

Philipp Gebhardt · Richard Spencer

A

Królik Spryciula, czyli rzadko spotykany królik

Dobór kierunkowy, częstość alleli i ewolucja



WPROWADZENIE

Pojęcia kluczowe:

monohybrydowy, krzyżówka mendlowska, homozygotyczny, heterozygotyczny, dominujący, recesywny, fenotyp, dobór kierunkowy, ewolucja, pula genów, częstość alleli, prawo Hardy'ego-Weinberga, pojemność środowiska.

Lekcja przeznaczona dla uczniów w wieku 16-18 lat uczęszczających na zajęcia z biologii na poziomie zaawansowanym. Celem lekcji jest ułatwienie uczniom zrozumienia zasad związanych z częstością występowania alleli w puli genów:

- Dziedziczenie alleli dominujących i recesywnych u monohybrydowych krzyżówek mendlowskich.
- Przyczyny mniej lub bardziej stałej częstości występowania alleli w środowisku, w którym nie występuje nacisk selekcyjny w kierunku określonych fenotypów.
- W jaki sposób można wykorzystać prawo Hardy'ego-Weinberga, aby obliczyć częstość alleli dominujących i recesywnych dla fenotypu kontrolowanego przez dwa allele pojedynczego genu, w populacji osobników, w której dany fenotyp nie wiąże się z korzyściami selekcyjnymi.
- Ewolucja to zmiana częstości alleli w populacji w miarę upływu czasu.
- Przyczyny zmian częstości alleli w środowisku, w którym występuje dobór kierunkowy faworyzujący przetrwanie osobników o określonym fenotypie.
- Przyczyny, dla których brak eliminacji niekorzystnych alleli w puli genów jest pożądanym w kategoriach zdolności gatunku do dostosowania się do potencjalnych zmian w środowisku.

W lekcji wykorzystano niektóre z zasad omówionych w artykule „Liczenie guzików: jak działa prawo Hardy'ego-Weinberga” (*Pongsophon, Roadrangka and Campbell; Science in School; Issue 6: Autumn 2007*).

MATERIAŁY

Lekcja jest dostępna w Internecie na portalu dla nauczycieli EMBlog prowadzonym przez European Learning Laboratory for the Life Sciences na stronie internetowej EMBL. Aplikacja wspomagająca została opracowana w programie SAP Xcelsius na bazie Flash.

Portal dla nauczycieli EMBlog jest dostępny ze strony www.science-on-stage.de (aby uzyskać dostęp do strony, należy się zarejestrować).

ZAKRES PROGRAMOWY

Częstość alleli: Brak doboru naturalnego

Uczniowie otrzymują podstawowe informacje o modelowej populacji 64 królików, w której występują dwa allele odpowiedzialne za kolor futra, brązowy (B) i biały (b). Allel odpowiedzialny za brązowy kolor futra jest dominujący w stosunku do allelu odpowiedzialnego za biały kolor futra, dlatego króliki o genotypie BB i Bb mają brązowe futro, natomiast króliki o genotypie bb – białe futro. Allel odpowiedzialny za kolor futra jest dziedziczony w zwykły sposób zgodnie ze wzorami dziedziczenia cech mendlowskich, a zważywszy że allel odpowiedzialny za brązowy kolor futra stanowi allel dominujący, stosunek królików brązowych do królików białych w stadzie wynosi 3:1. Dlatego w punkcie wyjściowym w populacji 64 królików występuje: 16 królików z genotypem homozygotycznym BB, 32 króliki z genotypem heterozygotycznym Bb oraz 16 królików z genotypem homozygotycznym bb.

Króliki żyją w miejscu, w którym przez połowę roku występuje okres wegetacji, a przez drugą połowę roku leży śnieg. Brązowe futro zapewnia lepszy kamuflaż w okresie wegetacji, natomiast białe futro zapewnia lepszy kamuflaż w okresie, kiedy leży śnieg. Stąd żaden kolor futra nie jest bardziej korzystny.

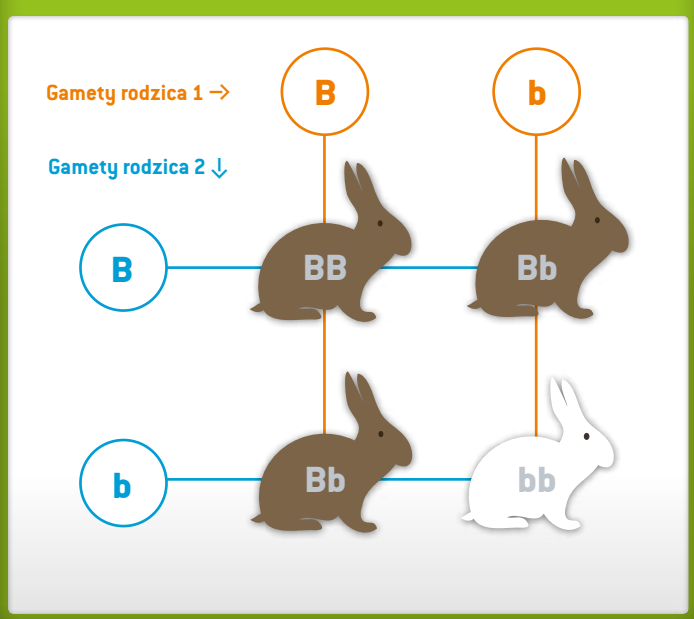
Aby przypomnieć sobie zasady powstawania monohybrydowych krzyżówek mendlowskich, uczniowie postępują się interaktywnymi kwadratami Punnetta w celu symulacji krzyżówki genetycznej pomiędzy dwoma królikami heterozygotycznymi (Bb).

