



Krzyżówka testowa

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Krzyżówka testowa

Gregor Mendel w swoich pierwszych krzyżówkach genetycznych wykorzystywał groch zwyczajny (*Pisum sativum*). Rośliny o białej barwie kwiatów są homozygotami recesywnymi i mogą być wykorzystane w krzyżówkach testowych do określania genotypu roślin o czerwonej barwie kwiatów.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Metoda badawcza zwana krzyżówką testową polega na skrzyżowaniu osobnika o nieznanym genotypie i dominującym fenotypie z homozygotą recesywną pod względem badanych cech. Pozwala to sprawdzić, czy osobnik wykazujący cechy dominujące jest homozygotą czy heterozygotą. Jako pierwszy krzyżówkę testową zastosował **Gregor Mendel**, badając zasady dziedziczenia cech u grochu zwyczajnego (*Pisum sativum*). Obecnie metoda ta jest wykorzystywana w hodowli roślin i zwierząt, pozwala bowiem zidentyfikować osobniki o pożądanym genotypie. Umożliwia ponadto wskazanie, jakie allele badanego genu ma dana jednostka.

Twoje cele

- Wyjaśnisz cel stosowania krzyżówek testowych.
- Wymienisz przykłady cech, których dziedziczenie można badać z wykorzystaniem krzyżówki testowej.
- Stworzysz krzyżówkę testową na podstawie podanych informacji i zinterpretujesz jej wyniki, określając prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych genotypów i fenotypów.

Przeczytaj

Ustalenie **genotypu** osobników wykazujących cechy recesywne nie jest skomplikowane, ponieważ wiadomo, że są one **homozygotami** recesywnymi (aa). Trudno natomiast jednoznacznie określić genotypy osobników przejawiających cechy dominujące, gdy wykazują one **dominację zupełną**. Nie wiadomo, czy osobnik o dominującej cesze fenotypu jest homozygotą dominującą (AA) czy **heterozygotą** (Aa).

Do ustalenia genotypu osobnika wykazującego cechę dominującą można wykorzystać **krzyżówkę testową**, czyli należy skrzyżować go z osobnikiem będącym homozygotą recesywną. Jeśli wśród potomstwa pojawią się homozygoty recesywne, oznaczać to będzie, że badany osobnik musi być heterozygotą pod względem danej cechy. Jeśli byłby on natomiast homozygotą dominującą, całe potomstwo będzie wykazywać dominującą cechę fenotypową.

Krzyżówka testowa jednogenowa



Świnka morska (*Cavia porcellus*) o czarnym zabarwieniu futra, a więc mająca w genotypie przynajmniej jeden allel dominujący B.

Źródło: Pezibear, Pixabay, domena publiczna.

Ubarwienie świnek morskich jest determinowane przez gen, którego **allel** dominujący B warunkuje czarne zabarwienie futra, natomiast allel recesywny b – brązowe. Wszystkie osobniki o przynajmniej jednym allelu dominującym B są czarne – jest to przykład dominacji

zupelnej. Czarna świnka może więc być homozygotą dominującą lub heterozygotą. Żeby określić jej genotyp, należy skrzyżować świnkę o czarnym futrze ze świnką o brązowym futrze (będącą homozygotą recesywną).



Świnka morska (*Cavia porcellus*) o brązowym zabarwieniu futra, co świadczy o braku allelu B w jej genotypie.
 Źródło: Pezibear, Pixabay, domena publiczna.

Jeżeli po skrzyżowaniu osobnika czarnego z brązowym urodziły się cztery młode: dwa brązowe i dwa czarne, oznacza to, że dwie świnki mają genotyp bb, a dwie Bb. Żadna z nich nie ma genotypu BB, ponieważ jedno z ich rodziców to homozygota recesywna bb. Skoro potomstwo ma genotypy Bb i bb, to badany osobnik jest heterozygotą Bb – połowa jego gamet niosła allel dominujący B, a druga – recesywny b.

♂	♀	B	b
b		Bb	bb
b		Bb	bb

Jednogenowa krzyżówka heterozygoty z homozygotą recesywną. Połowa osobników potomnych (50%) ma genotyp Bb i czarną barwę sierści, a druga połowa (50%) – genotyp bb i brązową sierść.

