



Szachownica Punnetta

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Szachownica Punnetta

Wilczomlec nadobny (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch), zwany także poinsecją lub gwiazdą betlejemską, jest popularną rośliną doniczkową. Od lat 20. XIX w. uzyskano w wyniku krzyżówek cały przekrój odmian różniących się barwami liści: od białej przez wiele odcieni różu aż do klasycznej czerwieni. Gdy znamy gen lub geny warunkujące daną cechę, taką jak barwa liści wilczomlecza, i wiemy, jakie allele występują u krzyżowanych osobników, możemy przewidzieć rozkład tej cechy u potomstwa. Narzędziem, które nam to umożliwia, jest szachownica Punnetta.

Źródło: Piqsels, domena publiczna.

Określenie wszystkich możliwych genotypów i fenotypów powstających w wyniku krzyżowania form rodzicielskich nie jest proste. Rozwiązanie zagadnienia ułatwia zastosowanie narzędzia, którym jest szachownica Punnetta (zwana również kwadratem). Diagram ten przedstawia graficznie wszystkie możliwe połączenia genotypów.

Szachownica Punnetta została stworzona przez angielskiego genetyka Reginalda Punnetta. Pozwala w przejrzysty sposób zapisać wszystkie rodzaje produkowanych przez osobniki rodzicielskie gamet, niosących różne allele. Następnie można łatwo określić wszelkie możliwe genotypy i fenotypy w kolejnym pokoleniu.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest szachownica Punnetta i gdzie znajduje zastosowanie.
- Opiszysz sposób konstruowania szachownicy Punnetta.
- Zastosujesz szachownicę Punnetta w praktyce – zapisując i analizując krzyżówki (w tym krzyżówki testowe).
- Dowiesz się, jak określać prawdopodobieństwo wystąpienia określonych genotypów i fenotypów oraz stosunek fenotypowy w pokoleniach potomnych.

Przeczytaj

Reginald Punnett i zastosowanie szachownicy

Szachownica (kwadrat) Punnetta, nazywana też szachownicą genetyczną, to diagram opracowany przez angielskiego genetyka Reginalda Punnetta ok. 1900 r. Metoda ta pozwala wskazać wszystkie możliwe połączenia **alleli** niesionych przez gamety pokolenia rodzicielskiego.

Reginald Punnett to wybitna postać świata nauki, jeden z pierwszych angielskich genetyków. Osiągnięcie, którego dotyczy temat, to wymyślony przez Punnetta *Punnett square* – kwadrat ułatwiający przedstawienie liczby i różnorodności kombinacji genetycznych. To także autor książki *Mendelism* (1905), pierwszego podręcznika na temat praw Mendla. Ponadto razem z Williamem Batesonem założył „Journal of Genetics”, jedno z najstarszych czasopism genetycznych.

Mimo że Punnett wniósł ogromne zasługi dla rozwoju i popularyzacji genetyki, zapamiętany został przede wszystkim jako twórca szachownicy genetycznej. Biologowie do dzisiaj posługują się szachownicą Punnetta do analizy dziedziczenia jednej cechy lub dwóch cech niezależnych.

Źródło: *Courtesy of the Master and Fellows of Gonville and Caius College, Cambridge, Wikimedia Commons.*

Graficzne ujęcie krzyżówki genetycznej

Szachownica Punnetta jest graficzną wizualizacją dziedziczenia mendlowskiego, stworzoną, by przedstawić liczbę i różnorodność kombinacji genetycznych.

Wzdłuż prostopadłych do siebie boków kwadratów zapisuje się allele występujące w komórkach płciowych rodziców:

- w górnym wierszu diagramu – typy gamet żeńskich;
- w pierwszej kolumnie – typy gamet męskich.

Można także poczynić zapisy w odwrotnym porządku:

- w górnym wierszu diagramu odnotować typy gamet męskich;
- w pierwszej kolumnie – typy gamet żeńskich.

Pola w środku kwadratu to przedstawienie kombinacji alleli (a co za tym idzie – także **genotypów** i **fenotypów**), które mogą pojawić się u potomstwa.

