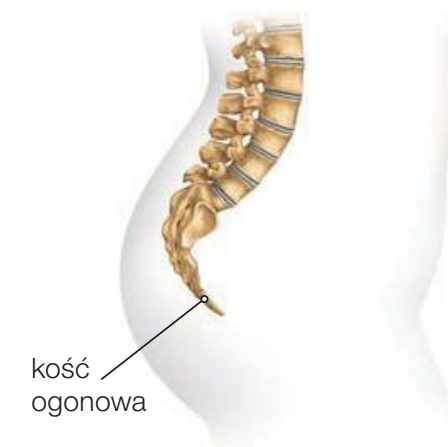
Embriologia dostarcza dowodów wynikających z podobieństwa wczesnych faz rozwojowych spokrewnionych organizmów.



Wczesne stadia rozwoju zarodkowego kręgowców.

Dywergencja i konwergencja

Głównym czynnikiem powodującym ewolucję są warunki środowiska, w których występuje dana grupa organizmów. Pod ich wpływem dochodzi do **dywergencji** lub **konwergencji**.

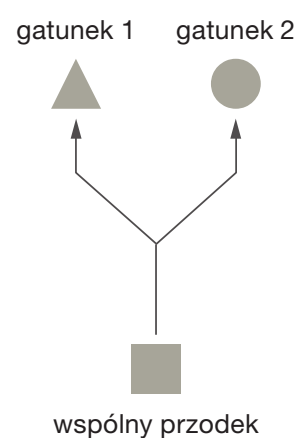


Kość ogonowa to narząd szczątkowy, a występujący u niektórych osób krótki ogon to cecha atawistyczna.

DYWERGENCJA

Dywergencja prowadzi do zróżnicowania organizmów o wspólnym pochodzeniu. Zróżnicowanie powstaje wskutek adaptacji do życia w różnych środowiskach lub pełnienia odmiennych funkcji. Organizmy mają jednak pewne cechy wspólne, które określamy mianem **homologii**. Ich przykładem są **narządy homologiczne**, takie jak liście roślin okrytonasiennych i kończyny przednie ssaków.

Ogólny schemat dywergencji



Gatunki pochodzą od wspólnego przodka. Różnią się wyglądem, ale mają wspólny plan budowy anatomicznej.

MODYFIKACJE LIŚCI ROŚLIN OKRYTONASIENNYCH



Ogólny plan budowy liścia roślin okrytonasiennych.



Liście pułapkowe dzbanecznika

Funkcja: chwytają i trawią drobne zwierzęta bezkręgowce.



Liście przykwiatowe poinsecji

Funkcja: przywabiają zwierzęta zapylające do niepozornych kwiatów.

Ciernie kaktusów

Funkcja: chronią przed roślinożercami i ograniczają transpirację.

MODYFIKACJE KOŃCZYN PRZEDNICH PRZEDSTAWICIELI SSAKÓW



Ogólny plan budowy kończyny przedniej ssaków.



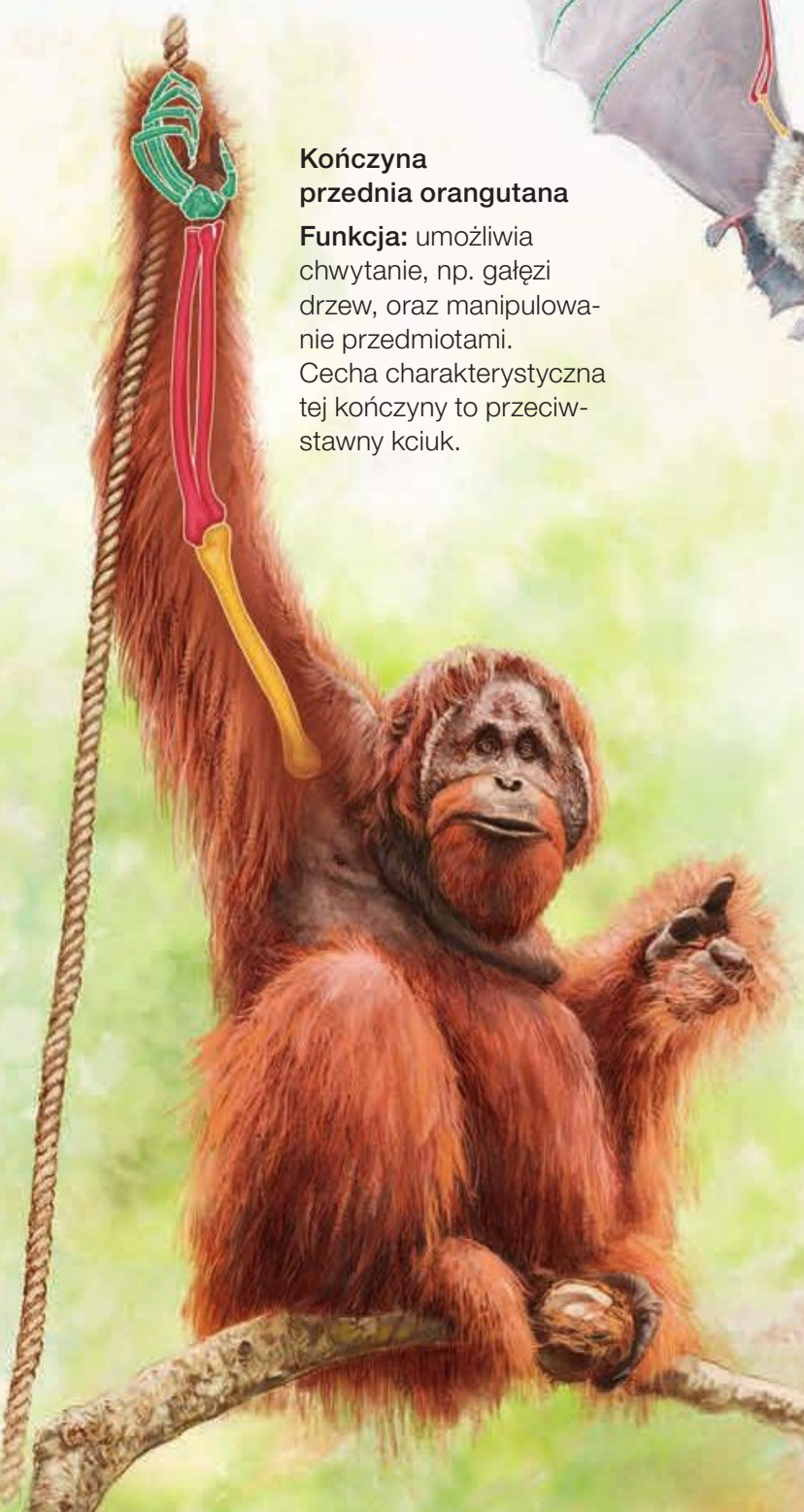
Kończyna przednia delfina

Funkcja: umożliwia pływanie, służy m.in. do sterowania i utrzymywania równowagi w wodzie.



Kończyna przednia nietoperza

Funkcja: umożliwia lot. Kości stanowią rusztowanie, na którym jest rozpięta skórna błona.



Kończyna przednia orangutana

Funkcja: umożliwia chwytanie, np. gałęzi drzew, oraz manipulowanie przedmiotami. Cecha charakterystyczna tej kończyny to przeciwstawny kciuk.



Kończyna przednia konia

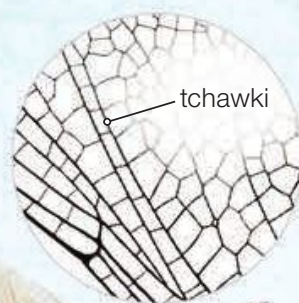
Funkcja: umożliwia bieg. Palce są zredukowane i przekształcone w kopyto.



Rusztowanie skrzydeł ptaków stanowią kości.

■ SKRZYDŁA PTAKÓW I OWADÓW

Pełnią tę samą funkcję – umożliwiają lot. Powstały one jednak całkowicie niezależnie od siebie i mają różną budowę. Skrzydła ptaków to przekształcone kończyny przednie, natomiast skrzydła owadów to zmodyfikowane fałdy powłoki ciała.



Rusztowanie skrzydeł owadów stanowią tchawki.



■ WĄSY CZEPNE GROCHU I WINOROŚLI

Wąsy czepne u roślin mogą powstać w wyniku przekształceń łodygi (np. u winorośli) lub liści (np. u grochu zwyczajnego). Pełnią one jednak tę samą funkcję – służą do owijania się wokół podpory, a tym samym umożliwiają wzrost rośliny ku górze, dzięki czemu zyskuje ona lepszy dostęp do światła.

Wąsy czepne grochu to przekształcone liście.



Wąsy czepne winorośli to przekształcone łodygi.

■ WILCZOMLECZE I KAKTUSY

Podobny wygląd wilczomleczy i kaktusów to wynik przystosowania do środowiska pustynnego. Rośliny te mają liście zredukowane i przekształcone w ciernie oraz łodygi magazynujące wodę.

Pomimo podobieństwa kaktusy i wilczomlecze nie są ze sobą blisko spokrewnione.



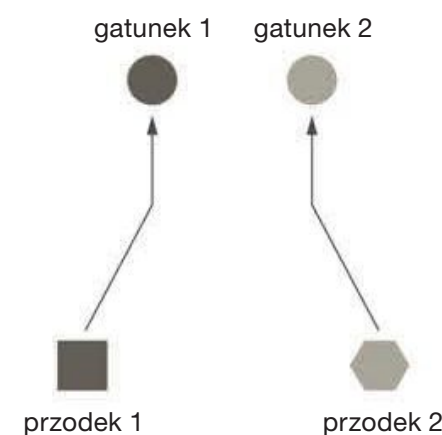
Kaktus.

Wilczomlecze.

KONWERGENCJA

Konwergencja prowadzi do podobieństwa organizmów o różnym pochodzeniu. Podobieństwo wynika z adaptacji do życia w określonych warunkach środowiska lub pełnienia tych samych funkcji. Na skutek konwergencji powstają **analogie** (np. taki sam kształt ciała) oraz **narządy analogiczne**, które – mimo podobieństwa – mają odmienną budowę anatomiczną.

Ogólny schemat konwergencji



Gatunki pochodzą od różnych przodków. Są one podobne pod względem wyglądu, ale mają odmienną budowę anatomiczną.

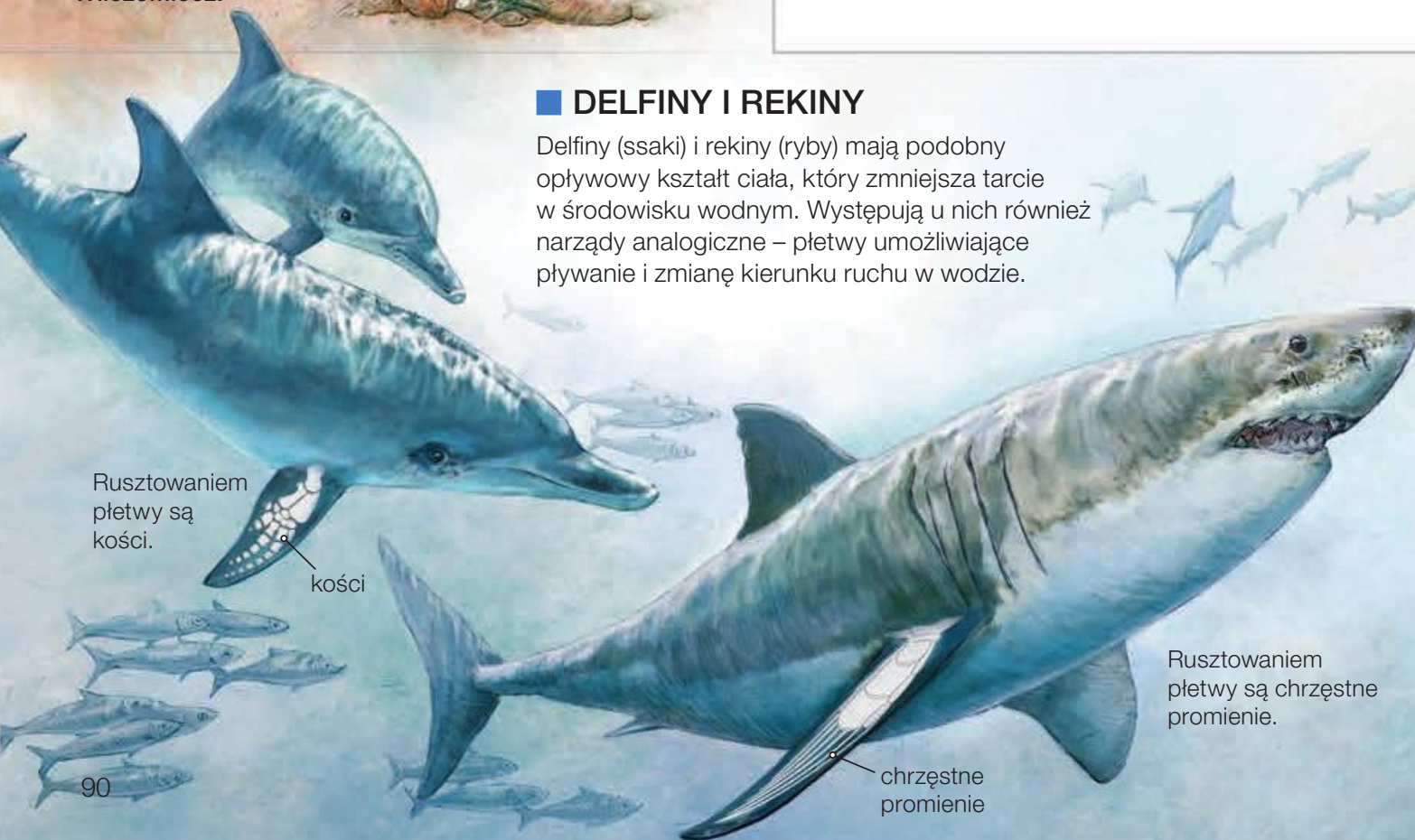
■ OCZY KRĘGOWCÓW I OŚMIORNIC

Sprawne narządy wzroku to przystosowanie do aktywnego trybu życia, w tym m.in. skutecznego polowania. Chociaż oczy kręgowców i oczy ośmiornic (należących do głowonogów) wyewoluowały niezależnie, mają one wiele wspólnych struktur, np. źrenicę i siatkówkę. Różnica dotyczy m.in. położenia aksonów, czyli długich wypustek komórek nerwowych siatkówki.

U kręgowców aksony znajdują się nad warstwą fotorceptorów siatkówki. Natomiast właściwa część fotorcepcyjna komórek siatkówki jest skierowana tyłem do padającego światła.



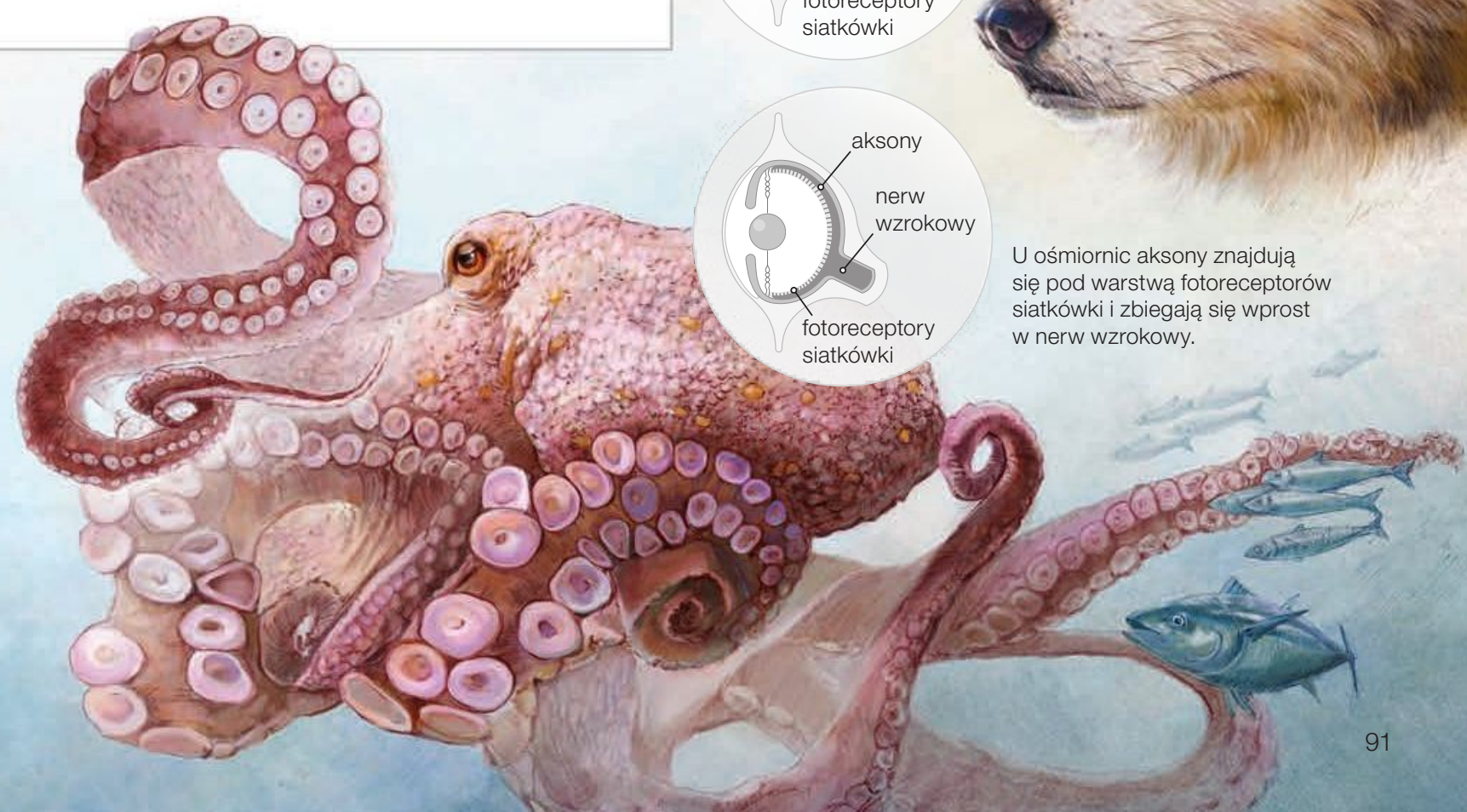
U ośmiornic aksony znajdują się pod warstwą fotorceptorów siatkówki i zbiegają się wprost w nerw wzrokowy.



Rusztowaniem płetwy są kości.

Rusztowaniem płetwy są chrzęstne promienie.

chrzęstne promienie



Graficzne przedstawienie rozwoju rodowego

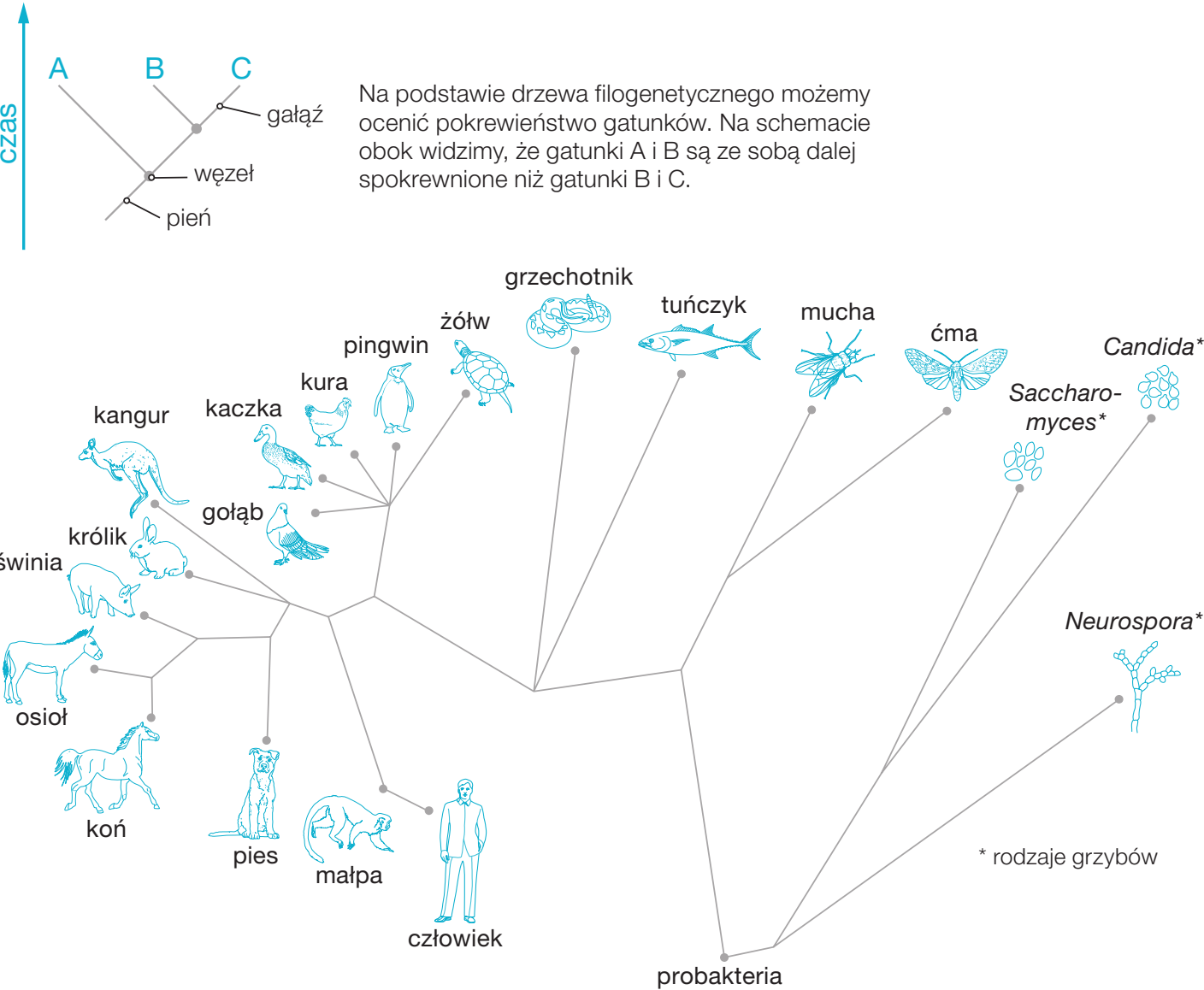
Rozwój rodowy organizmów nazywamy **filogenezą**. Przebieg filogenezy możemy ustalić na podstawie dowodów ewolucji i przedstawić graficznie w postaci **drzewa filogenetycznego (rodowego)**.

Drzewo filogenetyczne, podobnie jak drzewo genealogiczne, obrazuje pokrewieństwo. Różnica polega przede wszystkim

na tym, że pokrewieństwo to dotyczy grup organizmów, a nie poszczególnych osobników. Początkowo było ono wyznaczane na podstawie obserwacji podobieństwa w budowie (analogii lub homologii), przy czym pod uwagę brano głównie te cechy, które pojawiały się po raz pierwszy w danej grupie. Obecnie duże znaczenie w odtwarzaniu filogenezy ma analiza sekwencji aminokwasów w białkach oraz sekwencji nukleotydów DNA.

Jak wygląda drzewo filogenetyczne?

Pień drzewa filogenetycznego odnosi się do wspólnego przodka, a **gałęzie** oznaczają powstawanie nowych grup rozwojowych. Miejsca rozdzielania gałęzi nazywamy **węzłami**. Oznaczają one ostatniego wspólnego przodka danych grup organizmów.



Drzewo filogenetyczne skonstruowane na podstawie danych dotyczących podobieństwa budowy cytochromu c – białka uczestniczącego w oddychaniu tlenowym.

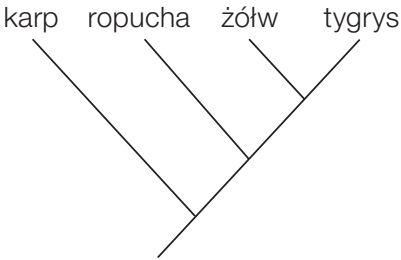
Krok po kroku

Tworzenie drzewa filogenetycznego

Skonstruuj drzewo filogenetyczne obrazujące wzajemne pokrewieństwo między karpem, ropuchą, żółwiem a tygrysem, wiedząc, że:

- wszystkie wymienione zwierzęta mają szkielet wewnętrzny z główną osią – kręgosłupem,
- ropucha, żółw i tygrys są czworonożne,
- w rozwoju zarodkowym żółwia i tygrysa pojawiają się błony płodowe,
- tygrys, jedyny przedstawiciel ssaków, karmi młode mlekiem.

2 Narysuj drzewo filogenetyczne. Pamiętaj, że każda grupa organizmów tworzy osobną gałąź, a wspólne cechy tworzą węzły oznaczające wspólnego przodka. Im więcej cech wspólnych, tym później rozdzieliły się dane grupy organizmów.



1 Skonstruuj tabelę, w której porównasz charakterystyczne cechy podanych zwierząt.

Organizm	Cechy charakterystyczne			
	kręgosłup	czworonożność	błony płodowe	karmienie młodych mlekiem
Karp	+	–	–	–
Ropucha	+	+	–	–
Żółw	+	+	+	–
Tygrys	+	+	+	+

Uwaga: Powyższy przykład został uproszczony, aby pokazać wyłącznie zasadę tworzenia drzewa filogenetycznego.

W skrócie

- Ewolucja biologiczna** to proces stopniowych i nieodwracalnych zmian grup organizmów. W jej wyniku powstają nowe gatunki.
- Dywergencja** prowadzi do różnicowania się spokrewnionych organizmów w wyniku przystosowania do odmiennych warunków środowiska. W jej efekcie powstają **narządy homologiczne**, które mają wspólne pochodzenie i taki sam plan budowy – są przykładem **homologii**. Narządy te mogą różnić się wyglądem w wyniku przystosowania do pełnienia różnych funkcji.
- Konwergencja** prowadzi do powstania podobieństw – **analogii** – pomiędzy niespokrewnionymi organizmami. Przykładem są **narządy analogiczne**. Narządy te mają różne pochodzenie, ale są podobne, ponieważ pełnią takie same funkcje.
- Drzewo filogenetyczne** to graficzne przedstawienie rozwoju rodowego – **filogenezy**.

Polecenia kontrolne

- Wyjaśnij, dlaczego badanie tzw. form pośrednich ma duże znaczenie dla ustalania przebiegu ewolucji.
- Korzystając z wiarygodnych źródeł, podaj po dwa przykłady konwergencji i dywergencji, inne niż wymienione w lekcji.
- Wyjaśnij, w jakim celu tworzy się drzewa filogenetyczne.

4.2. Dobór naturalny – główny mechanizm ewolucji

Ważne na tej lekcji!

- mechanizm działania, rodzaje i przykłady doboru naturalnego
- znaczenie doboru naturalnego

W XIX w. Charles Darwin, angielski przyrodnik, podczas podróży dookoła Ziemi zbadał mało znane zakątki świata, m.in. wyspy Galapagos. Na podstawie swoich odkryć sformułował teorię ewolucji, a za najważniejszy mechanizm ewolucji uznał dobór naturalny.

■ Na czym polega dobór naturalny?

Dobór naturalny (selekcja naturalna) polega na tym, że największe szanse na przeżycie i wydanie na świat potomstwa ma osobnik najlepiej przystosowany do określonych warunków środowiska. Darwin, opisując ten

mechanizm, inspirował się sposobem działania doboru sztucznego, wykorzystywanym przez człowieka w hodowli zwierząt i uprawie roślin.

■ Działanie doboru naturalnego

Zdaniem Darwina, dobór naturalny może zachodzić, ponieważ:

- ▶ osobniki cechuje **nadmierna rozrodczość**,
- ▶ pomiędzy osobnikami jednego gatunku występuje **zmienność**,
- ▶ osobniki **konkurują** ze sobą o ograniczone zasoby środowiska.

Nadmierna rozrodczość

Osobniki zwykle mają więcej potomstwa, niż może przetrwać w środowisku. Do okresu rozrodczego przeżywają jedynie nieliczne osobniki, które przekazują swoje cechy (geny) potomstwu. Na przykład żaba trawna składa do 4 tys. jaj. Jednak większość jej potomstwa ginie przed przystąpieniem do rozrodu.

Zmienność

Osobniki należące do jednego gatunku różnią się między sobą. Mówimy, że występuje między nimi **zmienność**. W ewolucji znaczenie ma **zmienność genetyczna**, która wynika z mutacji oraz rekombinacji. Zmienność genetyczną omówiliśmy dokładniej w rozdziale 2 (→ s. 46).

Dzięki zmienności genetycznej osobniki są w różny sposób przystosowane do środowiska. Te osobniki, które mają korzystne cechy w danych warunkach, mają większe szanse na przeżycie i przekazanie ich potomstwu. Jeżeli jednak warunki się zmieniają i korzystne będą inne cechy, wtedy dzięki występowaniu zmienności genetycznej gatunek przetrwa.

Konkurencja

Organizmy konkurują ze sobą o ograniczone zasoby środowiska, np. o dostęp do światła, pokarm czy schronienie (→ s. 126). Darwin nazywał tę konkurencję **walką o byt**.

Walka o byt ma miejsce w obrębie jednego gatunku i pomiędzy gatunkami. Największe szanse na jej wygranie mają osobniki, których cechy zapewniają im przewagę nad innymi. Na przykład szybsze drapieżniki łatwiej zdobędą pożywienie, kamuflaż pozwoli ofiarom ukryć się w otoczeniu, a kolce ochronią roślinę przed roślinożercami. Takie cechy pozwalają osobnikom przetrwać i przekazać geny potomstwu.

■ Znaczenie doboru naturalnego

Dobór naturalny prowadzi do utrwalenia cech korzystnych w danych warunkach środowiska, czyli tzw. **cech adaptacyjnych**. Allele odpowiadające za te cechy mogą już występować w populacji lub mogą powstać w wyniku mutacji. W efekcie działania doboru naturalnego z jednego wyjściowego gatunku mogą powstawać nowe gatunki.

Przypomnij sobie

■ Porównanie doboru naturalnego z doborem sztucznym



Zięby Darwina – powstawanie gatunków w wyniku doboru naturalnego

Zięby Darwina to grupa ok. 20 blisko spokrewnionych gatunków ptaków występujących na wyspach Galapagos. Ich wspólny przodek pochodził z Ameryki Południowej i odżywał się nasionami.

W nowym środowisku dostępnych było dużo różnych rodzajów pokarmu i występowało niewiele gatunków ptaków, z którymi zięby Darwina musiały konkurować. Dzięki temu, w wyniku przystosowania do zdobywania różnego rodzaju pokarmu, powstały nowe gatunki zięb różniące się kształtami dziobów.



Darwinka wielkodzioba
żywi się nasionami o twardych łupinach – ma masywny dziób.



Kłowacz kaktusowy
żywi się larwami, które wydobywa spod kory drzew za pomocą cierni kaktusów trzymanyh w dziobie.



Darwinka kaktusowa
żywi się kwiatami i owocami kaktusów – ma długi i ostry dziób.

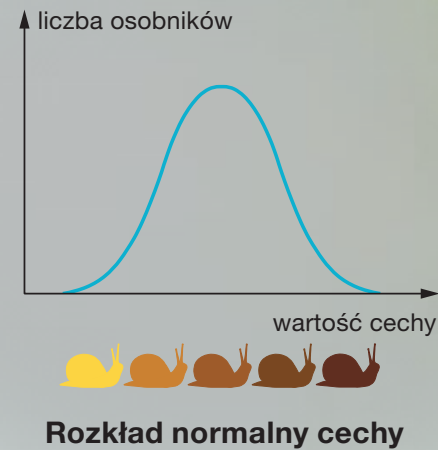


Kłowacz wegetariański
żywi się pąkami, młodymi liśćmi i nasionami – ma krótki i gruby dziób.

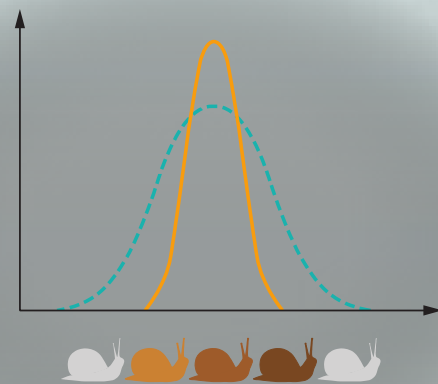
Rodzaje doboru naturalnego

Trzy główne rodzaje doboru naturalnego to: **dobór stabilizujący**, **dobór kierunkowy** i **dobór różnicujący**.

Aby zobrazować poszczególne rodzaje doboru naturalnego, posłużymy się przykładem barwy muszli ślimaka. W sytuacji modelowej (gdy nie działa dobór naturalny) cecha ta ma rozkład normalny. Najczęściej występuje jej wartość pośrednia. Zobacz, jak zmienia się rozkład cechy, gdy działają poszczególne rodzaje doboru naturalnego.



Dobór stabilizujący

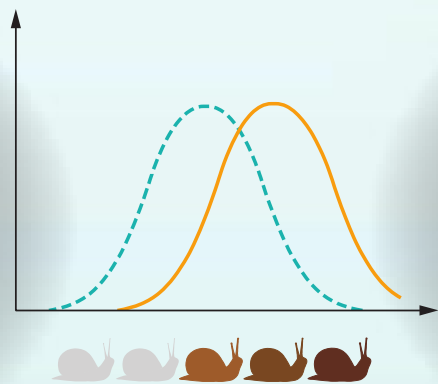


Dobór stabilizujący prowadzi do utrwalenia w populacji cech pośrednich.



Przykładem jest masa ciała noworodków człowieka. Najczęściej wynosi ona 3–3,5 kg. Mniejsza masa ciała może oznaczać trudności w rozwoju, a większa – komplikacje podczas porodu.

Dobór kierunkowy

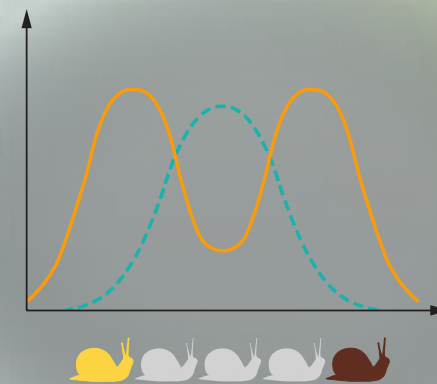


Dobór kierunkowy prowadzi do utrwalenia w populacji jednej skrajnej wartości cechy.



Dobór kierunkowy często wiąże się ze stałym nasilaniem się cechy zwiększającej szansę na przeżycie osobników. Na przykład orły tym lepiej polują, im lepszy mają wzrok.

Dobór różnicujący



Dobór różnicujący prowadzi do wyeliminowania z populacji osobników o średniej wartości cechy.



Przykładem jest zróżnicowanie koloru muszli wstężyka. Drapieżniki najszybciej uczą się rozpoznawać osobniki typowe, dlatego większe szanse na przeżycie mają osobniki o ubarwieniu nietypowym.

Dobór płciowy – zaryzykować, aby znaleźć partnera

Bliżej życia

Nie zawsze o przetrwaniu osobników decyduje środowisko. Czasem selekcjonerem są osobniki jednej płci, najczęściej samice. Taki dobór nazywamy doбором płciowym. Prowadzi on do dymorfizmu płciowego (różnic w wyglądzie samców i samic) i przejawia się dużą konkurencją, najczęściej samców o samice. Samce rywalizują ze sobą, walcząc lub prezentując swoje atuty, np. śpiew, barwne upierzenie czy zachowania godowe. Niekiedy dobór płciowy prowadzi do rozwoju cech niekorzystnych dla osobnika i utrudniających mu przeżycie, m.in. zwiększających ryzyko złapania go przez drapieżniki. Cechy te jednak są atrakcyjne dla płci przeciwnej i zwiększają szansę na posiadanie potomstwa oraz przekazanie swoich genów.



Kolorowy ogon pawia ułatwia mu zdobycie samicy, ale też wyróżnia go w otoczeniu.

W skrócie

- **Dobór naturalny** (selekcja naturalna) to mechanizm ewolucji polegający na tym, że przetrwać mogą osobniki najlepiej przystosowane do środowiska. To one mają szansę na przekazanie swoich cech osobnikom potomnym.
- Dobór naturalny działa, ponieważ:
 - osobniki cechuje nadmierna rozrodczość,
 - występuje zmienność wewnątrzgatunkowa,
 - osobniki konkurują ze sobą o zasoby środowiska.
- Dobór naturalny dzielimy na:
 - **dobór stabilizujący** – prowadzi do utrwalenia średniej wartości cechy,
 - **dobór kierunkowy** – prowadzi do utrwalenia jednej, skrajnej wartości cechy,
 - **dobór różnicujący** – prowadzi do wyeliminowania osobników o średniej wartości cechy.

Polecenia kontrolne

1. Opisz mechanizm działania doboru naturalnego.
2. Wymień i porównaj rodzaje doboru naturalnego.
3. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla działania doboru naturalnego ma zmienność genetyczna.
4. Oceń poprawność sformułowania: „Dobór naturalny prowadzi do powstawania nowych cech organizmów, dzięki czemu stanowi on główny mechanizm ewolucji”. Odpowiedź uzasadnij.

4.3. Ewolucja na poziomie populacji. Specjacja

Ważne na tej lekcji!

- pojęcie gatunku jako izolowanej puli genowej
- specjacja jako mechanizm powstawania gatunków

Dobór naturalny działa na osobniki, jednak aby zaobserwować zmiany ewolucyjne, należy przyrzeć się grupie osobników na przestrzeni wielu pokoleń. Czy przypadkowe zmiany w tej grupie mogą prowadzić do powstawania nowych gatunków?

Gatunek i jego pula genowa

Gatunek to grupa osobników zdolnych do krzyżowania się i wydawania płodnego potomstwa. Ewolucję gatunku obserwujemy zwykle na poziomie **populacji**, czyli grupy osobników danego gatunku żyjących na określonym obszarze w tym samym czasie (→ s. 116).

