Rachunek prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Rachunek prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej

Genetyka to nauka o dziedziczności i zmienności organizmów.
Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Czy można obliczyć, jakie jest prawdopodobieństwo zaistnienia pewnego określonego zdarzenia, a w przypadku genetyki – wystąpienia pewnej określonej cechy lub cech? Znając podstawy genetyki, można tego dokonać. Dzięki regule genetyki klasycznej możliwe jest obliczenie prawdopodobieństwa wystąpienia u potomstwa niektórych cech, m.in. koloru oczu u dziecka.

Twoje cele

- Przedstawisz zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej.
- Określisz prawdopodobieństwo wystąpienia określonych genotypów i fenotypów oraz stosunek fenotypowy w pokoleniach potomnych.
- Omówisz zastosowanie praw Mendla w obliczaniu rachunku prawdopodobieństwa na postawie krzyżówek jednogenowych i wielogenowych.

Przeczytaj

Rachunek prawdopodobieństwa

Rachunek prawdopodobieństwa pozwala obliczyć szansę pewnego określonego zdarzenia, a w przypadku genetyki – wystąpienia pewnej określonej cechy lub zestawu cech. Jego wynik mieści się w przedziale od 0 (brak możliwości zaistnienia zdarzenia) do 1 (stuprocentowa pewność zajścia zdarzenia) i może być wyrażony w postaci ułamka lub procentu. Zdrowy człowiek ma dwie kopie każdego genu – allele, a do gamet trafia losowo tylko jeden z nich. W przypadku organizmu heterozygotycznego prawdopodobieństwo wystąpienia jednego z tych alleli w konkretnej komórce rozrodczej wynosi więc 50%. Organizmy homozygotyczne mają dwa jednakowe allele danego genu, dlatego prawdopodobieństwo przekazania tego allelu do gamety wynosi 100%.

Prawdopodobieństwo wystąpienia dwóch wybranych alleli w kolejnym pokoleniu jest równe wynikowi mnożenia prawdopodobieństw powstania gamet, które allele te zawierają. W przypadku gdy jeden genotyp może powstać na kilka sposobów, należy zsumować prawdopodobieństwo zaistnienia każdego z nich. Trzeba jednak pamiętać, że suma prawdopodobieństw wszystkich możliwych kombinacji alleli zawsze wynosi 1 (100%). Ta sama zasada dotyczy określania prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych fenotypów.

Aby prawidłowo obliczyć prawdopodobieństwo wystąpienia danej cechy, konieczne jest ustalenie, ile możliwych genotypów może wystąpić w pokoleniu potomnym. Należy wziąć pod uwagę wszystkie kombinacje. Kolejnym krokiem jest przypisanie odpowiednich fenotypów do określonych genotypów, przy czym trzeba mieć na względzie fakt, że liczba fenotypów jest mniejsza od liczby genotypów. Po dokonaniu wstępnej analizy, można przystąpić do obliczenia prawdopodobieństwa.

Prawdopodobieństwo wystąpienia danego fenotypu przedstawia się jako iloraz liczby genotypów, warunkujących dany fenotyp i wszystkich możliwych genotypów w analizowanej krzyżówce. Otrzymany wynik następnie mnożony jest przez 100%, aby otrzymać wartość prawdopodobieństwa wyrażoną w procentach. Obliczane w taki sposób prawdopodobieństwo ma charakter teoretyczny.

Więcej informacji na temat rozwiązywania krzyżówek genetycznch znajduje się e-materiale: „Szachownica Punnetta”.

Przykład krzyżówki jednogenowej

Aby przedstawić, jak rozwiązuje się krzyżówkę jednogenową, najpierw zostanie wyjaśniony sposób dziedziczenia barwy oczu. Kolor oczu zależy od obecności barwnika w tęczówce oka. Gdy barwnik jest obecny w warstwie tylnej tęczówki, osobnik ma niebieski kolor oczu. **Jest to cecha warunkowana przez allel recesywny**. Obecność barwnika w przedniej warstwie tęczówki warunkuje inny kolor oczu, np. zielony, brązowy, szary. **Jest to cecha dominująca.**
Niebieskooka kobieta (aa) i mężczyzna o oczach brązowych (Aa) – heterozygotyczny pod względem tej cechy -- spodziewają się dziecka. Jakie jest prawdopodobieństwo, że dziecko będzie miało niebieskie oczy, a jakie, że dziecko będzie miało brązowe oczy? Na te pytania można odpowiedzieć, sporządzając tzw. krzyżówkę genetyczną.