Zazwyczaj wielką literą oznacza się allel dominujący, a małą – allel recesywny.

Prawdopodobieństwo dziedziczenia

Szachownica Punnetta może być przydatna przy szacowaniu prawdopodobieństwa wystąpienia u potomstwa **homozygoty** lub **heterozygoty** pod względem badanego genu. Jak już wiemy, z pomocą szachownicy można także przedstawić w graficzny sposób wszystkie genotypy.

Prawdopodobieństwo wystąpienia konkretnych genotypów i fenotypów wyraża się w ułamkach lub procentach:

- jeżeli wiadomo, że dany genotyp lub fenotyp na pewno pojawi się u potomstwa, to jego prawdopodobieństwo wynosi 100% (czyli 1);
- gdy genotyp lub fenotyp na pewno nie wystąpi, jego prawdopodobieństwo określa się jako 0% (0).


Prawdopodobieństwo wszystkich innych wystąpień kombinacji alleli dotyczy przedziału od 0 do 100% (od 0 do 1).

Przykład

Założmy, że oboje rodzice są heterozygotami (Aa) w stosunku do badanej cechy – barwy kwiatów. Każdy z nich tworzy dwa rodzaje gamet:

- zawierające allel recesywny (a);
- zawierające allel dominujący (A).

W wyniku połączenia się gamet męskich z żeńskimi powstają trzy różne genotypy: AA, Aa i aa.

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

1

Gamety żeńskie

2

Gamety męskie

3

Genotyp potomka: homozygota dominująca

4

Genotyp potomka: heterozygota

5

Genotyp potomka: heterozygota

6

Genotyp potomka: homozygota recesywna

Graficzna krzyżówka genetyczna zaprezentowana na szachownicy Punnetta.

AA – osobnik mający dwa dominujące allele danego genu, czyli homozygota dominująca;

aa – osobnik mający dwa recesywne allele danego genu, czyli homozygota recesywna;

Aa – heterozygota, czyli osobnik mający zarówno allel dominujący, jak i recesywny danego genu.

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

Prawdopodobieństwo pojawienia się potomstwa o genotypie AA wynosi 25%, Aa – 50%, natomiast aa – 25%. Przyjmując, że allel A odpowiada za czerwoną barwę kwiatów, a allel a za białą, prawdopodobieństwo uzyskania potomstwa o kwiatach białych wynosi 25% (osobniki o genotypie aa), a o kwiatach czerwonych 75% (osobniki o genotypach AA i Aa).

Krzyżówka testowa

Aby ustalić, czy dany osobnik o nieznanym genotypie jest heterozygotą czy **homozygotą dominującą** pod względem danej cechy (w naszym przykładzie barwy kwiatów), należy przeprowadzić **krzyżówkę testową**, tj. skrzyżować go z **homozygotą recesywną**.

	♀ a	a
♂ A	Aa	Aa
A	Aa	Aa

Krzyżując homozygotę dominującą z homozygotą recesywną, otrzymujemy 100% heterozygot o kwiatach czerwonych.

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

Gdy otrzymamy 100% osobników potomnych o fenotypie dominującym (wszystkie osobniki potomne wykształcą czerwone kwiaty), oznacza to, że testowany osobnik był homozygotą dominującą – miał dwa allele odpowiadające za czerwoną barwę kwiatów (AA).

♀	a	a
♂	Aa	Aa
A		
a	aa	aa

Po skrzyżowaniu heterozygoty z homozygotą recesywną otrzymujemy 50% heterozygot o kwiatach czerwonych (Aa) i 50% homozygot recesywnych o kwiatach białych (aa).

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

Jeśli zaś wśród otrzymanych osobników występują zarówno osobniki o kwiatach czerwonych (50%), jak i białych (50%), testowany osobnik był heterozygotą (Aa).

Ważne!

Krzyżówka testowa wykorzystywana jest w rolnictwie i hodowli zwierząt. Dzięki tej metodzie można selekcjonować odmiany homozygotyczne pod względem pożądanych cech użytkowych.