Następnie, korzystając z programu, określają genotypy wszystkich potomków z populacji wyjściowej. Program pozwala uwzględnić cztery założenia: po pierwsze, dorosłe króliki o różnych genotypach łączą się w pary losowo; po drugie, maksymalna liczebność populacji w środowisku wynosi 64 króliki; po trzecie, do okresu dojrzałości reprodukcyjnej przeżywa taka sama ilość (50%) potomstwa o wszystkich trzech genotypach; po czwarte, potomstwo z pierwszego pokolenia, które przeżyje do okresu dojrzałości reprodukcyjnej, będzie rodzicami kolejnego pokolenia królików.

Program naprowadza uczniów na prawidłowe rozwiązanie, pozwalając określić liczebność potomstwa o każdym

genotypie w ponad dziesięciu pokoleniach. Informacje te są następnie wykorzystywane do obliczenia częstości alleli B i b w każdym pokoleniu. Aby upewnić się, że uczniowie rozumieją, w jaki sposób można uzyskać częstość alleli, powinni wykonać proste obliczenia poprzez wprowadzenie danych i sprawdzenie, czy uzyskana odpowiedź jest prawidłowa.

Kwadrat Punnetta



Uczniowie dowiadują się, że częstości alleli B i b pozostają zasadniczo niezmiennie. Program wyświetla dane wyjściowe (częstość alleli dla poszczególnych pokoleń) w postaci wykresu.

Częstość alleli: prawo Hardy'ego-Weinberga

W populacji królików osobniki o genotypie BB i Bb wyglądają tak samo (brązowe futro), dlatego nie można określić liczby osobników o poszczególnych genotypach na podstawie wyglądu zewnętrznego. Jednakże można rozpoznać i policzyć króliki o genotypie bb (wszystkie mają białe futro). Lekcja pokazuje, w oparciu o prawo Hardy'ego-Weinberga, w jaki sposób można wykorzystać liczbę królików o genotypie bb do oszacowania liczby królików o genotypie BB lub Bb.

Uczniowie mają za zadanie zastosować prawo Hardy'ego-Weinberga do rozwiązania określonego problemu. Uczniowie powinni najpierw wybrać odpowiednie dane z przedstawionych im informacji, a następnie wprowadzić je do programu. W ten sposób obliczą szacunkową liczbę królików o genotypach BB i Bb w populacji, dla której znana jest liczba osobników o genotypie bb. Uczniowie mogą liczyć na podpowiedzi, które pomagają prawidłowo przeprowadzić obliczenia. Na koniec uczeń musi sprawdzić, czy jego wyniki są poprawne.

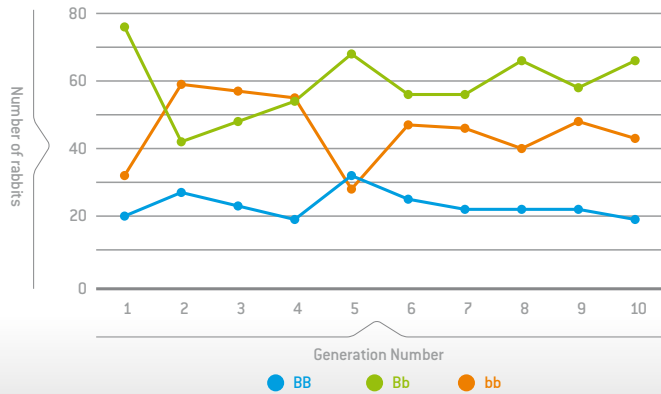
Częstość alleli: Dobór naturalny

Po zrealizowaniu pierwszego punktu lekcji należy poinformować uczniów, że sytuacja w siedlisku królików uległa zmianie: w wyniku zmian klimatycznych nie jest już pokryte śniegiem przez żadną część roku. To powoduje, że białe futro (genotyp bb) jest mniej korzystne dla królików. Nie zapewnia już kamuflażu w miejscu, w którym okres wegetacji trwa cały rok, dlatego króliki o białym futrze są bardziej podatne na ataki drapieżników. Białe futro nie zapewnia bezpieczeństwa: żaden biały królik nie dożywa okresu dojrzałości reprodukcyjnej. Dobór naturalny działa na ich niekorzyść.