Do sporządzenia krzyżówki niezbędne jest ustalenie, czy rodzice są homozygotami, czy heterozygotami. Z powyższego tekstu wynika, że mężczyzna jest heterozygotą – Aa. Kobieta natomiast ma niebieskie oczy, która to cecha fenotypowa stanowi cechę recesywną – kobieta jest zatem homozygotą recesywną: aa.

♂ \ ♀	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

Z krzyżówki otrzymujemy stosunek genotypów (Aa : aa) równy 2 : 2 lub 1 : 1.

W związku z tym prawdopodobieństwo występowania danego koloru oczu u dziecka wynosi:

- w przypadku niebieskich oczu – 50%;
- w przypadku brązowych oczu – 50%.

Przykład krzyżówki wielogenowej

Niniejszy przykład pozwoli na analizę dziedziczenia dwóch cech, determinowanych niezależnie od siebie – barwy oczu i kształtu nosa. Zasady obliczania prawdopodobieństwa wystąpienia konkretnego genotypu lub fenotypu są takie same, należy jednak pamiętać o niezależnej segregacji alleli niesprzężonych ze sobą, a w konsekwencji – możliwości powstania gamet o różnych kombinacjach tych alleli.

Ojciec jest homozygotą pod względem brązowej barwy oczu i heterozygotą pod względem genu kształtu nosa – jego nos jest prosty. Matka również ma oczy brązowe, ale jest heterozygotą pod względem tej cechy. Jest też homozygotą recesywną pod względem genu kodującego kształt nosa i ma nos zadarty. Jakie jest prawdopodobieństwo, że dziecko będzie miało brązowe oczy oraz zadarty nos?

Na podstawie tych informacji należy sporządzić krzyżówkę genetyczną.

Oznaczenia: A – allel genu brązowych oczu; a – allel genu innej barwy oczu; B – allel genu prostego nosa; b – allel genu zadartego nosa.
AA – homozygota dominująca, brązowy kolor oczu; Bb – heterozygota dominująca, nos prosty; Aa – heterozygota dominująca, brązowy kolor oczu; bb – homozygota recesywna, nos zadarty.

P (rodzice): AABb (ojciec), Aabb (matka).

Gamety matki: Ab, Ab, ab, ab. Gamety ojca: AB, AB, Ab, 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**

Stosunek fenotypów wynosi 8 : **8**, czyli:

- 8 osobników ma brązowe oczy i prosty nos;
- **8 osobników ma brązowe oczy i zadarty nos**.

Po skróceniu otrzymujemy stosunek fenotypowy 1 : 1.

Prawdopodobieństwo urodzenia dziecka o brązowych oczach i zadartym nosie wynosi więc **50%**.

Słownik

allel dominujący

odmiana genu ujawniająca się w fenotypie niezależnie od rodzaju drugiego allelu, np. gen wysokiego wzrostu, ciemnego koloru oczu; ujawnianie fenotypowe oznacza, że dana cecha jest widoczna u osobnika w danym pokoleniu
allel recesywny

odmiana genu ujawniająca się w fenotypie tylko w sytuacji, gdy drugi allel również jest recesywny, np. gen niskiego wzrostu, niebieskiego koloru oczu

allele

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

fenotyp

(gr. *phaínomai* – pojawiam się, *týpos* – odbicie) zespół wszystkich dostrzegalnych cech organizmu będący wynikiem współdziałania czynników dziedzicznych oraz warunków środowiska

genetyka

(gr. *genesis* – pochodzenie) nauka o dziedziczności i zmienności cech organizmów, które są oparte na informacji zawartej w podstawowych jednostkach dziedziczności, jakimi są geny

genotyp

(gr. *génos* – ród, pochodzenie, gatunek, *týpos* – odbicie) zespół wszystkich genów danego organizmu warunkujący jego właściwości dziedziczne i kształtujący jego fenotyp

heterozygota

(gr. *héteros* – inny, *zygōtós* – połączony) 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 allel

homozygota

(gr. *homós* – taki sam, równy, *zygōtós* – połączony) 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 allel

rachunek prawdopodobieństwa

metoda matematyczna pozwalająca oszacować szansę zaistnienia określonego zdarzenia losowego

Film samouczek

Film dostępny pod adresem /preview/resource/R1WKcUBZQ1qx3

Rachunek prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej.

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

Film opowiadający o rachunku prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej.

Polecenie 1

Wyjaśnij na przykładzie krzyżówki jednogenowej, jak określa się prawdopodobieństwo wystąpienia określonego fenotypu.

