



Współdziałanie genów – ćwiczenia

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Współdziałanie genów – ćwiczenia

Na grochu zwyczajnym (*Pisum sativum*) przeprowadzono wiele eksperymentów związanych z genetyką.

Źródło: Dyorkey, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Geny warunkują różnego rodzaju cechy. Często mówi się o pojedynczych genach, np. zapewniających oporność na daną grupę antybiotyków lub warunkujących dającą się wyróżnić cechę, taką jak kolor włosów. Niektóre z nich jednak działają wspólnie i razem określają daną cechę organizmu. Takie zjawisko nazywamy współdziałaniem genów i wyróżniamy dwa jego rodzaje: współdziałanie alleliczne i niealleliczne.

Twoje cele

- Porównasz współdziałanie genów allelicznych i nieallelicznych.
- Omówisz rodzaje dominacji i allele wielokrotne oraz poprzysz je przykładami.
- Rozwiążesz krzyżówki genetyczne.
- Wyjaśnisz różnice pomiędzy genami kumulatywnymi, dopełniającymi, epistatycznymi i hipostatycznymi.

Przeczytaj

Współdziałanie alleliczne

Ze współdziałaniem allelicznym mamy do czynienia wtedy, gdy dana cecha warunkowana jest różnymi [allelami](#) jednego genu. W takich wypadkach zazwyczaj wyróżnia się allel dominujący i recesywny.

Dominacja zupełna

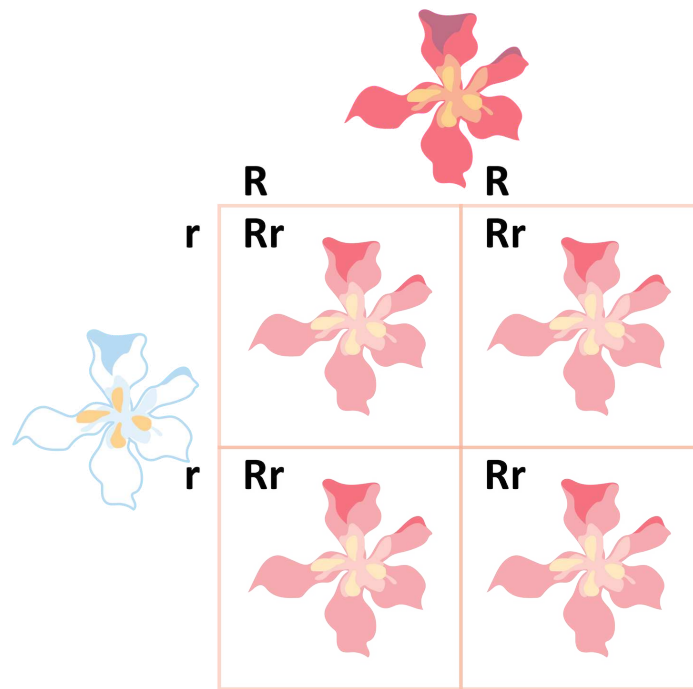
Wyjaśnimy to na przykładzie grochu zwyczajnego (*Pisum sativum*). Może on mieć fioletowe lub białe kwiaty. Za kolor fioletowy odpowiada allel dominujący, za biały – recesywny. Jeżeli dany osobnik jest homozygotą recesywną, będzie miał białe kwiaty. W każdym innym przypadku (homozygoty dominującej lub heterozygoty) będą one fioletowe, ponieważ allel dominujący „zagłusza” allel recesywny. Jest to **dominacja zupełna**, a w przypadku skrzyżowania homozygoty dominującej i recesywnej stosunek [fenotypów](#) wśród ich potomstwa w pokoleniu F₁ wynosi zawsze 100% kwiatów fioletowych, a [genotypów](#) – 100% heterozygot.

Dziedziczenie alleliczne. Dominacja zupełna.

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

Dominacja niezupełna

Nie zawsze jednak podział ten jest tak prosty. W przypadku wyżlinu większego – lwiej paszczy (*Antirrhinum majus*) – kwiaty mogą być czerwone, białe lub różowe. Allel dominujący warunkuje czerwony kolor, ale nie „zagłusza” on całkowicie allelu recesywnego (jak ma to miejsce w dominacji zupełnej), który warunkuje białą barwę kwiatów. Dlatego też heterozygoty mają kwiaty różowe – ujawnia się zarówno cecha warunkowana allelem dominującym, jak i recesywnym, a róż to mieszanina bieli i czerwieni. Tego rodzaju współdziałanie genów nazywamy **dominacją niezupełną**.



