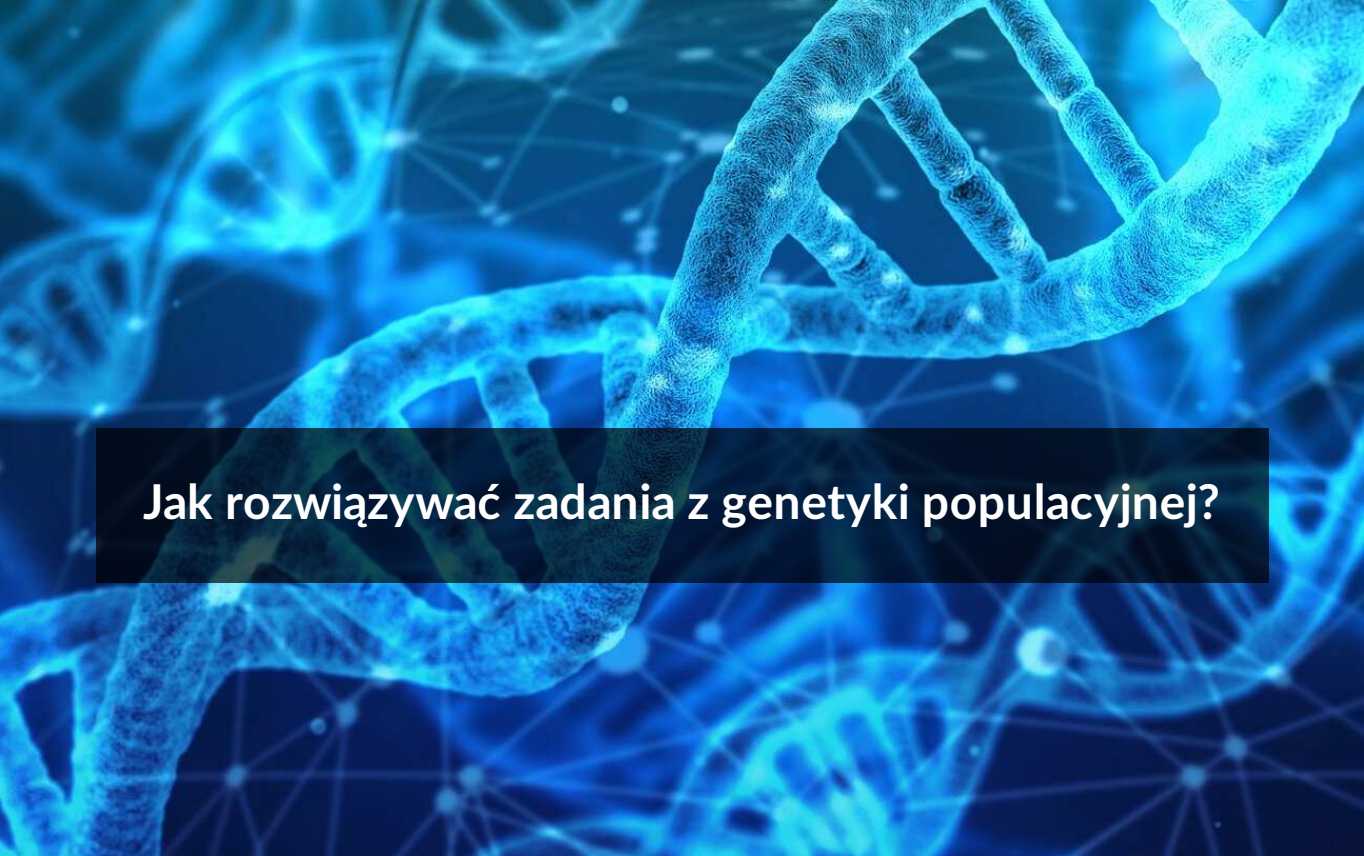




Jak rozwiązywać zadania z genetyki populacyjnej?

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



Jak rozwiązywać zadania z genetyki populacyjnej?

Genetyka populacyjna zajmuje się badaniem różnic w obrębie populacji i między populacjami, a także mechanizmami powstawania oraz utrzymywania się w populacji zmienności genetycznej.

Źródło: Pixabay.com, domena publiczna.

