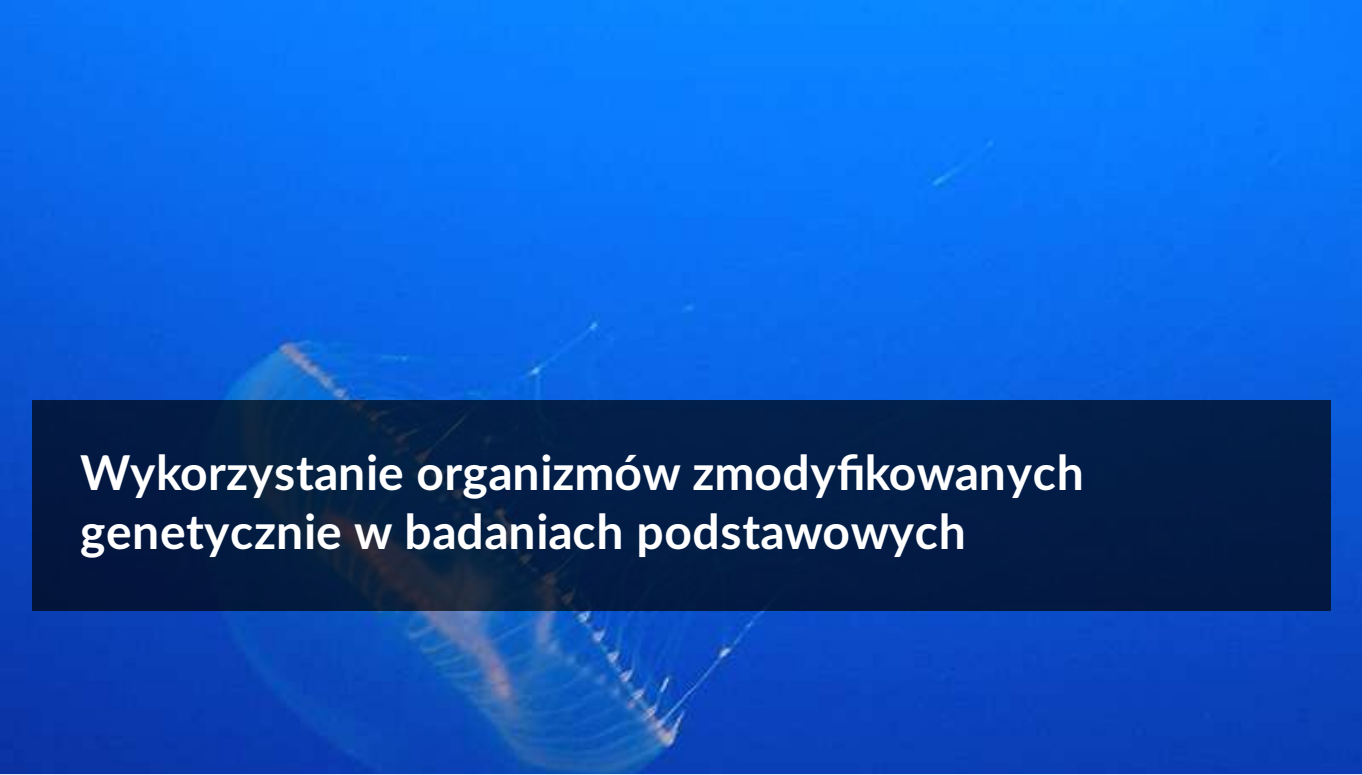


# Wykorzystanie organizmów zmodyfikowanych genetycznie w badaniach podstawowych

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Gra edukacyjna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Wykorzystanie organizmów zmodyfikowanych genetycznie w badaniach podstawowych

Białko zielonej fluorescencji (ang. *green fluorescent protein* - GFP) wyizolowano z meduz *Aequorea victoria*, u których występuje ono naturalnie. Stosuje się je jako cząsteczkę reporterową (łatwą do wykrycia) w badaniach biologii molekularnej. Sekwencja genu GFP wykorzystywana jest do tworzenia zwierząt transgenicznych.

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

Kontrolowana i świadoma ingerencja w genom organizmów oraz obserwowanie zachodzących w nim procesów możliwe są dzięki naukowym zdobyczom biotechnologii i biologii molekularnej. Genetycznie zmodyfikowane organizmy budzą wiele kontrowersji. A jednak to dzięki manipulacjom w materiale genetycznym rozumiemy wiele procesów niezbędnych do poprawy jakości życia człowieka.

### Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym są badania podstawowe.
- Scharakteryzujesz organizmy transgeniczne.
- Omówisz możliwości wykorzystania organizmów zmodyfikowanych w badaniach podstawowych.

# Przeczytaj

---

## Organizmy zmodyfikowane genetycznie



Modyfikacje genetyczne budzące najwięcej kontrowersji polegają na wprowadzaniu do organizmu danego gatunku genów pochodzących od innych gatunków. Nadają one modyfikowanemu organizmowi pożądaną cechę, niewystępującą u niego naturalnie.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Biotechnologia jest interdyscyplinarną dziedziną nauki wykorzystującą metody inżynierii genetycznej w celu uzyskania **genetycznie zmodyfikowanych organizmów** (ang. *genetically modified organism* – GMO). Metody te polegają na rekombinacji DNA z użyciem nośników, tzw. wektorów (m.in. wirusowych, plazmidowych), na włączaniu materiału genetycznego przygotowanego poza organizmem (np. poprzez zastosowanie **mikroiniekcji**) lub na łączeniu materiału genetycznego dwóch komórek pochodzących od różnych gatunków, który może być przekazywany komórkom potomnym.

W procesie nazywanym ekspresją genów zawarta w nich informacja genetyczna zostaje odczytana i przepisana na białka lub RNA. Metody inżynierii genetycznej prowadzą do zmiany ekspresji genów na dwa sposoby. Po pierwsze, wprowadzenie dodatkowej kopii genu (występującego u danego gatunku) powoduje zwielokrotnienie pożądanego cechy, po drugie, wprowadzenie genu innego gatunku pozwala uzyskać nowe cechy, niewystępujące naturalnie u danych organizmów (w ten sposób powstają **organizmy transgeniczne**).

Genetycznie zmodyfikowane organizmy wykorzystywane są m.in. w badaniach biologicznych oraz medycynie molekularnej. Ich zastosowanie jest szczególnie ważne w badaniach nad nowotworami, chorobami dziedzicznymi oraz zakaźnymi.

## Metody modyfikowania genetycznego organizmów

Wśród metod umożliwiających wprowadzenie obcego DNA do genomu gospodarza wyróżnia się metodę wektorową oraz metody bezwektorowe.

### Metoda wektorowa

Metoda wektorowa, skutecznie wykorzystywana w modyfikacji materiału genetycznego ryżu i zbóż, opiera się na wykorzystaniu naturalnej zdolności organizmu lub wirusa do przenoszenia materiału genetycznego.

Wirus lub plazmid bakterii pozbawia się infekcyjności i stosuje jako nośnik obcego DNA. Przykładem mikroorganizmu, który znalazł zastosowanie w biotechnologii, może być bakteria *Agrobacterium tumefaciens*, naturalnie żyjąca w glebie. Infekuje ona uszkodzone rośliny, a jej plazmid ma zdolność łączenia się z DNA gospodarza.