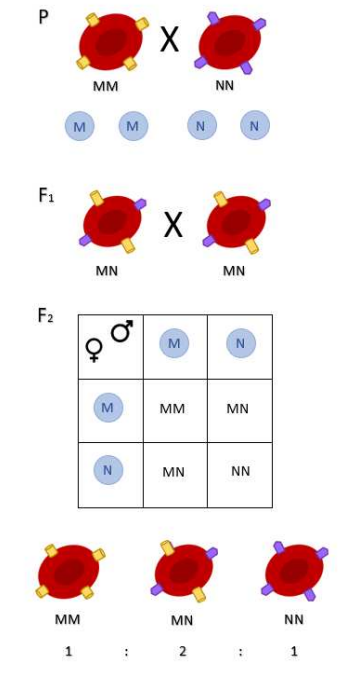
Dominacja niezupełna.

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

W przypadku skrzyżowania homozygoty dominującej z recesywną ich potomstwo w pokoleniu F_1 będzie się składać wyłącznie z heterozygot. Po skrzyżowaniu tych heterozygot stosunek fenotypów w pokoleniu F_2 wyniesie zawsze 1 : 2 : 1, z przewagą kwiatów różowych. Stosunek genotypów będzie taki sam z przewagą heterozygot.

Kodominacja

W przypadku niektórych genów (np. warunkujących powstanie antygenów M i N na ludzkich krwinkach) allele są równoważne. Zjawisko to określa się mianem **kodominacji**. Potomstwo otrzymane ze skrzyżowania homozygot MM i NN będzie miało w swoim genotypie zarówno allel M, jak i N, więc będą to heterozygoty.



Dziedziczenie grupy krwi układu MN.

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

Allele wielokrotne

Czasem mamy też do czynienia z obecnością **alleli wielokrotnych**. Jest to sytuacja, w której w populacji występują więcej niż dwa allele danego genu. Co oczywiste, pojedynczy osobnik może ich mieć maksymalnie dwa. Przykładem takiej sytuacji są grupy krwi u ludzi. Allel I^A warunkuje wystąpienie na krwince antygeny A, kodominujący z nim allel I^B antygeny B, a recesywny allel i – brak syntezy tych antygenów. Ludzie o grupie krwi 0 mają zatem zawsze genotyp ii , ludzie z grupą A mają genotyp $I^A I^A$ lub $I^A i$ (i analogicznie w przypadku grupy B: mają genotyp $I^B I^B$ lub $I^B i$), z kolei występowanie alleli $I^A I^B$ warunkuje grupę AB (co jest także przykładem kodominacji).

Współdziałanie niealleliczne

Niealleliczne współdziałanie genów występuje wtedy, gdy daną cechę determinują przynajmniej dwa różne geny. Wyróżniamy tu geny kumulatywne, dopełniające się, epistatyczne i hipostatyczne.

Geny kumulatywne

Geny kumulatywne (zwane też poligenami) odpowiadają za wytworzenie jednej cechy. Ich działania kumulują się, w związku z czym finalnie otrzymujemy efekt fenotypowy będący sumą działania poszczególnych genów.

Przykładem mogą być geny warunkujące barwę skóry człowieka. Załóżmy, że odcień skóry determinowany jest przez trzy pary niezależnych genów. Allele dominujące (A, B, C) warunkują ciemne zabarwienie skóry (każdy allel zwiększa natężenie cechy w takim samym stopniu). Stąd im więcej dominujących alleli, tym skóra jest ciemniejsza.



Osoby czarnoskóre mają zestaw alleli AABBCc, osoby o bardzo jasnej skórze – aabbcc, a osoby o różnych pośrednich odcieniach – rozmaite kombinacje. Mówi się wtedy o wyrazistych cechach – im więcej alleli dominujących w genotypie danego osobnika, tym bardziej wyrazista jest cecha w jego fenotypie.

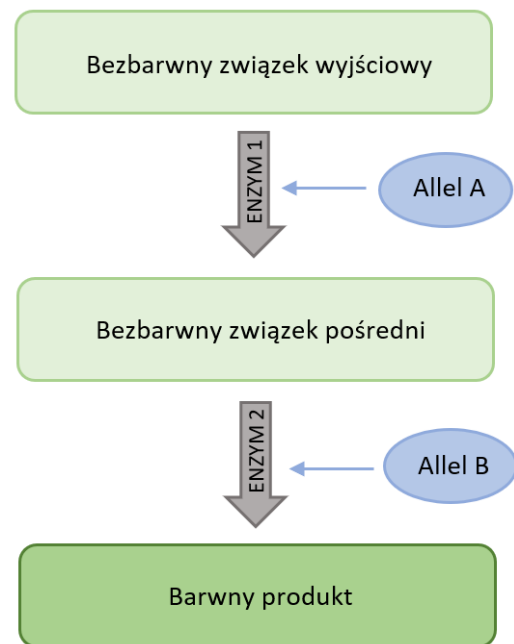
Źródło: truthseeker08, Pixabay, domena publiczna.