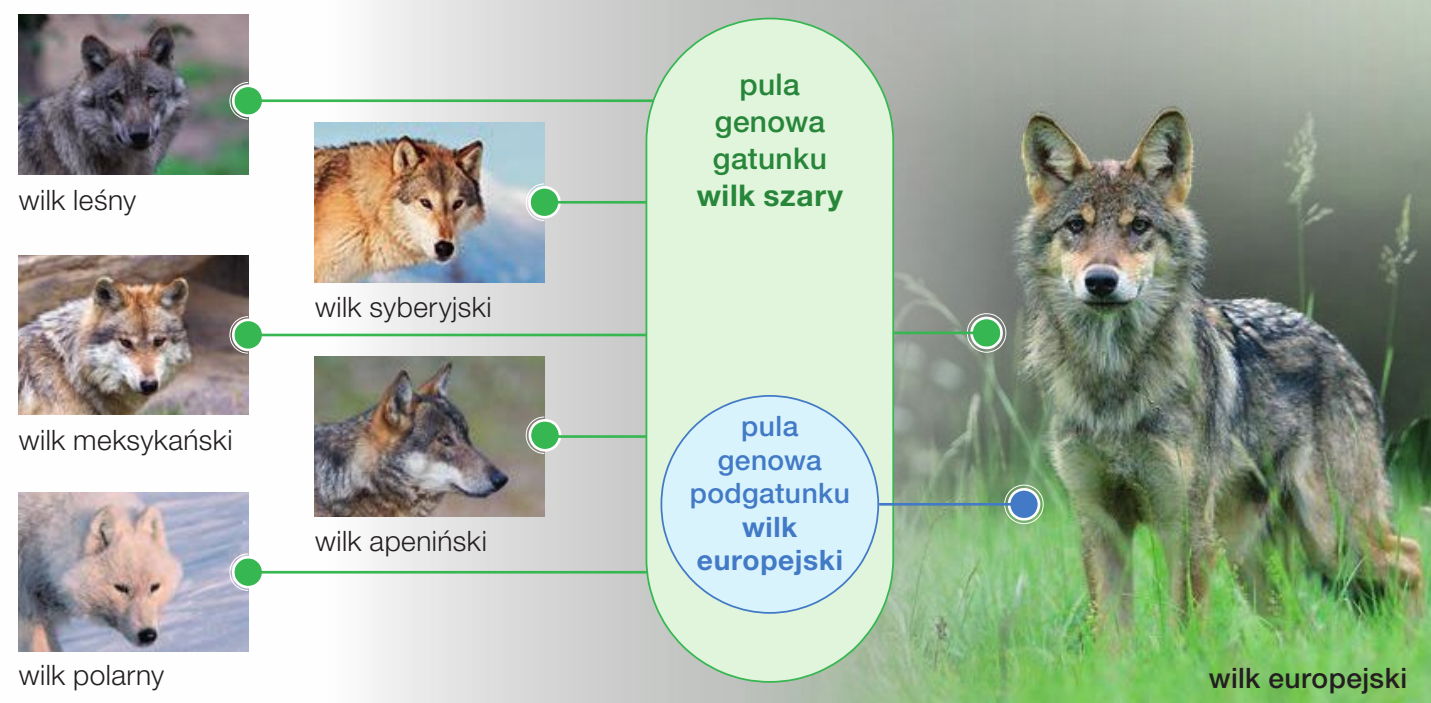
Osobniki wchodzące w skład danej populacji różnią się wieloma cechami – występuje między nimi zmienność genetyczna, wynikająca z obecności wielu różnych alleli genów.

Sumę wszystkich możliwych alleli genów osobników danej populacji nazywamy **pulą genową populacji**. Z kolei **pula genowa gatunku** to suma puli genowych wszystkich tworzących go populacji.

Ponieważ osobniki różnych gatunków nie krzyżują się ze sobą (nie ma między nimi wymiany genów), możemy powiedzieć, że gatunek to **izolowana pula genowa**.

Pula genowa gatunku na przykładzie wilka szarego

Wilk szary to gatunek, u którego wyróżnia się wiele podgatunków. Pula genowa każdego podgatunku zawiera warianty genów odpowiadające za cechy, dzięki którym jest on lepiej przystosowany do danego środowiska. Razem tworzą one **pulę genową gatunku**.



Specjacja, czyli jak powstają nowe gatunki

Specjacja to proces prowadzący do powstania nowego gatunku. Zachodzi on w wyniku stopniowego nagromadzenia się różnic pomiędzy populacjami należącymi do jednego gatunku. Różnice te dotyczą np. pojawienia się w jednej z populacji w wyniku mutacji nowych alleli, które lepiej przystosowują organizmy do danych warunków środowiska. W konsekwencji populacje różnią się na tyle od siebie, że nie mogą się krzyżować – stanowią odrębne gatunki.

Specjację wzmacniają **mechanizmy izolacji rozrodczej**, które uniemożliwiają wymianę genów między populacjami. Przykłady takich mechanizmów to:

- ▶ bezpłodność mieszańców,
- ▶ odmienne zachowania godowe,
- ▶ izolacja sezonowa, czyli np. różny okres kwitnienia roślin,

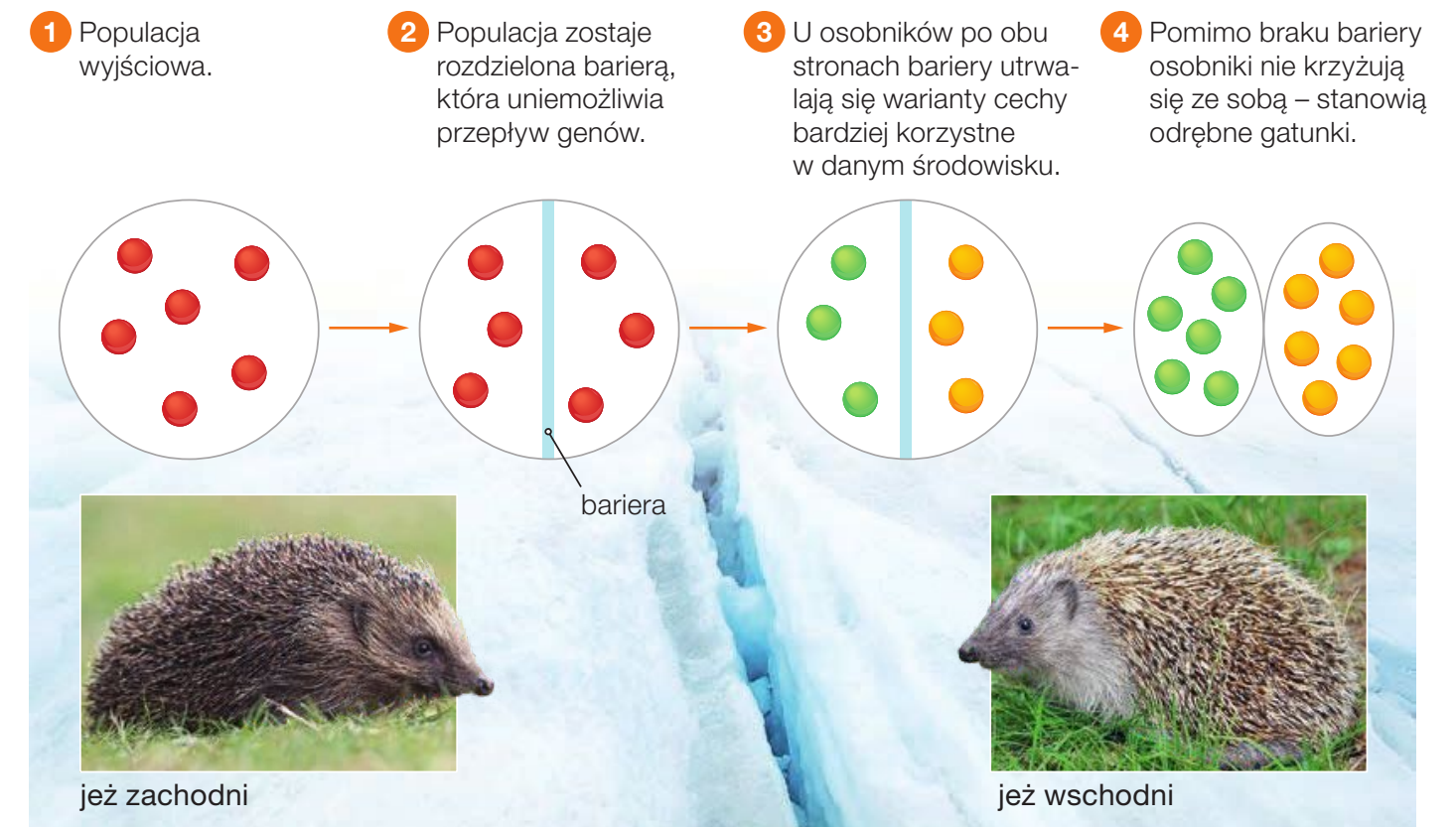
- ▶ zmiany w budowie narządów rozrodczych uniemożliwiające krzyżowanie się osobników rozdzielonych populacji.

Wykształcenie się mechanizmów izolacji rozrodczej najczęściej wiąże się z pojawieniem się **barier geograficznych**.

Specjacja dzięki barierom geograficznym

Ten rodzaj specjacji polega na rozdzieleniu populacji na grupy przez barierę geograficzną, np. lodowiec, górę czy morze. Bariera uniemożliwia wymianę genów pomiędzy grupami, a każda grupa jest przystosowana do innego środowiska i tworzy oddzielną populację. U osobników należących do rozdzielonych populacji zachodzą losowe mutacje, które wpływają na powstawanie różnic między populacjami. Po pewnym czasie różnice te są na tyle duże, że osobniki rozdzielonych populacji nie mogą się już ze sobą krzyżować.

Specjacja spowodowana barierą geograficzną



Przykładem działania tego typu specjacji są dwa gatunki jeża żyjące w Europie. Gatunki te powstały z populacji wyjściowej rozdzielonej przez lodowiec. Po ustąpieniu lodowca nie mogły się już ze sobą krzyżować mimo występowania na tym samym terenie.

Specjacja bez barier geograficznych

Ten rodzaj specjacji polega na podziale populacji na kilka grup bez obecności bariery geograficznej. Podział może być spowodowany

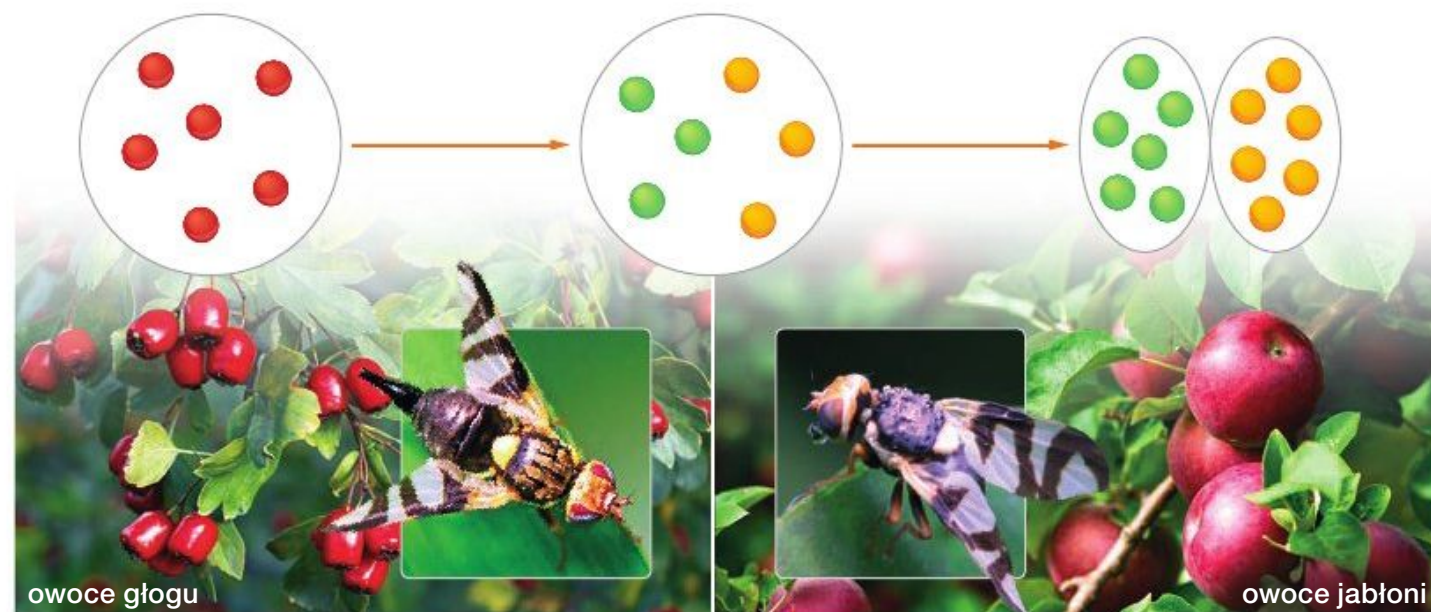
np. przyczynami ekologicznymi, takimi jak różne zachowania godowe lub inne siedliska. W wyniku różnic osobniki rozdzielonych grup nie mogą się ze sobą krzyżować.

Specjacja zachodząca bez bariery geograficznej

1 Populacja wyjściowa.

2 Osobniki populacji dzielą się na dwie grupy różniące się np. preferencjami pokarmowymi.

3 Osobniki należące do różnych grup nie krzyżują się.



Specjacja tego rodzaju może doprowadzić do rozdzielenia się na dwa odrębne gatunki nasionnicy jabłkówki – owada występującego w Ameryce Północnej. Jego larwy odżywiały się zwykle owocami głogu, jednak ok. 200 lat temu część z nich zaczęła odżywiać się owocami jabłoni. Obecnie owady tego gatunku składają jaja na tych owocach, na których żerowały jako larwy, i w takich grupach zwykle się krzyżują.

W skrócie

- **Gatunek** to grupa osobników zdolnych do krzyżowania się i wydawania płodnego potomstwa.
- **Pulą genową populacji** nazywamy zbiór alleli wszystkich genów, które znajdują się u wszystkich osobników danej populacji. Suma puli genowych wszystkich populacji danego gatunku tworzy **pulę genową tego gatunku**.
- Osobniki różnych gatunków nie krzyżują się ze sobą, co oznacza, że ich pule genowe nie mieszają się ze sobą. Dlatego gatunek można określić jako **izolowaną pulę genową**.
- **Specjacja** to proces powstawania nowych gatunków.

Polecenia kontrolne

1. Wyjaśnij, czym różni się pula genowa populacji od puli genowej gatunku.
2. Podaj przykład mechanizmów izolacji rozrodzkiej i przedstaw ich znaczenie w powstawaniu nowych gatunków.
3. Wykaż, że istnienie bariery geograficznej między dwiema populacjami danego gatunku może doprowadzić do powstania nowego gatunku.

4.4. Człowiek a inne naczelne**Ważne na tej lekcji!**

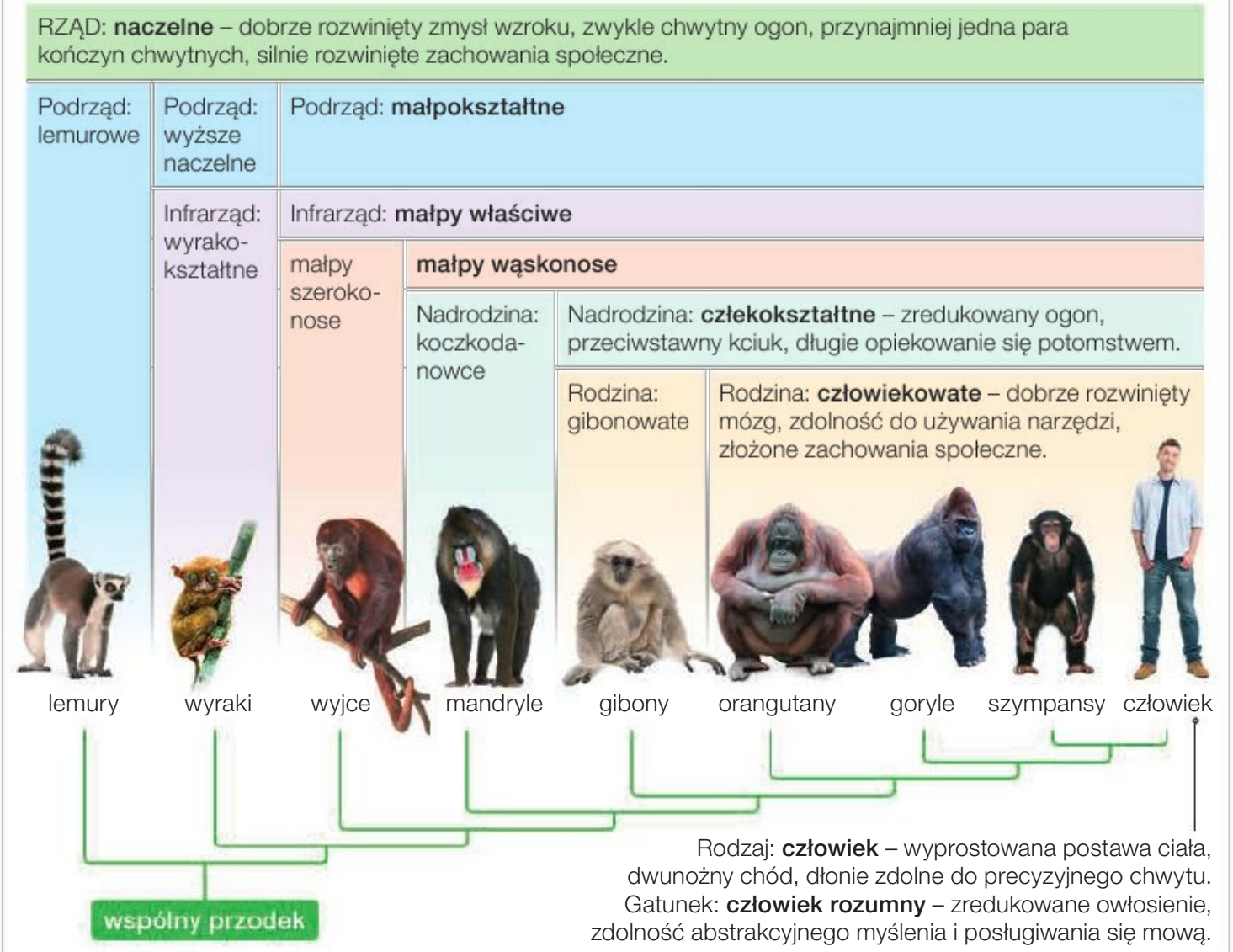
- pokrewieństwo człowieka z innymi zwierzętami
- podobieństwa i różnice między człowiekiem a innymi naczelnymi

Antropogeneza to procesy ewolucyjne, w których wyniku powstał człowiek. Ich badaniem zajmują się naukowcy z różnych dziedzin. Z każdym nowym odkryciem, wynikającym

np. z badań skamieniałości, analizy DNA czy badania pokrewieństwa z innymi gatunkami, poznajemy kolejny fragment historii ewolucji człowieka.

Pokrewieństwo człowieka z innymi naczelnymi

Człowiek należy do królestwa zwierząt, do rzędu naczelnych. Jeżeli spojrzysz na drzewo filogenetyczne, zobaczysz, że małpy należące do człękoksztalnych są znacznie bliżej spokrewnione z nami niż z innymi naczelnymi. Potwierdzają to badania genetyczne – różnica między informacją genetyczną człowieka a szympansa wynosi zaledwie ok. 1,2%.



Porównanie człowieka z innymi człekokształtnymi

Na podstawie m.in. cech morfologicznych, z zakresu anatomii porównawczej i genetyki naukowcy zaklasyfikowali człowieka do człekokształtnych. Należą do nich również gibony, orangutany, szympansy oraz goryle. Sprawdź, jakie podobieństwa i różnice występują między nami a tymi zwierzętami.

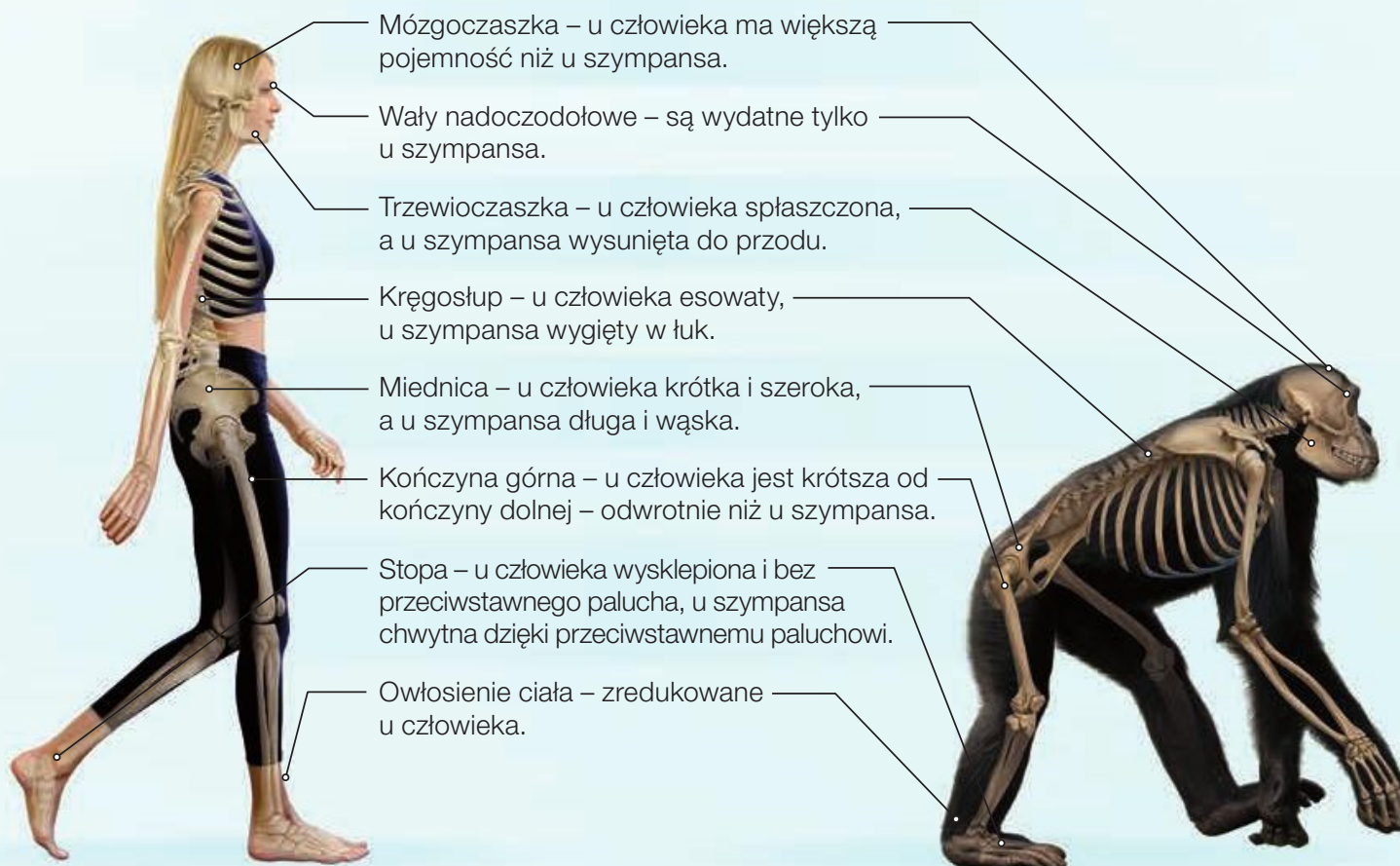
Podobieństwa między człowiekiem a innymi człekokształtnymi

- Brak ogona. Szczątkowe kręgi ogonowe zrosnięte w kość guziczną.
- Dłgie kończyny z obrotowymi stawami umożliwiającymi wykonywanie ruchów w każdym kierunku.
- Chwytne dłonie, przeciwstawny kciuk, paznokcie.
- Obouczne widzenie i rozróżnianie barw.
- Korzystanie z narzędzi.
- Samoświadomość, szybkie uczenie się, umiejętność komunikowania się i wyrażania emocji dzięki bogatej mimice.

Szympansy wyrażają emocje w podobny sposób jak ludzie.

Różnice między człowiekiem a innymi człekokształtnymi

Tylko człowiek ma zdolność mowy i bardzo duże możliwości intelektualne. W porównaniu z innymi człekokształtnymi ma większe zdolności manualne, potrafi też tworzyć dobra kultury (np. muzykę, obrazy, literaturę) oraz posługuje się rozbudowanym systemem wartości. Różnice między człowiekiem a innymi przedstawicielami człekokształtnych można wskazać także w budowie ciała. Jako przykład posłuży porównanie z szympansem.

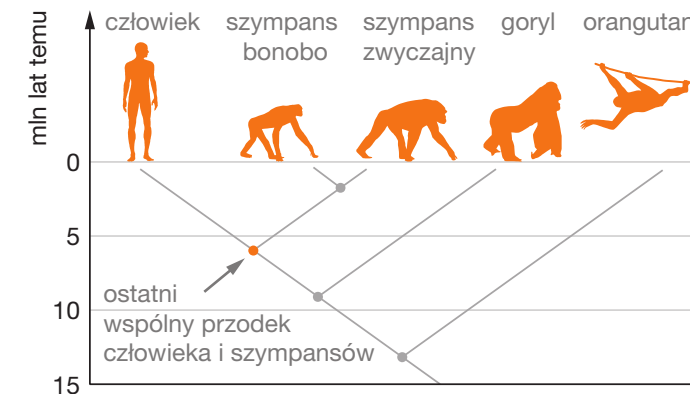


Porównanie budowy człowieka z budową szympansa.

Krok po kroku

Określanie pokrewieństwa człowieka z innymi zwierzętami

Schemat przedstawia fragment drzewa filogenetycznego.



Odpowiedź: Najbliżej spokrewnione z człowiekiem są szympansy: w takim samym stopniu szympan bonobo jak szympan zwyczajny. Linie rozwojowe człowieka i szympansa rozeszły się najpóźniej w stosunku do linii innych gatunków małp.

Przykład 2.

Na podstawie schematu określ prawdziwość stwierdzenia, że człowiek rozumny ewolucyjnie pochodzi od szympansa zwyczajnego.

1 Zwróć uwagę na miejsce rozejścia się linii ewolucyjnych.

Odpowiedź: Stwierdzenie jest fałszywe. Ze schematu wynika, że szympan zwyczajny nie jest przodkiem człowieka. To oddzielne linie rozwojowe pochodzące od wspólnego przodka, żyjącego ok. 6 mln lat temu.

Przykład 1.

Określ, które z podanych na schemacie gatunków są najbliżej spokrewnione z człowiekiem. Uzasadnij swój wybór.

1 Zwróć uwagę na linię czasu widoczną na schemacie, a także na węzły, które pokazują ostatniego wspólnego przodka.

W skrócie

- **Antropogeneza** – procesy ewolucyjne prowadzące do powstania gatunku człowieka rozumnego.
- Człowiek należy do królestwa zwierząt, do **rzędu naczelnych**.
- Cechy wspólne człowieka z innymi naczelnymi to:
 - dobrze rozwinięty zmysł wzroku,
 - przynajmniej jedna para kończyn chwytnych,
 - silnie rozwinięte zachowania społeczne.
- Najbliższe pokrewieństwo spośród naczelnych łączy człowieka z innymi przedstawicielami nadrodziny człekokształtnych. Do różnic między człowiekiem a innymi człekokształtnymi należą:
 - dwunożność,
 - wyprostowana postawa ciała,
 - posługiwanie się mową,
 - większy mózg.

Polecenia kontrolne

1. Podaj trzy przykłady cech wspólnych człowieka i innych człekokształtnych.
2. Określ pozycję systematyczną człowieka rozumnego (*Homo sapiens*).

Podsumowanie



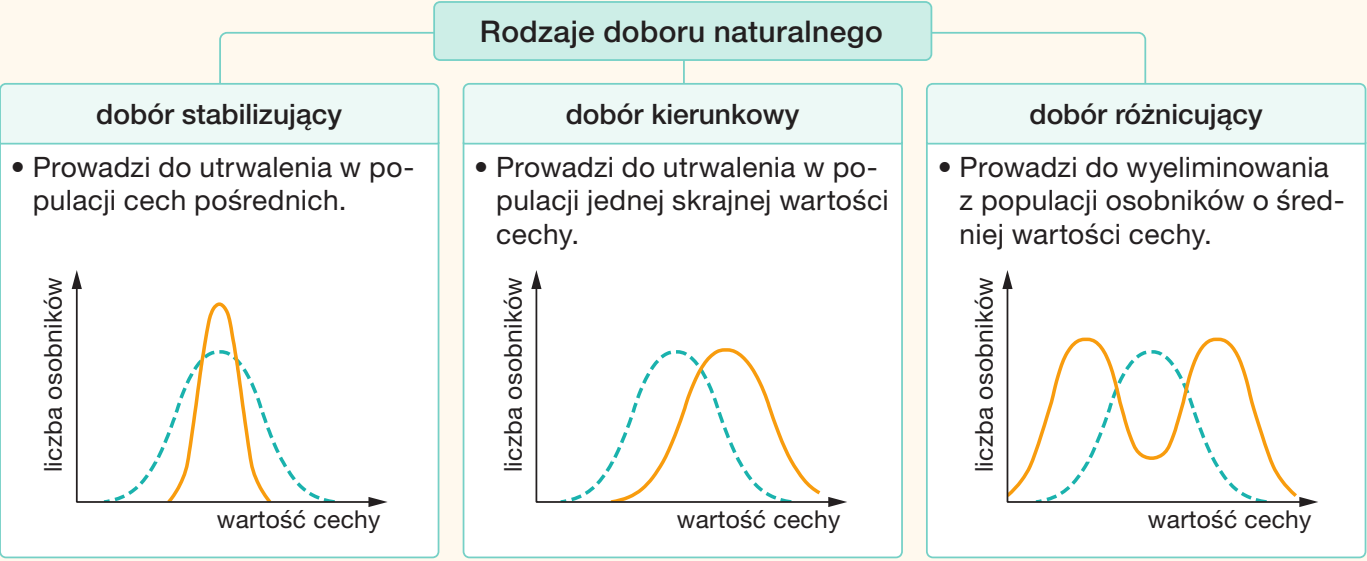
1 Ewolucja biologiczna – stopniowe i nieodwracalne zmiany grup organizmów. W wyniku ewolucji powstają nowe gatunki.

2 Dowody ewolucji

Rodzaj dowodu	Charakterystyka	Przykłady
dowody bezpośrednie		
Bezpośrednie obserwacje	- Wnioski z bezpośrednich obserwacji zmian zachodzących u współcześnie żyjących organizmów. - Analiza żywych skamieniałości – gatunków, które przetrwały wiele milionów lat do czasów współczesnych w prawie niezmiennionej formie.	- antybiotykooporność bakterii - dziobak
Dowody z zakresu paleontologii	Skamieniałości – zachowane szczątki kopalne oraz ślady działalności organizmów.	- skamieniałe kości - odlewy muszli - odciski tropów zwierząt
dowody pośrednie		
Anatomia porównawcza	Jedność budowy i funkcjonowania organizmów.	wspólny plan budowy organizmów
	Narządy analogiczne (o różnym pochodzeniu i podobnej budowie), które powstały w wyniku konwergencji.	skrzydło ptaka i skrzydło ważki
	Narządy homologiczne (o wspólnym pochodzeniu i różnej budowie), które powstały w wyniku dywergencji.	kończyna przednia człowieka i kończyna przednia nietoperza
	Narządy szczątkowe i atawizmy.	kość ogonowa (narząd szczątkowy) i silne owłosienie (atawizm) u człowieka
Embriologia	Podobieństwo wczesnych faz rozwojowych spokrewnionych organizmów.	podobieństwo rozwoju embrionalnego kręgowców
Biochemia, biologia molekularna i genetyka	Podobieństwo biochemiczne organizmów.	badanie zgodności sekwencji aminokwasów i nukleotydów
Biogeografia	Zmiany zasięgów występowania organizmów w różnych epokach geologicznych.	obecność relikтів i endemitów

3 Dobór naturalny i jego rodzaje

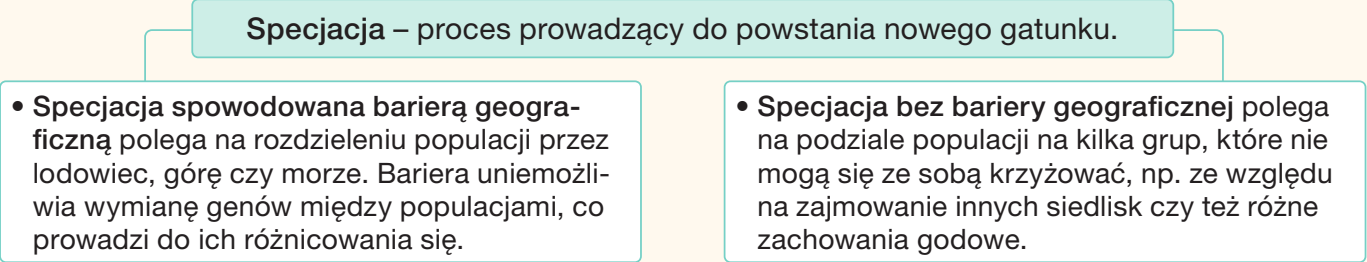
Dobór naturalny (selekcja naturalna) – mechanizm ewolucji polegający na tym, że osobnik najlepiej przystosowany do środowiska ma największe szanse na przeżycie i wydanie na świat potomstwa.



4 Gatunek – grupa osobników zdolnych do krzyżowania się i wydawania płodnego potomstwa.

5 Pula genowa populacji – suma wszystkich możliwych alleli genów osobników danej populacji. Suma puli genowych wszystkich populacji danego gatunku tworzy pulę genową gatunku.

6 Specjacja i jej rodzaje



7 Ludzie należą do gatunku człowiek rozumny (*Homo sapiens*). Wśród obecnie żyjących gatunków zwierząt najbliżej spokrewnione z ludźmi są tzw. małpy człekokształtne: orangutany, gibony, goryle i szympansy.



Sprawdź, czy już umiesz!

WYKONAJ W ZESZYCIE



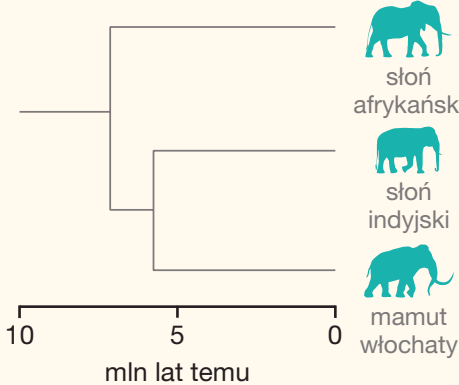
1 Wybierz punkt zawierający przykład bezpośredniego dowodu ewolucji. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (1 p.)

- A. Podobny kształt ciała rekina i delfina.
- B. Zachowane w wiecznej zmarzlinie szczątki mamuta.
- C. Zęby mądrości występujące u człowieka.
- D. Podobieństwo budowy wczesnych zarodków gadów i ssaków.

2 Niektóre gatunki roślin okrytozalążkowych mają zmodyfikowane liście, przystosowane do pełnienia określonych funkcji. (1 p.)

Określ, czy jest to przykład konwergencji, czy dywergencji. Odpowiedź wraz z uzasadnieniem zapisz w zeszycie.

3 Porównano DNA dwóch gatunków słoń żyjących obecnie (słonia afrykańskiego i słonia indyjskiego) z DNA mamuta włochatego, który wymarł ok. 10 tys. lat temu. Ilustracja przedstawia prawdopodobne drzewo rodowe tych trzech gatunków. (2 p.)



Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących pokrewieństwa opisanych gatunków. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe.

1.	Słoń afrykański, słoń indyjski i mamut włochaty mają wspólnego przodka.	P	F
2.	Słonia afrykańskiego łączy bliższe pokrewieństwo z mamutem niż słonia indyjskiego.	P	F

4 Samce łuszczaków lazurowych mogą mieć barwę od niebieskiej po brązową. Największy sukces rozrodczy osiągają samce o niebieskiej barwie. Osobniki brązowe są uznawane przez starsze samce za niegroźną konkurencję. Młode osobniki o barwach pośrednich są zwalczane przez dorosłe samce i nie zdobywają terytorium do lęgu. (1 p.)

Określ, który rodzaj doboru działa w przypadku łuszczaków: dobór kierunkowy, dobór różnicujący czy dobór stabilizujący. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

5 Podaj dwie cechy wspólne wszystkich naczelnych oraz dwie cechy charakterystyczne tylko dla człowieka. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (2 p.)