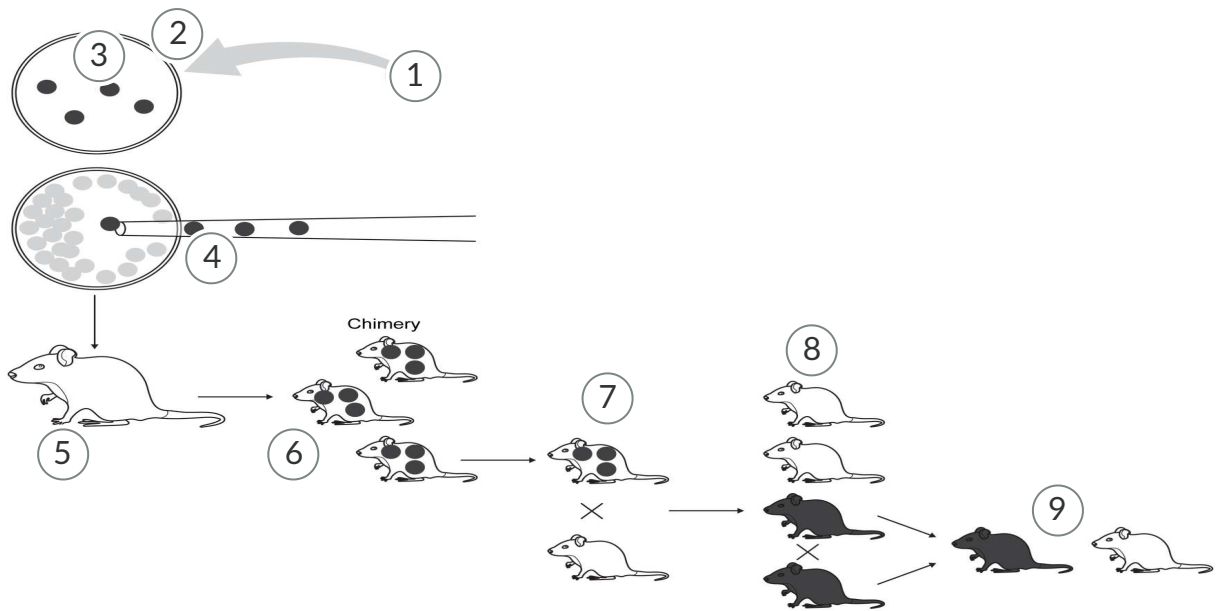
### Metody bezwektorowe

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

e-materiał pt. [\*Cele i metody transformacji genetycznej roślin i zwierząt.\*](#)

## Metoda knock-out

Metoda **knock-out** polega na usunięciu określonej sekwencji z chromosomalnego DNA, czego konsekwencją jest brak syntezy kodowanego przez ten gen białka. W wyniku usunięcia tej sekwencji w komórkach embrionalnych uzyskuje się organizm pozbawiony cechy kodowanej przez ten gen.



1

Wektor DNA.

2

Wprowadzenie DNA do embrionalnych komórek macierzystych (ESC z ang. *Embryonic Stem Cell*) przy pomocy elektroporacji.

3

W komórkach w warunkach *in-vitro* zachodzi rekombinacja homologiczna, np. delecja wybranego genu.

4

Wprowadzenie zmodyfikowanych komórek macierzystych do blastocysty.

5

Transfer blastocysty do macicy matki zastępczej.

6

Powstają chimery, których organizm składa się zarówno z komórek zmodyfikowanych, jak i niemodyfikowanych genetycznie.

7

---

Krzyżowanie organizmu chimerycznego z niemodyfikowaną genetycznie homozygotą.

8

---

W pierwszym pokoleniu otrzymuje się homozygoty nie posiadające zmodyfikowanego genu (myszy białe) oraz heterozygoty, które posiadają chromosom ze zmodyfikowanym fragmentem DNA w każdej komórce ciała (myszy czarne).

9

---

Po skrzyżowaniu dwóch heterozygot część osobników potomnych będzie homozygotami z całkowicie wyłączonym genem na obu chromosomach homologicznych, a część będzie posiadała niezmienny gen na jednym lub obu chromosomach homologicznych.

Etapy tworzenia myszy knock-out z wykorzystaniem pierwotnych komórek zarodkowych (ang. *embryo stem cells* - ESCs).

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

Za pomocą **elektroporacji** przygotowany fragment DNA zostaje wprowadzony do zmodyfikowanych **komórek macierzystych** (punkt 2. na schemacie), w których następuje wyłączenie genu – knock-out (punkt 3. na schemacie). Zmodyfikowane komórki, w których badany gen został wyłączony, są namnażane, a następnie wprowadzane do blastocysty (punkt 4.). Blastocysta wprowadzana jest do macicy matki zastępczej (punkt 5.). Połączenie komórek zmodyfikowanych genetycznie z komórkami zarodka skutkuje powstaniem **chimery** (punkt 6.). Taki organizm składa się zarówno z komórek zmodyfikowanych, jak i niemodyfikowanych genetycznie.

W kolejnym pokoleniu, w przypadku gdy to komórki ze zmienionym (wyłączonym) genem dają początek komórkom rozrodczym, potomstwo powstałe z połączenia tych komórek jest heterozygotyczne (punkt 8. na schemacie). Krzyżując ze sobą dwa osobniki heterozygotyczne można otrzymać potomstwo homozygotyczne **z całkowicie wyłączonym genem na obu chromosomach homologicznych** (punkt 9.), czyli tzw. zwierzęta knock-out.