Geny dopełniające się (komplementarne)

Geny dopełniające się współdziałają z innymi genami w wykształceniu danej cechy. Jeden gen może również wzmacniać lub hamować działanie drugiego genu.

Przykładem może być wytwarzanie [antocyjanów](#) przez rośliny (np. przez groszek pachnący – *Lathyrus odoratus*) o kwiatach czerwonych. Ich [prekursory](#) są bezbarwne, a do przekształcenia ich w barwną postać potrzebne jest działanie dwóch enzymów. Aby powstały kolorowe kwiaty, dany osobnik musi mieć dominujący allel A, warunkujący

wytworzenie pierwszego z nich. To jednak za mało, ponieważ pierwszy enzym przekształca prekursor w związek pośredni, który także jest bezbarwny. Konieczna jest zatem jednoczesna obecność w genotypie tego osobnika dominującego allelu B, który odpowiada za wytworzenie drugiego enzymu. Dopiero on przekształca związek pośredni w kolorowy barwnik. Osobniki mające dominujący allel tylko jednego z tych genów lub niemające żadnego z nich nie mogą wytworzyć antocyjanów. W przypadku skrzyżowania biało kwitnących odmian groszku pachnącego o genotypie aaBB oraz AAbb w pokoleniu F₁ otrzymano wyłącznie czerwono kwitnące rośliny (podwójne heterozygoty), a w kolejnym pokoleniu F₂ rośliny o kwiatach czerwonych i białych w stosunku 9 : 7.



Kwiaty mają barwę tylko wtedy, gdy występują u nich jednocześnie dominujące allele (A i B) dwóch różnych genów odpowiadających za powstanie barwnika.

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

Powstająca cecha wskutek działania dwóch lub większej liczby par alleli może mieć różne odmiany fenotypowe.

Przykładem takiego nieallelicznego współdziałania genów jest dziedziczenie kształtu grzebienia u kogutów (kura domowa (*Gallus gallus domesticus*)), na który wpływają dwa różne geny. Allel P warunkuje powstawanie grzebienia groszkowego, allel p – pojedynczego, a druga niezależna para alleli warunkuje powstawanie grzebienia różyczkowego – R lub pojedynczego – r. Jeżeli skrzyżujemy osobnika posiadającego grzebień groszkowy z osobnikiem posiadającym genotyp grzebienia różyczkowego otrzymamy nowy fenotyp – grzebień orzeszkowy. Taki właśnie fenotyp występuje u osobników mających w swoim genotypie przynajmniej jeden dominujący allel R i P.

Kształty grzebieni u kogutów jako przykład genów dopełniających się.

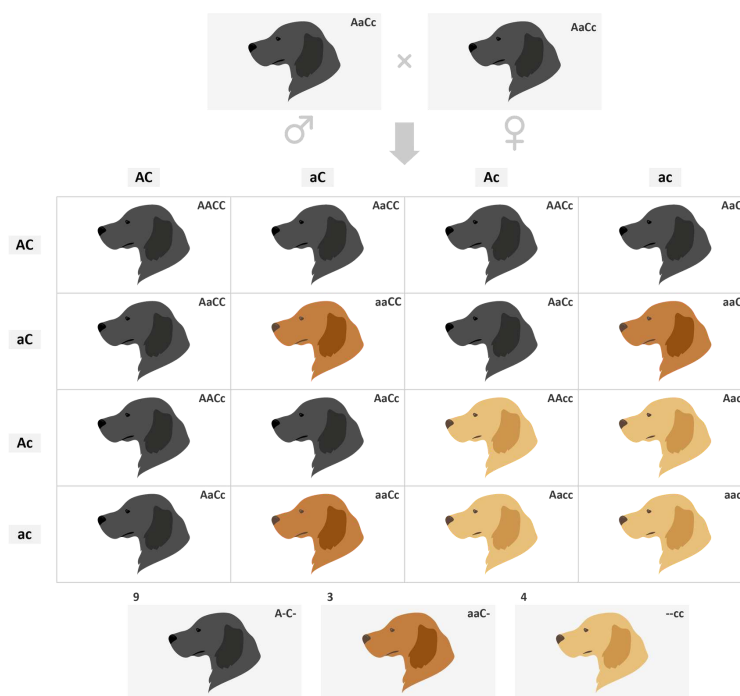
Źródło: Minseong Kim, Kelly Weatherly, Wikimedia Commons, Pixabay, Flickr, Wikimedia Commons, Pixabay, Flickr, licencja: CC BY-NC-ND 2.0.