Polecenie 2

Wymień metody, dzięki którym można wyznaczyć rachunek prawdopodobieństwa, i krótko je scharakteryzuj.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Skrzyżowano dwie rośliny grochu. U tych roślin barwa czerwona kwiatów dominuje nad barwą białą. Jakie jest prawdopodobieństwo otrzymania poniższych fenotypów dla danego genotypu w potomstwie dwóch heterozygot o czerwonej barwie kwiatów? Wybierz prawidłowe odpowiedzi spośród I, II, III oraz A, B, C.

I, II lub III		A, B lub C.
	oraz	

A. prawdopodobieństwo otrzymania czerwonej barwy kwiatów wynosi 75%.

III. Prawdopodobieństwo otrzymania genotypu aa wynosi 0%

II. Prawdopodobieństwo otrzymania genotypu Aa wynosi 50%

C. prawdopodobieństwo otrzymania białej barwy kwiatów wynosi 75%.

I. Prawdopodobieństwo otrzymania genotypu AA wynosi 75%

B. prawdopodobieństwo otrzymania czerwonej barwy kwiatów wynosi 25%.

Tekst do ćwiczeń 2 i 3

Jedną z częściej występujących chorób genetycznych człowieka jest mukowiscydoza – choroba jednogenowa, warunkowana przez nieprawidłowy, recesywny allel genu znajdującego się na autosomie. Rodzicom – matce chorującej na mukowiscydozę i zdrowemu ojcu – urodziło się troje dzieci: jedno chore i dwoje zdrowych.

Ćwiczenie 2

Odnosząc się do **tekstu do ćwiczeń 2 i 3**, wskaż zdanie prawdziwe.

- ◯ Genotyp matki to aa, a ojca to AA.
- ◯ Genotyp matki to aa, a ojca to Aa.
- ◯ Genotyp matki to AA, a ojca to aa.
- ◯ Genotyp matki to Aa, a ojca to aa.

Ćwiczenie 3

Uzupełnij poniższą krzyżówkę genetyczną dotyczącą dziedziczenia mukowiscydozy i na jej podstawie wskaż błędne stwierdzenia.

♂ \ ♀		

- ☐ Genotyp dziecka zdrowego to Aa.
- ☐ Prawdopodobieństwo, że kolejne dziecko tych rodziców będzie chore na mukowiscydozę wynosi 50%.
- ☐ Genotyp dziecka chorego to Aa.
- ☐ Prawdopodobieństwo, że kolejne dziecko tych rodziców będzie zdrowe wynosi 75%.

Ćwiczenie 4

U człowieka allel dominujący B warunkuje brązowy kolor oczu, a allel recesywny b – niebieski kolor oczu. Jaki kolor oczu będzie miało potomstwo brązowookiej kobiety (której matka była niebieskooka) i niebieskookiego mężczyzny?

- ◯ Prawdopodobieństwo, że dziecko tych rodziców będzie miało brązowe oczy wynosi 100%.
- ◯ Prawdopodobieństwo, że dziecko tych rodziców będzie miało brązowe oczy wynosi 50%, a prawdopodobieństwo wystąpienia niebieskich oczu jest równe 50%.
- ◯ Prawdopodobieństwo, że dziecko tych rodziców będzie miało brązowe oczy wynosi 75%, a prawdopodobieństwo wystąpienia niebieskich oczu jest równe 25%.
- ◯ Prawdopodobieństwo, że dziecko tych rodziców będzie miało niebieskie oczy wynosi 100%.

Tekst do ćwiczeń 5 i 6

Allele warunkujące barwę sierści u świnki morskiej dziedziczą się autosomalnie. Zwierzęta te mogą mieć sierść o różnym zabarwieniu, m.in. czarną lub białą.

Ćwiczenie 5

Przeczytaj **tekst do ćwiczeń 5 i 6** oraz poniższe informacje, a następnie rozwiąż ćwiczenie.

W celu określenia sposobu dziedziczenia barwy sierści u świnki morskiej przeprowadzono trzy krzyżówki:

- skrzyżowano ze sobą dwie świnki białe – potomstwo miało sierść białą;
- skrzyżowano czarną samicę z białym samcem – połowa potomstwa miała sierść czarną, a połowa – białą;
- skrzyżowano inną czarną samicę z białym samcem – otrzymano wyłącznie osobniki o sierści czarnej.

Uzupełnij poniższą tabelę o genotypy rodziców oraz prawdopodobieństwo wystąpienia określonych fenotypów u potomstwa.