6 Oceń prawdziwość stwierdzeń powstawania gatunków. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (3 p.)

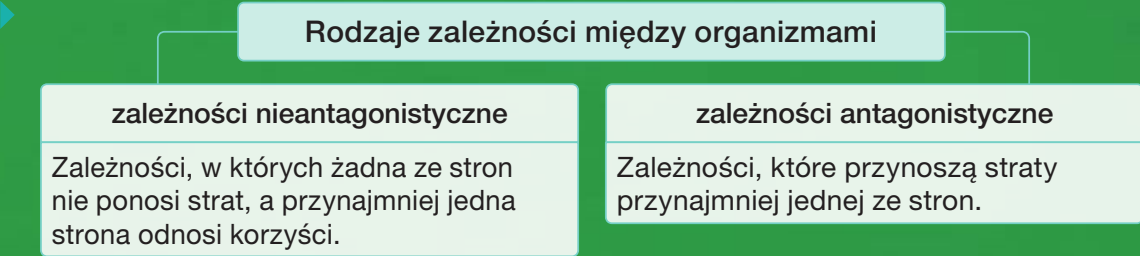
1.	Proces powstawania nowych gatunków nazywamy specjacją.	P	F
2.	Aby powstał nowy gatunek, musi nastąpić przepływ genów pomiędzy populacjami.	P	F
3.	Występowanie barier geograficznych między populacjami to czynnik sprzyjający powstawaniu nowych gatunków.	P	F

5. Ekologia i różnorodność biologiczna

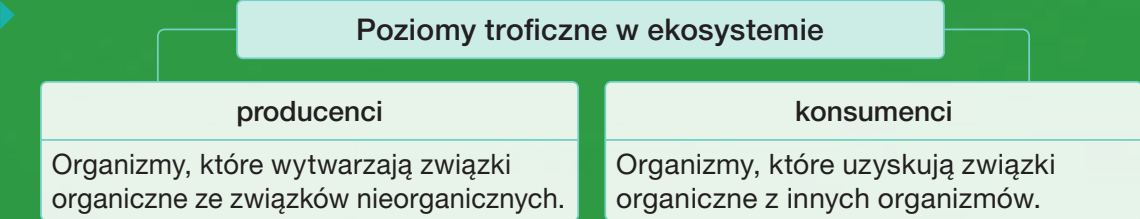


Przypomnij sobie – to było w szkole podstawowej

► **Populacja** – grupa osobników tego samego gatunku, żyjących na określonym obszarze w tym samym czasie.



► **Ekosystem** – obszar złożony z biocenozy (elementów ożywionych) i biotopu (elementów nieożywionych), które wzajemnie na siebie oddziałują.



5.1. Organizm w środowisku. Tolerancja ekologiczna

Ważne na tej lekcji!

- definicja ekologii
- czynniki biotyczne i abiotyczne oddziałujące na organizmy
- pojęcia: nisza ekologiczna, siedlisko, tolerancja ekologiczna
- znaczenie organizmów o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej w bioindykacji

W życiu codziennym często używamy pojęć „ekologia” i „ekologiczny”. Kojarzą się nam one z tym, co naturalne, zdrowe i przyjazne dla środowiska. Często łączymy więc ekologię z ochroną przyrody i ochroną środowiska. Jednak w naukowym ujęciu te trzy pojęcia: „ekologia”, „ochrona przyrody” i „ochrona środowiska” mają zupełnie inne znaczenia.

■ Czym jest ekologia?

Ekologia to nauka o strukturze i funkcjonowaniu przyrody. Zajmuje się ona badaniem zależności pomiędzy organizmami oraz pomiędzy organizmami a środowiskiem ich życia. Ekolodzy skupiają uwagę na różnych poziomach organizacji biologicznej. Przykłady tych poziomów przedstawiliśmy na → s. 109.

Ekologia a ochrona przyrody i ochrona środowiska

Ekologia, ochrona przyrody i ochrona środowiska to odrębne dziedziny nauki. Jednak aby skutecznie chronić przyrodę i środowisko, naukowcy opierają się na wiedzy z zakresu ekologii. Możesz to prześledzić na przykładzie szarytki morskiej, zwanej dawniej foką szarą.



■ Ekologia

Ekologia bada m.in. wpływ innych organizmów, temperatury powietrza i zasolenia wody na rozmieszczenie szarytek morskich.



■ Ochrona przyrody

Ochrona przyrody zajmuje się m.in. ochroną miejsc, w których występuje szarytka morska, oraz ochroną szarytki przed niepokojeniem jej przez ludzi.



■ Ochrona środowiska

Ochrona środowiska zapobiega m.in. zanieczyszczaniu wód, co chroni miejsca występowania szarytki morskiej przed skażeniem.

Które poziomy organizacji biologicznej bada ekologia?

Poziomy organizacji biologicznej to występujące w przyrodzie struktury uporządkowane od najmniejszej do największej. Ekologia zajmuje się badaniem struktur od pojedynczego osobnika aż po biosferę.

■ Osobnik

Pojedynczy organizm – przedstawiciel danego gatunku.

Dorosły osobnik lisa rudego.

■ Populacja

Grupa osobników tego samego gatunku, która żyje na określonym obszarze w tym samym czasie.

Przedstawiciele populacji lisa rudego.

■ Biocenoza

Zbiór populacji wszystkich gatunków żyjących na danym obszarze w tym samym czasie i powiązanych wzajemnymi zależnościami.

W biocenozie występują zależności międzygatunkowe, których przykładem jest drapieżnictwo.

■ Ekosystem

Jednostka ekologiczna, która składa się z biocenozy, czyli organizmów żyjących na danym obszarze, oraz biotopu, czyli nieożywionych elementów środowiska.

Składniki ekosystemu wzajemnie na siebie oddziałują.

■ Biom

Obszar kuli ziemskiej odznaczający się dominującym typem roślinności oraz charakterystycznym składem gatunkowym, który jest zależny od lokalnych warunków klimatycznych.

Przykładowy biom – las liściasty strefy umiarkowanej.

■ Biosfera

Obszar Ziemi zasiedlony przez organizmy. Obejmuje on dolną część atmosfery, zewnętrzną warstwę skorupy ziemskiej oraz niemal całą hydrosferę.

Biosfera to zbiór wszystkich ekosystemów występujących na Ziemi.



Środowisko, siedlisko i nisza ekologiczna

Środowisko, nisza ekologiczna i siedlisko to ważne pojęcia w ekologii, które często ze sobą mylimy. Różnice pomiędzy nimi wyjaśniliśmy na przykładzie orzesznicy leszczynowej – gryzonia występującego w wielu krajach Europy, w tym w Polsce.

Środowisko

Środowiskiem nazywamy ogół czynników ożywionych i nieożywionych występujących na danym obszarze. Elementy środowiska wpływają na żyjące w nim organizmy, m.in. na ich liczebność, rozmieszczenie i aktywność życiową.

Czynniki środowiska dzielimy na:

- ▶ **czynniki biotyczne** (ożywione) – zwierzęta, rośliny, grzyby, protisty i bakterie,
- ▶ **czynniki abiotyczne** (nieożywione) – takie jak temperatura i wilgotność powietrza, pH gleby czy zasolenie wód.

Środowisko orzesznicy

Czynniki biotyczne

-  **Zwierzęta** – regulują liczebność orzesznicy (np. łasice i sowy polują na nią).
-  **Rośliny** – stanowią pokarm orzesznicy oraz dają jej schronienie.
-  **Grzyby** – mogą powodować choroby orzesznicy.
-  **Mikroorganizmy** (protisty i bakterie) – mogą powodować choroby orzesznicy.



Czynniki abiotyczne

-  **Temperatura powietrza** – reguluje aktywność życiową orzesznicy (od października do kwietnia orzesznica zapada w sen zimowy).
-  **Nasłonecznienie** – wpływa na wybór miejsca do życia (orzesznica preferuje zacienione miejsca).
-  **Skład powietrza** – warunkuje przeżycie orzesznicy (orzesznica oddycha tlenowo).
-  **Dostęp do wody, wilgotność** – warunkują przeżycie orzesznicy.

Nisza ekologiczna

Nisza ekologiczna to wszystkie wymagania życiowe organizmu lub gatunku względem środowiska. Dotyczą one m.in. warunków i zasobów środowiska oraz powiązań z innymi organizmami.

Miejsce występowania (siedlisko)	Odżywianie się
Gęste lasy liściaste z zaroślami leszczynowymi.	Głównie nasiona i owoce, dodatkowo owady i ich larwy.
Rytm dobowy	Aktywność w ciągu roku
Aktywność przeważnie nocą.	Zimą brak aktywności – sen zimowy.
Schronienie	Naturalni wrogowie
Gniazda wśród gałęzi lub w dziuplach.	Ptaki drapieżne, kuny i koty domowe.



Siedlisko

Siedliskiem nazywamy miejsce występowania organizmu, charakteryzujące się określonymi czynnikami abiotycznymi (m.in. geograficznymi, klimatycznymi i glebowymi). Siedliskami mogą być np.: podmokła łąka, las liściasty lub jezioro. W jednym siedlisku może występować wiele różnych organizmów, z których każdy ma własną, charakterystyczną dla siebie niszę ekologiczną.

Las liściasty z zaroślami leszczynowymi – siedlisko orzesznicy i innych gatunków.



dzieciół duży

dzik euroazjatycki

■ Tolerancja ekologiczna

Środowisko, w którym żyją organizmy, stale się zmienia. Zmieniają się np. pory roku, a wraz z nimi m.in. temperatura powietrza, dostęp do pokarmu i wody, napowietrzenie gleby czy natlenienie wód. Organizmy mogą przystosowywać się do zmian w środowisku, ale pod warunkiem, że poszczególne czynniki środowiska nie przekroczą określonych wartości. Zdolność przystosowywania się organizmu do zmian zachodzących w środowisku bez szkody dla jego życia i rozwoju nazywamy **tolerancją ekologiczną**.

■ Zakres tolerancji ekologicznej

Zakres tolerancji ekologicznej to przedział wartości określonego czynnika, w którym dany organizm może przetrwać. W obrębie zakresu tolerancji wyróżniamy następujące wartości:

- ▶ **minimum i maksimum ekologiczne** – dwie skrajne wartości czynnika środowiska, pomiędzy którymi organizm może przeżyć i które wyznaczają zakres jego tolerancji ekologicznej;
- ▶ **optimum** – najkorzystniejszy dla danego organizmu przedział wartości danego czynnika środowiska.

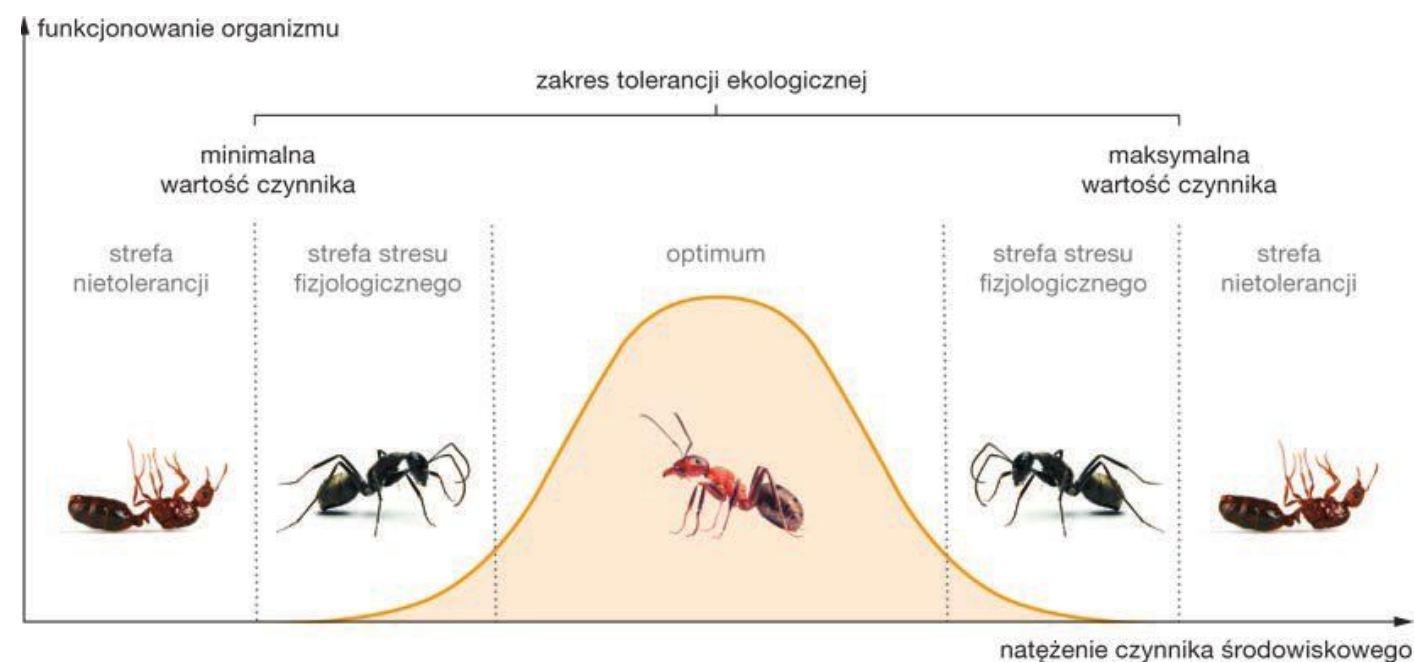
Czy gatunki różnią się zakresem tolerancji ekologicznej?

Każdy gatunek może inaczej reagować na zmiany natężenia czynników środowiska, czyli może wykazywać inną tolerancję ekologiczną względem określonego czynnika. Przykładowo fenki pustynne to lisy, które znakomicie przystosowały się do życia na Saharze. Wytrzymują dobowe wahania temperatury w zakresie 0–40°C. Nie byłyby jednak w stanie przetrwać w Arktyce. Tam żyje inny gatunek lisa – lis polarny. Lisy polarne mogą przetrwać w temperaturze poniżej –40°C, natomiast nie byłyby w stanie żyć na Saharze, ponieważ temperatura powietrza byłaby tam dla nich za wysoka.



Fenki pustynne (zdjęcie po lewej) żyją w gorącym klimacie. Mają duże uszy, dzięki którym oddają nadmiar ciepła. Natomiast lisy polarne (zdjęcie po prawej) żyją w zimnym klimacie i mają małe uszy, aby ograniczyć straty ciepła.

Krzywa zakresu tolerancji ekologicznej



■ Szeroki i wąski zakres tolerancji ekologicznej

Organizm może mieć szeroki lub wąski zakres tolerancji ekologicznej względem określonego czynnika. **Szeroki zakres tolerancji** oznacza, że organizm może przetrwać przy bardzo różnych wartościach tego czynnika. Natomiast **wąski zakres tolerancji** oznacza, że organizm może przetrwać tylko przy niewielkich odchyleniach wartości czynnika od zakresu optimum.

Ten sam organizm może mieć inne zakresy tolerancji względem różnych czynników, np. może funkcjonować w wąskim zakresie temperatur, ale przy różnym nasłonecznieniu. Zakresy tolerancji ekologicznej można też wyznaczać dla poszczególnych gatunków. Gatunki o szerokim zakresie tolerancji względem wielu czynników występują powszechnie na kuli ziemskiej. Z kolei gatunki o wąskim zakresie tolerancji względem jednego lub kilku czynników są obecne jedynie na niewielkim obszarze. Ponadto zakres tolerancji ekologicznej może się zmieniać w obrębie gatunku w zależności od wieku, płci czy stanu zdrowia danego osobnika.

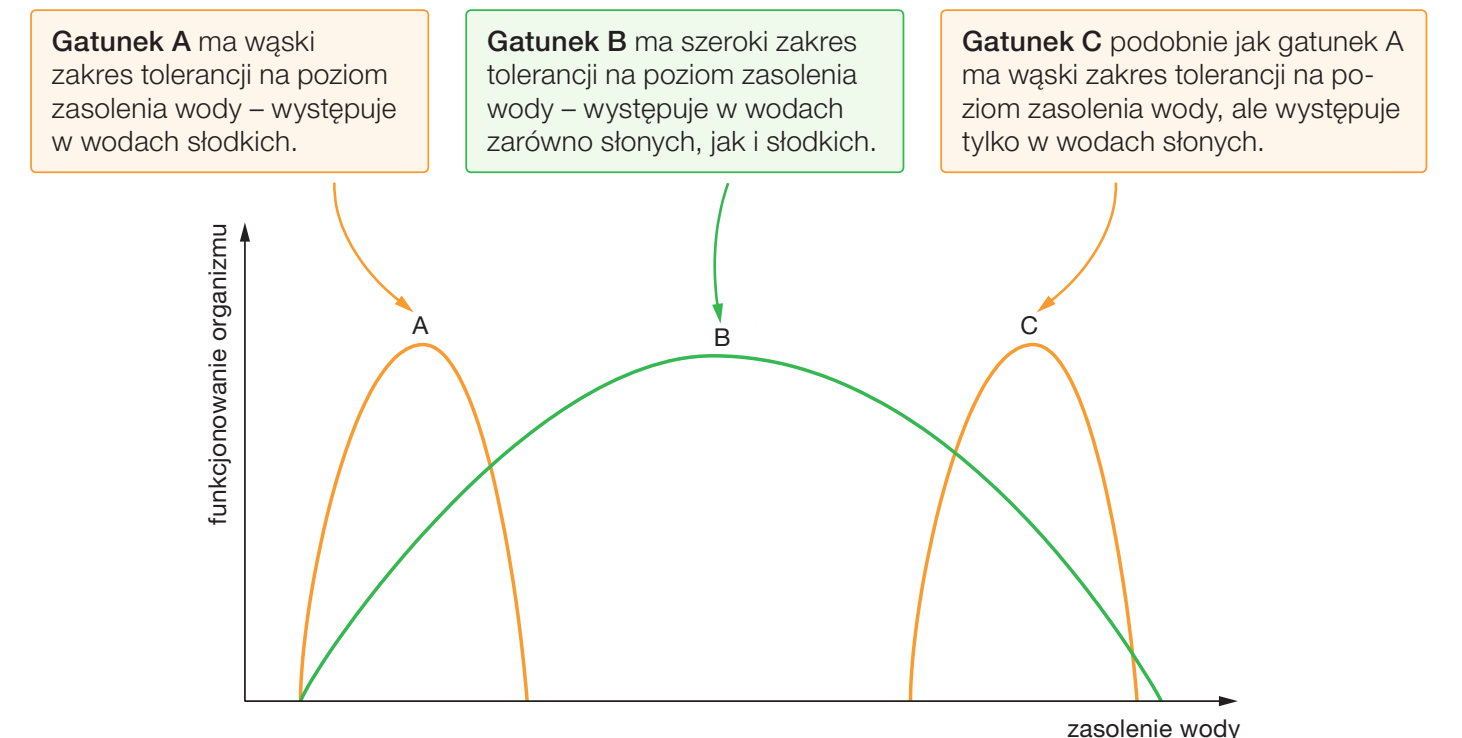
■ Gatunki wskaźnikowe i bioindykacja

Gatunki wskaźnikowe (bioindykatory) to organizmy charakteryzujące się wąskim zakresem tolerancji ekologicznej, co oznacza, że są one szczególnie wrażliwe na zmiany warunków środowiskowych. Wymagania ekologiczne gatunków wskaźnikowych są dobrze poznane, dlatego obecność lub brak tych organizmów może pomóc w ocenie stanu środowiska w danym miejscu.

Bioindykatory wykorzystuje się w procesie **bioindykacji**, czyli ocenie jakości środowiska – powietrza, wody lub gleby – na podstawie analizy występujących w nim organizmów. W ocenie jakości powietrza bioindykatorami mogą być np. porosty – organizmy wyjątkowo wrażliwe na obecność tlenków siarki w atmosferze. Ich występowanie świadczy o czystym powietrzu, natomiast ich brak może wskazywać na zanieczyszczenie środowiska.

Podobne zastosowanie mają bioindykatory w ocenie stanu czystości wód. Obecność określonych gatunków organizmów wodnych pozwala określić poziom zanieczyszczenia środowiska wodnego.

Porównanie zakresów tolerancji ekologicznej na zasolenie wody u przykładowych gatunków



Bioindykacja w praktyce

Do oceny stanu środowiska, oprócz parametrów chemicznych i fizycznych, można wykorzystać bioindykatory (biowskaźniki, organizmy wskaźnikowe). Sprawdź, które organizmy mogą być bioindykatorami i jak wykorzystuje się je do sprawdzania stanu czystości wody i właściwości gleby.

■ Przykłady bioindykatorów



Pstrąg potokowy zamieszkuje zimne, czyste i dobrze natlenione wody.



Solanka kolczysta jest rośliną występującą na glebach zasolonych.

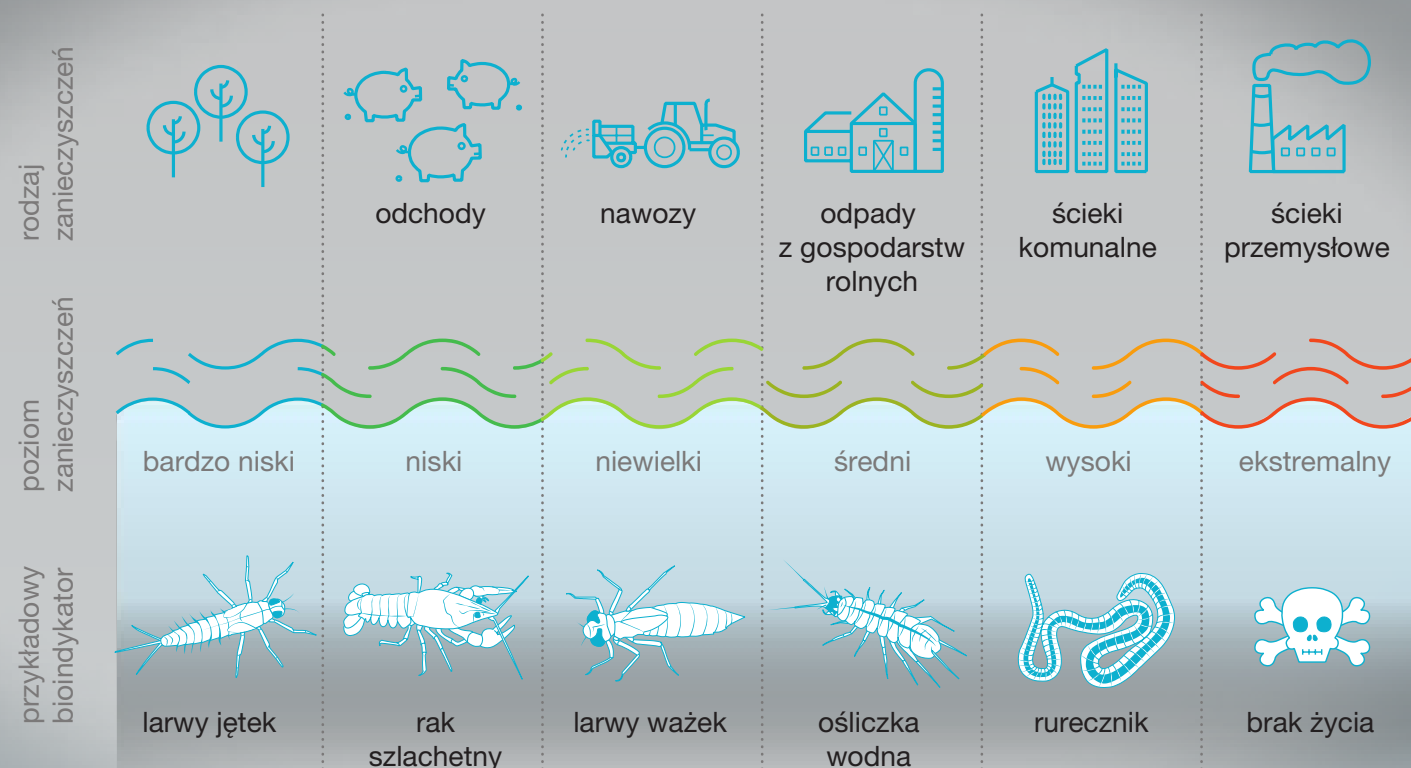


Milek wiosenny występuje zwykle na glebach bogatych w wapń.

■ Jak sprawdzić, czy rzeka jest czysta?

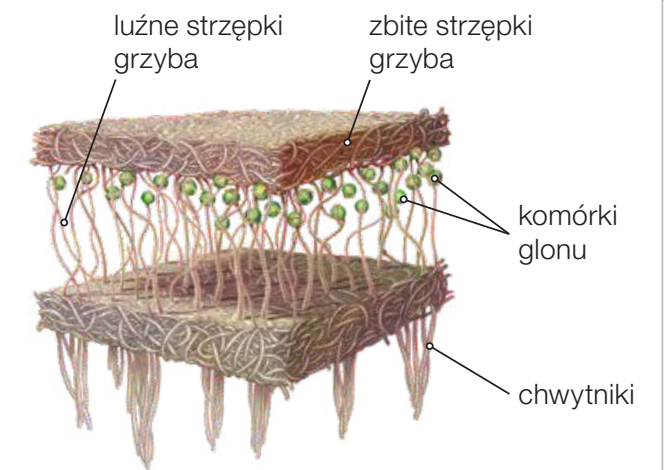
Do oceny czystości rzek może posłużyć identyfikacja występujących w nich wodnych bezkręgowców. Część z nich, np. larwy jętek, występuje jedynie w bardzo czystych wodach. Inne, np. rureczniki i ośliczki wodne, żyją także w wodach zanieczyszczonych.

Wpływ stopnia zanieczyszczenia rzeki na skład gatunkowy wodnych bezkręgowców



Porosty i ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza

Porosty nadrzewne to organizmy wrażliwe na zanieczyszczenie powietrza tlenkiem siarki(IV) – SO_2 . Dlatego zestawienie poszczególnych gatunków porostów od najmniej do najbardziej wrażliwych na SO_2 pozwala uzyskać tzw. skalę porostową. Skalę tę wykorzystuje się do oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza na danym terenie.



Porosty to organizmy dwuskładnikowe, tzn. zbudowane ze strzępek grzybów oraz z komórek glonu.

Skala porostowa



Poziom zanieczyszczenia powietrza SO_2 .

W skrócie

- Ekologia** to nauka o zależnościach pomiędzy organizmami oraz pomiędzy organizmami a środowiskiem ich życia.
- Środowisko** to ogół czynników ożywionych (biotycznych) i nieożywionych (abiotycznych) występujących na danym obszarze.
- Nisza ekologiczna** to ogół wymagań życiowych organizmu lub gatunku, natomiast siedlisko – przestrzeń fizyczna, w której występuje dany organizm.
- Tolerancją ekologiczną** nazywamy zdolność przystosowania się organizmu do zmieniających się warunków środowiska.
- Zakres tolerancji ekologicznej** to przedział wartości czynnika środowiskowego, w którym organizm przeżywa i może funkcjonować.
- Bioindykatorami** są organizmy o wąskim zakresie tolerancji na określony czynnik środowiska. Dlatego wykorzystuje się je do oceny stanu środowiska w danym miejscu.

Polecenia kontrolne

- Na podstawie wiarygodnych źródeł informacji porównaj siedliska oraz nisze ekologiczne jastrzębia zwyczajnego i sowy uszatki.
- Na podstawie różnych źródeł informacji podaj trzy przykłady bioindykatorów przydatnych w ocenie pH gleby.

5.2. Cechy populacji

Ważne na tej lekcji!

- definicja populacji
- cechy populacji: liczebność, zagęszczenie, struktury – przestrzenna, wiekowa i płciowa

Między osobnikami jednego gatunku żyjącymi na tym samym terenie występują różne zależności. Osobniki konkurują ze sobą o zasoby środowiska, takie jak pokarm czy schronienie, albo współpracują ze sobą w stadach czy grupach rodzinnych. Niezależnie od łączących je relacji tworzą populację – społeczność, której cechy możemy scharakteryzować.

■ Czym jest populacja?

Populacja to grupa osobników tego samego gatunku żyjących na określonym obszarze w tym samym czasie. Populację tworzą np. żubry zamieszkujące obecnie Puszcę Białowieską czy biedronki występujące w ogrodzie. Populację możemy opisać na podstawie jej

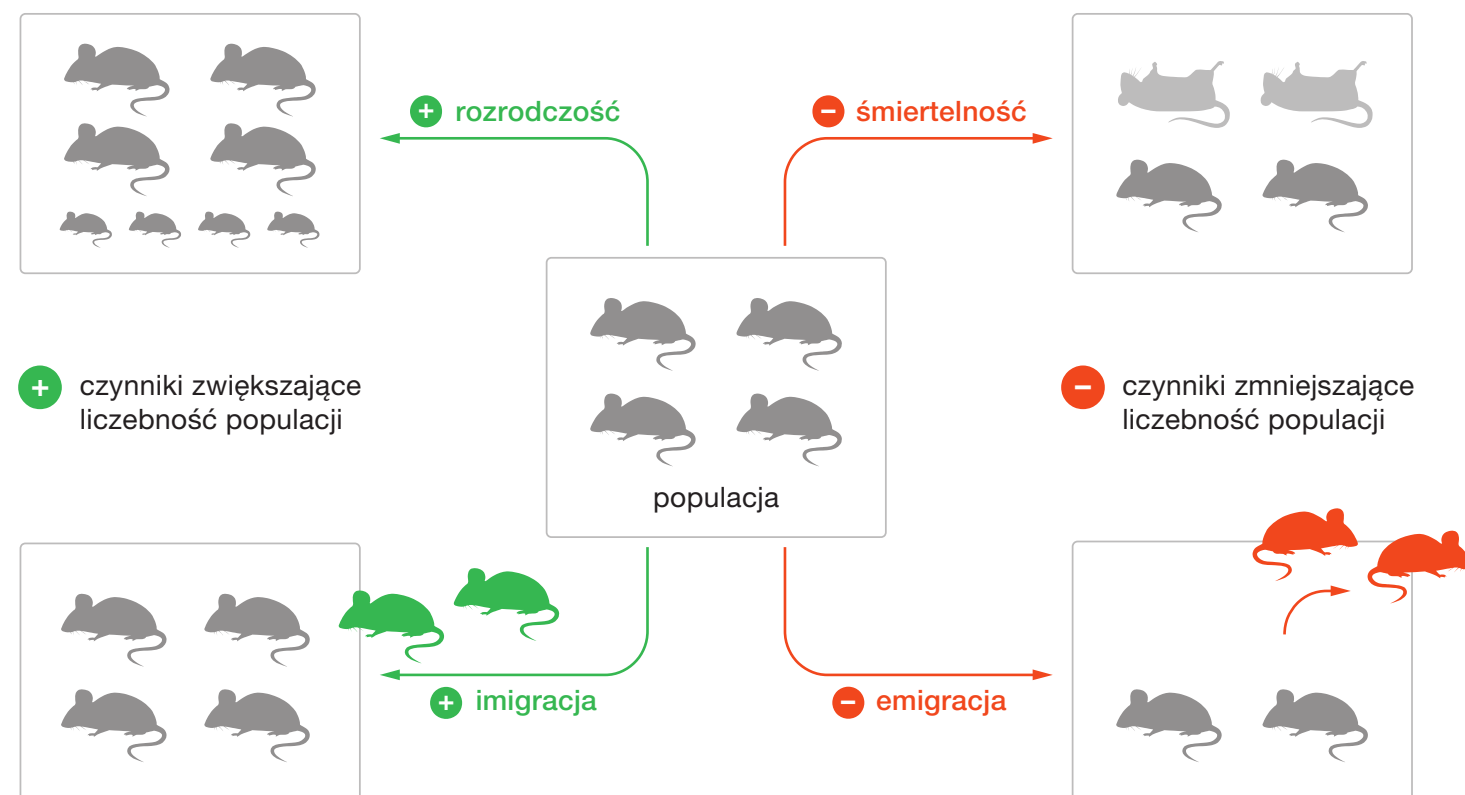
charakterystycznych cech, do których należą:

- ▶ liczebność,
- ▶ zagęszczenie,
- ▶ struktury: przestrzenna, wiekowa i płciowa.

■ Liczebność i zagęszczenie populacji

Liczebność populacji to liczba tworzących ją osobników. Populacje zajmują obszary o różnych powierzchniach (gatunki lądowe) lub o różnej objętości (gatunki wodne). Liczbę osobników przypadającą na jednostkę powierzchni (np. 1 m²) lub objętości (np. 1 m³) nazywamy **zagęszczeniem populacji**. Na liczebność i zagęszczenie populacji wpływają m.in. rozrodczość, śmiertelność oraz migracje.

Czynniki wpływające na liczebność i zagęszczenie populacji



Rozrodczość

Rozrodczość to liczba nowych osobników, które pojawiają się w populacji w danym czasie. Nowe osobniki mogą powstawać m.in. na drodze rozmnażania płciowego (np. pisklęta ptaków) lub rozmnażania bezpłciowego (np. tulipany kiełkujące z cebulek). Dzięki rozrodczości liczebność danej populacji może wzrastać.

Śmiertelność

Śmiertelność to liczba osobników ginących w danej populacji w określonym czasie. Odpowiedni poziom śmiertelności pomaga zachować równowagę w przyrodzie – zapobiega zbyt dużemu zagęszczeniu populacji i zmniejsza

konkurencję o zasoby środowiska, np. wodę i pożywienie.

Migracje

Migracją nazywamy przemieszczanie się organizmów z jednego obszaru na inny. Wyróżniamy dwa rodzaje migracji:

- ▶ **emigrację** – ma ona miejsce wtedy, gdy osobniki opuszczają daną populację (np. z powodu zmniejszania się zasobów środowiska),
- ▶ **imigrację** – występuje ona wtedy, gdy do populacji przybywają osobniki tego samego gatunku z innych populacji (np. z powodu zwiększenia się zasobów środowiska).

Struktura przestrzenna populacji

Struktura przestrzenna populacji to sposób rozmieszczenia osobników na zajmowanym przez populację obszarze. Wpływają na nią warunki środowiska: czynniki fizyczne oraz stosunki między populacjami. Wiele gatunków ma charakterystyczną dla siebie strukturę przestrzenną, a osobniki mogą być rozmieszczone na trzy omówione niżej sposoby.

■ Rozmieszczenie równomierne

W rozmieszczeniu równomiernym odległości między osobnikami lub ich terytoriami są jednakowe. Występuje ono np. w okresie lęgowym u gatunków kolonijnych, takich jak głuptaki.



■ Rozmieszczenie skupiskowe

W rozmieszczeniu skupiskowym osobniki występują w oddalonych od siebie grupach. Jest ono charakterystyczne m.in. dla gatunków żyjących w stadach, np. dla wilków.



■ Rozmieszczenie losowe

W rozmieszczeniu losowym układ osobników jest przypadkowy. Występuje ono m.in. u roślin, których nasiona rozsiewa wiatr, np. u klonu.



Struktura wiekowa i struktura płciowa populacji

Osobniki w populacji możemy podzielić na grupy według wieku oraz według płci.

Struktura wiekowa populacji

Struktura wiekowa populacji to udział w populacji różnych grup wiekowych. Osobniki możemy podzielić na trzy główne grupy: **osobniki w wieku przedrozdym** (osobniki młodociane), **osobniki w wieku rozrozdym** (osobniki dojrzałe) oraz **osobniki w wieku porozrozdym** (osobniki starsze). Analiza struktury wiekowej populacji pozwala prognozować losy populacji w przyszłości: czy będzie się ona rozwijać, czy raczej – grozi jej wymarcie. Strukturę wiekową populacji możemy przedstawić w formie graficznej w postaci piramidy wieku.

Piramidy wieku populacji



Populacja rozwijająca się

W populacji rozwijającej się występuje dużo osobników młodocianych, które dominują liczebnie nad osobnikami dojrzałymi. Liczebność takiej populacji będzie rosła.

Populacja ustabilizowana

W populacji ustabilizowanej liczba osobników w poszczególnych grupach wiekowych jest zbliżona, przy czym osobników starzejących się jest najmniej. Liczebność takiej populacji będzie się utrzymywać na stałym poziomie.

Populacja wymierająca

W populacji wymierającej osobniki w wieku rozrozdym i porozrozdym dominują liczebnie nad osobnikami młodocianymi. Liczebność takiej populacji będzie malała.

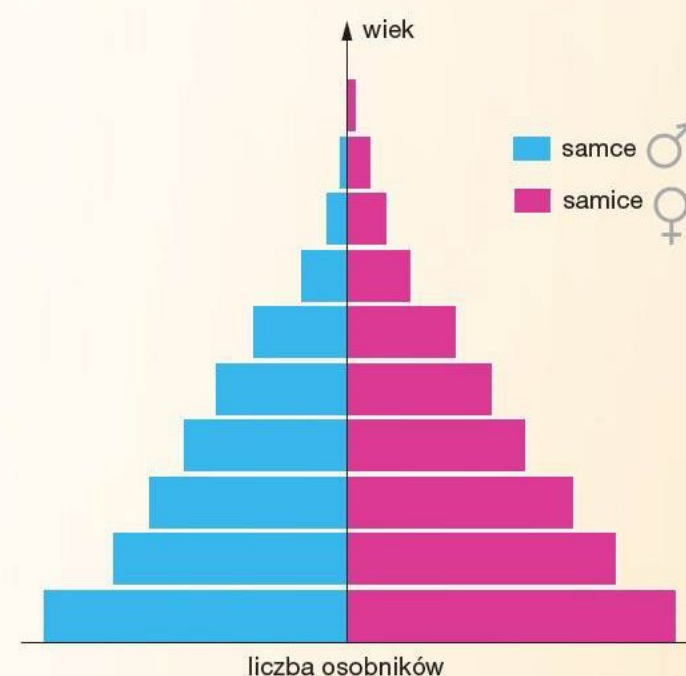
Struktura płciowa populacji

Struktura płciowa populacji to stosunek liczby osobników żeńskich do liczby osobników męskich. Właściwe proporcje liczby osobników poszczególnych płci pozwalają populacji się rozwijać. Zwykle w populacjach rozwijających się i ustabilizowanych liczba osobników żeńskich i męskich jest zbliżona.

Struktury: wiekową i płciową możemy przedstawić graficznie na wspólnym wykresie, nazywanym **piramidą wieku i płci**.

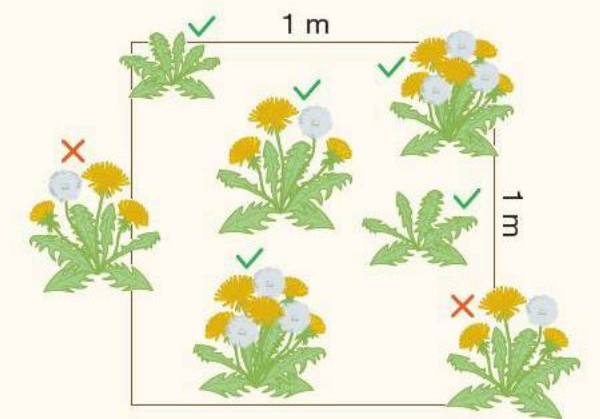
Piramida wieku i płci pozwala na dokładniejsze prognozowanie dalszych losów populacji niż piramida przedstawiająca jedynie podział na klasy wiekowe. Niedobór osobników jednej z płci może bowiem stanowić czynnik ograniczający rozwój populacji.