Geny epistatyczne i hipostatyczne

Często spotykanym współdziałaniem genów jest **epistaza**. Polega ona na tym, że obecność jednego genu (**epistatycznego**) hamuje lub maskuje ekspresję drugiego genu (**hipostatycznego**).

Przykładem epistazy jest współdziałanie dwóch genów odpowiadających za pigmentację i barwę włosa u psów rasy labrador retriever.

Allele warunkujące typ wytwarzanego pigmentu oznaczamy literami: A – pigment czarny, dominujący oraz a – brązowy, recesywny. Natomiast allele odpowiedzialne za rozmieszczenie pigmentu we włosie oznaczamy literami C – normalna pigmentacja oraz cc – epistatyczny allel blokujący działanie alleli A, a. Allel epistatyczny jest recesywny, w związku z czym ujawnia się tylko u homozygot (cc), dając biskoptową barwę włosa, niezależnie od pary A, a.



Epistaza odgrywa kluczową rolę w dziedziczeniu koloru sierści u labradorów.

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

Słownik

allel

odmiana genu warunkująca daną cechę, mogąca pozostawać w różnego rodzaju zależnościach wobec innych alleli

antocyjany

grupa organicznych związków chemicznych pochodzenia roślinnego, które w zależności od pH środowiska przyjmują barwę od czerwonej po fioletową; występują w soku komórkowym roślin

fenotyp

ogół cech danego organizmu

gen epistatyczny

gen, który maskuje efekt działania lub hamuje ekspresję innego genu (genu hipostatycznego)

gen hipostatyczny

gen, którego efekt fenotypowy jest maskowany przez gen epistatyczny

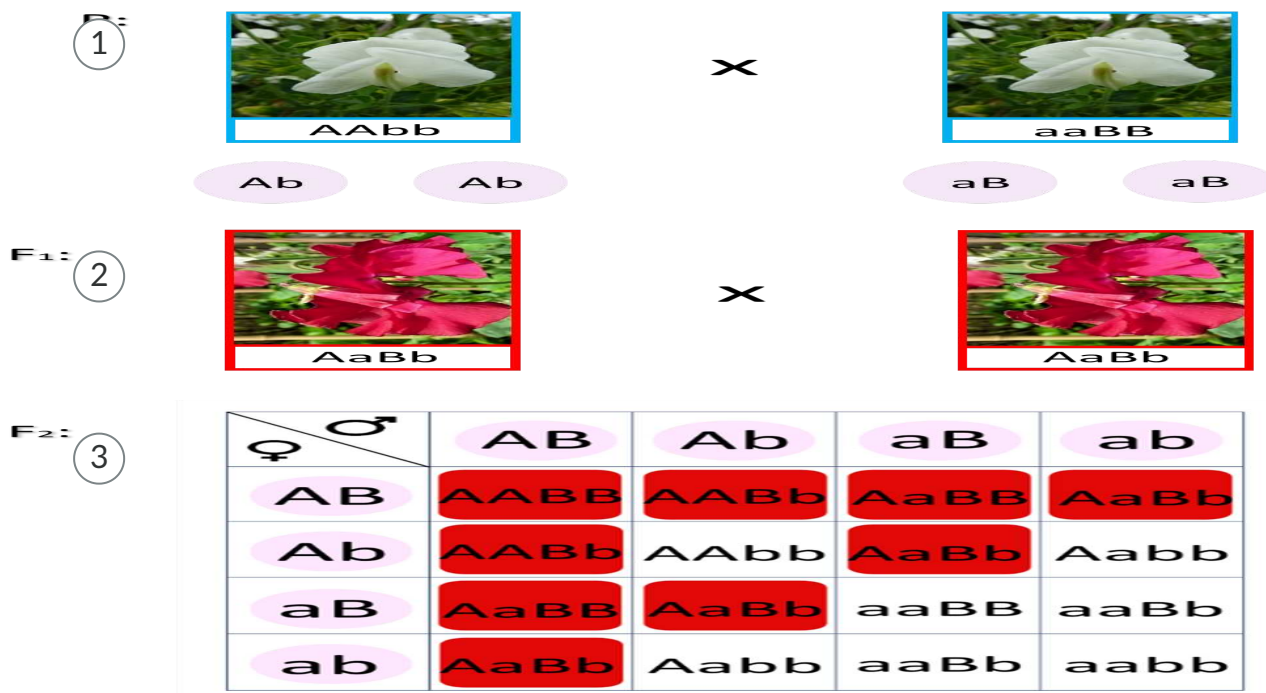
genotyp

ogół genów danego organizmu

prekursor

związek chemiczny, z którego dzięki różnym reakcjom chemicznym powstaje inny związek

