



Krzyżówki wielogenowe – ćwiczenia

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Krzyżówki wielogenowe – ćwiczenia

Zdjęcie przedstawia groch zwyczajny (*Pisum sativum*) – modelowy obiekt badań genetycznych.
Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Drugie prawo Mendla, zwane prawem niezależnej segregacji cech, wyjaśnia sposób przekazywania genów kodujących różne cechy. Reguła ta ma zastosowanie, jeżeli analizowane jest dziedziczenie genów umieszczonych na różnych chromosomach, czyli niesprzężonych ze sobą. Wykorzystując krzyżówki wielogenowe, jesteśmy w stanie przewidzieć, jakie uzyskamy genotypy i fenotypy osobników potomnych.

Twoje cele

- Omówisz prawo niezależnej segregacji cech.
- Rozwiążesz krzyżówki wielogenowe, korzystając z kwadratu Punnetta.
- Zapiszesz i przeanalizujesz krzyżówki.
- Określisz prawdopodobieństwo wystąpienia danych genotypów i fenotypów oraz stosunek fenotypowy w pokoleniach potomnych.

Przeczytaj

Niezależne dziedziczenie cech

Drugie prawo Mendla mówi, że **allele różnych genów są rozdzielane do gamet niezależnie od siebie i losowo**, we wszystkich możliwych kombinacjach **genotypów**. Prawo to ma zastosowanie podczas analizy cech kodowanych jednogеноwo, których geny umieszczone są na różnych chromosomach (geny niesprzężone), a allele genów ujawniają się według zasad dominacji zupełnej.

Więcej informacji znajdziesz w e-materiale pt. *Prawo niezależnego dziedziczenia cech*.

Krzyżówka dwugenowa Mendla

Allele:

- **A** – żółte nasiona
- **a** – zielone nasiona
- **B** – gładka powierzchnia nasion
- **b** – pomarszczona powierzchnia nasion

Linie czyste:

- **AABB** – żółte, gładkie nasiona
- **aabb** – zielone, pomarszczone nasiona

Pokolenie rodzicielskie: AABB × aabb

Gamety: AB × ab

F1 (pierwsze pokolenie potomne):

♂ \ ♀	AB	AB
ab	AaBb	AaBb
ab	AaBb	AaBb

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Stosunek fenotypowy 4 : 0 (wszystkie osobniki tworzą żółte, gładkie nasiona)

Drugie pokolenie rodzicielskie: AaBb × AaBb

Gamety: AB, Ab, aB, ab × AB, Ab, aB, ab

F2 (drugie pokolenie potomne):

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

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Stosunek fenotypowy 9 : 3 : 3 : 1

- Wszystkie osobniki, u których występował choć jeden **allel dominujący** A i B, miały żółte, gładkie nasiona.
- Osobniki z jednym allelem dominującym A i dwoma **allelami recesywnymi** b miały żółte, pomarszczone nasiona.
- Osobniki z dwoma allelami recesywnymi a, ale jednym dominującym B miały zielone, gładkie nasiona.
- Osobniki z allelami recesywnymi a i b miały zielone, pomarszczone nasiona.

Krzyżówki wielogenowe mogą być stosowane do **analizy różnych cech osobników jednocześnie**. Istotne, by były to cechy **niesprężone**.

Cechami jednogenowymi są m.in.:

- bezrożność i rogatość u bydła;
- biały pas u czarno umaszczonych świń rasy hampshire;
- bezrożność i rogatość u kóz;
- jednolite umaszczenie i łaciatność u bydła;
- kolor umaszczenia u bydła;
- barwa kwiatów fasoli;
- niedokrwistość sierpowatokrwinkowa u człowieka;
- mukowiscydoza u człowieka;
- skóra pergaminowa u człowieka.

Krzyżówka dwugenowa dla genu determinującego rodzaj płatków uszu i dla genu determinującego występowanie piegów u człowieka

U człowieka rodzaj płatków uszu (odstające lub przylegające) oraz występowanie piegów to cechy warunkowane przez geny autosomalne, mające po dwa allele. Allel warunkujący odstające płatki uszu oraz allel kodujący występowanie piegów są dominujące:

- U – odstające płatki uszu;
- u – przylegające płatki uszu;
- G – obecność piegów;
- g – brak piegów.