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

Jeżeli natomiast po skrzyżowaniu osobnika czarnego z brązowym urodziłyby się cztery świnki morskie i wszystkie byłyby czarne, oznaczałoby to, że wszystkie mają w swoim genotypie allel dominujący B. Jedno z rodziców przekazało im wyłącznie gamety z allelem recesywnym b, a badany osobnik – gamety z allelem dominującym B. Genotypy każdego potomka to zatem Bb, a badanego rodzica, który jest homozygotą dominującą – BB.

♂	♀	B	B
b		Bb	Bb
b		Bb	Bb

Jednogenowa krzyżówka homozygoty dominującej z homozygotą recesywną. Wszystkie osobniki potomne (100%) powstałe z tej krzyżówki mają genotyp Bb i czarny kolor sierści.

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

Ciekawostka

Ciąża u świnki morskiej trwa ok. 68 dni – oczekiwanie na wynik krzyżówki jest więc stosunkowo krótkie. Ponadto w jednym miocie rodzi się kilka młodych, co pozwala porównać ich fenotypy.

Omówiona powyżej krzyżówka testowa jest krzyżówką jednogenową. Oznacza to, że za jej pomocą można sprawdzić genotyp badanego osobnika pod względem tylko jednej pary genów. W podobny sposób określa się genotypy osobników innych gatunków wykazujących cechy dominujące, takie jak barwa nasion grochu (żółta lub zielona), a u ludzi sposób krzyżowania rąk na piersiach (z prawą lub lewą ręką na wierzchu) oraz układania kciuków podczas splatania dłoni (układanie lewego kciuka na prawym lub odwrotnie), kolor włosów (rude lub inne) czy też obecność lub brak piegów.

Cecha	Dominująca	Recesywna
Barwa nasion grochu	Zielona	Żółta
Sposób splatania dłoni przez ludzi	Układanie lewego kciuka na prawym podczas splatania dłoni	Układanie prawego kciuka na lewym podczas splatania dłoni
Obecność piegów	Obecne	Nieobecne
Kolor włosów	Włosy ciemne	Włosy rude, włosy jasne
Struktura włosów	Włosy kręcone	Włosy proste

Krzyżówka testowa dwugenowa

Oprócz krzyżówek jednogenowych wykonuje się także krzyżówki dwugenowe. Pozwalają one sprawdzić genotyp jednego z osobników rodzicielskich pod względem dwóch par genów. Aby wykonać taką krzyżówkę, należy skrzyżować osobnika o dominującym fenotypie z homozygotą recesywną. Na przykład nasiona grochu mogą być żółte lub zielone oraz gładkie lub pomarszczone. Za żółty kolor odpowiada allel dominujący A, z kolei za gładką powierzchnię nasion – allel dominujący B. Jeżeli w pokoleniu F₁ pojawią się wyłącznie osobniki o nasionach żółtych i gładkich, będzie to oznaczać, że badany osobnik był podwójną homozygotą dominującą i wytworzył wyłącznie gamety o genotypie AB.

♂	♀	AB	AB	AB	AB
ab		AaBb	AaBb	AaBb	AaBb
ab		AaBb	AaBb	AaBb	AaBb
ab		AaBb	AaBb	AaBb	AaBb
ab		AaBb	AaBb	AaBb	AaBb

Dwugenowa krzyżówka homozygoty dominującej i homozygoty recesywnej. W jej wyniku powstają tylko osobniki o genotypie AaBb.

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

Jeśli z kolei w pokoleniu F₁ pojawią się osobniki o nasionach żółtych i gładkich, żółtych i pomarszczonych, zielonych i gładkich oraz zielonych i pomarszczonych w stosunku 1 : 1 : 1 : 1, będzie to oznaczać, że testowany osobnik jest podwójną heterozygotą o genotypie AaBb.

Krzyżówka testowa dwugenowa pozwala także sprawdzić, czy określone dwa geny są ze sobą sprzężone, czy leżą na różnych chromosomach. Aby się o tym przekonać, należy skrzyżować podwójną heterozygotę z podwójną homozygotą recesywną. W pokoleniu F₁ mogą wystąpić dwa przypadki.

Jeśli pojawią się wszystkie możliwe genotypy w stosunku 1 : 1 : 1 : 1, będzie to oznaczać, że geny te znajdują się na różnych chromosomach, zatem nie są ze sobą sprzężone.

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

Dwugenowa krzyżówka heterozygoty z homozygotą recesywną. W jej wyniku powstają cztery klasy osobników o różnych genotypach, w stosunku 1 : 1 : 1 : 1.