Grafika interaktywna



1

Osobniki pokolenia rodzicielskiego mają białe kwiaty, ponieważ nie zawierają dominujących alleli obu genów jednocześnie.

2

Wszystkie osobniki pierwszego pokolenia (F₁) posiadają czerwone kwiaty – są podwójnymi heterozygotami.

3

W pokoleniu F₂ tylko 9 na 16 osobników ma czerwone kwiaty – ich genotyp zawiera jednocześnie allel A i B (A₋B₋). Pozostała część osobników posiada białe kwiaty, a w ich genotypie występuje tylko allel A albo B lub allele recesywne (aa₋, ₋bb).

Polecenie 1

Określ, jaki rodzaj dziedziczenia przedstawiono na powyższej grafice. Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 2

Określ stosunek fenotypowy pokolenia F_1 , które otrzymano w wyniku skrzyżowania roślin o białych kwiatach (podwójne homozygoty recesywne) z roślinami mającymi kwiaty czerwone (podwójne heterozygoty).

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Skrzyżowano dwa osobniki rodzicielskie groszku pachnącego (*Lathyrus odoratus*) o genotypie AAbb i aaBB mające białą barwę kwiatów. W pokoleniu F₁ otrzymano wyłącznie osobniki o czerwonej barwie kwiatów (podwójne heterozygoty – AaBb). Natomiast w pokoleniu F₂ otrzymano osobniki mające zarówno białą, jak i czerwoną barwę.

Ćwiczenie 8



Barwa futra myszy zależy od genu, którego dominujący allel C warunkuje wytworzenie się brązowego barwnika, a recesywny allel c odpowiada za białą barwę futra (brak syntezy barwnika). Jednocześnie obecność dominującego allelu A warunkuje ubarwienie typu aguti (barwnik występuje tylko w szczytowej części włosa), a recesywny allel a odpowiada za równomierne rozmieszczenie barwnika.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Współdziałanie genów – ćwiczenia

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):

- Porównasz współdziałanie genów allelicznych i nieallelicznych.
- Omówisz rodzaje dominacji i allele wielokrotne oraz poprzysz je przykładami.
- Rozwiążesz krzyżówki genetyczne.
- Wyjaśnisz różnice pomiędzy genami kumulatywnymi, dopełniającymi, epistatycznymi i hipostatycznymi.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;

- analiza grafiki interaktywnej;
- gwiazda pytań.

Formy pracy:

- 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 treścią w sekcji „Przeczytaj” i przypominają sobie informacje na temat: dominacji zupełnej i niezupełnej, kodominacji, alleli wielokrotnych i genów kumulatywnych, genów dopełniających się, genów epistatycznych i hipostatycznych.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele zajęć z sekcji „Wprowadzenie”, a następnie wspólnie z uczniami ustala kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: „Co pozwalają nam określić zasady genetyki mendlowskiej? Kiedy wzorce dziedziczenia odbiegają od tych założeń?”.
Wybrana osoba wszystkie odpowiedzi zapisuje na tablicy.

Faza realizacyjna:

- 1. Praca z multimedium („Grafika interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by określili, jaki rodzaj dziedziczenia przedstawiono na grafice (polecenie nr 1), oraz ocenili stosunek fenotypowy pokolenia F_1 , które otrzymano w wyniku skrzyżowania roślin o białych kwiatach z roślinami mającymi kwiaty czerwone (polecenie nr 2). Uczniowie pracują w parach, a następnie porównują swoje odpowiedzi z inną parą, siedzącą najbliżej. Wybrane grupy prezentują swoje odpowiedzi.
- 2. Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących tematu lekcji. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale. Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.
- 3. Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 1 do 6 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 temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”, podsumowuje omawiany na lekcji materiał, wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia nr 7 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:

- Nauczyciel może wykorzystać medium zamieszczone w sekcji „Grafika interaktywna” na innych lekcjach dotyczących krzyżówek dwugenowych.