Fenotypy rodziców	Genotypy rodziców	Fenotypy potomstwa
♀ biała × ♂ biały		
♀ czarna × ♂ biały		
♀ czarna × ♂ biały		

0% czarne, 100% białe | 100% czarne, 0% białe | ♀ aa × ♂ aa | 50% czarne, 50% białe | ♀ Aa × ♂ aa | ♀ AA × ♂ aa

Ćwiczenie 6

Zaznacz stwierdzenia prawdziwe i fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Niemożliwe jest wykonanie takiej krzyżówki, z której otrzymamy 75% potomstwa o sierści czarnej oraz 25% potomstwa o sierści białej.	◯	◯
Białą barwę sierści warunkuje allel dominujący.	◯	◯
Niemożliwe jest wykonanie takiej krzyżówki, z której otrzymamy 75% potomstwa o sierści białej oraz 25% potomstwa o sierści czarnej.	◯	◯
W wyniku krzyżówki heterozygoty z homozygotą dominującą otrzymamy 100% potomstwa o sierści czarnej.	◯	◯

Ćwiczenie 7

Skrzyżowano odmianę tulipana o genotypie AaBb o kwiatach fioletowych oraz strzępiastych z odmianą o genotypie aabb o kwiatach różowych oraz gładkich. Ile wynosi prawdopodobieństwo otrzymania rośliny o kwiatach różowych i postrzępionych w potomstwie tej krzyżówki? Jakie są pozostałe fenotypy roślin?

Uzupełnij krzyżówkę genetyczną, a następnie oblicz prawdopodobieństwo rośliny o kwiatach różowych i postrzępionych oraz wypisz fenotypy pozostałych roślin.

P:				

Oblicz prawdopodobieństwo powstania rośliny o kwiatach różowych i postrzępionych.

Określ fenotypy pozostałych roślin.

Ćwiczenie 8

U pomidorów barwa owoców oraz owłosienie łodyg są warunkowane przez allele dwóch genów sprzężonych ze sobą całkowicie: A – allel dominujący warunkujący owoce purpurowe, a – allel recesywny warunkujący owoce czerwone, B – allel dominujący warunkujący występowanie włosków na łodydze, b – allel recesywny warunkujący brak włosków na łodydze (łodygę gładką).

Skrzyżowano ze sobą podwójnie heterozygotyczne pomidory o genotypie AaBb.

Uzupełnij krzyżówkę genetyczną.

P:				

Określ wszystkie możliwe genotypy roślin o purpurowych owocach i owłosionej łodydze.

Określ, jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia roślin potomnych o purpurowych owocach i owłosionej łodydze.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Rachunek prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej

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):

- Przedstawisz zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej.
- Określisz prawdopodobieństwo wystąpienia określonych genotypów i fenotypów oraz stosunek fenotypowy w pokoleniach potomnych.
- Omówisz zastosowanie praw Mendla w obliczaniu rachunku prawdopodobieństwa na postawie krzyżówek jednogenowych i wielogenowych.

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 „Rachunek prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej". Prosi uczestników

zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 1 z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla i odczytuje temat lekcji oraz zawarte w sekcji „Wprowadzenie” cele zajęć. Prosi uczniów lub wybraną osobę o sformułowanie kryteriów 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 ćwiczenie. Jeśli odpowiedzi uczniów bardzo się różnią lub ćwiczenie okazało się trudne, nauczyciel omawia je na forum.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z filmem samouczkiem pt. „Rachunek prawdopodobieństwa w genetyce klasycznej”.** Uczniowie zapoznają się z filmem samouczkiem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie rozwiązują polecenie nr 2: „Wymień, jakimi metodami można wyznaczyć rachunek prawdopodobieństwa, i krótko je scharakteryzuj” i porównują swoje odpowiedzi z osobą z pary.
2. **Praca w grupach z treścią e-materiału.** Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy. Każda grupa na podstawie e-materiału przygotowuje zestaw pięciu pytań. Nauczyciel obserwuje pracę uczniów, w razie potrzeby służy pomocą. Zwraca uwagę, aby pytania były problemowe, a nie pamięciowe. Koryguje wypowiedzi uczniów.
   Nauczyciel tworzy nowe grupy tak, aby w każdej znalazła się jedna osoba z każdej grupy poprzedniej. Każdy członek zespołu zadaje pytanie przygotowane przez swój zespół, pozostali odpowiadają na nie.
3. **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.

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 w domu ćwiczenia niezrealizowane na lekcji.

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 filmu samouczka:

- Uczniowie mogą przed lekcją zapoznać się z filmem samouczkiem, aby przygotować się do późniejszej pracy na zajęciach.