Ograniczenia szachownicy Punnetta

Szachownicę Punnetta stosuje się do dziś w celu określenia prawdopodobieństwa wystąpienia potomstwa o określonym genotypie. Narzędzie to staje się jednak nieużyteczne, gdy chcemy zbadać dziedziczenie większej liczby cech – analiza za pomocą szachownicy genetycznej okazuje się wówczas zbyt czasochłonna. Gdy bada się dziedziczenie więcej niż dwóch cech niezależnych, należy posłużyć się rachunkiem prawdopodobieństwa.

Słownik

allele

różne formy tego samego genu, zajmujące taką samą pozycję (*locus*) w danym chromosomie

fenotyp

zespół anatomicznych, fizjologicznych i biochemicznych cech organizmu, warunkowany zarówno genotypem, jak i oddziaływaniem środowiska, które można obserwować i mierzyć

genotyp

zespół wszystkich genów obecnych w danym organizmie i kształtujących jego fenotyp

heterozygota

diploidalny organizm, mający dwa różne allele danego genu (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 ten sam allele

homozygota dominująca

komórka posiadająca dwa allele dominujące danego genu w chromosomach homologicznych (AA)

homozygota recesywna

komórka posiadająca dwa allele recesywne danego genu w chromosomach homologicznych (aa)

krzyżówka testowa

krzyżówka genetyczna, która polega na krzyżowaniu osobnika o nieznanym genotypie i dominującym fenotypie z homozygotą recesywną pod względem badanych cech, aby określić, czy testowany osobnik jest heterozygotą czy homozygotą dominującą

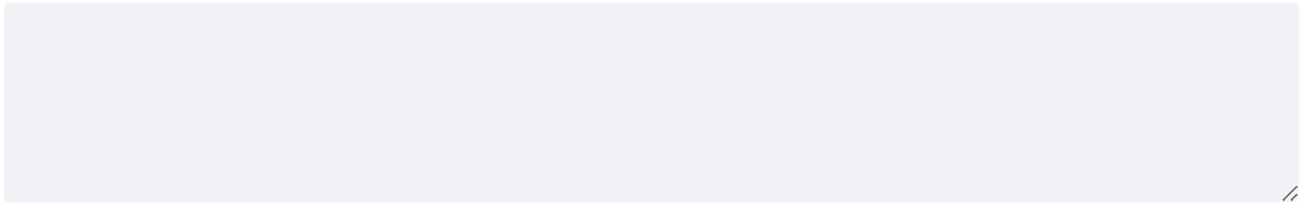
linia czysta

zespół osobników homozygotycznych powstały w wyniku chowu wsobnego

Film samouczek

Polecenie 1

Obejrzyj film i wyjaśnij, w jaki sposób tworzy się szachownice Punnetta.



Wystąpił błąd

Szachownica Punnetta

Film dostępny pod adresem </preview/resource/Rgl48EyQASFPV>

Szachownica Punnetta

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

Film opisuje szachownicę Punnetta.

Polecenie 2

Wolne płatki uszu, czyli płatki swobodnie zwisające, nieprzyrośnięte do głowy, to cecha dominująca warunkowana przez allel dominujący. Przyrośnięte płatki uszu są natomiast warunkowane są przez allel recesywny.

Grafika interaktywna

Wykorzystanie szachownicy Punnetta do określenia prawdopodobieństwa wystąpienia określonych genotypów i fenotypów u potomstwa

U świnki morskiej (*Cavia porcellus*) barwa sierści jest warunkowana przez parę genów. Allel odpowiadający za barwę ciemnobrązową dominuje nad allelem warunkującym barwę jasnobrązową.

Skrzyżowano ze sobą dwa osobniki świnki morskiej: **samicę, która jest heterozygotą** o ciemnobrązowej sierści, i **samca, który również jest heterozygotą** o ciemnobrązowej sierści.

Allel warunkujący ciemnobrązową barwę sierści oznaczono jako **A**, natomiast allel warunkujący jasnobrązową barwę sierści jako **a**.