Piramida wieku i płci populacji



Charakterystyka wybranych cech populacji mniszka lekarskiego

Mniszek lekarski to roślina wieloletnia, która w pierwszym roku wykształca jedynie rozetkę liści, a w kolejnych latach – również kwiaty i owoce. Zagęszczenie, liczebność i strukturę przestrzenną populacji mniszka lekarskiego występującego np. na trawniku przy szkole możemy określić za pomocą metody kwadratu. Metoda ta polega na policzeniu, ile i jakich osobników populacji mieści się w kwadratach wyznaczonych na badanym obszarze.



W metodzie kwadratu liczy się tylko te organizmy, które w całości lub w większej części znajdują się wewnątrz kwadratu.

Przebieg obserwacji

- Wyznacz w ogrodzie lub na trawniku 3–5 kwadratów o boku 1 m. Możesz to zrobić za pomocą sznurka lub patyków o odmierzonej długości.
- Policz, ile osobników mniszka lekarskiego znajduje się w każdym kwadracie. Określ, ile z nich jest tegorocznych (mała rozetka liściowa bez kwiatów i pąków), a ile – kilkuletnich (duża rozetka liściowa, obecne kwiaty lub owoce).
- Zestaw dane w postaci tabeli.

	Kwadrat 1	Kwadrat 2	Kwadrat 3	Suma
Osobniki tegoroczne	?	?	?	?
Osobniki kilkuletnie	?	?	?	?
Liczba wszystkich osobników w kwadratach				?

- Określ zagęszczenie osobników w populacji – w tym przypadku średnią liczbę osobników przypadającą na 1 m². W tym celu podziel sumę wszystkich osobników w kwadratach przez liczbę kwadratów.
- Oszacuj liczebność populacji mniszka lekarskiego na badanym terenie – określ szacunkowo wielkość powierzchni trawnika w metrach kwadratowych, a następnie pomnóż uzyskaną wartość przez średnią liczbę osobników przypadającą na 1 m².
- Oceń, czy jest to populacja rozwijająca się. Podziel liczbę osobników tegorocznych przez sumę wszystkich osobników zliczonych w kwadratach, a wynik pomnóż przez 100%. Analogiczne działanie wykonaj dla osobników kilkuletnich. W ten sposób otrzymasz procentowy udział osobników z każdej z grup w populacji.
- Na podstawie obserwacji określ, jaki typ rozmieszczenia – równomierny, skupiskowy czy losowy – cechuje populację mniszka lekarskiego.



Mniszek lekarski.

W skrócie

- **Populacja** nazywamy grupę osobników tego samego gatunku, żyjących na określonym obszarze w tym samym czasie.
- **Liczebność populacji** to liczba wszystkich osobników tworzących daną populację.
- **Zagęszczenie populacji** to liczba osobników w przeliczeniu na jednostkę powierzchni (np. 1 m²) lub objętości (np. 1 m³).
- Na liczebność i zagęszczenie osobników w populacji wpływają następujące czynniki:
 - rozrodczość,
 - śmiertelność,
 - migracje.
- **Struktura przestrzenna populacji** to sposób rozmieszczenia osobników tej populacji na zajmowanym przez nią obszarze. Wyróżniamy trzy rodzaje rozmieszczenia osobników populacji w przestrzeni:
 - **rozmieszczenie równomierne** – osobniki występują w mniej więcej jednakowej odległości od siebie,
 - **rozmieszczenie skupiskowe** – osobniki żyją w grupach,
 - **rozmieszczenie losowe** – osobniki są rozmieszczone w sposób przypadkowy.
- **Strukturę wiekową populacji** nazywamy udział w populacji osobników w poszczególnych grupach wiekowych. Wyróżniamy trzy główne grupy wiekowe:
 - wiek przedrozdowy – osobniki młodociane, niedojrzałe płciowo,
 - wiek rozrodczy – osobniki dojrzałe, zdolne do rozrodu,
 - wiek porozrodczy – osobniki starsze, niezdolne do rozrodu.
- **Struktura płciowa populacji** to stosunek liczby osobników żeńskich do liczby osobników męskich.

Polecenia kontrolne

1. Opisz, w jaki sposób migracje wpływają na liczebność populacji.
2. Korzystając z wiarygodnych źródeł informacji, podaj trzy przykłady gatunków, które cechują się różnymi typami rozmieszczenia osobników w populacji.
3. Wyjaśnij, czym różni się zagęszczenie od struktury przestrzennej populacji.
4. Przeprowadź obserwację liczebności i zagęszczenia oraz określ strukturę przestrzenną populacji babki lancetowatej na wybranym przez siebie trawniku. Zastosuj metodę kwadratu. Zadanie wykonaj w zeszycie.

	Kwadrat 1	Kwadrat 2	Kwadrat 3
Liczba osobników	?	?	?
Liczba wszystkich osobników w kwadratach	?		
Zagęszczenie osobników w populacji	?		



5.3. Oddziaływania między organizmami. Zależności nieantagonistyczne

Ważne na tej lekcji!

- znaczenie zależności nieantagonistycznych w ekosystemie
- przykłady mutualizmu obligatoryjnego, mutualizmu fakultatywnego i komensalizmu

W jednym siedlisku żyją populacje wielu gatunków, a między należącymi do nich osobnikami występują różnorodne zależności. Przykładowo rosnąca na trawniku koniczyna biała konkuruje z innymi roślinami o wodę, światło słoneczne, przestrzeń oraz owady zapylające. Na jej liściach żerują m.in. mszyce, które są zjadane przez biedronki. Niektóre interakcje z innymi gatunkami przynoszą koniczynie straty, a inne – zyski. W dalszej części tekstu poznasz dokładniej te i inne zależności między organizmami.

Rodzaje zależności pomiędzy organizmami

Wyróżniamy dwa główne rodzaje zależności (interakcji) między organizmami: zależności nieantagonistyczne i antagonistyczne.

Zależności nieantagonistyczne to zależności, w których przynajmniej jedna ze stron odnosi korzyści i żadna ze stron nie ponosi strat. Zaliczamy do nich: mutualizm obligatoryjny, mutualizm fakultatywny oraz komensalizm.

Zależności antagonistyczne to takie zależności, w których przynajmniej jedna ze stron ponosi straty. Do takich interakcji zaliczamy: roślinożerność, drapieżnictwo, pasożytnictwo i konkurencję.

Zależności między organizmami możemy rozpatrywać na poziomie osobników, populacji lub całych gatunków. Niektóre z nich dotyczą również osobników tego samego gatunku. Przykładem takiej zależności jest konkurencja wewnątrzgatunkowa, którą poznasz na następnej lekcji (→s. 126).

Charakterystyka poszczególnych zależności między organizmami



Czym jest mutualizm?

Mutualizm to nieantagonistyczne oddziaływanie międzygatunkowe, w którym obie strony odnoszą korzyści.

■ Mutualizm obligatoryjny

Mutualizmem obligatoryjnym nazywamy obustronnie korzystną zależność między organizmami, niezbędną im do przeżycia.

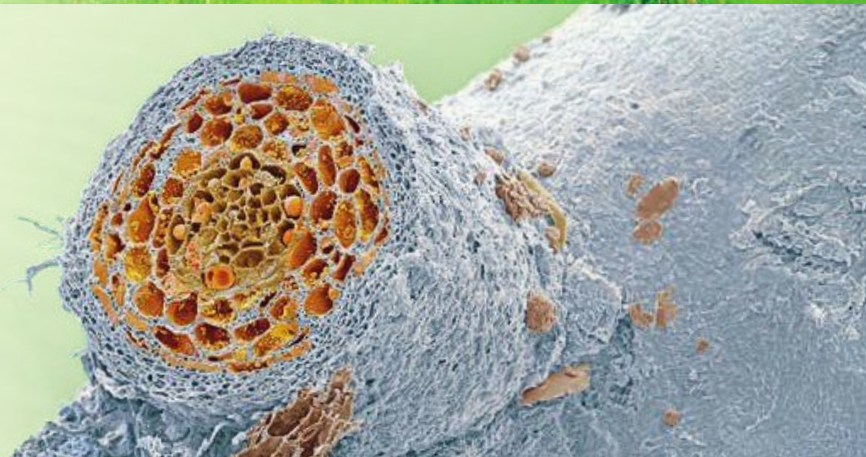
Roślinożercy i mikroorganizmy trawiące celulozę

Zwierzęta roślinożerne nie potrafią samodzielnie trawić celulozy, która występuje w dużej ilości w ich pokarmie. Dlatego w przewodzie pokarmowym roślinożerców (np. krów) żyją mikroorganizmy rozkładające celulozę. Dzięki temu zwierzęta uzyskują substancje odżywcze, a mikroorganizmy – odpowiednie warunki do życia.



Mikoryza

Mikoryza to zależność między grzybem a korzeniami rośliny, np. drzewem. Grzyb zapewnia roślinie lepszy dostęp do wody i składników mineralnych oraz wytwarza substancje pobudzające jej wzrost. Z kolei korzenie rośliny dostarczają grzybowi związki organiczne wytworzone przez roślinę podczas fotosyntezy.



Figowce i osy figowe

Osa figowa składa jaja wewnątrz kwiatostanu figowca pospolitego, a jej larwy zapylają roślinę. Jest to przykład mutualizmu obligatoryjnego, ponieważ figowiec nie może być zapylony przez inne owady, a osa nie może się rozmnażać bez figowca.



Koralowce i jednokomórkowe glony

Wewnątrz tkanek niektórych koralowców żyją glony. Koralowce zapewniają glonom stabilne i bezpieczne środowisko życia oraz substancje potrzebne do fotosyntezy. W zamian za to otrzymują od glonów niezbędne im do życia związki organiczne oraz tlen.



■ Mutualizm fakultatywny

Mutualizm fakultatywny to obustronnie korzystna zależność między organizmami, która nie jest niezbędna do przeżycia żadnej ze stron i może występować okresowo.

Rozsiewanie nasion

W rozsiewaniu nasion pomagają zwierzęta, które zjadają, a następnie wydają nasiona wraz z odchodami. Dzięki temu zwierzęta zyskują źródło pokarmu, a rośliny rozprzestrzeniają się w środowisku.



Usuwanie pasożytów zewnętrznych

Bąkojady to ptaki, które odżywiają się owadami pasożytującymi na roślinożernych ssakach, m.in. na nosorożcach. W ten sposób bąkojady mają zapewnione pożywienie, a nosorożce pozbywają się szkodliwych pasożytów.



Ochrona w zamian za transport

Pustelnik nie ma pancerza na odwłoku, dlatego chowa odwłok w pustej muszli. Następnie przyczepia do niej ukwiały, żeby odstraszały drapieżniki. Ukwiały również uzyskują korzyści z tej interakcji – otrzymują środek transportu oraz szansę na zdobycie pokarmu.



Ochrona w zamian za pożywienie

Mszyce to pasożyty, które wysysają z roślin duże ilości soku bogatego w cukry. Nadmiar soku wydają w formie słodkiej i lepkiej spadzi, która stanowi cenne źródło pokarmu dla mrówek. W zamian za pożywienie mrówki nie tylko chronią mszyce, lecz także przenoszą je na nowe rośliny.



Na czym polega komensalizm?

Komensalizm to zależność nieantagonistyczna, w której jedna strona odnosi korzyści, a druga strona nic nie zyskuje, ale też nie ponosi żadnych strat.

■ Przykłady komensalizmu



Różanki składają jaja do wnętrza małży jak do inkubatorów. Małe rybki opuszczają małże po wylęgu, nie wyrządzając im krzywdy.



Czaple złotawe żywią się owadami płoszonymi przez bawoły afrykańskie. Bliskie sąsiedztwo czapli w żaden sposób nie wpływa na pasące się bawoły.



Pąkle przyczepiają się do ciała wieloryba, dzięki czemu mogą przemieszczać się wraz z nim, by odfiltrowywać z wody resztki pokarmu. Obecność pąkli nie wpływa na funkcjonowanie wieloryba.



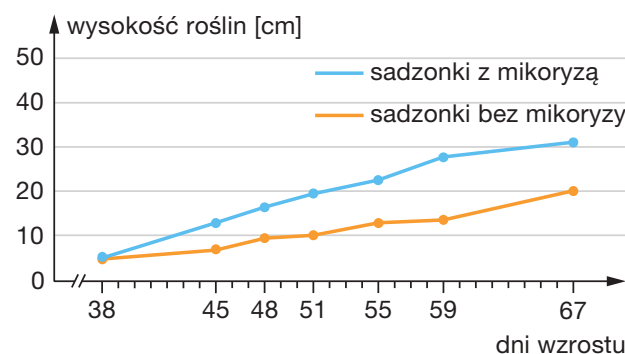
Niektóre gatunki storczyków rosną na gałęziach i pniach drzew. Drzewa nic na tym nie zyskują ani nie tracą, ponieważ storczyki samodzielnie pobierają wodę i wytwarzają pokarm podczas fotosyntezy.

W skrócie

- **Zależności nieantagonistyczne** to zależności, w których przynajmniej jedna ze stron odnosi korzyści, a żadna ze stron nie ponosi strat. Należą do nich:
 - **mutualizm** – obopólnie korzystna interakcja, która może być konieczna do przeżycia obu stronom (mutualizm obligatoryjny) lub nie być niezbędna do przeżycia żadnej ze stron (mutualizm fakultatywny),
 - **komensalizm** – interakcja, w której jedna strona odnosi korzyści, a druga nie czerpie zysków ani nie ponosi strat.

Polecenia kontrolne

1. Przeanalizuj przedstawiony wykres, a następnie sformułuj wniosek dotyczący wpływu mikoryzy na wzrost bazylii pospolitej. Wyjaśnij, jakie znaczenie ma mikoryza dla upraw leśnych.
2. Wyjaśnij, czym różni się komensalizm od mutualizmu.



5.4. Zależności antagonistyczne

Ważne na tej lekcji!

- skutki konkurencji wewnątrzgatunkowej i międzygatunkowej
- adaptacje roślinożerców, drapieżników i pasożytów do zdobywania pokarmu
- adaptacje obronne roślin, ofiar drapieżników i żywicieli pasożytów

W ekosystemach organizmy nie tylko współpracują, ale też konkurują o zasoby i zwalczają się nawzajem. Zależności, które przynoszą straty przynajmniej jednej ze stron, nazywamy **zależnościami antagonistycznymi**. Należą do nich: konkurencja, drapieżnictwo, roślinożerność i pasożytnictwo.

■ Czym jest konkurencja?

Konkurencja to zależność antagonistyczna, w której organizmy współzawodniczą ze sobą

o te same zasoby środowiska i ponoszą straty. Wyróżniamy konkurencję międzygatunkową i konkurencję wewnątrzgatunkową.

■ Konkurencja międzygatunkowa

Konkurencja międzygatunkowa występuje między osobnikami należącymi do różnych gatunków. Dochodzi do niej wtedy, gdy dwa gatunki występujące na jednym terenie mają zbliżone nisze ekologiczne (→ s. 111) i korzystają z tych samych zasobów środowiska.

Skutki konkurencji międzygatunkowej

Skutkiem konkurencji międzygatunkowej może być wyparcie konkurencyjne lub modyfikacja niszy ekologicznej.

■ Wyparcie konkurencyjne

Proces ten polega na wyparciu z danego obszaru jednego gatunku przez inny gatunek, lepiej przystosowany do życia w danym środowisku.



Wiewiórki szare, sprowadzone z Ameryki Północnej m.in. do Wielkiej Brytanii, wypierają rodzime wiewiórki pospolite. Są większe i silniejsze od wiewiórek pospolitych oraz przenoszą śmiertelnego dla nich wirusa.

■ Modyfikacja niszy ekologicznej

Modyfikacja niszy ekologicznej może polegać m.in. na zmianie miejsca schronienia lub diety, co pozwala na zmniejszenie konkurencji.



Rysie konkurują o pokarm z wilkami i niedźwiedziami. Jeśli te trzy gatunki zwierząt występują w jednym regionie, to rysie ograniczają swoją dietę do mniejszych ofiar i unikają otwartych przestrzeni.

Konkurencja wewnątrzgatunkowa

Konkurencja wewnątrzgatunkowa występuje między osobnikami tego samego gatunku tworzącymi jedną populację. Jednym z jej skutków jest selekcja osobników w wyniku działania doboru naturalnego. Dobór naturalny polega na tym, że osobnik lepiej przystosowany do warunków środowiska ma większą szansę na przeżycie i wydanie na świat potomstwa (→ s. 94). Pozwala to

utrzymać liczebność populacji na optymalnym poziomie. Na intensywność konkurencji wewnątrzgatunkowej wpływa zagęszczenie populacji – im jest ono większe, tym silniejsza konkurencja o zasoby środowiska.

Konkurencja wewnątrzgatunkowa jest silniejsza niż konkurencja międzygatunkowa, ponieważ przedstawiciele tego samego gatunku mają najbardziej podobne do siebie nisze ekologiczne.

Skutki konkurencji wewnątrzgatunkowej

Skutkami konkurencji wewnątrzgatunkowej mogą być migracje, terytorializm lub ustalenie hierarchii społecznej w stadach. Przeanalizuj je na poniższych przykładach.



Migracje

W wyniku wzrastającego zagęszczenia część osobników migruje w poszukiwaniu nowych terenów do życia. Migracje występują np. u słońi afrykańskich. W porze suchej, gdy zasoby wody i pożywienia są ograniczone, grupy słońi mogą się rozdzielać i migrować w różnych kierunkach, aby zmniejszyć konkurencję wewnątrz stada.



Terytorializm

Terytorializm to zjawisko, w którym organizmy bronią określonego obszaru – terytorium – przed innymi osobnikami tego samego gatunku. Terytorium to służy zazwyczaj do zdobywania zasobów, takich jak pożywienie czy partnerzy do rozrodu. Przykładem oznaczania terytorium jest śpiew samców ptaków, np. trznadli.



Hierarchia społeczna

Hierarchia społeczna polega na podziale populacji na grupy lub klasy społeczne, w których osobniki silniejsze zajmują wyższe pozycje. Przykładowo w stadzie wilków rozmnażają się tylko dominujący samiec i dominująca samica, a podczas posiłków występuje ścisła hierarchia w dostępie do upolowanej zdobyczy.

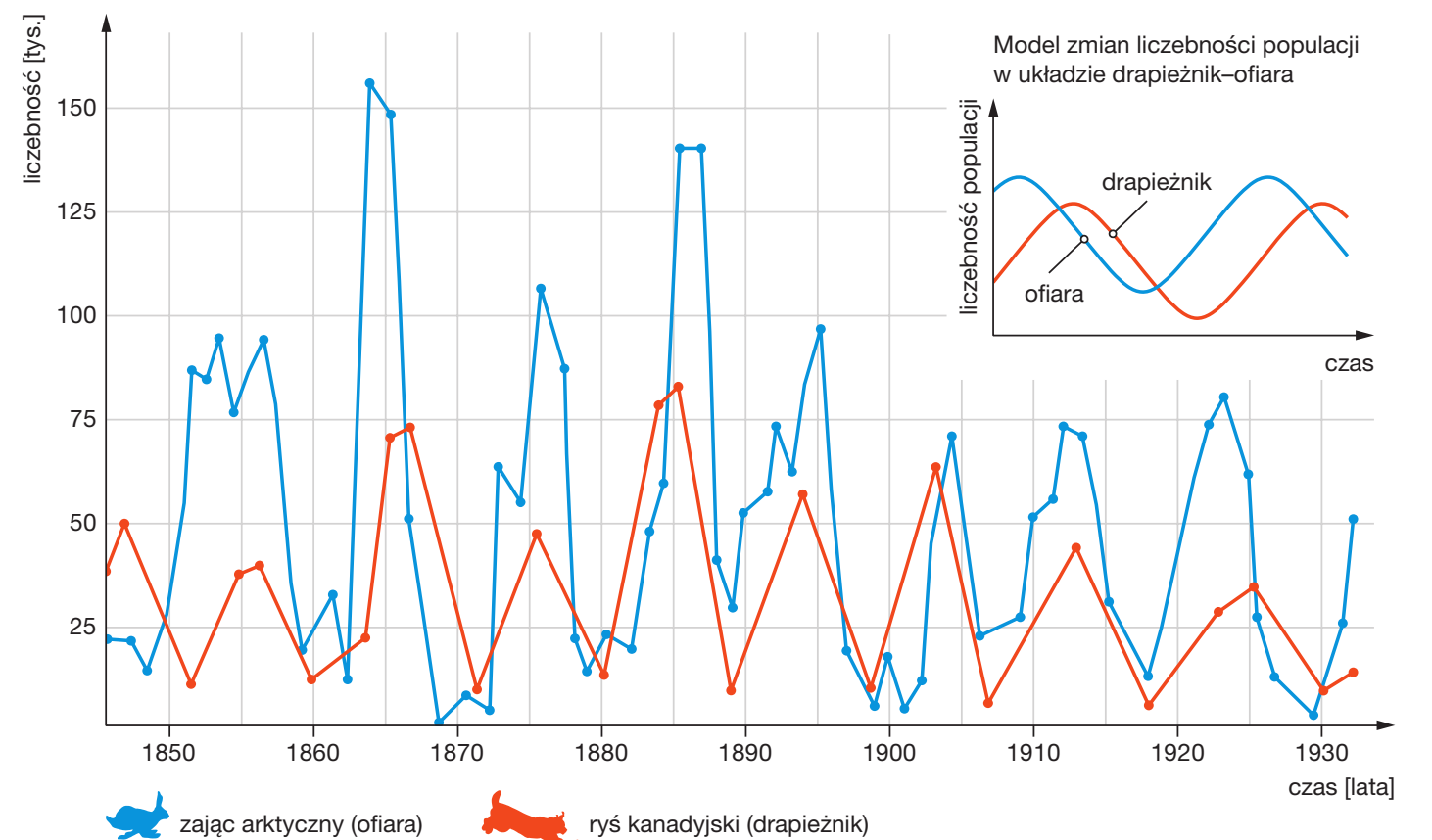
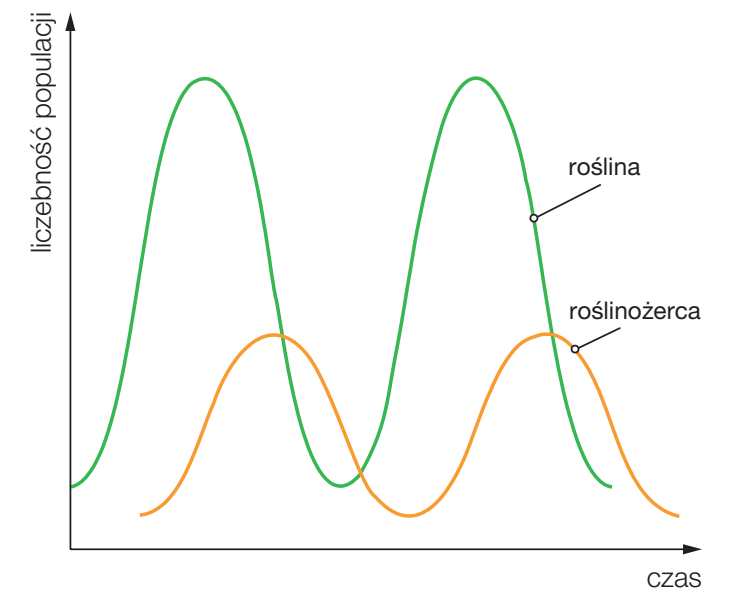
Roślinożerność i drapieżnictwo

Roślinożerność i drapieżnictwo to interakcje antagonistyczne, w których jeden organizm zjada drugi organizm. Roślinożercy i drapieżniki odnoszą z tych relacji korzyści, natomiast zjadane przez roślinożerców rośliny i ofiary drapieżników ponoszą straty.

Zjadając inne organizmy, roślinożercy i drapieżniki regulują ich liczebność w środowisku. Roślinożercy zwykle zjadają tylko niektóre części roślin. Nadgryzione rośliny są jednak bardziej narażone na ataki pasożytów lub mogą zginąć w wyniku uszkodzeń. Drapieżniki z kolei zwykle zabijają i zjadają osobniki słabe lub chore. Gdy w wyniku intensywnego żerowania spada liczebność roślin, roślinożercom trudniej jest zdobyć pokarm, dlatego ich liczebność także maleje. W efekcie spadku liczby roślinożerców wzrasta liczba roślin, co z kolei skutkuje wzrostem liczby roślinożerców. W podobny sposób jest od siebie uzależniona liczebność

drapieżników i liczebność ich ofiar (np. zając arktyczny i rys kanadyjski). Taką relację, w której zmiana liczebności gatunku zjadanego pociąga za sobą zmianę liczebności gatunku zjadającego, nazywamy **układem zjadający–zjadany**.

Wykres regulacji liczebności w układzie roślinożerca–roślina



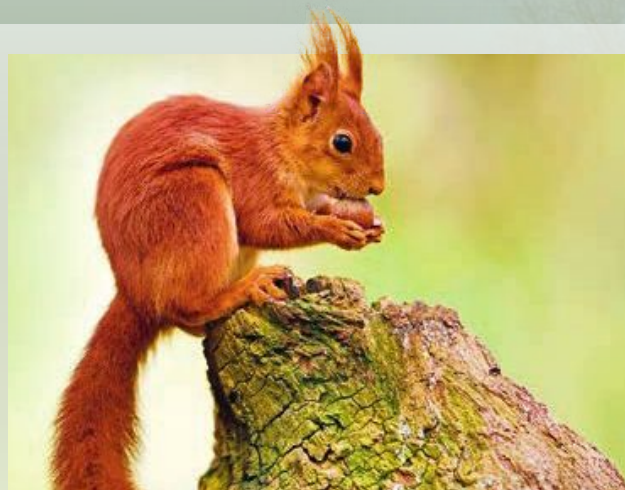
Cykliczne zmiany liczebności rysa i zająca w Kanadzie. Zmiany liczebności rysa i zmiany liczebności zająca wykazują jednakową cykliczność (8–11 lat), lecz są względem siebie nieco przesunięte w czasie.

Roślinożerność

Roślinożercy wykształcili różnorodne przystosowania (adaptacje), które umożliwiają im skuteczne zdobywanie pokarmu. Równocześnie u roślin rozwinęło się wiele sposobów na obronę przed zjedzeniem.

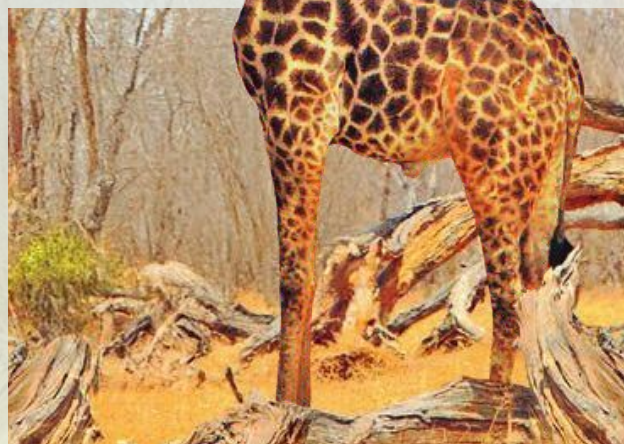
■ Przystosowania roślinożerców do zjadania roślin

Pokarm roślinny jest ubogi w związki wysokoenergetyczne i budulcowe. Zawiera on także duże ilości trudnego do strawienia cukru – celulozy. Dlatego u roślinożerców wykształciło się wiele przystosowań, dzięki którym mogą oni rozdrabniać, trawić i zjadać duże ilości roślin.



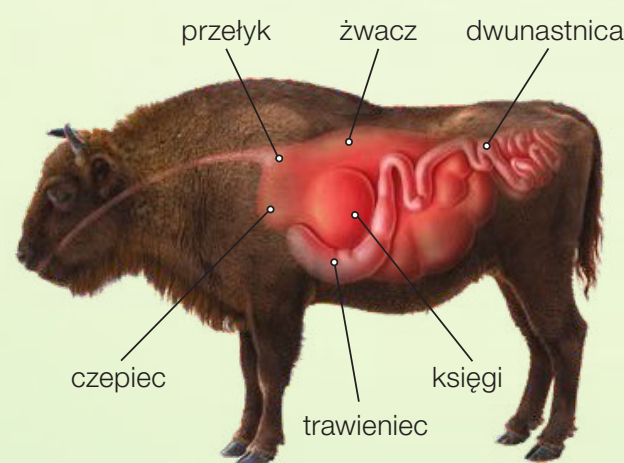
Budowa zębów

Gryzonie (np. wiewiórki) mają ostre, stale rosnące siekacze umożliwiające im rozgryzanie gałęzi lub orzechów.



Długa szyja

Długa szyja umożliwia żyrafom dostęp do liści nawet wtedy, gdy znajdują się one bardzo wysoko.



Czterokomorowy żołądek

Przeżuwacze mają czterokomorowy żołądek, w którym żyją bakterie i protisty. Te mikroorganizmy, rozkładając celulozę, ułatwiają przeżuwaczom trawienie.



Budowa dzioba

Ptaki odżywiające się nasionami (np. grubodziób) mają grube i masywne dzioby, dzięki którym rozłupują łupiny nasienne.

■ Adaptacje obronne roślin

Rośliny bronią się przed roślinożercami na wiele sposobów. Wykorzystują w tym celu obronę mechaniczną, obronę chemiczną i obronę bierną.



Obrona mechaniczna

Obrona mechaniczna polega na wytwarzaniu przez rośliny struktur, takich jak kolce lub ciernie, które mają zniechęcić roślinożercę.

Kolce chronią przed zjedzeniem m.in. dziką różę.

Obrona chemiczna

Obrona chemiczna to wytwarzanie przez rośliny substancji trujących, odstraszaających zapachem lub pogarszających walory smakowe.



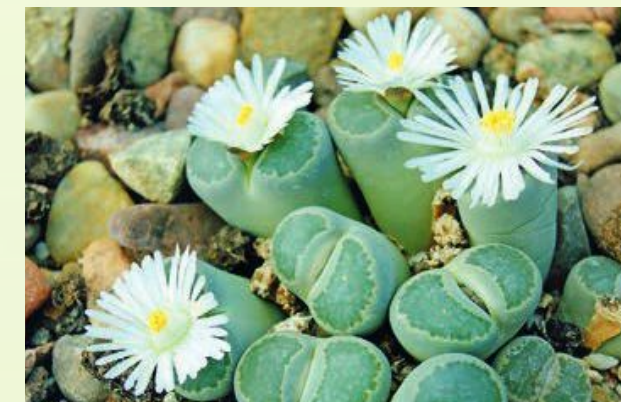
Trujące związki chemiczne występują np. w organach pokrzywy wilczej jagody.



Parzące włoski z substancjami drażniącymi skórę występują m.in. u pokrzywy.

Obrona bierna

Obrona bierna roślin polega na upodabnianiu się do otoczenia lub do gatunków unikanych przez roślinożerców.



Litopsy rosną na pustyniach i wyglądem przypominają kamienie, co jest bardzo dobrym kamuflażem ochronnym.



Jasnota wyglądem przypomina pokrzywę, ale nie ma parzących włosków.

Drapieżnictwo

Przeżycie drapieżników zależy od skuteczności ich polowania, z kolei przeżycie ofiar – od unikania ataków. Stąd u jednych i drugich tyle adaptacji oraz strategii umożliwiających atak lub obronę.

Przystosowania drapieżników do chwytania ofiar

Drapieżniki są bardzo dobrze przystosowane do wyszukiwania oraz chwytania ofiar.



Aktywny pościg

Wiele drapieżników (np. gepard) najpierw tropi, a następnie goni swoje ofiary. Pomagają im w tym m.in. dobry wzrok, słuch i węch, a także silnie rozwinięte mięśnie.



Atak z powietrza

Ptaki drapieżne mają masywne i zaostrzone szpony, które ułatwiają im schwytywanie i przytrzymanie ofiary. Ich dzioby są ostro zakończone, co ułatwia rozrywanie zdobyczy.

Adaptacje obronne ofiar drapieżników

Nie każdy atak drapieżnika jest udany. Jest tak dlatego, że ofiary drapieżników wykształciły różne formy obrony.



Ucieczka

Ucieczka to najczęściej stosowana forma obrony przed drapieżnikami. Zwierzęta, które stosują tę strategię (np. antylopy), mają zwykle dobry słuch, węch i wzrok, co umożliwia im wczesne wykrycie niebezpieczeństwa.



Struktury ochronne

Obecność struktur ochronnych (m.in. muszli, pancerzy oraz kolców) ma zniechęcić potencjalnego drapieżnika. Jeśli mimo wszystko dojdzie do ataku, to struktury te chronią miękkie części ciała ofiary.



Pułapki

Część pajków buduje lepkie sieci łowne, w które łapią się drobne owady.



Atak z ukrycia

Niektóre zwierzęta (np. lampart) skradają się i zbliżają do ofiary, a następnie rzucają się na nią z zaskoczenia.



Obezwładnianie ofiary

Kameleon obezwładnia ofiarę uderzeniem długiego języka. Niektóre węże paraliżują swoje ofiary jadem.



Życie w stadzie

Zwierzęta żyjące w stadzie (np. surykatki) mają większą szansę na dostrzeżenie drapieżnika i zasygnalizowanie jego obecności innym osobnikom.



Mimetyzm

Mimetyzm to upodobnienie się barwą lub kształtem ciała do otoczenia. W ten sposób potencjalne ofiary (np. straszky) mogą pozostać niezauważone przez drapieżnika.



Ubarwienie ostrzegawcze

Skóra wielu płazów (m.in. drzewołazów) wydziela toksyczne substancje. Takie gatunki są zwykle jaskrawo ubarwione, co pełni funkcję ostrzegawczą.

■ Pasożytnictwo

Pasożytnictwo to interakcja antagonisticzna, w której jeden organizm (pasożyt) odżywia się kosztem innego organizmu, zwanego **żywicielem** lub **gospodarzem**. W zależności tej pasożyt odnosi korzyści, a żywiciel ponosi straty. Celem pasożyta nie jest zabicie żywiciela, tylko jak najdłuższe jego wykorzystywanie. Obecność

pasożyta osłabia jednak organizm żywiciela, co może doprowadzić do jego śmierci. W zależności od lokalizacji pasożyta wyróżniamy:

- ▶ **pasożyty wewnętrzne** – żyją we wnętrzu ciała żywiciela,
- ▶ **pasożyty zewnętrzne** – żyją na powierzchni ciała żywiciela.

Przystosowania pasożytów do zdobywania pokarmu

Pasożyty zewnętrzne i pasożyty wewnętrzne różnią się przystosowaniami do zdobywania pokarmu.

■ Przykłady przystosowań pasożytów zewnętrznych



Wesz ludzka ma spłaszczone ciało ułatwiające jej poruszanie się po żywicielu. Jej odnóża mają wyrostek i ruchomy pazurek, dzięki którym wesz może trzymać się włosów.



Samice komarów mają specjalnie zbudowany aparat gębowy, który pozwala im przebić skórę człowieka i odżywiać się jego krwią.

■ Przykłady przystosowań pasożytów wewnętrznych



Przystosowania żywicieli do unikania pasożytów

Organizmy będące żywicielami pasożytów nie są zupełnie bezbronne. Wykształciły się u nich różne mechanizmy chroniące przed pasożytami.

■ Mechanizmy odpornościowe

Układ odpornościowy zwierząt reaguje na obecność pasożytów wewnętrznych i zwalcza je za pomocą białych krwinek.



■ Mechanizmy chemiczne

Niektóre rośliny, np. cebula i czosnek, wydzielają związki odstraszające pasożyty.



■ Usuwanie pasożytów

Małpy pozbywają się pasożytów z powierzchni ciała podczas wzajemnego iskania się.



W skrócie

- **Konkurencja** to zależność, w której organizmy współzawodniczą ze sobą o te same zasoby środowiska. Wyróżniamy konkurencję: międzygatunkową i wewnątrzgatunkową.
- **Roślinożernością** nazywamy interakcję, w której jeden organizm (roślinożerca) odnosi korzyści, a drugi (roślina) ponosi straty. Roślinożercy zwykle zjadają tylko niektóre części roślin.
- **Drapieżnictwo** polega na tym, że jeden organizm (drapieżnik) odnosi korzyści, a drugi (ofiara) ponosi straty. Drapieżniki atakują, zabijają i zjadają swoje ofiary.
- **Pasożytnictwo** to interakcja, w której jeden organizm (pasożyt) żyje i odżywia się kosztem drugiego organizmu (żywiciela).

Polecenia kontrolne

1. Omów skutki konkurencji wewnątrzgatunkowej i konkurencji międzygatunkowej.
2. Przedstaw przystosowania do zdobywania pokarmu na przykładzie wybranej zależności antagonistycznej.

5.5. Funkcjonowanie ekosystemu

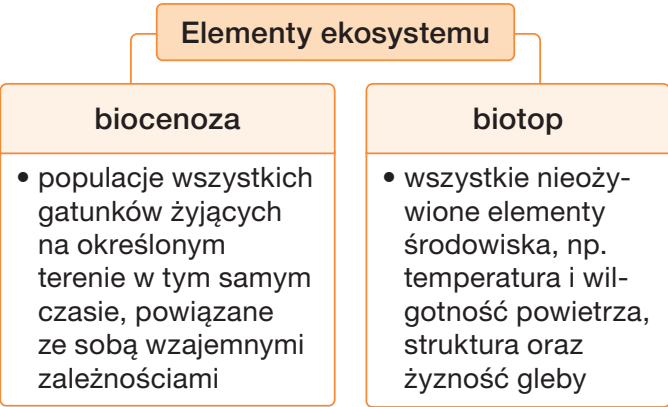
Ważne na tej lekcji!