W trakcie ewolucji zmianom cech morfologicznych, fizjologicznych i genetycznych towarzyszy dziedziczenie z pokolenia na pokolenie. Każda populacja ma odrębną pulę genów, zawierającą wszystkie istotne dla gatunku allele w chromosomach (są one u każdego osobnika danej populacji). Zdecydowana większość organizmów jest diploidalna, co oznacza, że każdy osobnik ma dwa allele w każdym locus. Zmiany częstości występowania alleli w kolejnych pokoleniach oznaczają, że dokonuje się ewolucja. Taki model ewolucji nazywamy mikroewolucją, ponieważ zmiany zachodzą wewnątrz populacji. Badaniem zjawisk dziedziczenia oraz zmianami częstości występowania alleli w populacjach, wywołanymi m.in. działaniem mechanizmów ewolucyjnych, zajmuje się genetyka populacyjna.

Twoje cele

- Przeanalizujesz, jak obliczać częstości występowania alleli w populacji.
- Wyjaśnisz i ocenisz mechanizmy mikroewolucji.
- Scharakteryzujesz cechy populacji, znajdującej się w stanie równowagi genetycznej.

Przeczytaj

W każdej **populacji** największą szansę na przeżycie mają osobniki o cechach, dostosowujących je do życia w danym środowisku. Badania nad zmiennościami genetycznymi populacji, których wyniki przedstawili w 1908 roku amerykański matematyk Godfrey H. Hardy oraz niemiecki lekarz Wilhelm Weinberg dowodziły, że częstość występowania genotypów w **populacji** można opisać matematycznie.

Sformułowane przez nich wnioski, nazywane **prawem Hardy'ego-Weinberga**, określają częstość występowania **alleli** i genotypów w **populacji**, znajdującej się w stanie równowagi genetycznej. Ma to miejsce w sytuacji, w której spełnione są określone warunki:



Angielski matematyk – Godfrey Harold Hardy
Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

populacja jest nieograniczona liczebnie

1

2

populacja jest izolowana – nie zachodzi przepływ genów między populacjami (brak migracji)

osobniki w populacji są organizmami diploidalnymi, rozmnażającymi się wyłącznie płciowo

3

4

kojarzenie osobników odbywa się całkowicie dobrowolnie i losowo

5

nie działa dobór naturalny – osobniki są w równym stopniu przystosowane do środowiska, brak selekcji

6

nie zachodzą mutacje genetyczne ani dryf genetyczny

Jak obliczamy częstości występowania alleli w populacji?

Jeżeli założymy, że dany gen ma dwa allele – dominujący, oznaczony literą A oraz recesywny, oznaczony literą a – występujące w danej populacji odpowiednio z częstością p i q, zapiszemy równość:

$$p + q = 1$$

Częstość występowania poszczególnych genotypów:

$$AA = p^2$$

$$Aa = 2pq$$

$$aa = q^2$$

jest rozwinięciem trójkątnika kwadratowego:

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$$

Ćwiczenie 1

Założmy, że w pewnej populacji myszy liczącej 1000 osobników, 90 z nich stanowiły osobniki albinotyczne. Reszta osobników miała szarą barwę sierści. Wiemy, że brak pigmentu jest cechą dziedziczną recesywnie, więc biała barwa występuje jedynie u **homozygot** recesywnych. Oblicz częstość występowania alleli A i a w tej populacji.

Jak rozwiązać zadanie?

Frekwencja genotypów aa — q^2 wynosi $\frac{90}{1000}$, czyli 0,09.

Allel recesywny q równa się pierwiastkowi kwadratowemu z q^2 , $\sqrt{0,09} = 0,3$.

Wiedząc, że $p + q = 1$, obliczamy p , czyli allel dominujący A.

$p + 0,3 = 1$, więc p wynosi 0,7.

Jeśli chcielibyśmy obliczyć, ilu osobników szarych to heterozygoty Aa, dokonujemy obliczeń, stosując zapis: $2pq = 2 \times 0,7 \times 0,3 = 0,42$. Zatem w naszej przykładowej populacji heterozygoty stanowią 42 proc. osobników.

Znaczenie prawa Hardy'ego–Weinberga

Znaczenie prawa Hardy'ego–Weinberga polega nie tylko na tym, że umożliwia ustalenie częstości genotypów w populacji, ale także na tym, że wskazuje na fakt zachodzenia ciągłych zmian w pulach genowych populacji oraz pozwala na wyciąganie wniosków, dotyczących przyczyn tych zmian. Mogą nimi być: niewielka liczba osobników populacji, migracje, wpływ doboru naturalnego oraz występowanie trudnych do przewidzenia mutacji.