Metoda knock-out wykorzystywana jest głównie do **poznawania funkcji genów** poprzez analizę skutków ich wyłączenia. Zwierzęta knock-out (np. myszy) są przydatne m.in. w badaniach z zakresu genetyki rozwoju oraz jako zwierzęce modele chorób genetycznych u człowieka.

# Wykorzystanie organizmów genetycznie zmodyfikowanych

Istotą badań podstawowych jest wzbogacanie wiedzy z danej dziedziny lub dyscypliny oraz formułowanie ogólnych praw nauki. Dla takich celów prowadzi się prace eksperymentalne lub teoretyczne bazujące na dotychczasowych uogólnieniach. Na ich podstawie konstruowany jest problem badawczy, który następnie podlega wyjaśnieniom teoretycznym. Rozważania prowadzą do nowych hipotez, weryfikowanych w sposób empiryczny (doświadczalny). Uzyskane wyniki umożliwiają tworzenie nowych teorii i tym samym poszerzenie bazy wiedzy stanowiącej podstawę do formułowania kolejnych problemów badawczych. W wyniku badań podstawowych uzyskuje się odpowiedzi na pytania: „Co? Jak? Dlaczego?” oraz „Jakie procesy/zależności występują pomiędzy zjawiskami?”. Wykorzystanie zdobytej podczas badań podstawowych wiedzy nie jest nastawione na bezpośrednie zastosowanie komercyjne.

Organizmy modyfikowane genetycznie wykorzystywane do badań podstawowych to: muszki owocowe, szczury, króliki, kury i – najczęściej – myszy. Zwierzęta te mają najwięcej wspólnych cech (genetycznych, anatomicznych i fizjologicznych) z człowiekiem. Dlatego możliwe jest poznanie mechanizmów molekularnych zachodzących w zdrowym organizmie, podczas chorób oraz w okresie rozwoju różnych układów, np. nerwowego, a następnie wykorzystanie tej wiedzy w odniesieniu do człowieka.

Transgeniczne muszki owocowe, w których komórkach dany gen został wyciszony, wykorzystywane są do badań funkcjonalnych – np. do badań neurobiologicznych nad chorobą Parkinsona i chorobą Alzheimera. Podobnie zmodyfikowane genetycznie rośliny są modelem umożliwiającym badania nad funkcją genów.



Do genomu myszy wprowadzono gen kodujący białko, które w świetle UV daje barwę zieloną. Myszy transgeniczne w świetle ultrafioletowym mają zieloną barwę oczu.

Źródło: Ingrid Moen, Charlotte Jevne, Jian Wang, Karl-Henning Kalland, Martha Chekenya, Lars A. Akslen, Linda Sleire, Per Ø. Enger, Rolf K. Reed, Anne M. Øyan, Linda E.B. Stuhr, licencja: CC BY 2.0.

Zwierzęta transgeniczne (myszy, króliki, szczury), u których usunięto poszczególne geny, są modelem chorób kardiologicznych, neurologicznych, pulmonologicznych, hematologicznych, onkologicznych oraz embriologicznych, polegających na upośledzeniu rozwoju narządów i układów. Zwierzęta te wykorzystywane są również w badaniach immunologicznych związanych z chorobami autoagresywnymi, niedoborami odpornościowymi oraz alergiami.

### Ważne!

Badania prowadzone na genetycznie zmodyfikowanych organizmach dotyczące różnych jednostek chorobowych wymagają ostrożności. Wprowadzony zmieniony gen powodujący chorobę może wywoływać jedynie część objawów i nie dawać pełnego obrazu klinicznego. Otrzymane wyniki wymagają potwierdzenia w badaniach *in vivo* i *in vitro*.

**Przykład stanowią myszy będące modelem chorób onkologicznych i myszy modelowe chorób immunologicznych.**

**Myszy Li-Fraumeni jako model chorób onkologicznych**



Myszy Li-Fraumeni są modelem rzadkiego zespołu dziedzicznego autosomalnie dominująco, spowodowanego mutacją w genie TP53. Jest on antyonkogenem określanym jako supresor (czynnik hamujący) nowotworów. Mutacja tego genu powoduje wzrost ryzyka zachorowania na różne typy nowotworów (np. mózgu, piersi, skóry, mięsaki) w młodym wieku i prowadzi do powstawania guzów złośliwych. Myszy Li-Fraumeni otrzymuje się poprzez zastosowanie techniki knock-out ukierunkowanej na zmiany w genie TP53 (wyciszenie genu).