- pojęcia: ekosystem, biotop, biocenoza
- zależności pokarmowe w ekosystemie (sieć pokarmowa, łańcuch pokarmowy)
- przepływ energii i obieg materii w ekosystemie

Na jednym terenie w tym samym czasie żyje wiele różnych populacji. Na przykład w lesie rosną różne gatunki drzew, krzewów, mchów czy grzybów. Występują w nim także liczne gatunki zwierząt, takich jak mrówki, pająki, sarny i zające, a w leśnej glebie żyje m.in. wiele gatunków mikroorganizmów. Populacje te są ze sobą powiązane różnorodnymi zależnościami. Nie mogłyby jednak funkcjonować, gdyby nie otaczające je elementy przyrody nieożywionej: gleba, skały, woda, energia słoneczna i powietrze. Wszystkie elementy ożywione i nieożywione tworzą jeden sprawnie działający system, który w ekologii nazywamy ekosystemem.

Czym jest ekosystem?

Ekosystem to podstawowa jednostka ekologiczna, która składa się z biocenozy, czyli elementów ożywionych, oraz z biotopu, czyli elementów nieożywionych.



Ekosystemy mogą zajmować obszary o różnej wielkości, mogą również wzajemnie się w sobie zawierać. Przykładowo pojedynczym ekosystemem może być zarówno niewielki staw, jak i cały las, w którego obrębie ten staw się znajduje. Ponadto gatunki występujące w danym ekosystemie wchodzi z sobą w różne interakcje. Jednym z rodzajów tych interakcji są **zależności pokarmowe**, w których jedne organizmy stanowią pokarm dla innych organizmów.

Podział ekosystemów

Rodzaje ekosystemów		
ekosystemy naturalne	ekosystemy półnaturalne	ekosystemy sztuczne
• Powstają bez udziału człowieka. Ich przykładami są jeziora, morza, lasy i puszcze. 	• Powstają w wyniku przekształceń ekosystemów naturalnych przez człowieka. Ich przykładami są koszone łąki i pastwiska. 	• Są tworzone i zmieniane przez człowieka. Należą do nich m.in. pola uprawne, sady, stawy hodowlane i winnice. 

Czym jest poziom troficzny?

Poziom troficzny to grupa organizmów pozyskujących pokarm w podobny sposób. Podstawowe poziomy troficzne to producenci i konsumenci.

Producenci

Producenci to organizmy samożywne, zdolne do wytwarzania związków organicznych z prostych związków nieorganicznych. Są nimi rośliny zielone oraz niektóre bakterie i protisty.

Konsumenci

Konsumentami nazywamy organizmy cudzożywne, które uzyskują materię organiczną z innych organizmów. Do konsumentów należą zwierzęta, pasożytnicze rośliny oraz niektóre grzyby, bakterie i protisty. W obrębie konsumentów wyróżniamy:

- ▶ **konsumentów I rzędu** – są nimi roślinożercy oraz pasożyty roślin,
- ▶ **konsumentów II rzędu i kolejnych rzędów** – do tej grupy należą mięsożercy oraz pasożyty zwierząt.

Destruenci

Destruenci to organizmy, które odżywiają się szczątkami i odchodami innych organizmów, dzięki czemu przyczyniają się do ich rozkładu. Destruentami są przede wszystkim bakterie oraz grzyby.

Łańcuchy pokarmowe

Jeśli ustawimy gatunki w kolejności od zjadanych do zjadających, to otrzymamy **łańcuch pokarmowy** (łańcuch troficzny), czyli uporządkowany ciąg gatunków, w którym każdy organizm jest zjadany przez następny. Wyróżniamy:

- ▶ **łańcuch spasanias** – pierwsze ogniwo tego łańcucha tworzą producenci,
- ▶ **łańcuch detrytusowy** – pierwsze ogniwo w tym łańcuchu to destruenci, którzy są konsumentami I rzędu.

W obrębie ekosystemu łańcuchy pokarmowe łączą się i krzyżują ze sobą, tworząc rozbudowany system zależności pokarmowych. Zależności te możemy prześledzić na podstawie **sieci pokarmowej**, którą omówiliśmy na kolejnej stronie (→ s. 136).

Łańcuch spasanias

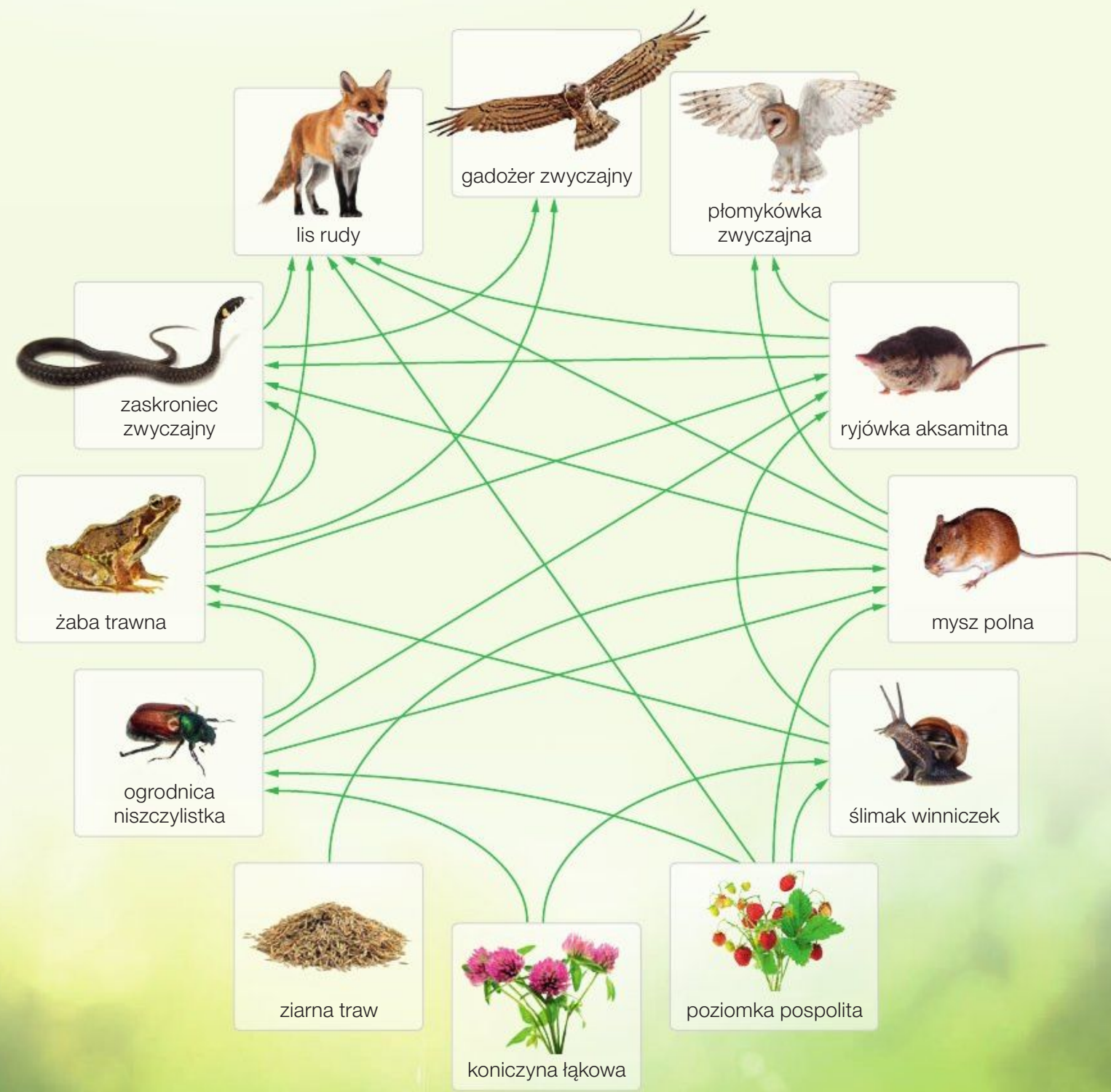


Łańcuch detrytusowy



Sieć pokarmowa

Sieć pokarmowa (sieć troficzna) to rozbudowana sieć zależności pokarmowych, które występują między organizmami żyjącymi w jednym ekosystemie. Tworzą ją łańcuchy pokarmowe, które łączą się i krzyżują ze sobą. Sieć pokarmowa oddaje rzeczywiste zależności łączące poszczególne organizmy w ekosystemie i za jej pomocą możemy zobrazować, jak bardzo różnorodny jest pokarm konsumentów. Poniżej przedstawiliśmy fragment sieci pokarmowej występującej na leśnej polanie.



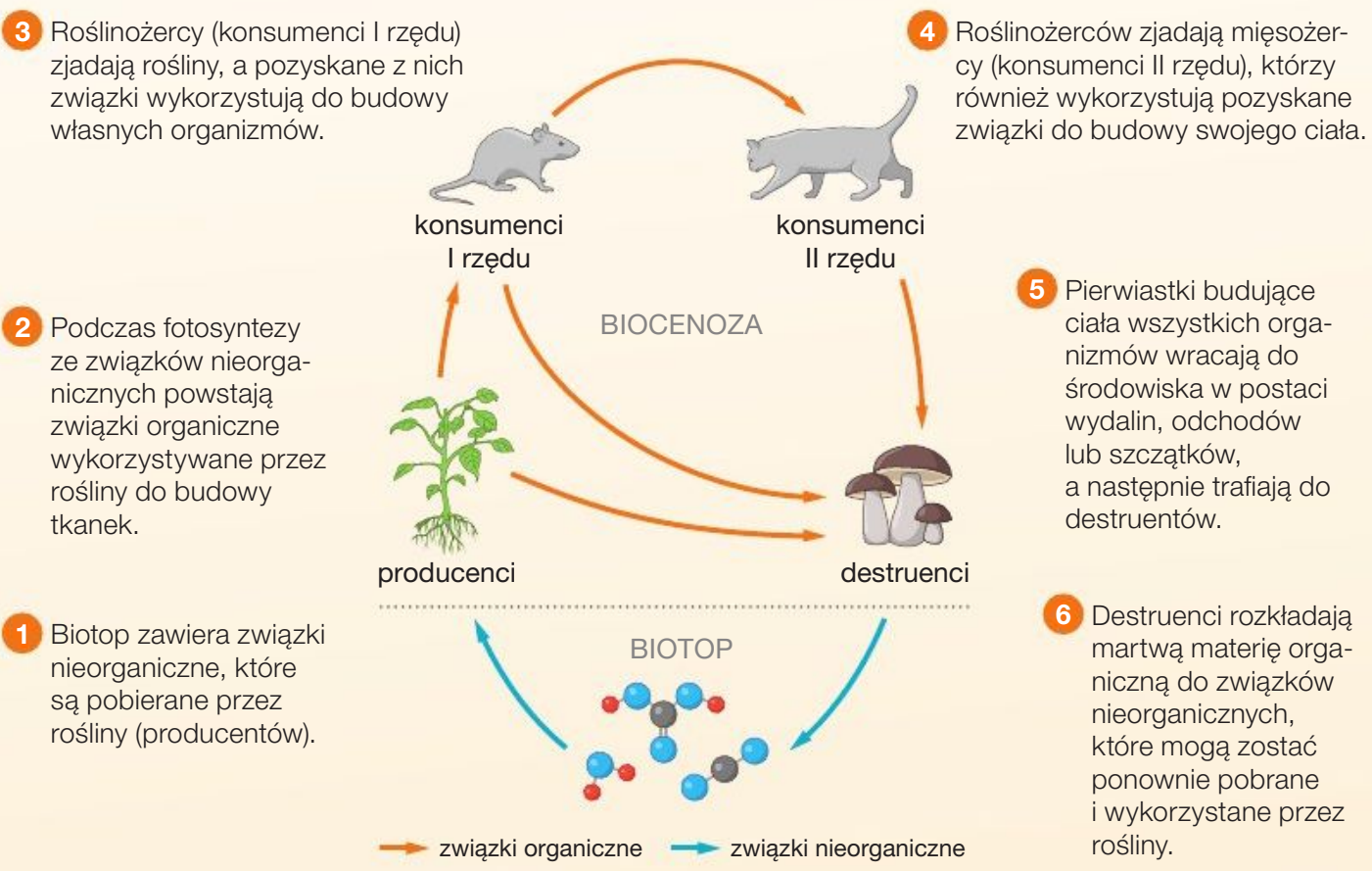
Jeżeli prześledzisz wybraną ścieżkę zależności pokarmowych od producenta do konsumenta ostatniego rzędu, to uzyskasz pojedynczy łańcuch pokarmowy występujący na leśnej polanie.

Obieg materii i przepływ energii w ekosystemie

W ekosystemie zachodzą dwa ważne procesy: obieg materii i przepływ energii. Jedną z podstawowych różnic między nimi jest to, że materia krąży w ekosystemie, a energia jest dostarczana do ekosystemu, przepływa przez niego, po czym go opuszcza.

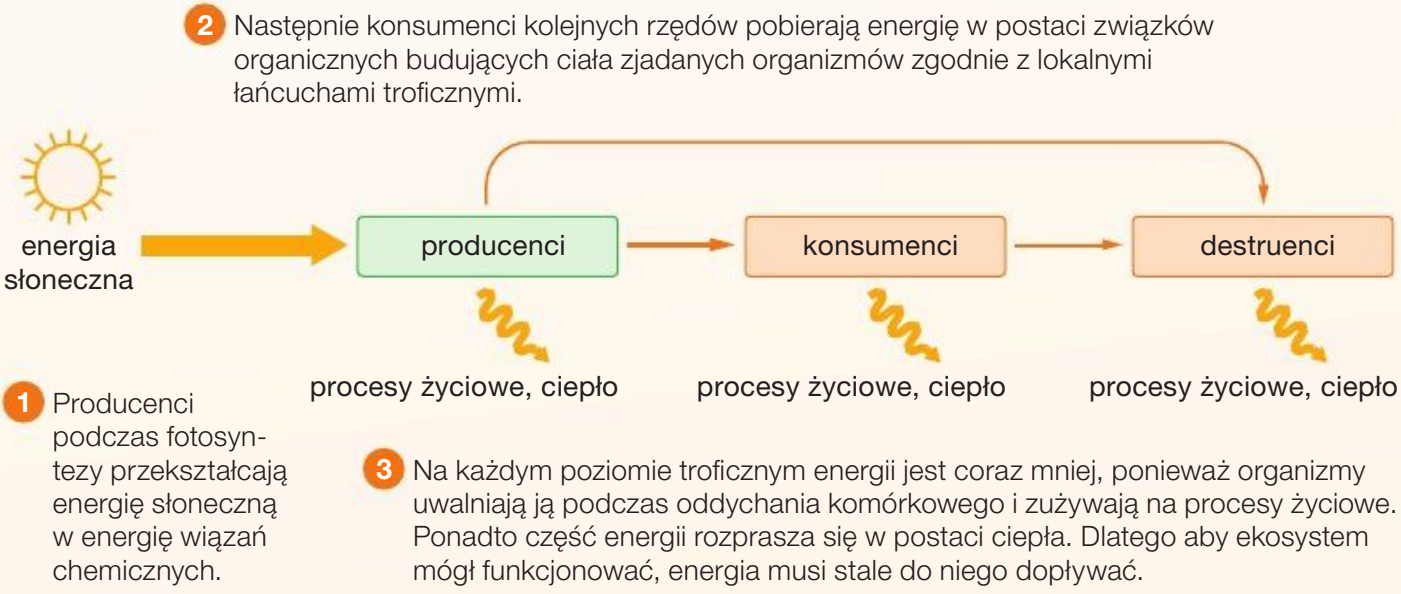
Obieg materii

Obiegiem materii w ekosystemie nazywamy krążenie materii między biocenozą a biotopem. Kolejne etapy obiegu materii możesz prześledzić na schemacie poniżej.



Przepływ energii

Energia w ekosystemie przepływa od producentów do destruentów.

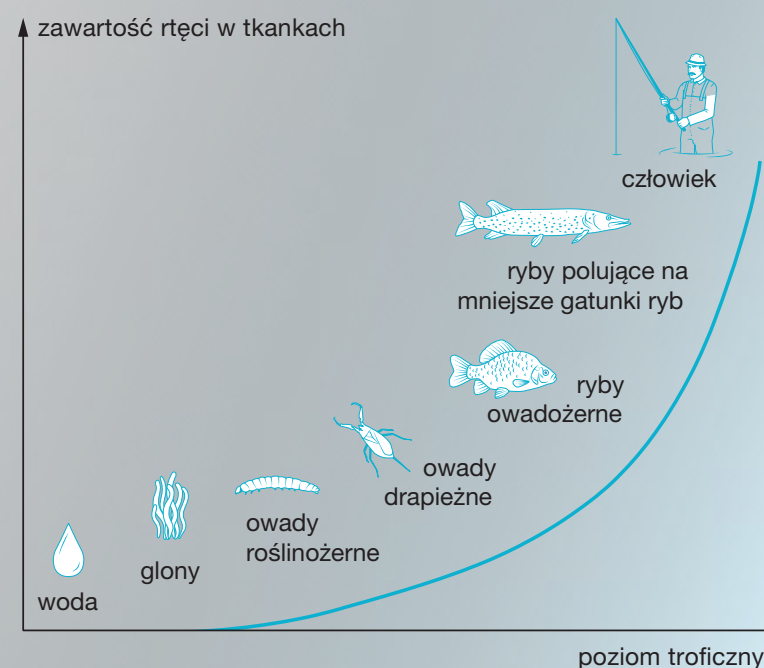


Kumulacja związków toksycznych w łańcuchu pokarmowym

Blżej życia

W środowisku występuje wiele substancji toksycznych, np. metali ciężkich, takich jak rtęć. Są one pobierane przez producentów i gromadzone w ich tkankach. Konsumenty przyswajają toksyczne substancje wraz z pokarmem i również kumulują je w swoich ciałach. Stężenie toksycznych substancji wzrasta w kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego, dlatego organizmy będące na końcu łańcuchów pokarmowych gromadzą ich największą ilość. Jednym z takich organizmów jest człowiek.

Kumulacja rtęci w łańcuchu pokarmowym sprawia, że człowiek, odżywiając się drapieżnymi rybami, przyswaja największą ilość tego pierwiastka.



W skrócie

- **Ekosystem** to podstawowa jednostka ekologiczna, która składa się z elementów ożywionych, czyli **biocenozy**, oraz elementów nieożywionych, czyli **biotopu**.
- **Poziom troficzny** tworzy grupa organizmów o podobnym sposobie odżywiania się i zajmujących takie samo miejsce w łańcuchach pokarmowych. Wyróżniamy następujące poziomy troficzne:
 - **producenci** – organizmy, które wytwarzają związki organiczne z prostych związków nieorganicznych (np. rośliny),
 - **konsumenci** – organizmy, które korzystają z gotowych związków organicznych wytworzonych przez inne organizmy (np. roślinożercy i mięsożercy).
- **Destruenci** to organizmy, które odżywiają się szczątkami i odchodami innych organizmów, dzięki czemu przyczyniają się do ich rozkładu.
- **Łańcuchem pokarmowym** nazywamy uporządkowany ciąg gatunków, w którym każdy organizm jest zjadany przez następny.
- W ekosystemie łańcuchy pokarmowe, łącząc się ze sobą i krzyżując, tworzą **sieć pokarmową**.
- **Obiegiem materii** nazywamy krążenie materii między biocenozą a biotopem.
- **Energia** przepływa przez ekosystem. Na każdym poziomie troficznym organizmy zużywają większość energii do przeprowadzania czynności życiowych, ponadto energia rozprasza się w postaci ciepła.

Polecenia kontrolne

1. Korzystając z różnych źródeł informacji, utwórz łańcuch pokarmowy dowolnego ekosystemu wodnego. Zadanie wykonaj w zeszycie.
2. Wyjaśnij, na czym polegają obieg materii i przepływ energii w ekosystemie.

5.6. Czym jest różnorodność biologiczna?

Ważne na tej lekcji!

- pojęcie oraz typy różnorodności biologicznej
- czynniki geograficzne kształtujące różnorodność gatunkową i ekosystemową Ziemi
- związek pomiędzy rozmieszczeniem biotopów a warunkami klimatycznymi

Wiele osób lubi spędzać wolny czas na łonie natury – w lesie, w górach czy nad morzem. W każdym z tych miejsc jest inny krajobraz i występują inne gatunki organizmów. To dzięki bogactwu różnorodnych form życia miejsca te są wyjątkowe.

Różnorodność biologiczna

Różnorodnością biologiczną (bioróżnorodnością) nazywamy bogactwo form życia na Ziemi. Wyróżniamy różnorodność genetyczną, gatunkową oraz ekosystemową.

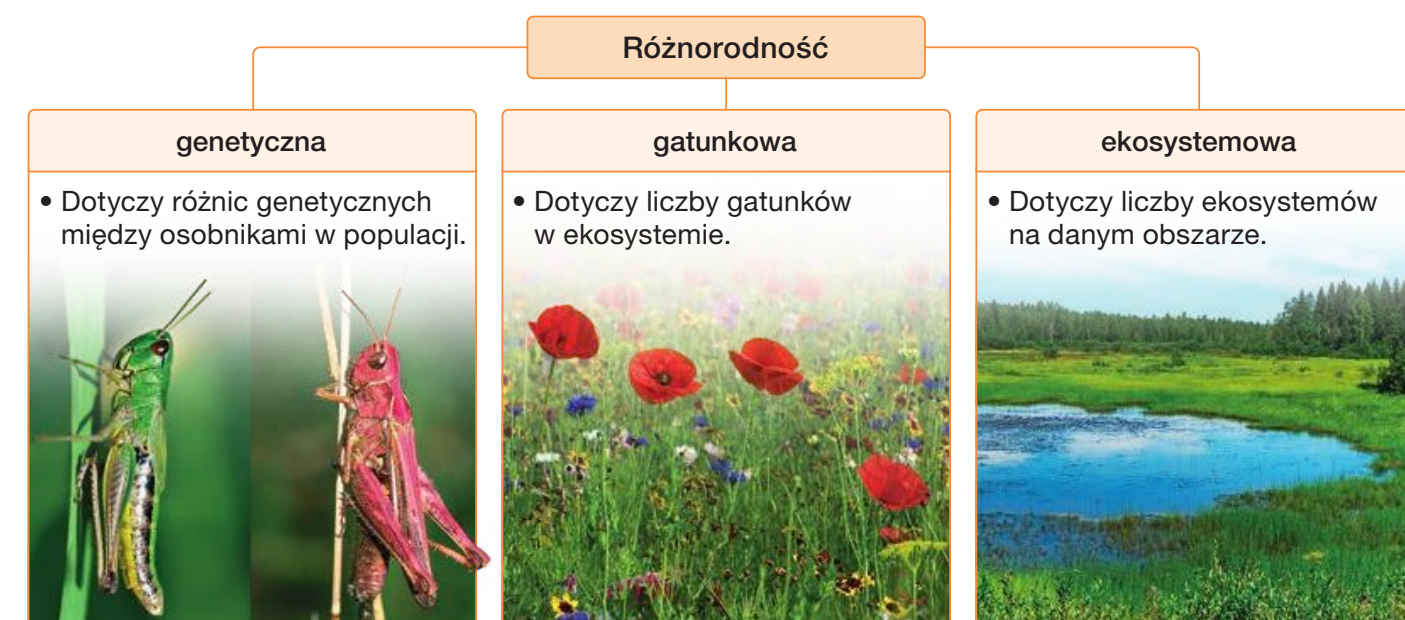
Różnorodność genetyczna dotyczy osobników należących do jednej populacji i wynika z obecności w niej różnych wersji (alleli) genów, które warunkują występowanie u poszczególnych osobników odmiennych cech (→ s. 26). Dzięki niej osobniki różnią się np. wyglądem. Populacje o dużej

różnorodności genetycznej są lepiej przystosowane do zmian zachodzących w środowisku, ponieważ mają większą szansę na pojawienie się osobników o korzystnym zestawie cech.

Różnorodność gatunkowa to mnogość gatunków występujących w danym ekosystemie. Im ekosystem jest bogatszy gatunkowo, tym jego równowaga gatunkowa jest trwalsza. Dzieje się tak m.in. dlatego, że w bogatym gatunkowo ekosystemie wiele gatunków zajmuje te same poziomy troficzne. W razie wyginięcia jednego gatunku inne gatunki mogą zająć jego miejsca w łańcuchach troficznych. W przypadku ekosystemów ubogich gatunkowo szansa na to jest mniejsza.

Różnorodność ekosystemowa to bogactwo ekosystemów występujących na danym obszarze, np. lasów, łąk, rzek i jezior.

Typy różnorodności biologicznej



Czy wszystkie ekosystemy są tak samo bogate w gatunki?

Wśród ekosystemów występują takie, które są ubogie w gatunki, np. pustynie i wydmy, oraz takie, które są w nie niezwykle bogate. Przykłady ekosystemów bogatych gatunkowo przedstawiliśmy poniżej.



W Polsce przykładem ekosystemu o bardzo dużej różnorodności gatunkowej jest las, ponieważ każda warstwa lasu charakteryzuje się innym składem gatunkowym.



Dużej bioróżnorodności sprzyja wilgotny i gorący klimat, dlatego spośród wszystkich ekosystemów lądowych najwięcej gatunków występuje w lasach tropikalnych.



Największą różnorodnością gatunkową wśród środowisk wodnych charakteryzują się rafy koralowe, które występują w ciepłych i czystych wodach.

■ Naturalne czynniki kształtujące różnorodność biologiczną

Do naturalnych czynników kształtujących bioróżnorodność należą głównie: klimat, ukształtowanie powierzchni Ziemi oraz prądy morskie.

Klimat

Klimat wpływa na bioróżnorodność przez wiele swoich elementów, z których najważniejsze to **temperatura powietrza** oraz **roczna suma opadów atmosferycznych**. Największą różnorodnością biologiczną odznaczają się obszary o wysokiej średniej rocznej temperaturze powietrza i dużej rocznej sumie opadów. Z tego względu niezwykle bogatymi ekosystemami są lasy tropikalne.

Na różnorodność biologiczną wpływają też **zmiany klimatu**. W historii naszej planety wielokrotnie występowały okresy ochłodzenia, w których dochodziło do zlodowaceń, oraz następujące po nich okresy ocieplenia klimatu. Prowadziły one do gwałtownych zmian bioróżnorodności. Dzięki temu, że zmiany klimatu zachodziły przez tysiące

lat, wiele gatunków mogło się przystosować do nowych warunków. Gatunki o wąskim zakresie tolerancji względem temperatury powietrza wymierały lub migrowały na inne tereny.

Ukształtowanie powierzchni Ziemi

Zróznicowane ukształtowanie powierzchni terenu sprzyja rozwojowi bioróżnorodności, ponieważ wiąże się z bogactwem siedlisk. Im więcej siedlisk występuje na danym obszarze, tym więcej gatunków może znaleźć dogodny dla siebie warunki życia. Niekiedy teren jest tak ukształtowany, że tworzy się bariera geograficzna oddzielająca populacje. Sprzyja to specjacji, czyli powstawaniu nowych gatunków (→ s. 99).

Do dużych spadków i wzrostów bioróżnorodności dochodziło podczas wędrówki kontynentów. Wędrówka ta spowodowała zmiany w ukształtowaniu powierzchni Ziemi. Tworzyły się wtedy nowe bariery geograficzne, np. wskutek wypiętrzania się gór, oraz zanikła część barier już istniejących, np. wskutek łączenia się kontynentów.

Madagaskar – ognisko bioróżnorodności

Ogniska bioróżnorodności to obszary, które cechują się szczególnym bogactwem gatunkowym. Jednym z nich jest Madagaskar – wyspa, która oddzieliła się od Afryki wskutek dryfu kontynentów. Doprowadziło to do izolacji geograficznej i specjacji. W wyniku tych procesów aż 90% gatunków występujących na Madagaskarze to endemity, czyli gatunki, które nie występują nigdzie indziej na świecie.

Do endemitów żyjących na Madagaskarze należą m.in. lemury katta.



Prądy morskie

Ciepłe prądy morskie podnoszą temperaturę wód, a zimne prądy morskie ją obniżają. Dzięki temu w obrębie oceanów tworzą się strefy o odmiennych warunkach termicznych, umożliwiające rozwój różnych gatunków. Prądy morskie powodują również mieszanie się mas wód o różnej temperaturze, zasoleniu oraz zasobności w związki organiczne. Duża zawartość związków organicznych w wodzie sprzyja rozwojowi planktonu, który stanowi pokarm dla innych organizmów. Efektem są sezonowe migracje wielu gatunków ryb oraz



Długopłetwiec latem migruje w rejony okołobiegunowe. W wyniku działania prądów morskich woda zawiera tam bardzo dużo związków odżywczych, co sprzyja rozwojowi planktonu oraz drobnych skorupiaków (np. kryla), będących pokarmem długopłetwca.

ptaków i ssaków morskich w poszukiwaniu pokarmu.

Prądy morskie wpływają także na klimat niektórych obszarów Ziemi. Ciepłe prądy morskie ogrzewają powietrze i sprawiają, że jest ono wilgotniejsze, co sprzyja opadom. Z kolei zimne prądy morskie ochładzają i osuszają powietrze.

■ Czym są biomy?

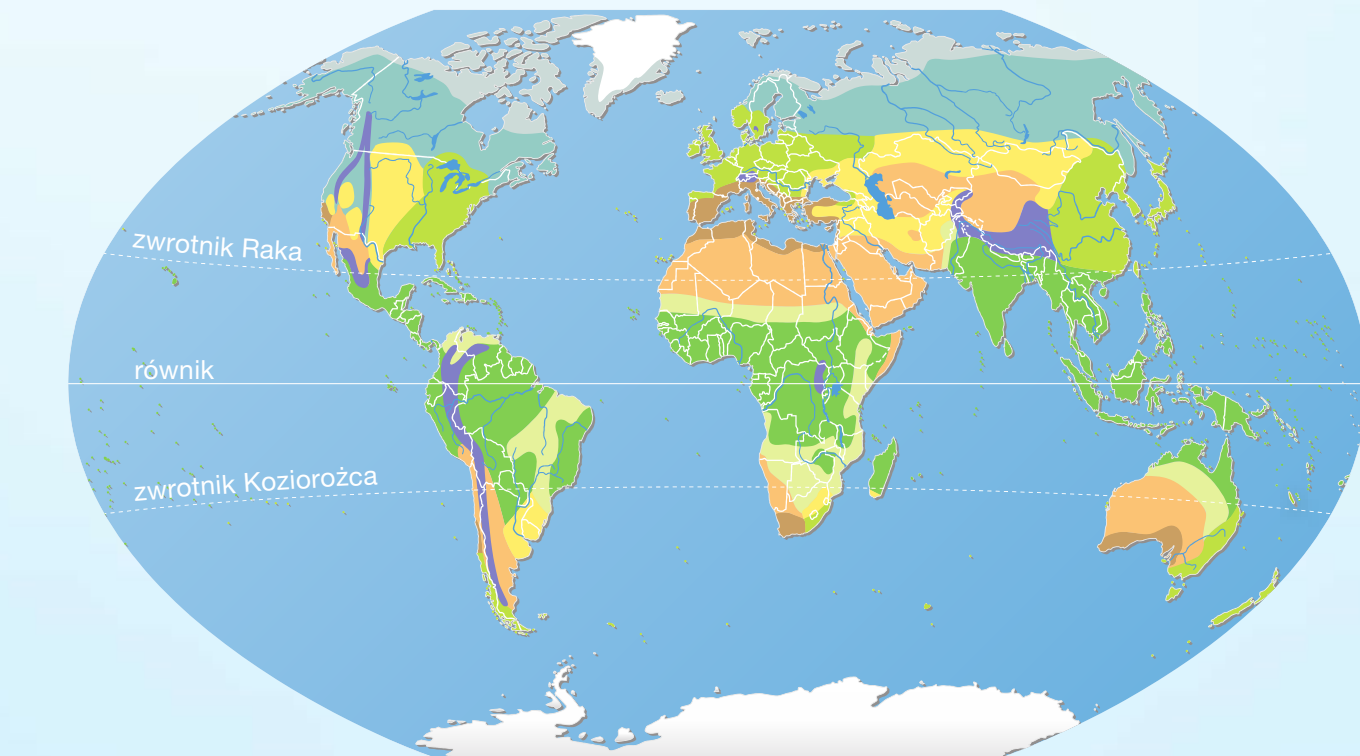
Aby zrozumieć, czym są biomy, musimy najpierw wyjaśnić pojęcie biosfery. **Biosfera** to obszar kuli ziemskiej zamieszany przez organizmy. Jej elementami są więc: dolna część atmosfery, górna część litosfery oraz cała hydrosfera.

Biom obejmuje duży fragment biosfery, który charakteryzuje się określonymi warunkami klimatycznymi oraz występowaniem gatunków, głównie roślin i zwierząt, o zbliżonych cechach. Podobieństwo gatunków w obrębie biomu dotyczy funkcjonowania tych organizmów, a nie ich pokrewieństwa. Oznacza to, że w jednym biomie na oddalonych od siebie terenach mogą występować gatunki niespokrewnione ze sobą, ale wykazujące podobne przystosowania do życia w panujących tam warunkach.

Rozmieszczenie i charakterystyka biomów

Głównym czynnikiem wpływającym na występowanie określonych biomów jest klimat, dlatego rozmieszczenie biomów na Ziemi w znacznym stopniu pokrywa się z rozmieszczeniem stref klimatycznych.

Rozmieszczenie biomów na Ziemi



pustynia lodowa	las liściasty strefy umiarkowanej	pustynia
tundra	lasy i zarośla twardolistne	wilgotny las równikowy
tajga	step	sawanna
		obszar gór wysokich

Charakterystyka biomów

Biomy różnią się krajobrazem, warunkami glebowymi oraz klimatycznymi. Większość nazw biomów pochodzi od dominującej w nich roślinności.

Pustynia lodowa

Klimat: okołobiegunowy. Zima jest długa i mroźna, a lato – krótkie i chłodne. Cechy charakterystyczne to niewielkie sumy opadów i bardzo silne wiatry.

Charakterystyczne rośliny: występują tu głównie mchy i nieliczne rośliny zielne. W wielu miejscach brak roślinności.

Charakterystyczne zwierzęta: żyją tu zwierzęta związane głównie ze środowiskiem morskim, np. alki, foki, niedźwiedzie polarne.

Tundra

Klimat: okołobiegunowy. Zima jest długa i ostra, a lato – bardzo krótkie i chłodne. Panują tu niskie temperatury, występują silne wiatry i niewielkie roczne sumy opadów atmosferycznych.

Charakterystyczne rośliny: niskie temperatury i wieloletnia zmarzlina ograniczają wzrost i rozwój roślin. Występują tu głównie niskie rośliny zielne, krzewinki oraz pojedyncze karłowate brzozy i wierzby.

Charakterystyczne zwierzęta: żyją tu przede wszystkim gatunki wytrzymałe na chłód, takie jak renifery, niedźwiedzie polarne i sowy polarne.

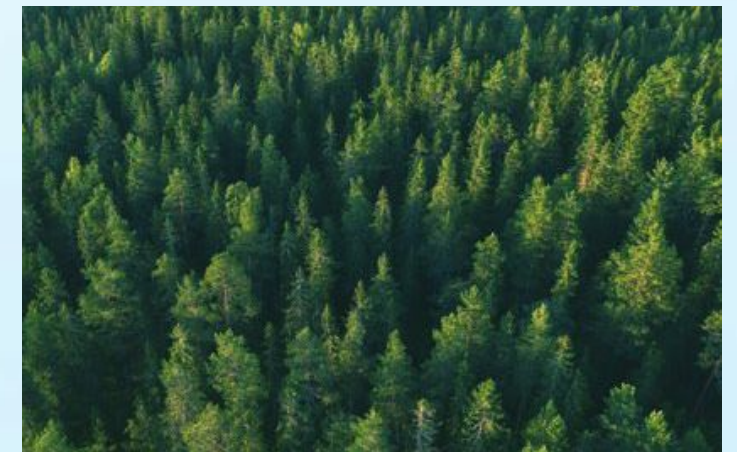


Tajga – las północny iglasty

Klimat: umiarkowany chłodny. Zima jest długa i ostra, a lato – krótkie i dość ciepłe. Występują tu niewielkie sumy opadów.

Charakterystyczne rośliny: rosną tu głównie drzewa iglaste, odporne na niedobór wody podczas zimy, np. świerki, sosny, jodły i modrzewie.

Charakterystyczne zwierzęta: żyją tu liczne gatunki ssaków roślinożernych (np. łosie, sarny, wiewiórki) i drapieżnych (np. rysie, wilki, niedźwiedzie brunatne). Większość ptaków to gatunki migrujące (np. gile, jemioluski) i żywiące się nasionami drzew (np. krzyżodzioby).



Lasy liściaste strefy umiarkowanej

Klimat: umiarkowany ciepły. Występują tu cztery pory roku. Zima jest łagodna, a lato – dość ciepłe. Opady są raczej obfite i rozłożone równomiernie w ciągu roku.

Charakterystyczne rośliny: rosną tu głównie drzewa liściaste zrzucające liście na zimę (np. dęby, klony, lipy, buki). Ponieważ światło dociera do niższych warstw lasu, ma on gęsty podszyt (np. leszczyny) i gęste runo leśne (np. mchy, paprocie, borówki).

Charakterystyczne zwierzęta: ze względu na dostatek pożywienia i schronienia występuje tu wiele gatunków ssaków (np. jelenie, dziki, lisy), ptaków (np. zięby, dzięcioły) oraz owadów.



Lasy i zarośla twardolistne

Klimat: podzwrotnikowy. Lato jest gorące i suche, a zima – łagodna i wilgotna.

Charakterystyczne rośliny: rosną tu drzewa i krzewy przystosowane do niedoboru wody i gorąca, np. o twardych, skórzastych liściach, m.in. dąb korkowy, oliwki, wawrzyny, eukaliptusy, cyprysy.