Ciekawostka

Założenia prawa Hardy'ego-Weinberga są trudne, wręcz niemożliwe do uzyskania w naturze, ponieważ w normalnym środowisku mamy do czynienia z doborem naturalnym, a także z mutacjami i migracjami. W efekcie obserwujemy znaczne odstępstwa od tej reguły, szczególnie w dużych liczebnie populacjach.

Słownik

allel

jedna z wersji genu; allel najczęściej występuje w określonym locus na danym chromosomie homologicznym; pojęcie to odnosi się także do genomu cytoplazmatycznego oraz prokariotycznego; allele tego samego genu różnią się jednym lub kilkoma nukleotydami

homozygota

organizm zawierający identyczne allele danego genu w chromosomach; homozygoty wytwarzają zawsze gamety jednakowego typu – identyczne pod względem materiału genetycznego; homozygotyczność może dotyczyć jednego, kilku lub nawet wszystkich genów w organizmie

populacja

zespół osobników jednego gatunku, zamieszkujących określony teren w tym samym czasie

prawo Hardy'ego-Weinberga

prawo, określające stosunki pomiędzy frekwencją alleli, a częstością genotypów w populacji oraz warunki, w jakich stosunki te będą zachowane; proporcje genotypów w populacji, spełniającej założenia prawa Hardy'ego-Weinberga określa się jako rozkład Hardy'ego-Weinberga

Jak rozwiązywać zadania z genetyki populacyjnej?

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

Jak rozwiązywać zadania z genetyki populacyjnej?

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

Nagranie filmowe pod tytułem *Jak rozwiązywać zadania z genetyki populacyjnej?*

Polecenie 1

Wymień zasady, które muszą zostać spełnione, aby prawo Hardy'ego-Weinberga zostało poprawnie wykorzystane.

Polecenie 2

Zastanów się, jakie informacje o allelach możemy otrzymać, korzystając z prawa Hardy'ego-Weinberga.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż prawidłowe założenia prawa Hardy'ego-Weinberga.

- ☐ W populacji działa dobór naturalny.
- ☐ Kojarzenie osobników odbywa się losowo.
- ☐ Osobniki w populacji są organizmami haploidalnymi i diploidalnymi.
- ☐ W populacji zachodzą mutacje genetyczne.
- ☐ W populacji nie zachodzi dryf genetyczny.
- ☐ Osobniki rozmnażają się wyłącznie płciowo.
- ☐ Populacja jest nieograniczona liczebnie.
- ☐ Nie zachodzi przepływ genów między populacjami (brak migracji).

Ćwiczenie 2



Określ, które spośród wymienionych poniżej czynników mogłoby spowodować zmianę częstości alleli genów w populacji oraz zaburzyć tzw. równowagę Hardy'ego-Weinberga. Zaznacz „Tak”, jeśli zjawisko może powodować zmiany w częstości występowania alleli w populacji, albo „Nie”, jeśli tych zmian spowodować nie może.

Stwierdzenie	Tak	Nie
Dobór naturalny	☐	☐
Brak imigracji	☐	☐
Dobór sztuczny	☐	☐
Niewielka liczba osobników w populacji	☐	☐

Ćwiczenie 3



Zgodnie z prawem Hardy'ego-Weinberga można określić częstość występowania alleli i genotypów w danej populacji. Dopasuj odpowiednie opisy do wartości ze wzorów.

$2pq$	częstość występowania homozygoty recesywnej (genotypu aa)
q	częstość występowania homozygoty dominującej (genotypu AA)
q^2	częstość występowania allelu A
p^2	częstość występowania heterozygoty (genotypu Aa)
p	częstość występowania allelu a