Kobieta piegowata (**homozygota**), o przylegających płatkach uszu oczekuje dziecka, którego ojcem jest mężczyzna bez piegów, mający odstające płatki uszu i będący **heterozygotą** pod względem tego genu. Rozwiąż odpowiednią krzyżówkę:

- pokolenie rodziców: **GGuu** × **ggUu**;
- gamety: **Gu** × **gU, gu**.

Czy wśród ich potomstwa może pojawić się dziecko bez piegów, z odstającymi płatkami uszu?

♂	♀	Gu	Gu
gU		GgUu	GgUu
gu		Gguu	Gguu

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

- Prawdopodobieństwo wystąpienia genotypu GgUu: **50%**.
- Prawdopodobieństwo wystąpienia genotypu Gguu: **50%**.
- Stosunek fenotypowy: **2 : 2**.

Małżeństwo nie może mieć dziecka bez piegów i z odstającymi płatkami uszu. Każdy z potomków będzie piegowaty, ponieważ kobieta była homozygotą dominującą pod względem tej cechy. W przypadku drugiej cechy 50% dzieci będzie miało odstające płatki uszu, a 50% – przylegające.

Liczba pojawiających się kombinacji cech jest skorelowana z **genotypem** rodziców. W przypadku prezentowanych krzyżówek dwugenowych największy rozszczep cech będzie występował, jeżeli rodzice będą heterozygotami pod względem obu cech. Im więcej cech homozygotycznych u rodziców, tym mniej rodzajów gamet oni wytworzą.

Krzyżówka dwugenowa dla genu warunkującego umaszczenie oraz dla genu warunkującego rogatość u bydła

U bydła umaszczenie (czarne lub czerwone) oraz występowanie rogów (bezrożność lub rogatość) to cechy warunkowane przez geny autosomalne, mające po dwa allele. Allel warunkujący czarne umaszczenie oraz allel kodujący bezrożność są dominujące:

- C – umaszczenie czarne;
- c – umaszczenie czerwone;
- P – bezrożność;
- p – rogatość.

Skrzyżowano czarnego, bezrogiego byka z czerwoną, rogatą krową. Oba osobniki były homozygotami pod względem obu cech.

- Pokolenie rodziców: **CCPP** × **ccpp**.
- Gamety: **CP** × **cp**

Czy wśród ich potomstwa mogą pojawić się osobniki rogate o czerwonym umaszczeniu?

♂ / ♀	♀	cp	cp
CP		CcPp	CcPp
CP		CcPp	CcPp

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

- Stosunek fenotypowy: **4 : 0**. Wszystkie osobniki są bezrogie, o czarnym umaszczeniu. Nie jest możliwe uzyskanie osobnika rogatego o czerwonym umaszczeniu.

Następnie skrzyżowano osobnika uzyskanego w powyższej krzyżówce z osobnikiem bezrogim o umaszczeniu czarnym. Uzyskano następujący rozkład fenotypów wśród potomstwa: 9 (czarny, bezrogi) : 3 (czarny, rogaty) : 3 (czerwony, bezrogi) : 1 (czerwony, rogaty). Informacja o rozkładzie fenotypów wśród potomstwa umożliwia ustalenie genotypu drugiego osobnika rodzicielskiego.

Choć nie jest znany genotyp drugiego rodzica, uzyskany rozkład fenotypów **9 : 3 : 3 : 1** wskazuje na krzyżówkę dwóch heterozygot pod względem obu cech:

♂ / ♀	♀	CP	Cp	cP	cp
CP		CCPP	CCPp	CcPP	CcPp
Cp		CCPp	CCpp	CcPp	Ccpp
cP		CcPP	CcPp	ccPP	ccPp
cp		CcPp	Ccpp	ccPp	ccpp

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Genotyp obojga osobników rodzicielskich to **CcPp**.

Gamety: **CP, Cp, cP, cp** × **CP, Cp, cP, cp**

Krzyżówka dwugenowa dla genów: warunkującego kolor umaszczenia oraz jego wzór u królików

U królików kolor umaszczenia (czarne lub brązowe) oraz jego wzór (jednolite lub łaciate) to cechy warunkowane przez geny autosomalne, mające po dwa allele. Allel warunkujący czarne umaszczenie oraz allel kodujący umaszczenie łaciate są dominujące:

- A – umaszczenie czarne;
- a – umaszczenie brązowe;
- B – umaszczenie łaciate;
- b – umaszczenie jednolite.