Charakterystyczne zwierzęta: żyją tu np. nietoperze, daniela, szakale oraz gady – węże, gekony, żółwie.



Stepy

Klimat: umiarkowany ciepły kontynentalny. Lato jest gorące, a zima – ostra. Nieregularnie występują niewielkie opady.

Charakterystyczne rośliny: występują tu głównie różne gatunki traw, np. ostrnice.

Charakterystyczne zwierzęta: żyje tu wiele gatunków zwierząt roślinożernych, np. susły, bizona, antylopy widłorogie i bawoły.



Wilgotny las równinowy

Klimat: równinowy bardzo wilgotny. Cały rok panuje tu wysoka temperatura. Deszcz pada często i obficie.

Charakterystyczne rośliny: ze względu na trwający cały rok okres wegetacyjny występuje tu bardzo dużo różnych gatunków roślin, a drzewa mogą osiągać znaczne rozmiary (np. mahoniowiec). Liczne są epifity (np. storczyki) oraz pnącza.

Charakterystyczne zwierzęta: żyje tu bardzo duża liczba gatunków zwierząt, przy czym najliczniej reprezentowane są owady. Spośród ssaków charakterystyczne są np. szympansy, orangutany, tapiry i jaguary, spośród ptaków – np. kolibry, papugi i tukany, a spośród gadów – np. kameleony i węże.



Sawanna

Klimat: równinowy. Przez cały rok panują tu wysokie temperatury. Występują dwie pory roku – sucha i deszczowa.

Charakterystyczne rośliny: występują tu przystosowane do suszy twardolistne trawy, pojedyncze krzewy i drzewa (np. akacje, baobaby). W porze suchej następuje spowolnienie wegetacji, trawy obumierają, a drzewa zrzucają część liści.

Charakterystyczne zwierzęta: liczne są stadne ssaki roślinożerne (np. słonie, żyrafy, antylopy, zebry) oraz drapieżne (np. lwy, gepardy, szakale). Żyje tu wiele ptaków (np. strusie, sępy, marabuty), a także gadów (jaszczurki i węże) oraz owadów (np. szarańcza, termity).

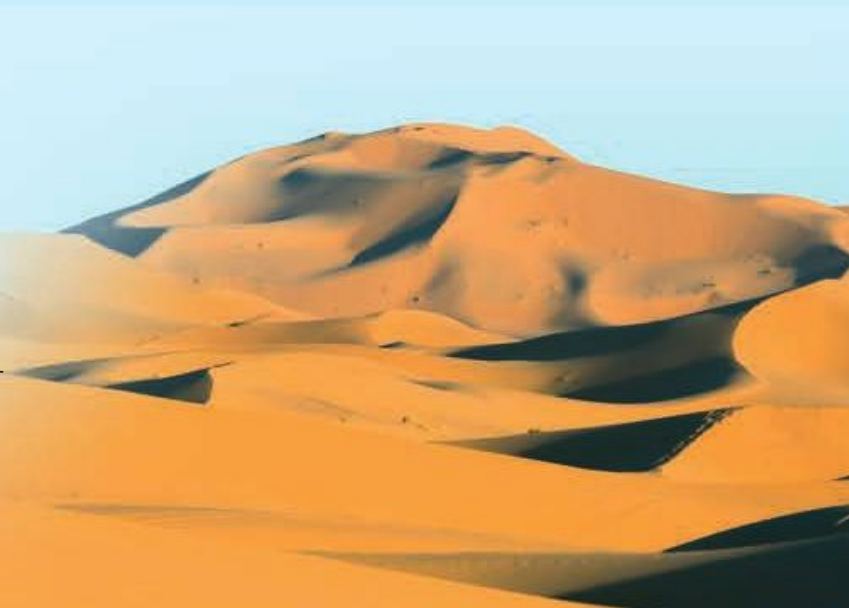


Pustynia

Klimat: zwrotnikowy suchy. W dzień panuje tu wysoka temperatura, a w nocy – niska. Roczne sumy opadów są bardzo małe.

Charakterystyczne rośliny: z powodu niedostatku wody roślinność jest tu bardzo uboga. Przeważają gatunki przystosowane do oszczędnej gospodarki wodnej (agawy, aloes, kaktusy).

Charakterystyczne zwierzęta: zwierzęta są przystosowane do małej ilości wody. Często mają niewielkie rozmiary i prowadzą nocny tryb życia (m.in. fenki, wielbłądy, kojoty, jaszczurki, węże).



Charakterystyka wybranych środowisk wodnych

Środowisk wodnych nie dzielimy ze względu na strefy klimatyczne, w których się one znajdują, lecz ze względu na stężenie występującej w nich soli (NaCl). Na tej podstawie wyróżniamy **środowiska słodkowodne**, **środowiska morskie** i **estuaria**, w których wody morskie mieszają się z wodami słodkimi.

NaCl
< 0,1%

■ Środowiska słodkowodne

Jeziora

To zbiorniki wody słodkiej, w których dostępność światła maleje wraz z głębokością. Charakteryzuje je warstwowy układ temperatur. W jeziorach występują m.in.: trzciny, rzęsa wodna, brunatnice i krasnorosty, trzaski, szczupaki, okonie, raki i małże.



Strumienie i rzeki

To wody słodkie płynące. W górnym biegu woda jest zwykle zimna, bogata w tlen i zawiera niewiele substancji organicznych, natomiast bliżej ujścia jest cieplejsza, uboższa w tlen i zawiera znaczną ilość substancji organicznych. Występują tu m.in.: rośliny wodne wytrzymujące silny nurt, pstrągi i larwy węży.



NaCl
3%

■ Środowiska morskie

Strefy płytyw

To tereny przy wybrzeżach morskich okresowo zalewane wodą w czasie przyptywów i odsłaniane w czasie odpływów. Dominują tu rośliny przymocowane do podłoża, fitoplankton oraz zwierzęta przystosowane do zmian wilgotności, temperatury i zasolenia.



Rafy koralowe

To obszary o płytkich, ciepłych, dobrze nasłonecznionych i natlenionych wodach, położone w strefie okołorównikowej. Podłoże raf koralowych stanowi skała utworzona ze szkieletów koralowców. Występują tu rośliny wodne oraz ogromna różnorodność morskich zwierząt: koralowców, gąbek, ślimaków i skorupiaków.



NaCl
0,1% – 3%

■ Estuaria

To ujścia rzek, w których woda jest często słona przy dnie, a słodka przy powierzchni. Występują tu m.in.: trzciny, rzęsa wodna, małże, skorupiaki, foki, ryby dwuśrodowiskowe (np. trocie i certy) oraz mewy.

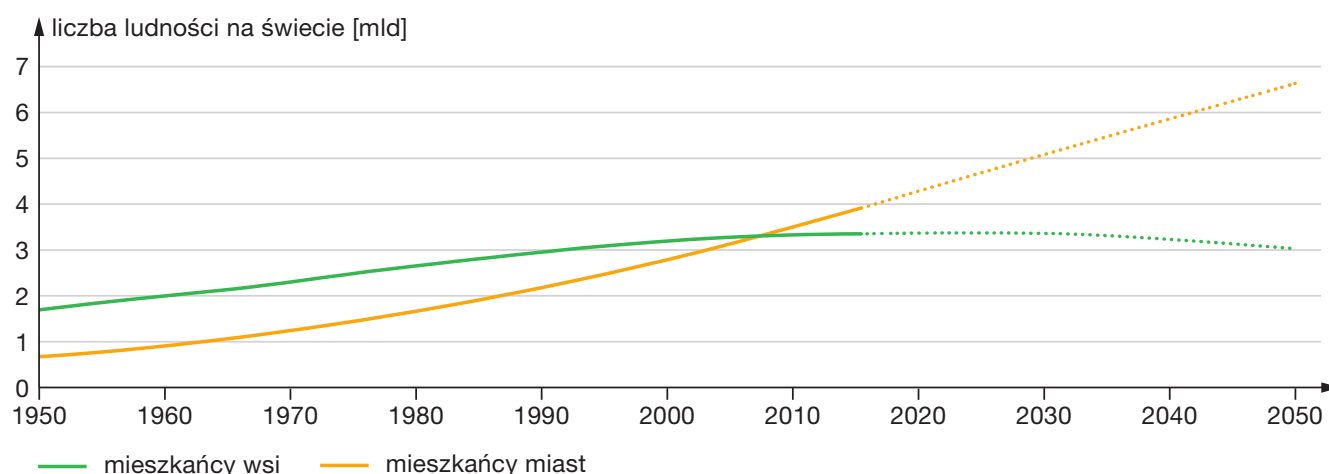


W skrócie

- **Różnorodność biologiczna** (bioróżnorodność) to bogactwo form życia na Ziemi.
- Wyróżniamy trzy typy różnorodności biologicznej:
 - **różnorodność genetyczną**, która dotyczy różnic genetycznych między osobnikami w danej populacji,
 - **różnorodność gatunkową**, która dotyczy liczby gatunków w ekosystemie,
 - **różnorodność ekosystemową**, która dotyczy mnogości ekosystemów na danym obszarze.
- Do naturalnych czynników kształtujących bioróżnorodność należą głównie:
 - klimat,
 - ukształtowanie powierzchni Ziemi,
 - prądy morskie.
- **Biosfera** to obszar kuli ziemskiej zamieszany przez organizmy.
- **Biomem** nazywamy duży fragment biosfery, który charakteryzuje się określonymi warunkami klimatycznymi oraz występowaniem podobnych gatunków organizmów, głównie roślin i zwierząt.
- Do **biomów** należą: pustynie lodowe, tundra, tajga, lasy liściaste klimatu umiarkowanego, step, sawanna, pustynia, wilgotny las równikowy, lasy i zarośla twardolistne oraz obszary gór wysokich.
- Rozmieszczenie biomów lądowych na Ziemi w znacznym stopniu pokrywa się z układem stref klimatycznych.
- Środowiska wodne dzielimy na:
 - **środowiska słodkowodne** (np. jeziora, rzeki),
 - **środowiska morskie** (np. strefy pływów, rafy koralowe),
 - **estuaria**, czyli strefy przejściowe między rzeką a morzem.

Polecenia kontrolne

1. Scharakteryzuj typy różnorodności biologicznej.
2. Wyjaśnij, jakie czynniki środowiskowe sprzyjają występowaniu ekosystemów o dużej różnorodności gatunkowej.
3. Na podstawie wykresu podaj prognozy zmian liczby mieszkańców miast i wsi po roku 2020 i prawdopodobne konsekwencje tych zmian dla bioróżnorodności.



5.7. Wpływ człowieka na różnorodność biologiczną

Ważne na tej lekcji!

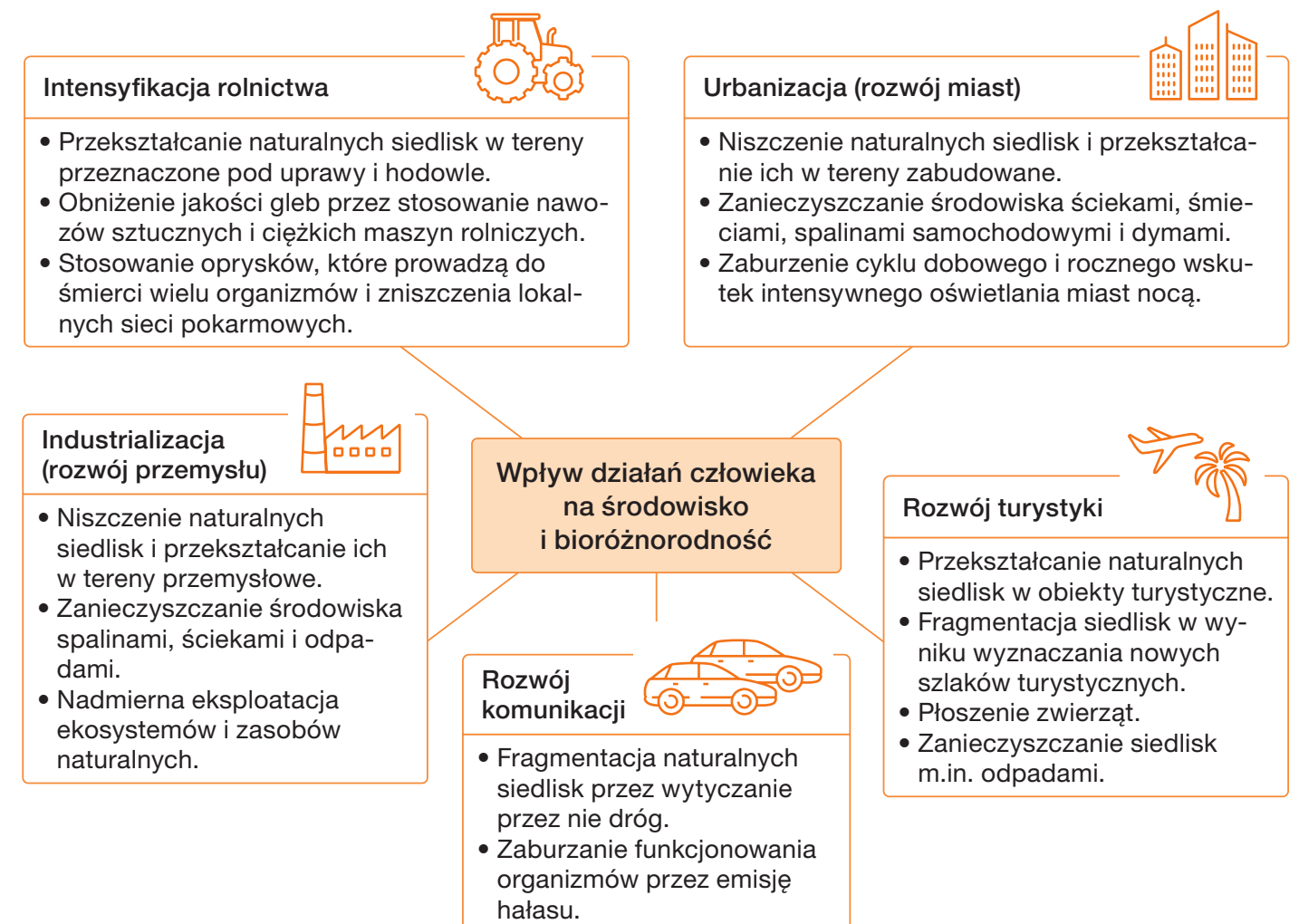
- wpływ intensyfikacji rolnictwa, urbanizacji, industrializacji, rozwoju komunikacji i turystyki na różnorodność biologiczną

Bioróżnorodność odgrywa bardzo ważną rolę w wielu aspektach działalności człowieka. W rolnictwie sprzyja uzyskiwaniu wysokich plonów, poprawia jakość gleb oraz ogranicza występowanie szkodników, w przemyśle zaś stanowi źródło cennych surowców naturalnych. W przestrzeni miejskiej różnorodność gatunkowa przyczynia się do poprawy jakości powietrza i wody, reguluje mikroklimat oraz tworzy przyjazne miejsca do wypoczynku i rekreacji. W sektorze transportu i komunikacji bioróżnorodność pomaga ograniczać skutki zanieczyszczeń powietrza. Dla turystyki natomiast jest

nieodzowna – to właśnie bogactwo przyrody czyni wiele miejsc atrakcyjnymi dla odwiedzających.

Działalność człowieka a bioróżnorodność

Działalność człowieka często wywiera szkodliwy wpływ na różnorodność biologiczną. Negatywnie na bioróżnorodność oddziałują zwłaszcza takie działania, jak intensyfikacja rolnictwa, urbanizacja, industrializacja, rozwój turystyki i komunikacji. Przykłady skutków tych procesów przedstawiliśmy na schemacie poniżej.



Negatywny wpływ człowieka na bioróżnorodność

W ostatnich latach obserwujemy znaczący spadek bioróżnorodności, który w dużej mierze wynika z działalności człowieka. Do głównych przyczyn tego zjawiska należą: zanieczyszczenie środowiska, zmiany klimatyczne oraz niszczenie siedlisk.

Zanieczyszczenie środowiska

Zanieczyszczenie środowiska wynika z przedostawania się do niego wielu szkodliwych substancji pochodzących m.in. z gospodarstw domowych i fabryk.

Zanieczyszczenie odpadami

Niewłaściwa gospodarka odpadami sprawia, że do środowiska trafiają m.in. toksyczne substancje i plastik. Plastik nie ulega biodegradacji, lecz rozpada się na coraz mniejsze cząstki (tzw. mikroplastik), które mogą odkładać się w ciałach organizmów.

Odpady dostające się do naturalnych ekosystemów stanowią zagrożenie dla organizmów.



Zanieczyszczenia wód

Główne źródła zanieczyszczenia wód to:

- ▶ ścieki przemysłowe zawierające m.in. związki rtęci i ołowiu, które powodują poważne choroby organizmów,
- ▶ ścieki z gospodarstw rolnych zawierające substancje, które powodują intensywny rozwój mikroorganizmów (np. glonów) w zbiornikach wodnych.

Przenawożenie wód prowadzi do niedoboru tlenu, a w konsekwencji do masowej śmierci ryb.



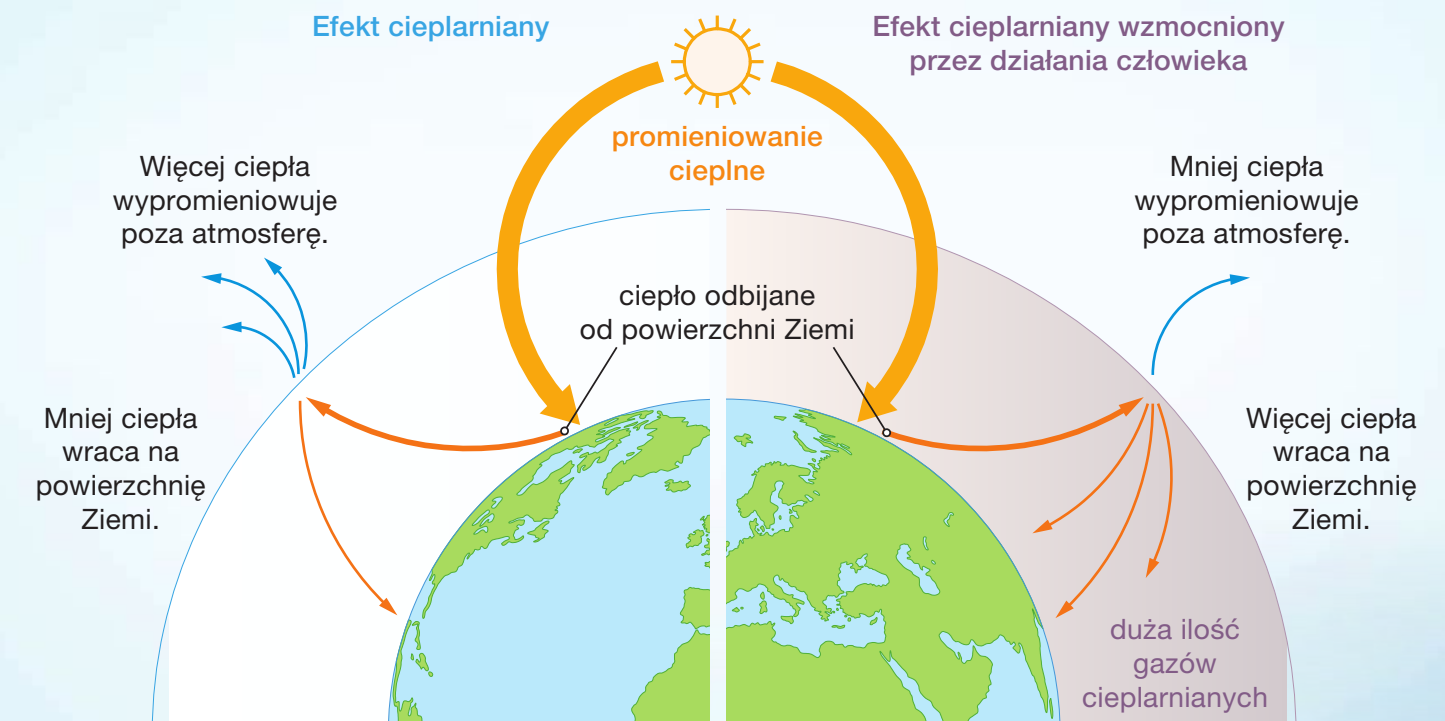
Zanieczyszczenia powietrza

Zanieczyszczenia powietrza sprzyjają rozwojowi wielu chorób. Wpływają też negatywnie na środowisko, np. w efekcie spalania paliw kopalnych do atmosfery trafiają tlenki siarki i azotu. W reakcji z wodą w atmosferze tworzą one kwaśne opady bardzo szkodliwe dla roślin.

Utrzymujące się nad miastami zanieczyszczenia, uwalniane przez samochody, zakłady przemysłowe i domy ogrzewane piecami na węgiel, tworzą tzw. smog. Może on powodować m.in. zaburzenia oddechowe.

Zmiany klimatyczne

Zmiany klimatyczne to skutek nasilenia globalnego ocieplenia, czyli wzrostu średniej temperatury Ziemi spowodowanego głównie emisją gazów cieplarnianych, takich jak CO₂ i CH₄.



Skutki zmian klimatycznych:

- ▶ wzrost średniej temperatury Ziemi prowadzi m.in. do fal upałów, intensywnych opadów, susz oraz ekstremalnych zjawisk pogodowych, np. huraganów,
- ▶ w wyniku topnienia lodowców podnosi się poziom mórz, przez co terenom przybrzeżnym grozi zalanie,
- ▶ zmiany warunków w ekosystemach prowadzą do wymierania żyjących w nich organizmów.

Zmiany klimatu zachodzą tak szybko, że wiele organizmów nie nadąża z przystosowaniem się do nowych warunków. Może to doprowadzić do wyginięcia niektórych z nich.



Niszczenie siedlisk

Degradacja siedlisk następuje np. w efekcie budowy dróg czy rozbudowy miast. Podczas tych działań dochodzi m.in. do:

- ▶ wycinki lasów i osuszania terenów bagiennych, przez co gatunki nie mają miejsca do życia i rozrodu,
- ▶ fragmentacji siedlisk, co utrudnia gatunkom przemieszczanie się i ogranicza im dostęp do zasobów środowiska.

Wycinanie lasów prowadzi do niszczenia i fragmentacji siedlisk, a przez to do spadku bioróżnorodności.



Zmiany klimatu – fakty i mity

Zmiany klimatyczne budzą dużo kontrowersji. Wiele źródeł podaje niesprawdzone wiadomości, które szybko rozprzestrzeniają się w mediach. A jak jest naprawdę? Poznaj fakty i mity na temat globalnego ocieplenia.



W efekcie globalnego ocieplenia szybciej topnieją lodowce.

Przykłady faktów i mitów na temat zmiany klimatu

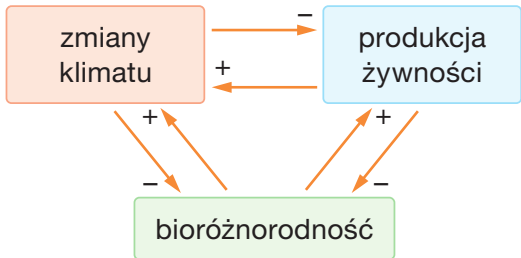
Mity		Fakty	
✗	Wulkany emitują więcej dwutlenku węgla, niż dzieje się to wskutek działalności człowieka.	✓	Badania emisyjności wulkanów wskazują, że wskutek aktywności wulkanów powstaje tyle samo CO ₂ , ile wynosi 1% emisji pochodzącej z działalności człowieka
✗	Mamy lato, a od kilku dni jest naprawdę zimno, więc globalne ocieplenie to bzdura.	✓	Nie należy mylić klimatu z pogodą. W lecie może pojawić się fala zimnego powietrza, ale ogólny trend dla planety wykazuje ocieplenie klimatu.
✗	Bardzo wielu naukowców wątpi w globalne ocieplenie. Twierdzą oni ponadto, że jest to proces naturalny, niespowodowany działalnością człowieka.	✓	Społeczność naukowa jest zgodna co do tego, że globalne ocieplenie wynika z działalności ludzi. Opinie naukowców mogą różnić się w szczegółach, niemniej badacze zgadzają się, że tempo tego procesu nie jest naturalne.

W skrócie

- Negatywnie na różnorodność biologiczną wpływają: intensyfikacja rolnictwa, urbanizacja (rozwój miast), industrializacja (rozwój przemysłu) oraz rozwój komunikacji i turystyki.
- Działalność człowieka często wpływa negatywnie na bioróżnorodność – doprowadza do niszczenia naturalnych siedlisk, wzrostu zanieczyszczenia środowiska oraz do zmian klimatycznych.

Polecenia kontrolne

- Na podstawie schematu wyjaśnij związek pomiędzy produkcją żywności a zmianami klimatycznymi i bioróżnorodnością.
- Zaproponuj trzy sposoby na zwiększenie bioróżnorodności w mieście.
- Podaj pięć przykładów świadomego dbania o bioróżnorodność podczas podróżowania i wypoczynku.



5.8. Ochrona różnorodności biologicznej

Ważne na tej lekcji!

- formy ochrony przyrody w Polsce
- znaczenie i przykłady restytucji i reintrodukcji gatunków
- międzynarodowe umowy i traktaty dotyczące ochrony przyrody
- znaczenie zrównoważonego rozwoju

Przyroda to źródło niezbędnych nam do życia surowców. Jednak nadmierna eksploatacja jej zasobów prowadzi do niszczenia ekosystemów i spadku bioróżnorodności, co może mieć katastrofalne konsekwencje dla całej biosfery.

■ Dlaczego musimy dbać o zachowanie różnorodności biologicznej?

Różnorodność biologiczna umożliwia istnienie życia na Ziemi. Dzięki bogactwu gatunków i ekosystemów w przyrodzie m.in. zachodzą obieg materii i przepływ energii, następuje produkcja tlenu czy oczyszczanie powietrza i wód z zanieczyszczeń. Niestety, w wyniku nadmiernej eksploatacji zasobów naturalnych przez człowieka obserwujemy bardzo duży spadek bioróżnorodności. Jest to groźne zjawisko, ponieważ utrata nawet jednego

gatunku może mieć bardzo poważne skutki dla całej biosfery.

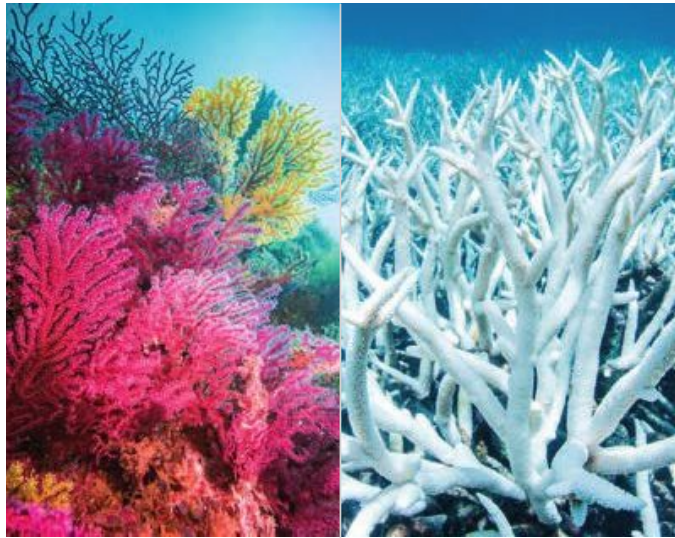
Przykładowo ocieplenie klimatu wiąże się ze wzrostem temperatury wód w oceanach i morzach. Wraz ze wzrostem temperatury spada zawartość tlenu w wodzie, a zwiększa się jej kwasowość (rozpuszcza się w niej więcej dwutlenku węgla). Skutkuje to wymieraniem fitoplanktonu (mikroskopijnych organizmów wodnych, należących do producentów), który jest odpowiedzialny za wytwarzanie większości tlenu obecnego w atmosferze.

■ Bioróżnorodność a życie człowieka

Przyroda jest dla człowieka źródłem m.in.:

- żywności** – z ekosystemów wodnych pozyskujemy ryby i owoce morza, a z ekosystemów lądowych – m.in. zboża, owoce i warzywa,
- wiedzy** – np. badania nad dzikimi odmianami roślin uprawnych umożliwiają wyhodowanie ich nowych odmian, m.in. bardziej odpornych na choroby czy zmiany środowiska,
- substancji leczniczych** – wiele substancji leczniczych pozyskujemy z roślin lub mikroorganizmów,
- miejsc do odpoczynku** – piękne przyrodniczo obszary to atrakcyjne miejsca pod względem turystycznym.

Przyroda ma dla nas także **wartość niematerialną** oraz stanowi część naszego **dziedzictwa kulturowego**.



Ocieplenie klimatu prowadzi do wymierania glonów żyjących w symbiozie z koralowcami. Efektem tego jest obumieranie raf koralowych.

Formy ochrony przyrody w Polsce

Ochrona przyrody to działania, które mają na celu zachowanie, właściwe wykorzystanie oraz odnawianie zasobów przyrody ożywionej i nieożywionej. Ochrona przyrody dotyczy przede wszystkim:

- ▶ gatunków zagrożonych wyginięciem, rzadkich i chronionych,
- ▶ siedlisk gatunków zagrożonych i chronionych,
- ▶ przyrody nieożywionej (np. zbiorników wodnych, jaskiń).

Podczas rozróżniania form ochrony przyrody bierze się pod uwagę różne kryteria. Z uwagi na stopień ingerencji człowieka

w ekosystemie wyróżniamy **bierną ochronę przyrody** i **czynną ochronę przyrody**.

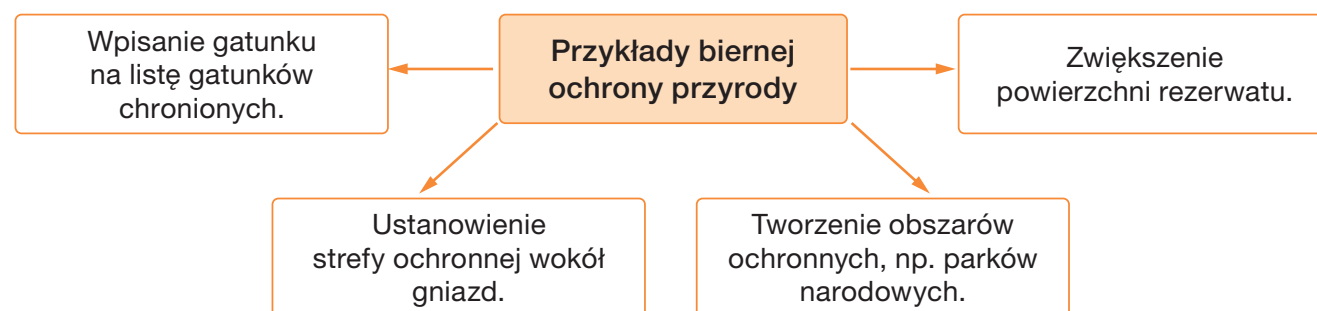
Ze względu na obiekt obejmowany ochroną wyróżniamy:

- ▶ **ochronę obszarową**, którą obejmuje się tereny szczególnie cenne pod względem przyrodniczym, krajobrazowym lub kulturowym,
- ▶ **ochronę gatunkową**, którą obejmuje się gatunki rzadkie lub zagrożone wyginięciem,
- ▶ **ochronę indywidualną**, którą obejmuje się niewielkie elementy przyrody, np. pojedyncze osobniki, obiekty przyrody nieożywionej albo małe fragmenty ekosystemów.

Czym się różni bierna ochrona przyrody od czynnej ochrony przyrody?

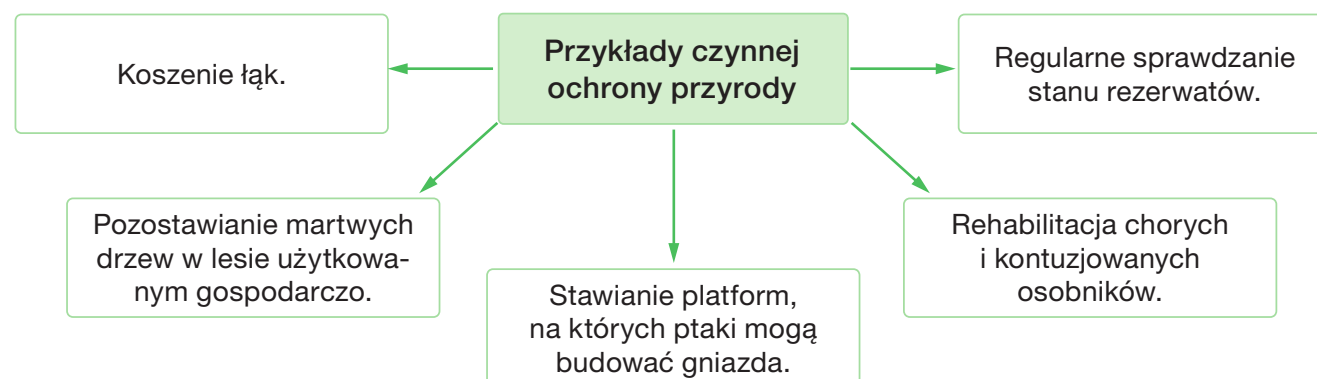
Bierna ochrona przyrody

Bierna ochrona przyrody polega na zabezpieczeniu terenu i nieingerowaniu w procesy przyrodnicze.



Czynna ochrona przyrody

Czynna ochrona przyrody polega na stosowaniu specjalnych zabiegów ochronnych w celu ochrony ekosystemu lub gatunku.



Formy ochrony obszarowej w Polsce

Do najważniejszych form ochrony obszarowej w Polsce należą parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe i obszary chronionego krajobrazu.

Parki narodowe

Parki narodowe to obszary o powierzchni co najmniej 1000 ha (10 km²), na których środowisko jest zachowane w stanie niezmienionym lub mało zmienionym przez człowieka. Są one otoczone tzw. **otuliną**, która stanowi strefę przejściową pomiędzy terenami chronionymi a terenami zagospodarowanymi. W parkach narodowych znajdują się obszary objęte **ochroną ścisłą**, na których obowiązuje zakaz ingerencji człowieka w ekosystem. Na pozostałych obszarach dopuszcza się m.in. działania ochronne.



W Polsce istnieją 23 parki narodowe. Łącznie zajmują one obszar ponad 3000 km², co stanowi ok. 1% powierzchni kraju.

Rezerваты przyrody

Rezerваты przyrody to obszary mniejsze od parków narodowych. Tworzy się je w celu ochrony naturalnych lub mało zmienionych ekosystemów, siedlisk gatunków zagrożonych wyginięciem lub cennych elementów przyrody nieożywionej (np. jaskiń). Całość rezerwatu lub jego część może być objęta ochroną ścisłą.

Niedźwiedzie Wielkie to rezerwat utworzony dla ochrony wyjątkowych fragmentów lasu i rzadkich gatunków roślin, takich jak lilia złotogłów.



Parki krajobrazowe

Parki krajobrazowe to obszary o cennych walorach przyrodniczych, krajobrazowych, kulturowych lub historycznych. Można w nich prowadzić działalność gospodarczą, np. wyrąb drzew, jeżeli nie wpływa to znacząco na ekosystem. Parki krajobrazowe pełnią też funkcję rekreacyjną.

Park Krajobrazowy Orlich Gniazd utworzono dla ochrony pozostałości zamków oraz niezwykłego krajobrazu wapiennych skał Jury Krakowsko-Częstochowskiej.



Obszary chronionego krajobrazu

Obszary chronionego krajobrazu to tereny wyróżniające się krajobrazowo, o zróżnicowanych ekosystemach lub będące korytarzami ekologicznymi. Stanowią one miejsca do wypoczynku i rekreacji.

Obszar Chronionego Krajobrazu Doliny Drwęcy utworzono m.in. w celu ochrony terenów stanowiących korytarz ekologiczny o znaczeniu krajowym.



■ Ochrona gatunkowa

W Polsce ochroną gatunkową obejmuje się rzadkie, endemiczne lub zagrożone wyginięciem gatunki roślin, zwierząt i grzybów wraz z ich siedliskami. W ramach tego typu ochrony obowiązują liczne zakazy, m.in.:

- ▶ zakaz zabijania i okaleczania przedstawicieli chronionych gatunków,
- ▶ zakaz hodowli, sprzedaży i posiadania przedstawicieli chronionych gatunków,
- ▶ zakaz chwytania i płoszenia chronionych zwierząt oraz zrywania chronionych roślin i grzybów,
- ▶ zakaz niszczenia siedlisk chronionych gatunków,

- ▶ zakaz wywożenia za granicę lub umyślnego wprowadzania przedstawicieli chronionych gatunków do środowiska naturalnego.

Chronione gatunki mogą być objęte ochroną ścisłą lub częściową. **Ścisła ochrona gatunkowa** oznacza, że wszelkie zakazy dotyczące danego gatunku obowiązują na obszarze całego kraju przez cały rok. **Ochrona częściowa** dopuszcza gospodarcze wykorzystanie gatunków chronionych w sposób określony przepisami. Przykładowo ślimaki winniczki o muszlach większych niż 30 mm można zbierać w celach konsumpcyjnych tylko od 20 kwietnia do końca maja.

Restytucja i reintrodukcja – czynna ochrona gatunkowa

Restytucja i reintrodukcja to przykłady czynnej ochrony gatunków zagrożonych wyginięciem. **Restytucja** nazywamy wszelkie działania mające na celu odtworzenie właściwej liczebności populacji chronionego gatunku. Restytucję zwierząt prowadzi się m.in. w specjalnych rezerwatach, w których hodzi się osobniki danego gatunku. Osobniki urodzone w hodowli wypuszcza się na wolność, aby mogły zasilić rodzime populacje. **Reintrodukcja** to powtórne wprowadzenie osobników chronionego gatunku na tereny, na których gatunek ten już wyginął. Reintrodukowane osobniki mogą pochodzić z hodowli prowadzonych w ramach restytucji lub z populacji żyjących na innych terenach.