## Myszy modelowe chorób immunologicznych

### Ważne!

Poznanie genu kodującego białko odpowiedzialne za powstawanie stanu patologicznego jest istotne dla stworzenia genetycznie zmodyfikowanego organizmu stanowiącego model choroby. Jednak w niektórych sytuacjach usunięcie sekwencji związanej z chorobą jest dla gatunku typowanego jako model choroby letalne (śmiertelne). Dlatego do tej pory nie udało się stworzyć np. modelu płasawicy Huntingtona.

### Już wiesz

Białko zielonej fluorescencji (ang. *green fluorescent protein* – GFP) naturalnie występujące u meduzy *Aequorea victoria* jest użytecznym narzędziem w biologii doświadczalnej. Umożliwia obserwację przemieszczania się komórek i białek w organizmie. Transfekcja genu GFP do zarodka np. myszy pozwala na obserwację rozwoju zarodka aż do przekształcenia się go w wielokomórkowy płód.

## Słownik

### chimera

organizm zbudowany z komórek różniących się genetycznie

### dziedziczenie autosomalne dominujące

cecha dziedziczona jest w sprzężeniu z chromosomami innymi niż płci, ujawnia się u heterozygot i homozygot dominujących

### dziedziczenie autosomalne recesywne

cecha dziedziczona jest w sprzężeniu z chromosomami innymi niż płci oraz ujawnia się tylko u homozygot recesywnych

### elektroporacja

bezwektorowa metoda modyfikacji genetycznych; wskutek oddziaływania impulsów elektrycznych na błonę komórkową dochodzi w niej do powstania trwałych hydrofilowych porów, tzw. elektroforów; obecność dodatkowych kanałów ułatwia przenikanie fragmentów DNA ze środowiska zewnętrznego do wnętrza komórek  
**GMO**

organizmy modyfikowane genetycznie, których genom został zmieniony za pomocą metod inżynierii genetycznej

**heterozygota**

organizm posiadający zróżnicowane allele danego genu

**homozygota**

organizm posiadający identyczne allele danego genu

***in vivo***

określenie procesu zachodzącego wewnątrz organizmu

***in vitro***

określenie procesu przeprowadzanego w warunkach laboratoryjnych

**inaktywacja**

zanik, zahamowanie lub utrata właściwości

**knock-out**

metoda biologii molekularnej polegająca na usunięciu genu

**macierzyste komórki**

niezróżnicowane komórki występujące naturalnie w organizmie u zwierząt i człowieka, a także wyhodowane *in vitro* (pierwotne komórki zarodkowe), zdolne do nieograniczonych podziałów (prolifracji) przez całe życie organizmu

**mikroiniekcja**

metoda umożliwiająca wprowadzenie dowolnej substancji, np. obcego DNA, do komórki obserwowanej pod mikroskopem

**organizmy transgeniczne**

organizmy, których genom został zmieniony, a wprowadzony gen pochodzi od organizmu innego gatunku

**transformacja**

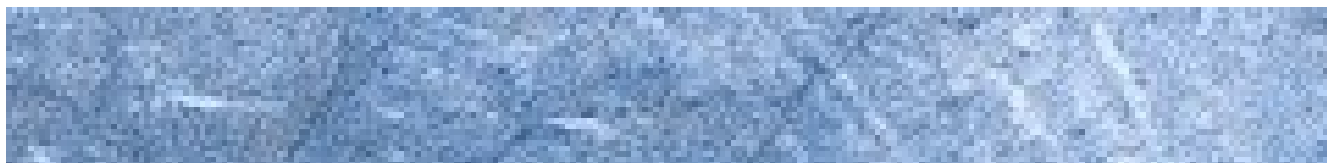
proces aktywnego pobierania DNA z otoczenia

# Gra edukacyjna

---

## Polecenie 1

Rozwiąż interaktywny quiz i sprawdź swoją wiedzę o wykorzystaniu organizmów zmodyfikowanych genetycznie w badaniach podstawowych.