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

Jeśli zaś w pokoleniu F1 pojawią się osobniki potomne o dwóch z czterech możliwych genotypów w stosunku 1 : 1, będzie to dowodem na sprzężenie dwóch badanych genów. Genotypy zależą od ułożenia genów w poszczególnych **loci**.

Istnieje także możliwość, że dwa genotypy będą znacząco przeważać, ale pojawi się również niewielki procent osobników o odmiennych genotypach. Taki stosunek genotypowy wynika z zajścia procesu rekombinacji pomiędzy genami leżącymi w obrębie jednego chromosomu i jest podstawą do określenia stopnia sprzężenia genów oraz ułożenia ich loci.

Więcej na ten temat w e-materiale [Obliczanie prawdopodobieństwa dziedziczenia cech sprzężonych](#).

Słownik

allel

jedna z dwóch (lub większej liczby) wykluczających się wzajemnie form genu zajmująca określoną pozycję (locus) w chromosomie

dominacja zupełna

zjawisko polegające na tym, że tylko jeden z alleli (allel dominujący) ujawnia się w fenotypie homozygot dominujących i heterozygot

genotyp

ogół genów danego organizmu warunkujących jego właściwości dziedziczne

heterozygota

diploidalny organizm mający dwa odmienne allele genu w danym locus chromosomów homologicznych (przykładowy genotyp: Aa), a więc powstały w wyniku połączenia gamet, z których każda zawierała inny allele

homozygota

diploidalny organizm zawierający dwa identyczne allele danego genu (przykładowy genotyp: AA, aa), a więc powstały w wyniku połączenia gamet, z których każda zawierała taki sam allele

krzyżówka testowa

krzyżówka genetyczna osobnika o fenotypie dominującym i nieznanym genotypie z homozygotą recesywną; pozwala ustalić, czy testowany osobnik jest homozygotą dominującą czy heterozygotą

locus, loci (l.m.)

pozycja zajmowana w chromosomie przez alternatywne formy danego genu; loci genów allelicznych zlokalizowanych na chromosomach homologicznych również są homologiczne

Film samouczek

Trwa wczytywanie danych..



Krzyżówka testowa



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RpVA6P20Leihq>

Krzyżówka testowa.

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

Film nawiązujący do treści materiału

Polecenie 1

Polecenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3

Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Ćwiczenie 9



Skrzyżowano dwa osobniki pomidora. W potomstwie tej krzyżówki otrzymano 106 roślin o owocach czerwonych i 110 roślin o owocach żółtych.

Ćwiczenie 10



Skrzyżowano dwa osobniki grochu. Jego nasiona mogą być żółte lub zielone oraz jednocześnie gładkie lub pomarszczone. Za żółty kolor odpowiada allel dominujący A, z kolei za gładką powierzchnię allel dominujący B. W pokoleniu F1 pojawiły się osobniki o nasionach żółtych i gładkich, żółtych i pomarszczonych, zielonych i gładkich oraz zielonych i pomarszczonych w stosunku 1 : 1 : 1 : 1.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Krzyżówka testowa

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;

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;

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):

- Wyjaśnisz cel stosowania krzyżówek testowych.
- Wymienisz przykłady cech, których dziedziczenie można badać z wykorzystaniem krzyżówki testowej.
- Stworzysz krzyżówkę testową na podstawie podanych informacji i zinterpretujesz jej wyniki, określając prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych genotypów i fenotypów.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem samouczkiem;
- gra dydaktyczna.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- 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.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Krzyżówka testowa”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczeń nr 2 i 3 z sekcji „Sprawdź się”, polegających na uzupełnieniu krzyżówek testowych.

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 multimedium („Film samouczek”).** Uczniowie zapoznają się z filmem samouczkiem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie rozwiązują w parach

polecenia nr 1 i 2 i porównują rozwiązania z innym zespołem.

2. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy.

Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 4 do 7 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

3. Uczniowie rozwiązują indywidualnie ćwiczenie nr 9 (w którym mają za zadanie – na podstawie przedstawionego opisu – podać genotyp i fenotyp osobników rodzicielskich, narysować krzyżówkę testową oraz podać genotypy osobników o nasionach żółtych z pokolenia F1). Następnie porównują odpowiedź z osobą z pary.

Faza podsumowująca:

1. Chętni uczniowie podsumowują wiedzę zdobytą na zajęciach.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia nr 1 i 8 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.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie zapoznają się z multimediami w sekcji „Film samouczek” i przygotowują do niego pytania. Następnie zadają je sobie nawzajem, sprawdzając stopień przyswojenia jego treści.