W Polsce od 1929 r. prowadzi się restytucję żubra. Początkowo stado hodowlane liczyło kilkanaście sztuk. Obecnie na wolności żyje już ponad 2000 osobników.



W celu restytucji szarytki morskiej w fokarium na Helu założono specjalną hodowlę. Odchowane przez matki młode foki wypuszcza się do wód Morza Bałtyckiego.



Suseł moręgowany prawdopodobnie wyginął w Polsce pod koniec XX w. Obecnie trwają prace nad reintrodukcją tego gatunku na teren naszego kraju.

Formy ochrony indywidualnej w Polsce

Wśród form ochrony indywidualnej wyróżniamy: pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne i zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.

■ Pomniki przyrody

Pomniki przyrody to pojedyncze, szczególnie cenne pod względem przyrodniczym, naukowym, kulturowym, historycznym albo krajobrazowym, twory przyrody ożywionej lub nieożywionej. Należą do nich m.in. drzewa, wodospady, jaskinie czy głązy narzutowe.

Pomnikami przyrody mogą być np. skupiska tworów przyrody ożywionej lub nieożywionej, w tym aleje drzew, takie jak aleja lipowa w Osłoninie.



■ Stanowiska dokumentacyjne

Stanowiska dokumentacyjne to niewielkie obszary ważne pod względem naukowym i dydaktycznym, np. cenne formacje skalne czy skamieniałości.

Stanowisko dokumentacyjne Lessy Winnej Góry obejmuje obszar ścian lessowych położonych w dawnym wyrobisku na terenie Wzgórz Trzebnickich.



■ Użytki ekologiczne

Użytki ekologiczne to niewielkie pozostałości ekosystemów ważne dla zachowania różnorodności biologicznej, np.: zadrzewienia śródpolne, oczka wodne, bagna, łąki czy wydmy.

Węsków Bagna [jęz. kaszubski; wym.: wesków bagna] to użytk ekologiczny utworzony na terenie Wdzydzkiego Parku Krajobrazowego w celu ochrony śródlęsnego oczka wodnego.



■ Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe

Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe to fragmenty krajobrazu naturalnego i kulturowego chronione ze względu na ich walory estetyczne lub widokowe, np. fragmenty dolin rzecznych lub pozostałości dawnych parków przypałacowych.

Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Dolina Grabi” utworzono w celu ochrony malowniczych terenów wokół koryta rzeki Grabi.



■ Znaczenie międzynarodowej współpracy na rzecz ochrony przyrody

Przyroda nie dostosowuje się do granic państw wyznaczanych przez ludzi. Wiele zagrożonych wyginięciem gatunków ma swoje siedliska w różnych krajach, np. żubry w stanie wolnym żyją m.in. w Polsce, Rosji, Słowacji, na Litwie, Białorusi i Ukrainie. Tak samo jest w przypadku zanieczyszczeń środowiska. Przykładowo zanieczyszczenia powietrza powodowane przez jeden kraj są przenoszone przez wiatr nad obszary innych państw. Z tego powodu w zakresie ochrony przyrody wiele państw współpracuje ze sobą. Polska podpisała dużo międzynarodowych porozumień i traktatów mających na celu ochronę przyrody. Najważniejsze z nich poznasz w dalszej części lekcji.



Żbik europejski jest objęty ochroną gatunkową w wielu krajach Europy, w tym w Polsce.

■ Konwencja o różnorodności biologicznej i Agenda 21

W 1992 r. w Rio de Janeiro odbyła się międzynarodowa Konferencja Narodów Zjednoczonych „Środowisko i Rozwój”, zwana **Szczytem Ziemi**. Wzięli w niej udział przedstawiciele rządów 172 państw, w tym Polski, oraz przedstawiciele ok. 2400 organizacji pozarządowych. W trakcie konferencji dyskutowano o tym, że rządy wszystkich krajów powinny przestrzegać zasad chroniących przyrodę przed zniszczeniem wynikającym z działalności człowieka. W efekcie konferencji powstały m.in. dwa akty prawne:

- ▶ **Konwencja o różnorodności biologicznej**, która dotyczy ochrony, zrównoważonego wykorzystania oraz pomnażania zasobów bioróżnorodności na każdym jej poziomie: genetycznym, gatunkowym i ekosystemowym. Konwencja ta zobowiązuje poszczególne kraje do wypracowania strategii ochrony i zrównoważonego użytkowania różnorodności biologicznej;
- ▶ **Agenda 21**, która zawiera globalny plan ratowania środowiska za pomocą zasad **zrównoważonego rozwoju**. W dokumencie tym znajdują się m.in. rozdziały poświęcone zrównoważonemu rozwojowi miast i wsi, ochronie atmosfery i wód, zrównoważonemu korzystaniu z zasobów naturalnych i gospodarowaniu odpadami.

■ Konwencja waszyngtońska

Konwencja waszyngtońska, znana także jako **konwencja CITES**, to międzynarodowa umowa sporządzona w 1973 r. w Waszyngtonie. Wprowadza ona ograniczenia w handlu żywymi lub martwymi okazami zagrożonych wyginięciem gatunków roślin i zwierząt oraz wytworzonymi z nich produktami, np. wyrobami z kości, skóry czy zębów. Zgodnie z postanowieniami konwencji CITES, aby móc przewieźć zagrożone gatunki lub wytworzone z nich produkty za granicę, trzeba posiadać specjalne zezwolenia. Dotychczas konwencję podpisało ponad 180 państw.

■ Program „Człowiek i Biosfera”

Program „Człowiek i Biosfera” (MaB) ma na celu tworzenie zrównoważonych relacji między rozwojem gospodarczym i kulturowym społeczeństw a ochroną bioróżnorodności. W ramach tego programu powstaje **sieć rezerwatów biosfery**, które mają na celu:

- ▶ ochronę krajobrazów, ekosystemów, zróżnicowania gatunkowego i genetycznego,
- ▶ sprzyjanie zrównoważonym formom rozwoju gospodarczego i kulturowego,
- ▶ edukację ekologiczną i wspieranie badań naukowych.

Na terenie Polski w 2020 r. było 11 rezerwatów biosfery.



Transgraniczny Rezerwat Biosfery „Roztocze” obejmuje obszary, które znajdują się na terenie dwóch państw: Polski i Ukrainy.



Ara hiacyntowa to gatunek chroniony na podstawie konwencji waszyngtońskiej.

■ Natura 2000

Europejska Sieć Ekologiczna Natura 2000 to międzynarodowy program prowadzony w Unii Europejskiej. Ma on na celu ochronę cennych przyrodniczo obszarów i połączenie ich w sieć korytarzami ekologicznymi. W ramach programu Natura 2000 ochroną obejmuje się dwa rodzaje obszarów:

- ▶ **obszary specjalnej ochrony ptaków**, czyli obszary występowania dzikich populacji ptaków, zwłaszcza ptaków wędrownych;
- ▶ **specjalne obszary ochrony siedlisk**, czyli obszary stanowiące cenne pod względem przyrodniczym siedliska, np. siedliska zanikające czy siedliska gatunków chronionych. Obecnie w Polsce obszary Natura 2000 zajmują ok. 20% powierzchni kraju.



W ramach sieci Natura 2000 w położonym na Mazowszu obszarze „Bagno Pulwy” chroni się m.in. kulika wielkiego.

Czym jest zrównoważony rozwój?

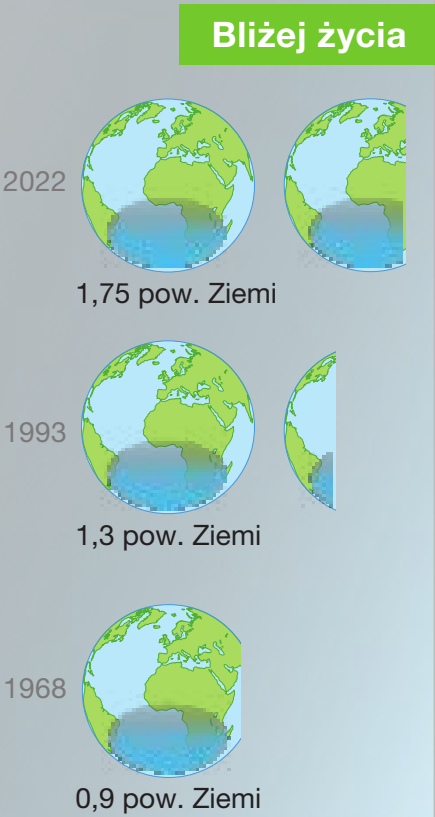
Zrównoważonym rozwojem nazywamy taki rodzaj rozwoju, który pozwala na zaspokajanie aktualnych potrzeb ludzi w sposób, który nie utrudni przyszłym pokoleniom zaspokajania ich potrzeb. Zrównoważony rozwój stanowi więc drogę do osiągnięcia równowagi między wzrostem gospodarczym, jakością życia człowieka a ochroną środowiska przed degradacją. Zasady zrównoważonego rozwoju zostały opisane w dokumencie pt. *Agenda 21*.



Ekologiczny odcisk stopy

Kiedy podróżujemy, korzystamy z urządzeń elektrycznych czy wytwarzamy śmieci, wpływamy w określony sposób na naszą planetę. Wielkość tego wpływu można oszacować przez pomiar tzw. ekologicznego odcisku stopy (śladu ekologicznego). Ślad ekologiczny wskazuje na to, jak dużo zasobów Ziemi zużywamy w porównaniu z możliwościami ich regeneracji przez naszą planetę. Wartość śladu ekologicznego podaje się w globalnych hektarach (gha), czyli hektarach łąd i wód potrzebnych do wytworzenia wykorzystywanych przez nas zasobów i przetworzenia wyprodukowanych śmieci. Z obliczeń wynika, że na każdego mieszkańca Ziemi przypadają średnio ok. 2 gha. Jednak mieszkańcy wielu krajów swoim stylem życia przekraczają tę wartość. Przykładowo w 2025 r. ślad ekologiczny mieszkańca USA wynosił średnio ok. 7,8 gha, a mieszkańca Polski – 4,5 gha.

Nasz wpływ na Ziemię zwiększa się z roku na rok. Obecnie zużywamy tyle jej zasobów i produkujemy tyle śmieci, że aby to zrekompensować, potrzebowalibyśmy ponad półtorej powierzchni naszej planety.



W skrócie

- Przyrodę chroni się **w sposób czynny** (stosowanie specjalnych zabiegów ochronnych w celu ochrony ekosystemu lub gatunku) lub **bierny** (zabezpieczenie terenu i nieingerowanie w procesy przyrodnicze).
- Ze względu na przedmiot ochrony wyróżniamy **ochronę obszarową**, **ochronę indywidualną** i **ochronę gatunkową**.
- Czynna ochrona gatunkowa obejmuje m.in. restytucję i reintrodukcję. **Restytucja** to wszelkie działania mające na celu odtworzenie właściwej liczebności populacji gatunku zagrożonego wyginięciem. **Reintrodukcją** nazywamy powtórne wprowadzenie osobników chronionego gatunku na tereny, na których gatunek ten wyginął.
- **Zrównoważony rozwój** to taki rodzaj rozwoju, który pozwala na zaspokajanie aktualnych potrzeb ludzi w sposób nieutrudniający przyszłym pokoleniom zaspokajania ich potrzeb.
- Międzynarodowa współpraca na rzecz ochrony przyrody w Polsce obejmuje m.in. przestrzeganie postanowień zawartych w *Konwencji o różnorodności biologicznej*, konwencji waszyngtońskiej i *Agendzie 21* oraz tworzenie rezerwatów biosfery i obszarów Natura 2000.

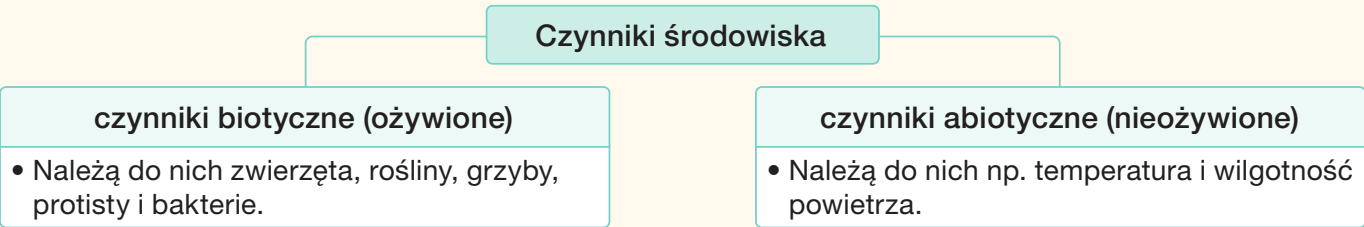
Polecenia kontrolne

1. Na podstawie wiarygodnych źródeł informacji opisz walory przyrodnicze wybranego parku narodowego lub krajobrazowego w Polsce, stanowiące podstawę do ochrony tego obszaru.
2. Wyjaśnij, na czym polega zrównoważony rozwój.
3. Podaj trzy przykłady działań, które możemy podjąć w codziennym życiu w celu ochrony przyrody i bioróżnorodności.

Podsumowanie



- 1 **Ekologia** – nauka o strukturze i funkcjonowaniu przyrody. Zajmuje się zależnościami między organizmami oraz między organizmami a środowiskiem ich życia.
- 2 **Środowisko** – ogół czynników ożywionych i nieożywionych występujących na danym obszarze.



3 Porównanie niszy ekologicznej z siedliskiem

Nisza ekologiczna	Siedlisko
Wszystkie wymagania życiowe organizmu lub gatunku względem środowiska.	Fizyczna przestrzeń, w której występuje dany osobnik.

4 Tolerancja ekologiczna – zdolność organizmu do przystosowywania się do zmian czynników środowiska bez szkody dla jego rozwoju.

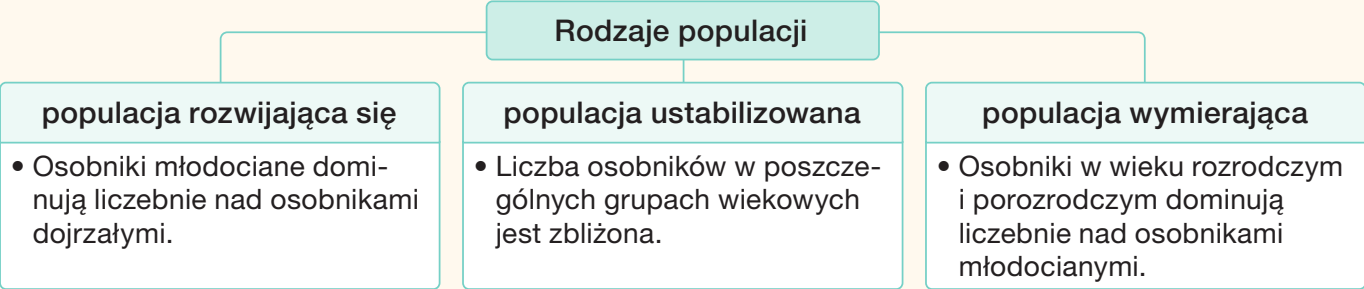
Zakres tolerancji ekologicznej – przedział wartości określonego czynnika, w którym dany organizm może przetrwać.

5 Populacja – grupa osobników tego samego gatunku, występująca na danym terenie w tym samym czasie.

6 Cechy populacji:

- **liczebność** – liczba osobników tworzących populację;
- **zagęszczenie** – liczba osobników przypadających na jednostkę powierzchni (np. 1 m²) lub objętości (np. 1 m³);
- **struktura przestrzenna** – sposób rozmieszczenia osobników z danej populacji na zajmowanym obszarze. Wyróżniamy rozmieszczenie: równomierne, skupiskowe i losowe;
- **struktura wiekowa** – udział w populacji różnych grup wiekowych.
- **struktura płciowa** – stosunek liczby osobników żeńskich do liczby osobników męskich.

7 Rodzaje populacji w zależności od ich struktur wiekowych



8 Interakcje między organizmami

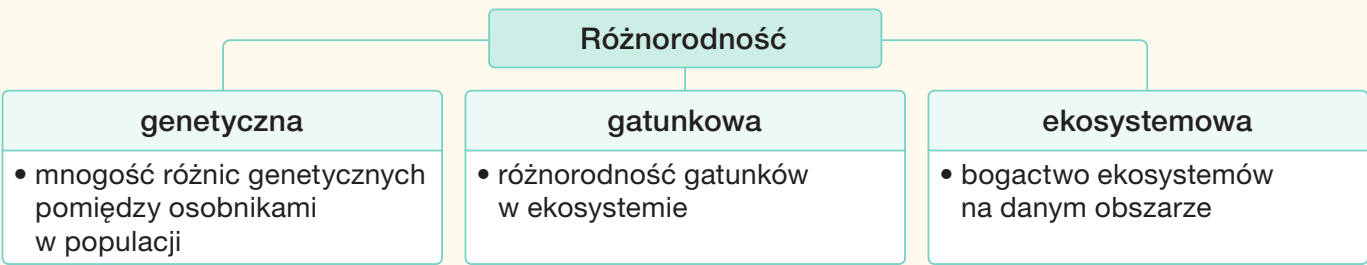
Typ interakcji	Charakterystyka
Interakcje nieantagonistyczne	
Mutualizm obligatoryjny	Zależność przynosząca korzyść obu stronom i niezbędna im do przeżycia.
Mutualizm fakultatywny	Zależność przynosząca korzyść obu stronom, ale niekonieczna do ich przeżycia.
Komensalizm	Zależność, w której jedna strona odnosi korzyści, a druga strona nie ponosi strat.
Interakcje antagonistyczne	
Konkurencja	Zależność, w której osobniki współzawodniczą o te same zasoby środowiska.
Roślinożerność i drapieżnictwo	Zależności, w których jedno organizmy zjadają drugie organizmy innego gatunku.
Pasożytnictwo	Zależność, w której jeden organizm (pasożyt) żyje kosztem drugiego organizmu (żywiciela).

- 9 **Ekosystem** – podstawowa jednostka ekologiczna, która składa się z elementów ożywionych, czyli biocenozy, oraz elementów nieożywionych, czyli biotopu.
- 10 **Łańcuch pokarmowy** – uporządkowany ciąg gatunków, w którym każdy organizm jest zjadany przez następny. W ekosystemie łańcuchy pokarmowe łączą się ze sobą w **sieci pokarmowe**.

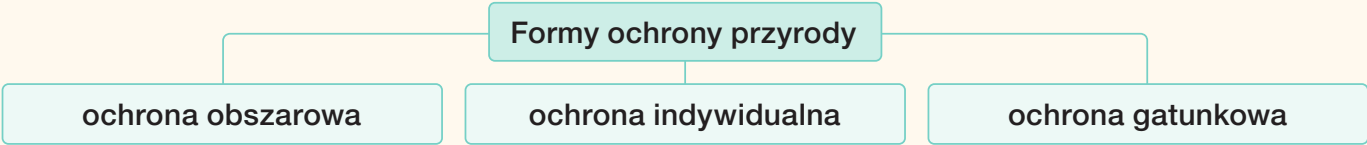
11 Poziomy troficzne w ekosystemie

Poziom troficzny	Opis
Producenci	Organizmy samożywne produkujące materię organiczną. Należą do nich rośliny zielone, niektóre bakterie i protisty.
Konsumenci	Organizmy cudzożywne, które uzyskują materię organiczną z innych organizmów. Należą do nich zwierzęta, pasożytnicze rośliny, niektóre grzyby, bakterie i protisty.

12 Typy różnorodności biologicznej



13 Formy ochrony przyrody w Polsce



Sprawdź, czy już umiesz!

WYKONAJ W ZESZYCIE

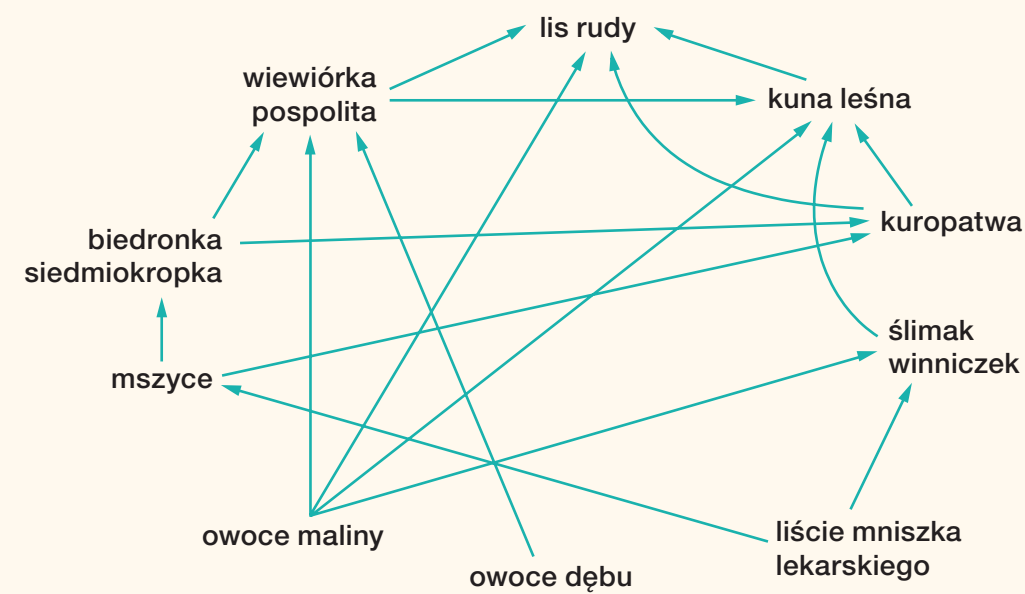
- 1 Lasówki to małe owadożerne ptaki żyjące w lesie. Poszczególne ich gatunki żerują na różnej wysokości drzew. Lasówka rudogłowa woli szczytowe partie drzew, lasówka kasztanowata – środkowe partie drzew, a lasówka pstra – partie dolne. (1 p.)
- Wybierz poprawne dokończenie zdania. Odpowiedź zapisz w zeszycie.**
- Trzy opisane wyżej gatunki lasówek
- A. mają wspólne siedlisko i wspólną niszę ekologiczną.
B. mają wspólne siedlisko, ale różne nisze ekologiczne.
C. mają wspólną niszę ekologiczną, ale zajmują różne siedliska.
D. nie mają wspólnego siedliska ani wspólnej niszy ekologicznej.
- 2 W tabeli przedstawiono, jaki odsetek nasion wybranych warzyw wykiełkował w różnych temperaturach. (1 p.)

Określ, który z gatunków wymienionych w tabeli ma najszerszy, a który – najwęższy zakres tolerancji ekologicznej na temperaturę kiełkowania. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

Gatunek	Temperatura								
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
Marchew	0	48	93	95	96	96	95	74	0
Seler	0	72	70	40	97	65	0	0	0
Ogórek	0	0	0	95	99	99	99	99	49
Bakłażan	0	0	0	0	21	53	60	0	0
Salata	98	98	98	99	99	99	12	0	0
Cebula	90	98	98	98	99	97	91	73	2

- 3 Przyporządkuj opisanym interakcjom zachodzącym między organizmami (A–D) odpowiednie nazwy wybrane spośród 1–5. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (4 p.)
- A. Hiena zjada resztki zdobyczy pozostawione przez lwy.
B. Trzmiel odżywia się nektarem z kwiatów koniczyzny, ale może też korzystać z nektaru innych kwiatów.
C. Wilki często polują na sarny.
D. Sóweczka i dzięcioł duży występują na tym samym obszarze i zakładają gniazda w dziuplach.
1. Komensalizm.
2. Drapieżnictwo.
3. Konkurencja.
4. Pasożytnictwo.
5. Mutualizm.

4 Schemat obrazuje fragment sieci troficznej pewnego ekosystemu.



- a) Na podstawie zamieszczonego schematu skonstruuj dwa łańcuchy pokarmowe, w których jednym z konsumentów będzie kuna leśna. W pierwszym łańcuchu pokarmowym kuna leśna powinna zajmować drugie ogniwo łańcucha, natomiast w drugim łańcuchu pokarmowym – czwarte ogniwo. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (2 p.)
- b) Podaj przykład ekosystemu, do którego może należeć fragment sieci pokarmowej przedstawionej w zadaniu. Odpowiedź wraz z uzasadnieniem zapisz w zeszycie. (1 p.)
- 5 Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących obiegu materii w ekosystemie. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedź zapisz w zeszycie. (3 p.)

1.	Konsumenci I rzędu zjadają producentów, dzięki czemu pozyskują związki organiczne do budowy własnych organizmów.	P	F
2.	Producenci (rośliny) pobierają związki nieorganiczne z biotopu i wykorzystują je w procesie fotosyntezy.	P	F
3.	Destruenci rozkładają szczątki organizmów, co powoduje wzbogacenie gleby w związki organiczne pobierane przez rośliny.	P	F

6 Oceń, czy podane poniżej działania są przykładami ochrony czynnej (C), czy też ochrony biernej (B). Wybierz właściwą odpowiedź i zapisz ją w zeszycie. (4 p.)

1.	Stworzenie nowego rezerwatu przyrody.	C	B
2.	Wypasanie koni na łąkach, aby zapobiec zarastaniu tych obszarów.	C	B
3.	Wpisanie zagrożonego gatunku na listę gatunków chronionych.	C	B
4.	Stawianie siatek ochronnych wokół gniazd ptaków.	C	B

Sprawdź, czy już umiesz! – klucz odpowiedzi



Rozdział 1

1. P, P
2. 104
3. C
 $34\% (A) + 34\% (T) = 68\% (A + T)$
 $100\% (A + T + C + G) - 68\% (A + T) = 32\% (C + G)$
 $32\% : 2 = 16\% (G)$
4. W nukleotydzie DNA reszta kwasu fosforowego(V) łączy się z cukrem pięciowęglowym – deoksyrybozą. Jedną z zasad azotowych może być tymina. Częsteczka tego kwasu nukleinowego składa się z dwóch nici.
5. Uracyl.
6. B, D, A, E, C
7. UUUAGCUAUUGCGGGCAUAAA
8. a) A – replikacja DNA, B – transkrypcja, C – translacja
b) Przykładowa odpowiedź: W jądrze komórkowym zachodzą procesy A i B / replikacja DNA i transkrypcja.
9. B
10. metionina – leucyna – arginina – kwas asparaginowy – arginina – izoleucyna
11. a) np. AUGGCUUCUGGUAAAAGUUUAA
b) TACCGAAGACCATTTCAAATT
12. B – jednoznaczność, C – zdegenerowanie

Rozdział 2

1. A – allel prawidłowy (brak mukowiscydozy), a – zmutowany allel (mukowiscydoza)
1. Matka to nosicielka mukowiscydozy
P: Aa x Aa
Jeżeli matka jest nosicielką mukowiscydozy, to potomstwo ma następujące genotypy: 50% Aa, 25% AA i 25% aa. Z kolei fenotypy to 75% osoby zdrowe, 25% osoby z mukowiscydozą.
2. Matka nie jest nosicielką mukowiscydozy
P: AA x Aa
Jeżeli matka nie jest nosicielką mukowiscydozy, to potomstwo ma genotyp 50% AA i 50% Aa oraz fenotyp – osoby zdrowe.
2. 1 – AB
2 – AB, Ab
3 – AB, Ab, aB, ab

3. Rolnik może przeprowadzić krzyżówkę testową, tzn. skrzyżować badaną roślinę z homozygotą recesywną.

1. Jeżeli badana roślina jest homozygotą, to:
P: AA x aa
F₁:

♀ \ ♂	a	a
A	Aa żółte nasiona	Aa żółte nasiona
A	Aa żółte nasiona	Aa żółte nasiona

2. Jeżeli badana roślina jest heterozygotą, to:
P: Aa x aa
F₁:

♀ \ ♂	a	a
A	Aa żółte nasiona	Aa żółte nasiona
a	aa zielone nasiona	aa zielone nasiona

4. A – kręcone włosy, a – proste włosy
B – orli nos, b – prosty nos
P: AABB x aabb
F₁:

♀ \ ♂	ab
AB	AaBb kręcone włosy, orli nos

- Dzieci będą miały kręcone włosy i orli nos.
5. A – czarne futro, a – białe futro; B – krótki włos, b – długi włos
P: Aabb x aaBb
F₁:

♀ \ ♂	aB	ab
Ab	AaBb czarne, krótkowłose	Aabb czarne, długowłose
ab	aaBb białe, krótkowłose	aabb białe, długowłose

- Stosunek fenotypów potomstwa: 1:1:1:1.
6. A – I^BI^B
B – ii, I^Ai, I^AI^A
C – I^AI^A, I^BI^B, I^AI^B
D – ii, I^BI^B, I^Bi

7. Dominacja niepełna (niezupełna).
Stosunek fenotypów: 75:150:75 = 1:2:1
A – czerwone kwiaty, a – białe kwiaty
P: Aa x Aa
F₁:

♀ \ ♂	a	a
A	AA czerwone kwiaty	Aa różowe kwiaty
a	Aa różowe kwiaty	aa białe kwiaty

8. X^D – brak daltonizmu, X^d – daltonizm
P: X^DX^d x X^DY
F₁:

♀ \ ♂	X ^D	Y
X ^D	X ^D X ^D zdrowa córka	X ^D Y zdrowy syn
X ^d	X ^D X ^d córka, nosicielka daltonizmu	X ^d Y syn, daltonista

- a) 50%
b) 25%
9. Przykładowa odpowiedź: Nukleotyd z cytozyną (C). Trójce nukleotydów TCC odpowiada kodon mRNA AGG, który koduje ten sam aminokwas co kodon AGA, czyli argininę. Mutacja ta nie spowoduje więc zmiany w sekwencji aminokwasów w białku.
10. a) 1. utrata fragmentu chromosomu, 2. podwojenie fragmentu chromosomu
b) Przykładowa odpowiedź:



11. A – 3; B – 2; C – 1, 4
12. D

Rozdział 3

1. A – 2, 3; B – 1, 4
2. Przykładowe odpowiedzi: do produkcji pieczywa, ciast, piwa, wina, napojów alkoholowych.
3. A – 3, B – 2
4. Przykładowa odpowiedź: Dzieckiem tej pary jest dziecko nr 1, ponieważ prążki na jego profilu genetycznym znajdują się na tej samej wysokości, co odpowiadające im prążki ojca lub matki / ponieważ jego profil genetyczny wykazuje podobieństwo do profili ojca i matki.
5. 1B
6. Przykładowe odpowiedzi:
Korzyści: walka z niedożywieniem dzięki tworzeniu nowych odmian roślin wzbogaconych o cenne substancje odżywcze, produkcja substancji leczniczych, produkcja żywności, np. serów, aromatów, oczyszczanie środowiska za pomocą GMO.

- Zagrożenia: niebezpieczeństwo zniszczenia naturalnych ekosystemów np. wskutek rozprzestrzeniania się roślin GMO i stosowania dużej ilości chemicznych środków ochrony roślin, możliwy negatywny wpływ żywności GMO na zdrowie człowieka, możliwość wytworzenia nowych broni biologicznych.
7. P, F, P
8. A – 1, B – 2
9. Przykładowe odpowiedzi:
występowanie w rodzinie chorób genetycznych, wiek kobiety powyżej 35. roku życia, występowanie u co najmniej jednego z rodziców choroby genetycznej, występowanie choroby genetycznej u rodzeństwa planowanego dziecka
10. P, P, F

Rozdział 4

1. B
2. Przykładowa odpowiedź: To przykład dywergencji, ponieważ w wyniku przystosowania do różnych funkcji organy roślinne o tym samym pochodzeniu różnią się wyglądem.
3. P, F
4. Dobór różnicujący.
5. Przykładowe odpowiedzi:
Cechy wspólne: dobrze rozwinięty zmysł wzroku, przynajmniej jedna para kończyn chwytnych, silnie rozwinięte zachowania społeczne.
Cechy charakterystyczne dla człowieka: dwunożność, wyprostowana postawa ciała, duże zdolności intelektualne, posługiwanie się mową.
6. P, F, P

Rozdział 5

1. B
2. Najszerzy zakres tolerancji ekologicznej na temperaturę kiełkowania ma cebula, a najwęższy – bakłajan.
3. A – 1, B – 5, C – 2, D – 3
4. a) Przykładowe odpowiedzi:
1. owoce maliny → kuna leśna → lis rudy
2. liście mniszka lekarskiego → mszyce → kuropatwa → kuna leśna → lis rudy
- b) Sieć pokarmowa, której fragment przedstawiono w zadaniu, może występować np. na przyleśnej łące, ponieważ łąka taka stanowi typowe siedlisko m.in. kuropatwy.
5. P, P, F
6. B, C, B, C

Przydatne terminy

- aberracje chromosomowe** – nieprawidłowości spowodowane mutacjami związanymi ze strukturą lub liczbą chromosomów.
- allel** – jedna z wersji danego genu.
- analogia** – podobieństwo w budowie narządów, które występuje u dwóch niespokrewnionych ze sobą gatunków i wynika z przystosowania się ich do podobnych warunków środowiska.
- antropogeneza** – procesy ewolucyjne prowadzące do powstania gatunku człowieka rozumnego.
- biocenoza** – zbiór populacji wszystkich gatunków żyjących na określonym terenie w tym samym czasie, powiązanych ze sobą wzajemnymi zależnościami.
- bioindykacja** – metoda oceny stanu środowiska w określonym miejscu na podstawie obserwacji żyjących tam gatunków.
- biom** – duży fragment biosfery, który charakteryzuje się określonymi warunkami klimatycznymi oraz występowaniem gatunków o zbliżonych cechach.
- biotechnologia** – dyscyplina naukowa, która zajmuje się wykorzystywaniem organizmów i wirusów lub ich składników do celów praktycznych.
- biotop** – wszystkie nieożywione elementy środowiska.
- cechy atawistyczne** – cechy nietypowe, występujące wyłącznie u niektórych osobników, ale charakterystyczne dla przodków.
- cechy sprzężone z płcią** – cechy, które są warunkowane przez geny znajdujące się na chromosomach płci.
- chromosom** – pojedyncza cząsteczka DNA.
- chromosomy homologiczne** – pary chromosomów, z których jeden pochodzi od matki, a drugi – od ojca. Znajdują się na nich geny warunkujące te same cechy.
- dobór naturalny (selekcja naturalna)** – mechanizm ewolucji polegający na tym, że przetrwać mogą te osobniki, które są najlepiej przystosowane do środowiska.
- dominacja niepełna (niezupełna)** – rodzaj dziedziczenia, w którym żaden allel nie dominuje w pełni nad drugim, a heterozygoty wykazują
- cechy pośrednie pomiędzy homozygotą dominującą a homozygotą recesywną.
- dominacja pełna (zupełna)** – rodzaj dziedziczenia, w którym jeden allel (dominujący) wyraźnie dominuje nad drugim allelem (recesywnym), a heterozygoty wykazują cechy homozygoty dominującej.
- dywergencja** – proces ewolucyjny, który prowadzi do różnicowania się spokrewnionych organizmów w wyniku przystosowania się ich do odmiennych warunków środowiska.
- dziedziczenie jednogenowe** – rodzaj dziedziczenia, w którym wykształcenie jednej cechy zależy od jednego genu.
- dziedziczenie wielogenowe** – rodzaj dziedziczenia, w którym za wykształcenie jednej cechy odpowiada kilka genów współdziałających ze sobą.
- ekosystem** – podstawowa jednostka ekologiczna, która składa się z elementów ożywionych (biocenozy) i nieożywionych (biotopu).
- ekson** – fragment genu, który zawiera informację o kolejności ułożenia aminokwasów w białku lub o budowie RNA.
- ekspresja genów** – proces odczytywania informacji genetycznej i syntezy na jej podstawie odpowiednich cząsteczek białka lub RNA.
- elektroforeza DNA** – metoda, która umożliwia rozdzielenie fragmentów DNA w polu elektrycznym.
- endemit** – gatunek występujący jedynie na ograniczonym obszarze.
- ewolucja biologiczna** – proces stopniowych i nieodwracalnych zmian grup organizmów. W jej wyniku powstają nowe gatunki.
- fenotyp** – zespół możliwych do zaobserwowania cech organizmu, które zależą od genotypu oraz czynników środowiska; również: określenie pojedynczej cechy.
- gatunek** – grupa osobników zdolnych do krzyżowania się i wydawania płodnego potomstwa.
- gen** – fragment DNA, który zawiera informację dotyczącą budowy białka lub cząsteczki RNA.
- genotyp** – zespół wszystkich genów danego organizmu lub zapis alleli pojedynczego genu.
- heterozygota** – organizm, który ma dwa różne allele danego genu.

homologia – podobieństwo w budowie narządów, które występuje u dwóch spokrewnionych ze sobą gatunków i wynika z ich wspólnego pochodzenia.

homozygota – organizm, który ma dwa identyczne allele danego genu.

intron – fragment genu, który nie zawiera informacji dotyczących budowy białek ani RNA.

inżynieria genetyczna – dziedzina nauki zajmująca się opracowywaniem technik i metod, które umożliwiają wprowadzanie zmian w materiale genetycznym organizmów i wirusów.

kariotyp – kompletny zestaw chromosomów charakterystyczny dla danego gatunku.

kod genetyczny – sposób zapisu informacji o budowie białek w sekwencji kwasów nukleinowych (DNA lub mRNA).

kodon – sekwencja trzech kolejnych nukleotydów w mRNA lub DNA kodujących jeden aminokwas w białku.

kodominacja – sposób dziedziczenia, w którym dwa allele danego genu są równorzędne wobec siebie, a heterozygoty wykazują cechy determinowane przez oba allele.

konwergencja – proces ewolucyjny, który prowadzi do powstania podobieństw (analogii) pomiędzy niespokrewnionymi organizmami, w wyniku przystosowania się ich do podobnych warunków środowiska.

łańcuch pokarmowy (łańcuch troficzny) – uporządkowany ciąg organizmów, w którym każdy organizm jest zjadany przez następny.