Całe potomstwo łaciatej brązowej samicy i jednolicie czarnego samca było czarne, łaciate. Na podstawie tej informacji możliwe jest określenie genotypów rodziców.



Zwróć uwagę, że na podstawie fenotypu samicy (brązowe umaszczenie) ustalić można, że posiada ona dwa allele recesywne a. Jeśli samiec także posiadałby allel recesywny a, wśród potomstwa pojawiłyby się osobniki brązowe.

- Genotyp samca to **AAbb**.
- Gamety: **Ab**

Jednolite umaszczenie samca wskazuje, że posiada on dwa allele recesywne b. Jeśli samica także posiadałaby allel recesywny b, wśród potomstwa pojawiłyby się osobniki umaszczone jednolicie.

- Genotyp samicy to **aaBB**.
- Gamety: **aB**

Krzyżówka genetyczna:

		aB	aB
Ab	AaBb	AaBb	AaBb
Ab	AaBb	AaBb	AaBb

Genotyp potomstwa: **AaBb**

Zwróć uwagę, że krzyżówka dwóch podwójnych homozygot: $aaBB \times AAbb$ prowadzi do otrzymania w 100% potomstwa podwójnie heterozygotycznego $AaBb$, tak samo jak w przypadku krzyżówki podwójnej homozygoty recesywnej z podwójną homozygotą dominującą: $aabb \times AABB$.

Słownik

allele

(gr. *allos* – inny) różne formy tego samego genu, zajmujące to samo miejsce w chromosomach, ale warunkujące odmienne wykształcenie się tej samej cechy

allel dominujący

allel ujawniający się zwykle w fenotypie homozygoty dominującej i heterozygoty

allel recesywny

allel ujawniający się zwykle jedynie w fenotypie homozygoty recesywnej

homozygota

osobnik mający dwa takie same allele (dominujące albo recesywne) pod względem danej cechy

heterozygota

osobnik mający dwa różne allele pod względem danej cechy

fenotyp

(gr. *phaino* – przejawiać, *typos* – wzór, norma) fizyczne i fizjologiczne cechy organizmu, kodowane przez genotyp

gen

fragment DNA kodujący określone białko lub RNA

genotyp

(gr. *genos* – ród, pochodzenie, *typos* – wzór, norma) zespół genów danego osobnika warunkujący dziedziczenie danej cechy

Grafika interaktywna



1

Kobieta

Fenotyp: włosy ciemne, kręcone

2

Mężczyzna

Fenotyp: włosy ciemne, proste

3

Kobieta i mężczyzna z fotografii spodziewają się dziecka.

4

Cechy dominujące

włosy kręcone: allel A;
ciemny kolor włosów: allel B

5

Cechy recesywne
włosy proste: allel a;
jasny kolor włosów: allel b

Genotyp dziecka zależy głównie od genotypu jego rodziców.

Źródło: icsilviu, Pixabay, domena publiczna.




Polecenie 1

Para ze zdjęcia spodziewa się dziecka. Kobieta jest podwójną heterozygotą pod względem obu cech (rodzaj oraz kolor włosów). Ojciec mężczyzny ze zdjęcia ma ciemne, kręcone włosy, a jego matka – jasne, proste włosy. Stwórz krzyżówkę genową i określ, jaki kolor i rodzaj włosów może odziedziczyć dziecko przedstawionej pary. Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 2

Podaj możliwe genotypy rodziców mężczyzny ze zdjęcia.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Informacje do zadania:

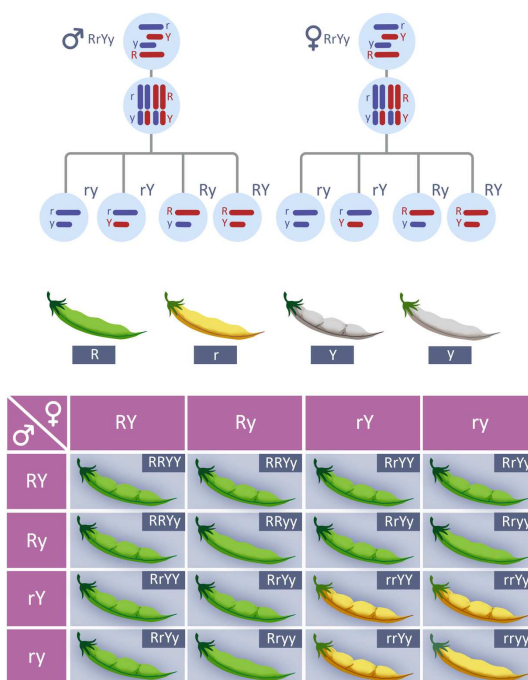
- Geny M (dominujący)/m (recesywny) i K (dominujący)/k (recesywny) dziedziczą się niezależnie od siebie.
- Rodzic I jest heterozygotą pod względem obu cech, a II jest homozygotą recesywną.