Polecenie 1

Narysuj szachownicę Punnetta. W kolumnie wpisz typy gamet żeńskich, a w wierszu – typy gamet męskich.

a

a

a

a

A

A

A

A

Polecenie 2

Uzupełnij szachownicę Punnetta o genotypy potomstwa i oblicz prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych genotypów oraz fenotypów.

Dla nauczyciela

Autor: Zuzanna Szewczyk

Przedmiot: biologia

Temat: Szachownica Punnetta

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;

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):

- Wyjaśnisz, czym jest szachownica Punnetta i gdzie znajduje zastosowanie.
- Opiszysz sposób konstruowania szachownicy Punnetta.
- Zastosujesz szachownicę Punnetta w praktyce – zapisując i analizując krzyżówki (w tym krzyżówki testowe).
- Dowiesz się, jak określać prawdopodobieństwo wystąpienia określonych genotypów i fenotypów oraz stosunek fenotypowy w pokoleniach potomnych.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem samouczkiem;
- analiza grafiki interaktywnej.

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. Uczniowie zapoznają się z treściami w sekcji „Przeczytaj”.
2. Nauczyciel prosi wszystkich uczniów o powtórzenie informacji na temat podstawowych pojęć genetyki klasycznej.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel prosi chętnych uczniów o zdefiniowanie terminów: „allel”, „krzyżówka genetyczna”, „homozygota” i „heterozygota”.
2. Nauczyciel podaje temat zajęć: „Szachownica Punnetta”, następnie prosi o przeczytanie indywidualnie wprowadzenia do e-materiału i przygotowanie w parach pytań związanych z tematem. W razie problemów z ich sformułowaniem nauczyciel zadaje uczniom pytania: „Czego chcecie się dowiedzieć?”, „Co was interesuje w związku z tematem lekcji?”.
3. Prowadzący lekcję informuje uczniów o planowanym przebiegu lekcji i przedstawia kryteria sukcesu.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować w parach, poszukując w e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:
 - W jaki sposób tworzy się szachownicę Punnetta?
 - Gdzie znajduje zastosowanie szachownica Punnetta?
2. Uczniowie zapoznają się z filmem samouczkiem udostępnionym przez nauczyciela i opracowują odpowiedzi na powyższe pytania. Wykonują także polecenie 2 – przy pomocy szachownicy Punnetta określają, jakie jest prawdopodobieństwo, że dziecko kobiety mającej przyrośnięte płatki uszu i mężczyzny z wolnymi płatkami uszu będzie miało przyrośnięte płatki uszu.
3. Uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą i ustalają jedną wersję odpowiedzi.
4. Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując indywidualnie, wykonali polecenia nr 1 i 2 – uczniowie mają za zadanie stworzyć szachownicę Punnetta i uzupełnić ją o genotypy potomstwa, a następnie obliczyć prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych genotypów oraz fenotypów. Następnie uczniowie porównują swoje rozwiązania z osobą z pary i ustalają wspólną wersję odpowiedzi. Wybrany zespół omawia swoją szachownicę na forum klasy.
5. Uczniowie dzielą się na cztery grupy i wykorzystując informacje zawarte w e-materiale oraz wzorując się na wykonanych zadaniach, opracowują własne przykłady zadań z zakresu obliczania prawdopodobieństwa wystąpienia określonych genotypów i fenotypów u potomstwa. W zeszytach rysują szachownicę Punnetta i uzupełniają ją na podstawie stworzonych przykładów.

Faza podsumowująca:

1. Chętni uczniowie podsumowują wiedzę zdobytą na zajęciach i odpowiadają na pytania postawione na początku lekcji.

2. Nauczyciel omawia przebieg zajęć, wskazuje mocne i słabe strony pracy uczniów, udzielając im tym samym informacji zwrotnej.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

Nauczyciel może wykorzystać film samouczek pt. „Szachownica Punnetta” w fazie wstępnej lekcji, aby wprowadzić uczniów w temat zajęć. Może go również wykorzystać na lekcjach dotyczących krzyżówek jedno- i wielogenowych.