Test

**Sprawdź swoją wiedzę**

Poziom trudności:

**łatwy**

Limit czasu:

**4 min**

Twój ostatni wynik:

-

Uruchom

## Polecenie 2

Wyjaśnij w min. trzech zdaniach, jak wykorzystanie organizmów zmodyfikowanych genetycznie wpływa na rozwój nauki.

## Polecenie 3

Ułóż pytanie quizowe dotyczące wykorzystania organizmów zmodyfikowanych genetycznie w badaniach podstawowych.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Dokończ zdanie.

Najczęściej wykorzystywanymi zwierzętami transgenicznymi w badaniach dotyczących chorób kardiologicznych są:

szczury.

kury.

myszy.

muszki owocowe.

## Ćwiczenie 2



Połącz pojęcie z definicją.

Organizmy transgeniczne

Organizm posiadający identyczne allele danego genu

Heterozygota

Organizm zbudowany z komórek różniących się genetycznie

GMO

Organizmy modyfikowane genetycznie, których genom został zmieniony za pomocą metod inżynierii genetycznej

Homozygota

Organizmy, których genom został zmieniony, a wprowadzony gen pochodzi od organizmu innego gatunku

Chimera

Organizm posiadający zróżnicowane allele danego genu

### Ćwiczenie 3



Wskaż prawdziwe twierdzenia.

Badania podstawowe obejmują prace teoretyczne i eksperymentalne, których wyniki wykorzystywane są do formułowania praw nauki.

Badania podstawowe obejmują prace eksperymentalne, których wyniki wykorzystywane są w celach społecznych.

Badania podstawowe obejmują prace teoretyczne, których wyniki wykorzystywane są w celach ekonomicznych.

Badania podstawowe obejmują prace teoretyczne i eksperymentalne, których wyniki wykorzystywane są w celach ekonomicznych.

Badania podstawowe obejmują prace eksperymentalne, których wyniki wykorzystywane są w celach ekonomicznych.

Badania podstawowe obejmują prace teoretyczne i eksperymentalne, których wyniki wykorzystywane są do poszerzenia wiedzy.

Badania podstawowe obejmują prace teoretyczne, których wyniki wykorzystywane są w celach społecznych.

Badania podstawowe obejmują prace teoretyczne i eksperymentalne, których wyniki wykorzystywane są w celach społecznych.

## Ćwiczenie 4



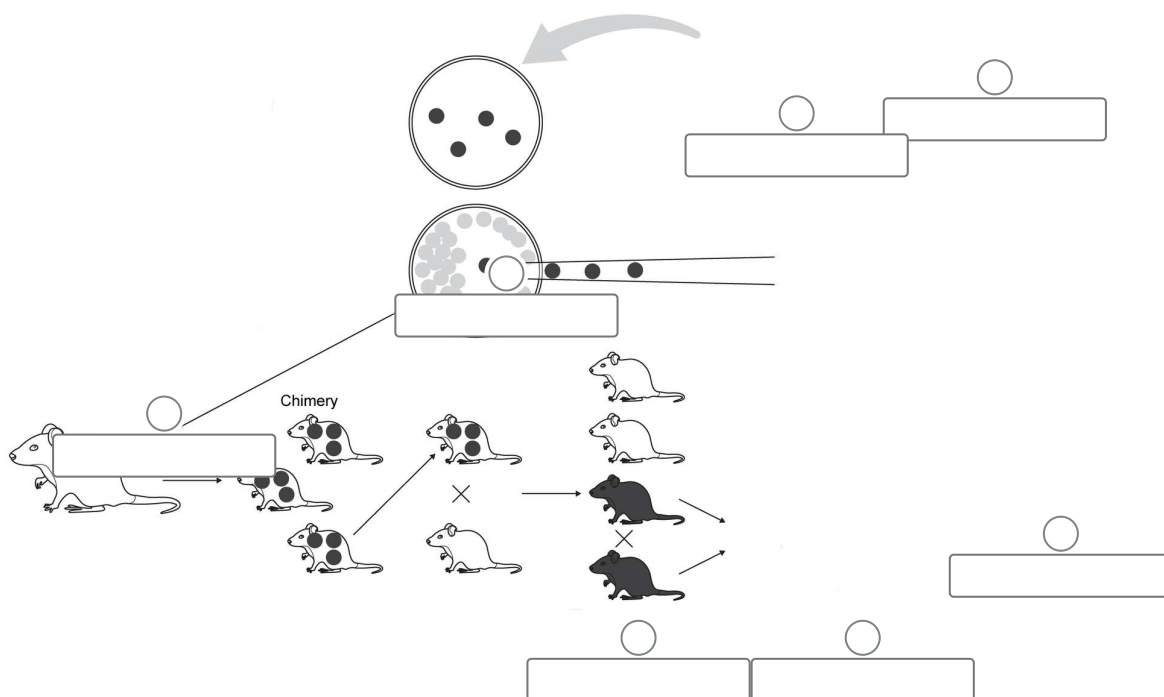
Oceń prawdziwość poniższych twierdzeń.