Ćwiczenie 6



Na poniższym schemacie przedstawiono dziedziczenie koloru i rodzaju powierzchni strąków. W szachownicy Punnetta przedstawiono allele możliwych gamet osobnika żeńskiego (w poziomie), allele możliwych gamet osobnika męskiego (w pionie) oraz genotypy potencjalnego potomstwa, które powstanie po skrzyżowaniu tych osobników.

- R warunkuje zielony kolor strąków;
- r warunkuje żółty kolor strąków;
- Y warunkuje pomarszczony kształt strąków;
- y warunkuje gładki kształt strąków.



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Krzyżówki wielogenowe – ćwiczenia

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

VII. Genetyka klasyczna.

1. Dziedziczenie cech. Uczeń:

2) zapisuje i analizuje krzyżówki (w tym krzyżówki testowe) oraz określa prawdopodobieństwo wystąpienia określonych genotypów i fenotypów oraz stosunek fenotypowy w pokoleniach potomnych, w tym cech warunkowanych przez allele wielokrotne;

3) przedstawia dziedziczenie jednogenowe, dwugenowe i wielogenowe (dominacja pełna, dominacja niepełna, kodominacja, współdziałanie dwóch lub większej liczby genów);

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIV. Genetyka klasyczna.

1. Dziedziczenie cech. Uczeń:

3) zapisuje i analizuje krzyżówki (w tym krzyżówki testowe) oraz określa prawdopodobieństwo wystąpienia określonych genotypów i fenotypów oraz stosunek fenotypowy w pokoleniach potomnych, w tym cech warunkowanych przez allele wielokrotne;

4) przedstawia dziedziczenie jednogenowe, dwugenowe i wielogenowe (dominacja pełna, dominacja niepełna, kodominacja, współdziałanie dwóch lub

większej liczby genów);

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Omówisz prawo niezależnej segregacji cech.
- Rozwiążesz krzyżówki wielogenowe, korzystając z kwadratu Punnetta.
- Zapiszesz i przeanalizujesz krzyżówki.
- Określisz prawdopodobieństwo wystąpienia danych genotypów i fenotypów oraz stosunek fenotypowy w pokoleniach potomnych.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- gwiazda pytań;
- analiza grafiki interaktywnej;
- gra dydaktyczna.

Formy pracy:

- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- telefony z dostępem do internetu;
- arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Krzyżówki wielogenowe – ćwiczenia”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” i rozwiązanie ćwiczeń nr 1 i 2 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Uczniowie przypominają sobie informacje na temat dziedziczenia cech według praw Mendla.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Raport z przygotowań.** Nauczyciel, za pomocą dostępnego w panelu użytkownika raportu, sprawdza, którzy uczniowie zapoznali się z udostępnionym e-materiałem i wykonali zadane ćwiczenia. Jeśli odpowiedzi uczniów bardzo się różnią lub ćwiczenia okazały się trudne, nauczyciel omawia je na forum.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimediami („Grafika interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, wykonali polecenia nr 1 (w którym mają określić, jaki kolor i rodzaj włosów może mieć dziecko opisanej pary) i nr 2 (w którym mają podać możliwe genotypy rodziców opisanego mężczyzny). Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą. Wybrane zespoły prezentują swoje odpowiedzi na forum klasy.
2. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących tematu lekcji. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale.
Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 5 do 8 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel prosi uczniów o rozwinięcie zdań: „Dziś nauczyłem/nauczyłam się...”, „Zrozumiałem/zrozumiałam, że...”, „Zaskoczyło mnie...”, „Dowiedziałem/dowiedziałam się...”.
2. Nauczyciel wyświetla treści zawarte w sekcji „Wprowadzenie” i na ich podstawie dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji. Wyjaśnia także wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia nr 3 i 4 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

- Grafikę interaktywną można wykorzystać na lekcji jako podsumowanie i utrwalenie wiedzy uczniów.