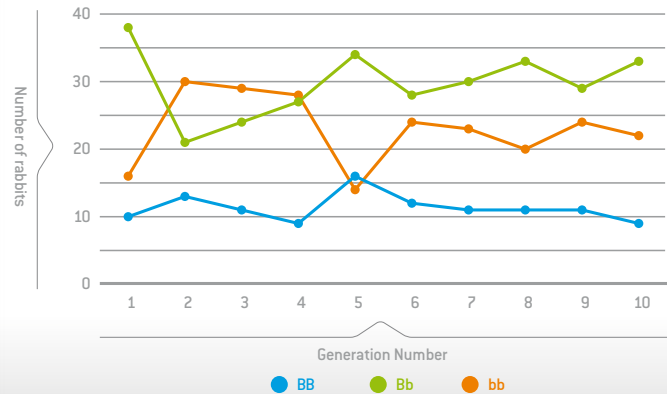
Podobnie jak w punkcie „Brak doboru naturalnego” uczniowie, korzystając z programu, określają genotypy całego potomstwa królików należących do populacji wyjściowej oraz kolejnych pokoleń. Jednakże tym razem parametry są inne. Program pozwala uwzględnić trzy z czterech wcześniejszych założeń (dorosłe króliki o różnych genotypach łączą się w pary losowo; maksymalna liczebność populacji w środowisku wynosi 64 osobniki; potomstwo z tego samego pokolenia, które przeżyje do okresu dojrzałości reprodukcyjnej, staje się rodzicami kolejnego pokolenia królików). Ale należy pamiętać, że występuje jedna kluczowa różnica: odsetek potomstwa o różnym genotypie, który przeżyje do okresu dojrzałości reprodukcyjnej, nie jest już taki sam, ponieważ białe króliki nie dożywają okresu dojrzałości. Program pozwala uwzględnić powyższą zmianę oraz stosować odpowied-



Liczba królików w kolejnych pokoleniach



Liczba królików przeżywających do okresu dojrzałości reprodukcyjnej



nie skorygowane równania w celu obliczenia, ile królików o genotypie BB i Bb osiągnie okres dojrzałości reprodukcyjnej i będzie rodzicami kolejnego pokolenia królików. Ilość ta będzie wyższa niż 50%, jednakże dokładny odsetek przeżywających królików zależy od liczby królików o genotypie bb w poszczególnych pokoleniach.

Podobnie jak w przypadku scenariusza „Bez doboru naturalnego” program naprowadza uczniów na prawidłowe rozwiązanie, dzięki czemu mogą określić liczebność potomstwa o każdym genotypie w ponad dziesięciu pokoleniach. Powyższe informacje są wykorzystywane do obliczenia częstości alleli B i b w każdym pokoleniu.

Uczniowie dowiadują się, że częstości alleli B i b zmieniają się wraz z każdym pokoleniem (częstość alleli B wzrasta, natomiast częstość alleli b maleje). Program przedstawia dane wyjściowe (częstość alleli dla poszczególnych pokoleń) w postaci wykresu.

Pytania kontrolne: podsumowanie kluczowych pojęć

Ostatnia część lekcji obejmuje zestaw pytań kontrolnych. Na podstawie odpowiedzi można ocenić, czy uczniowie wykonali wszystkie zadania oraz w jakim stopniu zrozumieli omawiane zagadnienia i kluczowe pojęcia. Na arkuszach odpowiedzi uczniowie powinni podać swoje imię i nazwisko oraz datę. Arkusz z odpowiedziami należy wydrukować i przekazać nauczycielowi do oceny.

WNIOSKI

Program symulacyjny jest dostępny za pośrednictwem Internetu. Obliczenia w programie można wykonać w czasie lekcji lub zadać uczniom jako pracę domową albo projekt do samodzielnego opracowania. Po zakończeniu obliczeń uczniowie rozwiązują test wielokrotnego wyboru w celu sprawdzenia zdobytej wiedzy. Test jest oceniany przez komputer. Dodatkowo uczniowie mają za zadanie odpowiedzieć na zestaw pytań oraz wydrukować arkusz z odpowiedziami. Nauczyciele, którzy chcą sprawdzić, na ile uczniowie rozumieją kluczowe pojęcia stanowiące podstawę obliczeń, mogą skorzystać z tych tradycyjnych pytań egzaminacyjnych.

Z chęcią przyjmujemy wszelkie opinie na temat opracowanej przez nas lekcji, a zwłaszcza uwagi mogące pomóc w jej udoskonaleniu. Wytyczne dotyczące oceniania pytań egzaminacyjnych przesyłamy na życzenie.

Kontakt: richard.spencer@stockton.ac.uk