	Prawda	Fałsz
Myszy transgeniczne wykorzystywane są jedynie do badań nad chorobami kardiologicznymi i neurodegeneracyjnymi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W badaniach nad chorobami neurologicznymi wykorzystywane są organizmy transgeniczne, m.in. muszki owocowe i myszy.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transgeniczne muszki owocowe wykorzystywane są w badaniach nad chorobą Parkinsona i chorobą Alzheimera.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Myszy Li-Fraumeni są zwierzętami modelowymi dla chorób neurodegeneracyjnych.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Ćwiczenie 5



Dopasuj etapy tworzenia zwierząt transgenicznych do numerów zaznaczonych na schemacie.



Krzyżowanie chimery z niezmodyfikowaną genetycznie homozygotą

Przeniesienie DNA za pomocą wektorów do blastocysty

Otrzymanie wśród organizmów potomnych homozygot nieposiadających zmodyfikowanych genów oraz heterozygot posiadających zmodyfikowany gen w każdej komórce ciała

Wprowadzenie i namnożenie przygotowanego DNA do komórek macierzystych

Krzyżowanie heterozygot w celu otrzymania homozygot z całkowicie wyłączonym genem na obu chromosomach homologicznych

Przygotowanie fragmentu DNA

Implantacja blastocysty w macicy matki zastępczej

Schemat tworzenia zwierząt transgenicznych.

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



## Ćwiczenie 6



Uzupełnij tekst odpowiednimi określeniami.

Tworzenie zwierząt transgenicznych polega na [ ] do genomu gospodarza. W tym celu stosuje się metody [ ] i [ ]. Pierwsza polega na wykorzystaniu [ ] jako nośnika i może być stosowana w technice [ ]. Z kolei metody bezwektorowe polegają na [ ] lub rozluźnieniu struktury błon komórkowych przy zastosowaniu [ ] lub [ ].

pociski wolframowe

usuwanie

knock-out

metody PEG

wektorowe

mikroorganizmu

elektroporacji

wprowadzeniu obcego DNA

bezwektorowe

mikrowstrzeliwaniu materiału genetycznego

## Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, w jaki sposób badania podstawowe prowadzone na organizmach zmodyfikowanych genetycznie wpływają na rozwój nauki.

## Ćwiczenie 8



Wyjaśnij, dlaczego niemożliwe jest opracowanie zwierzęcego modelu niektórych chorób.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz lekcji

**Autor:** Daria Reczyńska

**Przedmiot:** Biologia

**Temat:** Wykorzystanie organizmów zmodyfikowanych genetycznie w badaniach podstawowych

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

### Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

VIII. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Uczeń:

6) przedstawia potencjalne korzyści i zagrożenia wynikające z zastosowania organizmów modyfikowanych genetycznie w rolnictwie, przemyśle, medycynie i badaniach naukowych; podaje przykłady produktów otrzymanych z wykorzystaniem modyfikowanych genetycznie organizmów;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XV. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Uczeń:

6) wyjaśnia, czym jest organizm transgeniczny i GMO; przedstawia sposoby otrzymywania organizmów transgenicznych;

7) przedstawia potencjalne korzyści i zagrożenia wynikające z zastosowania organizmów modyfikowanych genetycznie w rolnictwie, przemyśle, medycynie i badaniach naukowych; podaje przykłady produktów otrzymanych z wykorzystaniem modyfikowanych genetycznie organizmów;

### 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 są badania podstawowe.
- Scharakteryzujesz organizmy transgeniczne.
- Omówisz możliwości wykorzystania organizmów zmodyfikowanych w badaniach podstawowych.