Ćwiczenie 4



Pewien rodzaj papug, zamieszkujących północną część Ameryki Południowej, charakteryzuje się jaskrawym ubarwieniem. W populacji liczącej 250 osobników przewagę stanowi ubarwienie czerwone, uwarunkowane przez allel dominujący (A). Jego częstość występowania wynosi 0,85. Natomiast ubarwienie żółte uwarunkowane jest przez allel recesywny (a), o częstości występowania 0,15. Osobniki heterozygotyczne mają barwę czerwono-żółtą. Wskaż stwierdzenia prawdziwe oraz stwierdzenia fałszywe, dotyczące powyższej populacji.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Częstość występowania genotypu AA wynosi 0,7225.	☐	☐
Częstość występowania genotypu Aa wynosi 0,1275.	☐	☐
Częstość występowania genotypu aa wynosi 0,0225.	☐	☐
Jeżeli populacja ta jest w stanie równowagi, to liczebność osobników o czerwonym ubarwieniu wynosi 181 (w zaokrągleniu do jedności).	☐	☐
Jeżeli populacja ta jest w stanie równowagi, to liczebność osobników o czerwono-żółtym ubarwieniu wynosi 25,5 proc.	☐	☐
Jeżeli populacja ta jest w stanie równowagi, to liczebność osobników o żółtym ubarwieniu wynosi 56 (w zaokrągleniu do jedności).	☐	☐

Ćwiczenie 5



Wśród rasy białej populacji ludzkiej 84 proc. osób ma czynnik krwi Rh⁺ (uwarunkowany dominującym genem D). Jaka będzie częstość genotypów DD i Dd, jeśli kojarzenie jest losowe? Jaka będzie częstość genów D i d przy tym samym założeniu? Wybierz właściwe odpowiedzi spośród I, II, III, IV oraz A, B, C, D.

	natomiast	
I. Częstość występowania genotypów DD i Dd wynosi 0,84. ☐		A. Częstość występowania genu d wynosi 0,6, a genu D wynosi 0,4. ☐
II. Częstość występowania genotypów DD i Dd wynosi 0,16. ☐		B. Częstość występowania genu d wynosi 0,4, a genu D wynosi 0,92 (w zaokrągleniu do części setnych). ☐
III. Częstość występowania genotypów DD i Dd wynosi 0,92 (w zaokrągleniu do części setnych). ☐		C. Częstość występowania genu d wynosi 0,4, a genu D wynosi 0,6. ☐
IV. Częstość występowania genotypów DD i Dd wynosi 0,4. ☐		D. Częstość występowania genu d wynosi 0,92 (w zaokrągleniu do części setnych), a genu D wynosi 0,4. ☐

Ćwiczenie 6



Oblicz częstość występowania genotypów w populacji, zakładając, że populacja znajduje się w stanie równowagi genetycznej, a częstość występowania allelu A wynosi 0,7. Dopasuj odpowiednie wartości do genotypów.

Genotyp	Częstość występowania
AA	
Aa	
aa	

0,16

0,3

0,49

0,27 (w zaokrągleniu do części setnych)

0,09

0,42

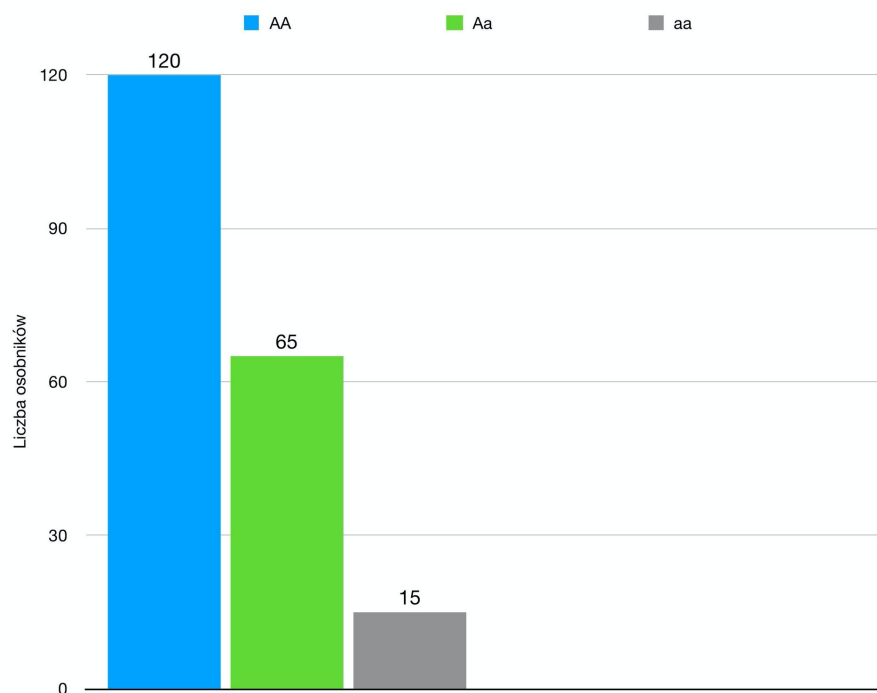
0,7

0,84 (w zaokrągleniu do części setnych)