łańcuchowa reakcja polimerazy (PCR) – metoda, która pozwala na uzyskanie w krótkim czasie dużej liczby kopii dowolnego fragmentu DNA.

modyfikacje potranskrypcyjne – procesy, podczas których dochodzi m.in. do wycięcia intronów i scalenia eksonów w cząsteczce pre-mRNA, w efekcie czego powstaje cząsteczka mRNA.

mutacja – trwała, nagła zmiana w materiale genetycznym.

narządy szczątkowe – narządy, które uległy uwstecznieniu u współcześnie żyjących organizmów.

nisza ekologiczna – wszystkie wymagania życiowe organizmu lub gatunku względem środowiska.

ochrona przyrody – ogół działań mających na celu zachowanie ożywionych i nieożywionych elementów przyrody w stanie niezmienionym lub takim, który umożliwia optymalne funkcjonowanie ekosystemów oraz w miarę możliwości przywracanie utraconych wartości przyrodniczych.

organizm transgeniczny – organizm, który ma w swojej informacji genetycznej gen innego gatunku.

organizm zmodyfikowany genetycznie (GMO) – organizm, którego materiał genetyczny został zmieniony za pomocą technik inżynierii genetycznej.

populacja – grupa osobników tego samego gatunku, żyjących na określonym obszarze w tym samym czasie.

poziom troficzny – grupa organizmów o podobnym sposobie odżywiania się i zajmujących takie samo miejsce w łańcuchach pokarmowych.

reintrodukcja – powtórne wprowadzenie osobników chronionego gatunku na tereny, na których gatunek ten już wyginął.

rekombinacja – proces prowadzący do uzyskania różnorodnych układów alleli genów tworzących genotypy.

replikacja DNA – proces prowadzący do podwojenia ilości DNA w jądrze komórkowym.

restytucja – wszelkie działania mające na celu odtworzenie właściwej liczebności populacji chronionego gatunku.

różnorodność biologiczna (bioróżnorodność) – bogactwo form życia na Ziemi.

sekwencja DNA – kolejność ułożenia nukleotydów w cząsteczce DNA.

siedlisko – miejsce występowania organizmu, charakteryzujące się określonymi czynnikami abiotycznymi.

specjacja – stopniowy proces prowadzący do powstania nowego gatunku.

środowisko – ogół czynników ożywionych (biotycznych) i nieożywionych (abiotycznych) występujących na danym obszarze, powstałych naturalnie oraz w wyniku działalności człowieka.

terapia genowa – metoda leczenia polegająca na wprowadzeniu obcych kwasów nukleinowych (głównie DNA) do komórek ciała pacjenta w celu uzyskania określonego efektu terapeutycznego.

tolerancja ekologiczna – zdolność przystosowywania się organizmu do zmian zachodzących w środowisku bez szkody dla jego życia i rozwoju.

transformacja nowotworowa – przemiana prawidłowych komórek ciała w komórki nowotworowe.

transkrypcja – synteza cząsteczki mRNA na podstawie informacji genetycznej zawartej w DNA.

translacja – synteza białka na podstawie informacji zawartej w mRNA.

zakres tolerancji ekologicznej – przedział wartości określonego czynnika, w którym dany organizm może przetrwać.

zależności antagonistyczne – zależności, w których przynajmniej jedna ze stron ponosi straty.

zależności nieantagonistyczne – zależności, w których przynajmniej jedna ze stron odnosi korzyści i żadna ze stron nie ponosi strat.

zmienność organizmów – występowanie różnic pomiędzy osobnikami należącymi do jednego gatunku.

zrównoważony rozwój – rodzaj rozwoju gospodarczego społeczeństw, który pozwala na zaspokajanie aktualnych potrzeb ludzi i nie utrudnia przyszłym pokoleniom zaspokajania ich potrzeb.

żywe skamieniałości – gatunki, które w prawie niezmienionej formie przetrwały wiele milionów lat do czasów obecnych.

Indeks

A

aberracje chromosomowe, p. mutacje chromo-
somowe
adenina 8, 11, 12, 21
Agenda 21 156
allele 26, 32, 55
– dominujące 26, 27, 29, 32, 37–39, 55
– recesywne 26–29, 32, 37–39, 55
– wielokrotne 38, 56
antropogeneza 101, 103, 167
antybiotykooporność 85, 104
antykodon 11
atawizm 87, 104
autosomy 41, 45, 55

B

biocenoza 107, 109, 134, 137, 138, 167
biodegradacja 60
biogaz 63
biogazownia 63
bioindykacja 113, 114, 167
bioindykator 113, 114, 115
biom(y) 109, 141, 142, 146, 167
bioróżnorodność, p. różnorodność biologiczna
biosfera 109, 141, 146, 157
biosynteza białka 11, 17, 18
biotechnologia 60, 65, 79, 167
– klasyczna (tradycyjna) 60, 61, 62, 64, 65, 79
– molekularna (nowoczesna) 60, 65, 74, 76, 78–80
biotop 107, 134, 137, 138, 167

C

cechy
– adaptacyjne 95
– atawistyczne 87, 167
– dominujące 26, 27, 30, 31, 33
– kodu genetycznego 14, 16
– populacji 116–119, 159,
– recesywne 26, 27, 30, 33
– sprzężone z płcią 42, 45, 56, 167
centromer 9, 21
choroba Huntingtona (płásawica Huntingtona) 52, 56

choroby

– dziedziczone dominująco 51, 53
– dziedziczone recesywnie 51, 52, 53
– jednogenowe 51, 52, 54, 56
– niesprzężone z płcią 51, 52, 54
– sprzężone z płcią 51, 52, 53

chromatyda 9, 21
chromatyna 9, 21
chromosom 9, 167
– homologiczny 47, 49, 167
– płci 41
cytozyna 8, 11, 12, 21
część genu
– regulatorowa 7, 21
– strukturalna 7, 21
człowiekowate 83, 101
czynnik(i)
– abiotyczne 110, 159
– biotyczne 110, 159
– mutagenne 47
– środowiska 46, 110, 159

D

daltonizm 42, 43, 44, 52, 56
Darwin Charles 83, 94
deoksyryboza 8, 12, 21
destruenci 135, 137, 138
DNA (kwas deoksyrybonukleinowy) 6–9, 10–12, 15, 17, 18, 21, 22, 66, 67, 79
dobór
– kierunkowy 96, 97, 105
– naturalny 83, 94, 96, 97, 105, 167
– płciowy 97
– różnicujący 96, 97, 105
– stabilizujący 96, 97, 105
– sztuczny 94

dominacja
– niepełna (niezupełna) 37, 40, 55, 167
– pełna (zupełna) 37, 40, 55, 167

dowody ewolucji
– bezpośrednie 83, 84, 85, 104
– pośrednie 83, 84, 87, 104

drapieżnictwo 127, 130, 133, 160
drzewo filogenetyczne (rodowe) 92, 93, 103

dymorfizm płciowy 97
dywergencja 87, 88, 93, 167
dziedziczenie
– płci 41, 42
– wielogenowe 38, 40, 55, 167

E

ekologia 108, 109, 115, 159
ekologiczny odcisk stopy 158
ekosystem 107, 109, 134, 137, 138, 140, 160, 167
– naturalny 134
– półnaturalny 134
– sztuczny 134
ekson 7, 18, 21, 167
ekspresja genu 17, 20, 22, 167
elektroforeza DNA 66, 68, 79, 167
emigracja 117
endemit 87, 141, 167
Europejska Sieć Ekologiczna Natura 2000, p. Natura 2000
ewolucja 83
– biologiczna 84, 93, 104, 167
– rozbieżna, p. dywergencja
– zbieżna, p. konwergencja
ewolucjonizm 84

F

fenotyp 25, 26, 27, 32, 55, 167
fermentacja 59
– alkoholowa 59, 64
– mlekowa 64
filogeneza 92, 93
fitoplankton 151

G

gatunek 98, 100, 105, 167
gen(y)
– ciągłe 7
– nieciągłe 7, 21
– sprzężone 43
genotyp 25, 26, 28–30, 32, 35–36, 38–39, 44–45, 55, 167
GMO, p. organizm zmodyfikowany genetycznie
guanina 8, 11, 12, 21

H

hemofilia 42, 45, 51, 56
heterozygota 27, 28, 30, 32, 34, 55, 167
hierarchia społeczna 126
histon 9
homozygota 27, 32, 34, 55, 168
– dominująca 27, 30, 31, 32, 34, 40, 53
– recesywna 27, 30, 32, 34, 40, 53

I

imigracja 117
industrializacja 147, 150
intensyfikacja rolnictwa 147
intron 7, 18, 21, 22, 168
inżynieria genetyczna 66, 68, 70, 77, 79, 168
izolacja rozrodcza 99

K

kariotyp 41, 45, 53, 55, 168
kod genetyczny 13–16, 22, 168
kodominacja 38, 40, 55, 168
kodon 13, 14, 168
– START 13, 19
– STOP 13, 15, 19, 48
komensalizm 121, 124, 160,
komplementarność zasad 8, 12, 15, 18
kompost 63
konkurencja 95, 121, 125, 133, 160
– międzygatunkowa 125
– wewnątrzgatunkowa 126
konsumenci 107, 135, 137, 138, 160
konwencja
– o różnorodności biologicznej 156
– waszyngtońska (CITES) 157
konwergencja 87, 90, 91, 93, 168
korytarz ekologiczny 153
krzyżówka
– dwugenowa 35, 36
– jednogenowa 31, 32
– testowa 26, 30, 32, 35
kwas
– deoksyrybonukleinowy, p. DNA
– rybonukleinowy, p. RNA

L

liczebność populacji 116, 118, 120, 127, 159
litosfera 141

Ł

łańcuch
– detrytusowy 135
– pokarmowy (troficzny) 135, 138, 160, 168
– spasania 135
łańcuchowa reakcja polimerazy, p. PCR

M

małpy człekokształtne 101, 102, 105
mejoza 10, 47, 53
Mendel Gregor 26, 33
migracja 117, 126
mikoryza 62, 122
mitoza 10
modyfikacje
– potranskrypcyjne RNA 18, 20, 22, 168
mRNA 11, 13, 14, 18–22, 48
mukowiscydoza 52, 56
mutacje 25, 46, 47, 50, 56, 168
– chromosomowe (aberracje chromosomowe) 25, 48, 49, 50, 56, 167
– liczbowe 49, 56
– strukturalne 49, 56
– genowe 25, 48, 50, 56
mutualizm 122, 124
– fakultatywny 121, 123, 124, 160
– obligatoryjny 121, 122, 124, 160

N

naczelne 101, 103
narządy
– analogiczne 83, 90, 93, 104
– homologiczne 83
– szczątkowe 83
Natura 2000 (Europejska Sieć Ekologiczna Natura 2000) 157, 158
nić DNA
– kodująca 13, 18
– matrycowa 13, 18

nisza ekologiczna 111, 115, 159, 168
nukleotyd 5, 8, 11, 12, 14, 15, 21, 48, 67

O

obieg materii 137, 138
obszar chronionego krajobrazu 153
obszar gór wysokich 142, 146
ochrona
– bierna 152, 158
– częściowa 154
– czynna 152, 154, 158
– gatunkowa 152, 154, 158, 160
– indywidualna 152, 155, 158, 160
– przyrody 152
– ścisła 153, 154
ochrona przyrody 152
ognisko bioróżnorodności 141
organizm
– transgeniczny 69, 73, 80, 168
– zmodyfikowany genetycznie (GMO) 69, 73, 80, 168

P

park
– krajobrazowy 153
– narodowy 153
pasożytnictwo 62, 121, 132, 133, 160
pasożyt 62, 121, 132, 133, 160
patogen 61, 65, 79
PCR (łańcuchowa reakcja polimerazy) 67, 68, 79, 168
penicylina 61, 79
piramida
– wieku 118
– wieku i płci 118
płásawica Huntingtona, p. choroba Huntingtona
podwójna helisa 5, 8, 21
polimery biodegradowalne 63
polimeraza
– DNA 10, 22
– RNA 18, 20
polipeptyd 6, 13, 22
poliploidalność 49
pomnik przyrody 155

populacja 98, 99, 100, 107, 109, 116–120, 127, 159, 168
poradnictwo genetyczne 59, 74, 78, 80
poziom troficzny 135, 138, 160, 168
prawo(a)
– I prawo Mendla (czystości gamet) 28, 29, 32, 34, 55
– II prawo Mendla (niezależnej segregacji cech) 33– 36, 55
producenci 107, 135, 137, 138, 160
produkt bez GMO 69, 73
profil genetyczny 66, 79
protokooperacja, p. mutualizm fakultatywny
przepływ energii 137, 138
pula genowa 98, 100, 105

R

ramka odczytu 48
regulacja ekspresji genów 20, 22
reintrodukcja 154, 158, 168
rekombinacja 47
replikacja DNA 10, 12, 22, 67, 168
restytucja 154, 158, 168
rezerwat
– biosfery 157
– przyrody 153
RNA (kwas rybonukleinowy) 6, 7, 11, 12, 21
– informacyjny, p. mRNA
– rybosomowy, p. rRNA
– transportujący, p. tRNA
rRNA 11, 21
rodowód genetyczny 53, 54
roślinozerność 121, 127, 128, 133, 160
rozmieszczenie
– losowe 117, 120
– równomierne 117, 120
– skupiskowe 117, 120
rozrodczość 117, 120
różnorodność
– biologiczna (bioróżnorodność) 71, 139, 140, 146, 147, 148, 151, 160, 168
– ekosystemowa 139, 146, 160
– gatunkowa 139, 140, 146, 160

– genetyczna 139, 146, 160
rybosom 11, 19
ryboza 11, 21
S
sekwencja
– DNA 8, 168
– kodująca, p. ekson
– komplementarna 17
– niekodująca, p. intron
selekcja
– naturalna, p. dobór naturalny
– sztuczna, p. dobór sztuczny
sieć pokarmowa (troficzna) 136, 138, 160
siedlisko 110, 111, 115, 147, 149, 157, 159, 168
skala porostowa 115
skamieniałości 83, 85, 86, 104
smog 148
specjacja 99, 100, 105, 168
stanowisko dokumentacyjne 155
starter 67
strefa pływów 145
struktura
– płciowa 118, 120, 159
– przestrzenna 117, 120, 159
– wiekowa 118, 120, 159
surowica odpornościowa 61
symbioza 151
szachownica Punnetta 29
szczepienie drzew 65
szczepionka
– glebowa 62
– mikoryzowa 62

Ś

śmiertelność 117
środowisko 110, 112, 115, 147, 159, 168

T

terapia genowa 75, 78, 80, 168
tolerancja ekologiczna 112, 115, 159, 168
transformacja nowotworowa 50, 169
transkrypcja 17, 18, 20, 22, 48, 169

transkrypcja 17, 18, 20, 22, 48, 169
translacja 17–20, 22, 48, 169
tymina 8, 21

U

układ zjadający–zjadany 127
uracyl 11, 21
urbanizacja 147
użytek ekologiczny 155

W

walka o byt 95
wektor 75
włókno chromatyny 9

Z

zagęszczenie populacji 116, 120, 159
zakres tolerancji ekologicznej 112, 113, 115, 159, 169
zależności
– antagonistyczne 107, 121, 125, 169

– nieantagonistyczne 107, 121, 124, 169
– pokarmowe 134
zapis kopalny 84–86

zasada

– azotowa 5, 8, 11, 12, 21
– komplementarności 8, 12

zespół

– Downa 53, 56, 74
– przyrodniczo-krajobrazowy 155

złodowacenia 87, 140

zmienność

– genetyczna 46, 47, 50, 56, 95
– mutacyjna 46, 47, 50, 56
– rekombinacyjna 46, 47, 50, 56

zrównoważony rozwój 156, 158, 169

Ż

żywa skamieniałość 83, 84, 86, 104, 169

Autorzy ilustracji:

Ewelina Baran: 5 (DNA), 14 (lwica), 38, 88, 89, 90, 91, 102 (szkielet kobiety), 137 (roślina). **Joanna Ptak:** 5 (nukleotyd), 7 (DNA, RNA, struktura genu), 8 (nukleoid, zasady kompleksowe), 10 (mitoza, mejoza), 9 (DNA, RNA, tRNA), 11 (RNA płaski, tRNA), 13, 14 (układ, grzyb, kwiat), 21, 23, 43 (chromosomy), 47, 48, 49 (mutacje liczbowe), 50 (postacie), 58 (il. górna), 61 (próbówka), 66 (pipety), 75 (naczynie), 81, 86, 92 (mały kladogram), 99, 100, 103 (ikona człowieka), 114 (układ, czaszka), 116 (schemat), 137 (biotop, kot i kompozycja obiegu materii, schemat dolny), 149 (kula ziemska), 158, 178 (chromosom, nukleotyd). **Marcin Ptak:** 52 (il. dolna), 67. **Elżbieta Buczkowska:** 15, 84 (muszla), 87 (postać), 117, 142, 149 (ilustracja efektu cieplarnianego), 153. **Rafał Buczkowski:** 87 (kręgosłup), 102 (szkielety). **Wojciech Sendal:** 8 (nić DNA), 9 (nić DNA, chromosom), 11 (mRNA, RNA), 27, 42, 61 (strzykawka, worek z krwią), 137 (mysz). **Ewa Sowulewska:** 10 (replikacja DNA), 7 (białko), 9 (komórki, plemnik, białko), 11 (tRNA, rRNA, rybosom), 13, 14 (taśmy, kulki), 17, 19, 18 (biosynteza), 26, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 48, 49 (mutacje strukturalne), 52, 75 (DNA, komórki, wirus), 99, 100, 116 (mysz), 156 (ziemia), 178 (biosynteza kwiaty). **Laura Maziewska:** 85, 87 (zarodki), 91 (oko w lupach, płetwy), 95, 96, 103 (ikony małp), 105, 106, 110 (grzyby, kuna, wiatr, obłok z deszczem), 112, 113, 114 (larwy, czaszka, traktor, gospodarstwo rolne, rzeka), 118, 119, 121, 124, 127 (wykresy drapieżnik ofiara), 137 (grzyby), 138, 146, 147 (traktor), 153, 156 (dolar). **Krzysztof Mrawiński:** 22, 58 (chromosomy), 165, 178 (postacie). **Marek Nawrocki:** 50 (kulki). **Marta Długokęcka:** 33, 102 (szkielet kobiety). **Zuzanna Dudzic:** 66 (płytką, prąd). **Natalia Helman:** 9 (ikonki), 19 (jądro w tle), 43 (postacie), 60, 65, 84 (oko, ziemia, kość, dziecko), 110 (bakteria, termometr), 114 (świnka). **Wioleta Herczyńska:** 7 (DNA), 38, 87 (postać), 92 (cytochrom, 128 (układ pokarmowy). **Agata Knajdek:** 8 (sekwencja DNA), 48, 81 (postacie), 84 (DNA), 110 (drzewo, słońce), 114 (drzewo), 137 (ikona słońca), 147 (samochody), 149 (ikona słońca), 156 (postacie). **Adam Król:** 114 (fabryka, wieżowce), 147 (samolot, bloki, fabryka). **Paulina Podolska:** 61 (żmija, koń), 73, 74, 127 (wykres roślinożerca), 147 (palma). **Sławomir Maniak:** 115 (porost).

Projekty graficzne:

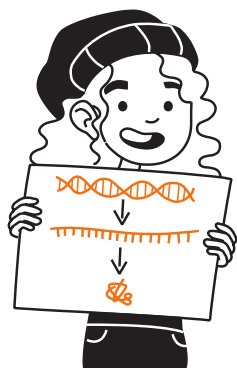
Ewelina Baran, Marcin Kołacz: 88–89, 90–91; **Marek Błoszko:** 8–9, 27, 132, 133, 148–149; **Marek Błoszko, Marcin Kołacz:** 11, 14, 18–19, 28, 30, 34, 52, 61, 62–63, 70–71, 96, 99; **Marek Błoszko, Aleksandra Szpunar:** 102; **Elena Griukova-Wojnowska:** 122–123, 128–129, 130–131; **Marcin Kołacz:** 60, 64, 67, 75, 76, 98, 100, 101, 114, 136, 142–144, 153; **Marcin Kołacz, Sławomir Włodarczyk:** 109; **Piotr Rudź:** 145, 155; **Piotr Rudź, Marcin Kołacz:** 86; **Grażyna Truchlińska:** 43, 48–49; **Sławomir Włodarczyk:** 110–111, 115; **Ultra:** 5, 25, 59, 83, 107.

Zdjęcia:

BE&W: PPhoto Researchers, Inc./Biophoto Associates s. 41 (chromosomy), Science Source/Gary Bauchan/Stephen Ausmus/USDA s. 61 (pędzlak *Penicillium*), Alamy Stock Photo/Denis Crawford s. 62 (kruszynek składający jaja), Alamy Stock Photo/Andia s. 62 (larwa biedronki), Alamy Stock Photo/Karel Tupý s. 64 (kadzie do warzenia piwa), Alamy Stock Photo/Marcel Tisch s. 67 (naukowiec), imagebroker/Jochen Tack s. 68 (zbieranie odcisków palców), Alamy Stock Photo/Dorling Kindersley Ltd s. 86 (skamielina archeopteryksa), Nature Picture Library/Dave Watts s. 86 (dziobak), Alamy Stock Photo/Tony Mills s. 96 (ślimaki wstężyki), Alamy Stock Photo/Holger Ehlers s. 98 (wilk leśny), Alamy Stock Photo/Jim Cumming s. 98 (wilk syberyjski), Alamy Stock Photo/Saverio Gatto s. 98 (wilk apeniński), Alamy Stock Photo/Zoltan Bagosi s. 99 (jeź wschodni), Alamy Stock Photo/Robbi Akbari Kamaruddin s. 101 (orangutan), Alamy Stock Photo/Justine Evans s. 102 (szympans), Nature Picture Library/Matthew Maran s. 109 (lis niosący zdobycz), Nature Picture Library/Markus Varesvuo s. 109 (lis), Alamy Stock Photo/imageBROKER.com GmbH & Co. KG s. 110 (orzysznicza leszczynowa w dziupli), Alamy Stock Photo/Bildagentur-online/McPhoto-W.Rolfes s. 111 (dzieciół duży z orzechem), Alamy Stock Photo/blickwinkel s. 111 (orzysznicza leszczynowa na gałęzi z orzechami), Nature Picture Library/Bruno D'Amicis s. 112 (fenek), Alamy Stock Photo/blickwinkel s. 123 (krab pustelnik), Alamy Stock Photo/blickwinkel s. 124 (ryby), Alamy Stock Photo/David Fleetham s. 124 (pąkle na ciele humbaka), Alamy Stock Photo/imageBROKER.com GmbH & Co. KG s. 128 (wiewiórka ruda), Alamy Stock Photo/shapencolour s. 129 (litopсы), Nature Picture Library/Artur Tabor s. 134 (żubry w puszczy), Alamy Stock Photo/AGAMI Photo Agency s. 136 (ryjówka), Alamy Stock Photo/Vasiliy Vishnevskiy s. 136 (mysz polna), Alamy Stock Photo/blickwinkel s. 139 (konik popospolity *Chorthippus biguttulus* o czerwonej barwie), Alamy Stock Photo/leopictures s. 139 (konik popospolity *Chorthippus biguttulus* o zielonej barwie), Alamy Stock Photo/SeaTops s. 142 (pustynia lodowa), Alamy Stock Photo/Marek Idowski s. 155 (dolina rzeki Grabii), Alamy Stock Photo/mauritius images GmbH s. 156 (żbik europejski); **EAST NEWS:** REPORTER/Lukasz Szczepanski s. 63 (oczyszczalnia ścieków), Piotr Molecki s. 68 (badanie szczątków ludzkich); **FLASH PRESS MEDIA:** MEDICAL Images/Medical Images RM/Claude Bucau s. 41, 53 (kariotyp, chromosomy XY); **FORUM:** Marek Skorupski s. 153 (Szlak Orlich Gniazd), Daniel Pach s. 153 (obszar chronionego krajobrazu Doliny Drwęcy); **GETTY IMAGES:** Moment RF/Kjell Suwardi Linder – okładka, iStock/selvanegra s. 5 (komórki diploidalne na łańcuchu mRNA), iStock/Nina-Malyna s. 6 (dziewczyna), iStock/TanyaJoy s. 14 (łańcuch DNA), View Stock RF s. 28 (biały kwiat groszku), Stone RF/Botanica/Alexandra Grablewski s. 34 (roślina groszku), iStock/Ana Pareja Royo s. 40 (kot), E+/FatCamera s. 46 (grupa młodych ludzi), iStock/appledesign s. 59 (próbówki w laboratorium), E+/Alexander Chernyakov s. 60 (kłosy pszenicy), E+/AJ Wattamaniuk s. 60 (naukowiec), iStock/DNY59 s. 60 (prawo), iStock/Reptile8488 s. 61 (bioreaktor), iStock/Nnehring s. 62 (bakterie brodawkowe na korzeniach), iStock/senorcampesino s. 63 (biogazownia), iStock/Mariana Mikhailova s. 64 (kiszzone ogórki), iStock/bdspn s. 69 (insulina), iStock/Somrakjendee s. 69 (soja), Amana Images Inc s. 70 (kłosy złotego ryżu), iStock/PetlinDmitry s. 70 (mysz laboratoryjna), E+/fcafotodigital s. 70 (sery), iStock/rustamank s. 72 (pole soi), iStock/unoL s. 76 (komórki macierzyste), Westend61/gpointstudio s. 76 (kolby kukurydzy), E+/DavidBGray s. 77 (wyposażenie laboratorium), Science Photo Library RF/Leonello Calvetti s. 86 (archeopteryks, model 3d), iStock/Pavol Klimek s. 98 (wilk europejski), Corbis Documentary RF/Staffan Widstrand s. 98 (wilk polarny), E+/Adrian Coleman s. 99 (jeź zachodni), Digital Vision/Arctic-Images s. 99 (szczelina w lodzie), iStock/Galina Sandalova s. 100 (owoce glogu), iStock/Viktorus s. 100 (owoce jabłoni), iStock/GlobalP s. 101 (mandryl), iStock/zokru s. 101 (goryl), iStock/GlobalP s. 101 (szympans), iStock/Ridofranz s. 101 (człowiek), iStock/BjornStefanson s. 108 (foka szara), E+/Bim s. 108 (oczyszczalnia ścieków), Photodisc/Enrique R. Aguirre Aves s. 109 (lis z młodymi), Moment RF/Viktor Posnov s. 109 (jezioro w lesie), Moment RF/Cappi Thompson s. 109 (lis na polanie), Stocktrek Images s. 109 (kula ziemska), Moment RF/Fabrizio Moglia s. 110 (orzysznicza leszczynowa), iStock/Jmrocek s. 111 (dziki w lesie), E+/spxChrome s. 112 (martwa mrówka), iStock/abadonian s. 114 (pastrąg), iStock/Zarifa s. 114 (milek wiosenny), Moment RF/Kieran Stone s. 117 (kolonia głuptaków), iStock/Andyworks s. 117 (wataha wilków), Moment RF/Jay Kerr s. 117 (las mieszany), E+/Dhoxax s. 122 (krowa), iStock/Simoneemanphotography s. 123 (nosorożec z bąkojadami), Stone RF/Mike Hill s. 126 (migracja słońi), iStock/taviphoto s. 126 (trznadel), iStock/Kaja Hiis s. 129 (dzika róża), Photodisc/Winfried Wisniewski s. 130 (gepard podczas pościgu), Stone RF/Paul Souders s. 131 (antylopa podczas biegu), iStock/Dirk Ercken s. 131 (drzewołaz), 500px Plus/Konstantin Nechaev s. 132 (komar), iStock/showcake s. 133 (korzenie cebuli), Stone RF/Manoj Shah s. 133 (małpy), iStock/garnet71 s. 134 (stado owiec), iStock/Márk Borbély s. 134 (winnica), E+/Lepro s. 135 (ślimak winniczek), iStock/CreativeNature_nl s. 135 (żaba trawna), iStock/BushAlex s. 135 (jeź), iStock/GlobalP s. 136 (lis rudy), iStock/GlobalP s. 136 (sowa), iStock/Avalon Studio s. 136 (poziomki), E+/Alasdair Thomson s. 136 (ziarna traw), iStock/Svetlana Mihailova s. 136 (zaskroniec), Juliane Franke/EyeEm s. 136 (żdźbła trawy, tło), Moment RF/Jacky Parker s. 139 (łąka z kwiatami), iStock/strmko s. 140 (rafa koralowa), E+/Philip Thurston s. 141 (humbaki), iStock/Marcus Lindstrom s. 143 (tajga), Corbis Documentary RF/Ron Sanford s. 143 (tundra), Moment RF/Nick Brundle Photography s. 143 (las liściasty), iStock/bdfyjdbx s. 143 (roślinność śródziemnomorska), iStock/Ramdan_Nain s. 144 (las równikowy), iStock/czekma13 s. 144 (sawanna), Tetra Images RF s. 144 (step), Moment RF/Paul Biris s. 144 (pustynia), Moment RF/Frédéric Desmoulins s. 145 (delta rzeki), iStock/Patrick Herrera s. 148 (smog uliczny), iStock/NiserinN s. 149 (niedźwiedź polarny), iStock/richcarey s. 149 (wycinka lasów), iStock/Eloi_Omella s. 151 (żywa rafa koralowa), Moment RF/Brett Monroe Garner s. 151 (obumarła rafa koralowa), Stone RF/Dougal Waters Photography Ltd s. 154 (foka szara), 500px Plus/Weng Lim s. 157

(ary hiacyntowe); **INDIGO IMAGES:** Science Photo Library (SPL) s. 11 (model rybosomu), SPL/Steve Gschmeissner s. 62 (bakterie *Rhizobium*, grzybnia na korzeniach, mikoryza), s. 64 (drożdże *Saccharomyces cerevisiae*, bakterie *Lactobacillus*), SPL s. 85 (antybiotyk metycylina, MRSA), SPL/Natural History Museum s. 86 (szkielet konia *Hyracotherium*), AGE Fotostock/Gaston Piccinetti s. 98 (wilk meksykański), AGE Fotostock/Beauty Photo Studio s. 102 (idąca kobieta), FLPA/Steve Trehwella s. 114 (solanka kolczasta), SPL s. 122 (korzeń z mikoryzą, bakterie trawiące celulozę, koralowiec w symbiozie z glonami), Minden Pictures/Christian Ziegler s. 122 (pszczoła na figowcu), SPL s. 129 (włoski parzące pokrzywy), SPL s. 132 (człon rozrodczy tasiemca), SPL/Steve Gschmeissner s. 132 (tasiemiec), SPL s. 133 (makrofagi atakujące pasożyta); **SHUTTERSTOCK:** Budimir Jevtic s. 25 (bliźniaczki jednojajowe), Petr Ganaj s. 30 (czerwony kwiat groszku), Veronika Galkina s. 42 (niemowlęta), Southtownboy Studio s. 43 (balon), Andy Dean Photography s. 46 (bliźniaczki jednojajowe), Tim UR s. 49 (truskawki), Nataliia Zhekova s. 52 (oczy chłopca), Gorodenkoff s. 52 (tomografia komputerowa), Connect world s. 60 (próbówki), khak s. 60 (woda), Fotostock52 s. 61 (cytryna z pleśnią), New Africa s. 61 (surowica), paulynn s. 63 (opakowania biodegradowalne), Halfpoint s. 63 (kompostownik), vkuslandia s. 64 (ciasto drożdżowe), FabrikaSimf s. 64 (sery), Simon Dannhauer s. 65 (szczepienie drzewa owocowego), Mongkolchon Akesin s. 68 (laboratorium biotechnologiczne), Elena Rostunova s. 69 (goździki), Rudenko Alla s. 71 (opakowania biodegradowalne), ricok s. 71 (ziemniaki), Kues s. 75 (nastolatek), Lightspring s. 78 (szczepionka), RomanVX s. 83 (bursztyn z inkluzją), Julian Wiskemann s. 94 (młode żółwie), Irina Kozorog s. 94 (rasy psów), Africa Studio s. 96 (noworodek), Sergey Uryadnikov s. 96 (orzeł bielik), Katarzyna Maksymiuk s. 97 (paw), Yuangeng Zhang s. 100 (nasionnica jabłkówki), Eric Isselee s. 101 (lemur, gibbon), Ghing s. 101 (wyrak), Perla Sofia s. 101 (wyjec), ferwerton s. 102 (szympany), Pasin.m.o66o s. 107 (mrówka i mszyce), Fotokon s. 108 (Rezerwat Mewia Łacha), slowmotiongli s. 111 (orzecz-nica leszczynowa na gałęzi z owocami), Henrik Larsson s. 111 (las z leszczynami), Veran36 s. 111 (owoce leszczyny), Andrey Pavlov s. 112 (mrówka), KangGod s. 112 (ospała mrówka), Alexey Seafarer s. 112 (lis polarny), Cavan-Images s. 115 (brodaczka nadobna), aleksandraAlex s. 115 (pustulka pęcherzykowata), Fotofermer s. 119 (mniszek lekarski), Anna Sedneva s. 120 (babka lancetowata), Anzhela Shvab s. 122 (owoce figowca), Drakuliren s. 123 (gile), ervin herman s. 123 (mrówki i mszyce), suddat wiriyanon s. 124 (storczyki na drzewie), Maggy Meyer s. 124 (bawół i czaple), Rui Duarte s. 124 (humbak), Cecilie Bergan Stuedal s. 125 (wiewiórka szara), Peter Fodor s. 125 (ryś), Holly Kuchera s. 126 (wilki), paula french s. 128 (żyrafa), Ihor Hvozdetyskyi s. 128 (żubr), AlekseyKarpenko s. 128 (grubodziób), Volodymyr Nikitenko s. 129 (kolce róży), Simon Groewe s. 129 (wilcze jagody), nada54 s. 129 (pokrzywy), Ihor Hvozdetyskyi s. 129 (jasnota biała), Giedrius s. 130 (orzeł bielik), Shutterofadam s. 130 (pająk), Maggy Meyer s. 130 (lampart w ukryciu), MyImages – Micha s. 130 (kameleon), Kurit afshen s. 130 (wąż zielony), Maryna Muzyka s. 131 (jeź zwinęty w kulkę), anetapics s. 131 (surykatki), Claudio Carra s. 131 (mimetyzm), Protasov AN s. 132 (wesz ludzka), Nella s. 135 (jagody), Eric Isselee s. 135 (lis rudy), WildlifeWorld s. 135 (kos), nito s. 135 (odpadki biologiczne), New Africa s. 135 (dżdżownica), Anton MirMar s. 136 (gadożer zwyczajny), Maksym Gorpenyuk s. 136 (ślimak winniczek), oksana2010 s. 136 (koniczyna łąkowa), D. Kucharski K. Kucharska s. 136 (ogrodnica niszczylistka), Rudmer Zwerver s. 136 (żaba trawna), Nataliia Sokolovska s. 139 (las, łąka i staw), Olga Danylenko s. 140 (las liściasty), Shishkin Dmitry s. 140 (las tropikalny), Ondrej Chvatal s. 141 (lemury), Piotr Krzeslak s. 145 (jezioro), Shaiith s. 145 (rzeka), Vlad61 s. 145 (rafa koralowa), Zyryane s. 145 (brzeg morski), Jason Mintzer s. 148 (martwe ryby), Jag_cz s. 148 (żółw morski), Desandando Caminos s. 150 (topniejący lodowiec), ANGHI s. 153 (lilią złotogłów), MilousSK s. 154 (żubr), Michael Thaler s. 154 (suseł moregowany), Fernando A. Batista s. 157 (kulik wielki); **Pozostałe źródła:** AquaBounty Technologies/www.aquabounty.com/Barrett & MacKay Photo s. 70 (łosoś zmodyfikowany genetycznie), Fundacja Klamra/Dariusz Paczkowski/3fala.art.pl s. 71 (mural *Stop GMO*), Robert Nordsieck/www.molluscs.at s. 96 (ślimaki wstężyki o różnej barwie), Jerzy Opiola/Wikipedia s. 115 (miecznica proszkowata *Lecanora conizaeoides*), Pomorski Zespół Parków Krajobrazowych/Wdzydzki Park Krajobrazowy s. 155 (użytek ekologiczny), Bogdan Wańkowicz/Patryk Budzich s. 155 (aleja lipowa), Piotr Jagodziński/przyrodniczo.pl s. 155 (stanowisko dokumentacyjne), Paweł Marczakowski s. 157 (Transgraniczny Rezerwat Biosfery „Roztocze”).

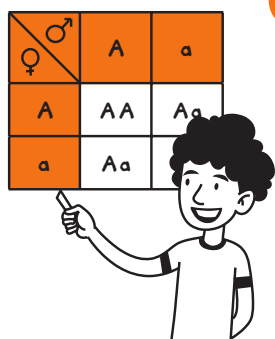
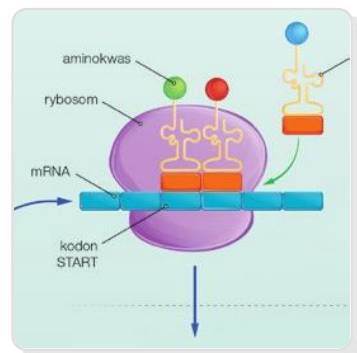
Za co polubisz podręcznik NOWA Biologia na czasie 3?



Powód 1

Realistyczne ilustracje, uproszczone rysunki i czytelne infografiki.

Dzięki nim łatwo dowiesz się, na czym polegają procesy biologiczne. Patrzysz i od razu rozumiesz.



Powód 2

Genetyczne krzyżówki!

Spokojnie, przejdziemy przez nie krok po kroku. Nie będziesz mieć już z nimi żadnych problemów.

6 Zapisz, jaki jest stosunek genów i fenotypów potomstwa.

Stosunek genotypów:

1 : 2 : 1

AA : Aa : aa

Stosunek fenotypów:

3 : 1



czerwone
kwiaty



białe
kwiaty



Powód 3

Podsumowania po każdym rozdziale. Przygotowane tak, żeby łatwo było wszystko zapamiętać. Na pewno pomogą Ci w nauce do sprawdzianu.