### **Strategie nauczania:**

- nauczanie wyprzedzające;
- konstruktywizm;
- konektywizm.

### **Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- burza mózgów;
- mapa myśli.

### **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- 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;
- telefony z dostępem do internetu;
- arkusze papieru, flamastry, magnesy.

### **Przebieg zajęć**

#### **Przed lekcją:**

1. Tydzień przed planowaną lekcją nauczyciel dzieli uczniów na siedem grup. Każdej przypisuje inną dziedzinę medycyny:

- grupie I – kardiologię;
- grupie II – neurologię;

- grupie III – embriologię;
- grupie IV – pulmonologię;
- grupie V – hematologię;
- grupie VI – onkologię;
- grupie VII – choroby immunologiczne.

Grupy wyszukują, korzystając z artykułów naukowych oraz popularnonaukowych, gatunki zwierząt wykorzystywane w badaniach z danej dziedziny oraz geny związane z chorobami dotyczącymi wskazanego obszaru.

### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel rozpoczyna burzę mózgow pytaniami: „Co to są zwierzęta genetycznie zmodyfikowane?”.
2. Nauczyciel przedstawia uczniom temat i cele lekcji.

### **Faza realizacyjna:**

1. Uczniowie zapoznają się z tekstem zamieszczonym w sekcji „Przeczytaj”. Wspólnie przygotowują mapę myśli dotyczącą metod otrzymywania organizmów zmodyfikowanych genetycznie. Hasło główne to „GMO”.
2. Następnie uczniowie pracują w utworzonych przed lekcją grupach. Otrzymują arkusze papieru i flamastry. Ich zadaniem jest przygotowanie do wcześniej opracowanej mapy myśli gałęzi dotyczącej wykorzystania organizmów genetycznie zmodyfikowanych w badaniach nad chorobami z danej dziedziny.
3. Zespoły kolejno prezentują wyniki swoich prac, dołączając przygotowane „gałęzie” mapy myśli do mapy „GMO”. Nauczyciel w razie potrzeby przekazuje potrzebne informacje lub koryguje błędy.
4. Nauczyciel rozpoczyna dyskusję, zadając pytanie: „W jaki inny sposób można wykorzystać organizmy genetycznie zmodyfikowane w badaniach podstawowych?”. Wybrani uczniowie zapisują brakujące informacje na mapie myśli.
5. Uczniowie wykonują w parach ćwiczenie nr 7 z sekcji „Sprawdź się”, w którym mają za zadanie wyjaśnić, w jaki sposób badania podstawowe prowadzone na organizmach zmodyfikowanych genetycznie wpływają na rozwój nauki. Wybrane pary przedstawiają odpowiedź na forum klasy.

### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie samodzielnie wykonują grę edukacyjną, a następnie układają własne pytania quizowe dotyczące wykorzystania organizmów genetycznie zmodyfikowanych na podstawie e-materiału oraz materiałów źródłowych, z którymi zapoznali się przed lekcją. Przekazują je do rozwiązania kolegom i koleżankom.

### **Praca domowa:**

- Wykonaj ćwiczenia od 1 do 6 oraz 8 z sekcji „Sprawdź się”.

### **Materiały pomocnicze:**

- Jolanta Górską-Andrzejak, Paweł Grzmil, Marta Labocha-Derkowska, Joanna Rutkowska, Wojciech Strzałka, Katarzyna Tomala, Dominika Włoch-Salamon, *Poczet modelowych organizmów badawczych*, „Wszechświat” 2016, t. 117, nr 7–9, s. 194–208.
- Mirosława Skawińska, Joanna Blicharska, *Genetycznie modyfikowane rośliny – zagrożenie czy korzyści*, „Studia Medyczne” 2012, t. 27, nr 3, s. 78–81.
- Anna Skrobiszewska, *Transgeniczne króliki – uzyskiwanie oraz kierunki wykorzystania*, „Wiadomości Zootechniczne” 2011, R. XLIX, nr 2, s. 31–36.

Załącznik 1. Przykładowa mapa myśli.

Plik o rozmiarze 99.08 KB w języku polskim

### **Dodatkowe wskazówki metodyczne:**

Uczniowie mogą wykorzystać grę edukacyjną w celu przygotowania się do lekcji powtórkowej.