Ćwiczenie 7



W rozmnażającej się płciowo populacji zwierząt, pozostającej w stanie równowagi genetycznej, w pewnym locus występują dwa allele genu autosomalnego. Allel A wykazuje pełną dominację nad allele a. Na poniższym wykresie przedstawiono liczbę osobników tej populacji, o określonych genotypach. Oblicz częstość występowania alleli a i A w tej populacji. Wynik przedstaw w procentach. Zapisz odpowiednie obliczenia.



a) Częstość występowania allelu a:

b) Częstość występowania allelu A:

Ćwiczenie 8



Sprawdź, czy populacja licząca 400 osób jest w stanie równowagi genetycznej, jeśli stwierdzono występowanie następujących fenotypów i genotypów: 180 osób ma niebieski kolor oczu (homozygoty recesywne), 220 osób ma brązowy kolor oczu, z czego 150 to heterozygoty, a 70 to homozygoty dominujące.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Jak rozwiązywać zadania z genetyki populacyjnej?

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XVI. Ewolucja. Uczeń:

9) przedstawia założenia prawa Hardy’ego-Weinberga;

10) stosuje równanie Hardy’ego-Weinberga do obliczenia częstości alleli, genotypów i fenotypów w populacji;

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):

- Przeanalizujesz, jak obliczać częstości występowania alleli w populacji.
- Wyjaśnisz i ocenisz mechanizmy mikroewolucji.
- Scharakteryzujesz cechy populacji, znajdującej się w stanie równowagi genetycznej.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem samouczkiem;

- rozmowa kierowana;
- gwiazda pytań.

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 „Jak rozwiązywać zadania z genetyki populacyjnej?”. 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. **Odwołanie do wcześniejszej wiedzy.** Nauczyciel zadaje pytanie:
„Jakie jest znaczenie prawa Hardy’ego-Weinberga?”.
Uczniowie indywidualnie udzielają odpowiedzi na kartkach, następnie tworzą pary, a potem pary łączą się w czwórki – za każdym razem uczniowie ustalają wspólną odpowiedź.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Film samouczek”).** Uczniowie zapoznają się z materiałem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie wykonują w parach polecenie nr 1:
„Wymień zasady, które muszą zostać spełnione, aby prawo Hardy’ego-Weinberga zostało poprawnie wykorzystane”. Wybrana osoba prezentuje propozycję odpowiedzi, a pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia ją.
2. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy, a następnie prezentuje na tablicy interaktywnej schemat „gwiazdy pytań” (zob. materiały pomocnicze). Objasnia

uczniom, w jaki sposób powinni pracować ze schematem: na podstawie e-materiału oraz innych źródeł mają opracować zagadnienie dotyczące rozwiązywania zadań z genetyki populacyjnej, odpowiadając na pytania widniejące na schemacie. Następnie każdy zespół dopisuje piąte pytanie i daje je do rozwiązania innej grupie.

Nauczyciel sprawdza wykonanie zadania, podchodząc do każdej grupy. Koryguje ewentualne błędy. Wybrani przez nauczyciela uczniowie kolejno prezentują wyniki prac swojego zespołu.

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują indywidualnie ćwiczenie interaktywne nr 7 (w którym mają za zadanie obliczyć częstość występowania alleli a i A w opisanej populacji), a następnie porównują swoje odpowiedzi z kolegą lub koleżanką.
4. Następne ćwiczenie – nr 8 (w którym uczniowie mają za zadanie sprawdzić, czy populacja licząca 400 osób jest w stanie równowagi genetycznej, jeśli stwierdzono występowanie wymienionych fenotypów i genotypów), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy, uczniowie wykonują, pracując w parach. Podczas wspólnych dyskusji rozwiązują zadanie, następnie łączą się z inną parą i kontynuują swoją dyskusję, uzasadniając swój wybór.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują ćwiczenie nr 6 (w którym mają za zadanie obliczyć częstość występowania genotypów w populacji) z sekcji „Sprawdź się”. Chętne osoby prezentują swoją odpowiedź.
2. Nauczyciel wyświetla temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”, podsumowuje omawiany na lekcji materiał, wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 2 do 5 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.

Załącznik 1. Gwiazda pytań.

Plik o rozmiarze 80.38 KB w języku polskim

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Treści w sekcji „Film samouczek” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.