



Praktyczne wykorzystanie metod klonowania organizmów

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Mapa myśli
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Praktyczne wykorzystanie metod klonowania organizmów

Makak krabozerny (*Macaca fascicularis*) to pierwszy sklonowany gatunek ssaków naczelnych. Dzięki metodzie transferu jąder komórek somatycznych na świat przyszły Zhong Zhong oraz Hua Hua. Na zdjęciu przedstawiciel gatunku.

Źródło: Basile Morin, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

Klonowanie organizmu polega na generowaniu jego identycznej genetycznie kopii. Proces ten przeprowadza się za pomocą kilku metod. Wykorzystywane są one m.in. w celach przemysłowych oraz terapeutycznych. Mimo tych zastosowań klonowanie budzi wiele kontrowersji, szczególnie w kwestii uzyskiwania klonów ssaków naczelnych oraz przywracania do życia gatunków wymarłych.

Twoje cele

- Porównasz poznane metody klonowania organizmów.
- Przedstawisz możliwości praktycznego wykorzystania przez człowieka poszczególnych metod klonowania organizmów.

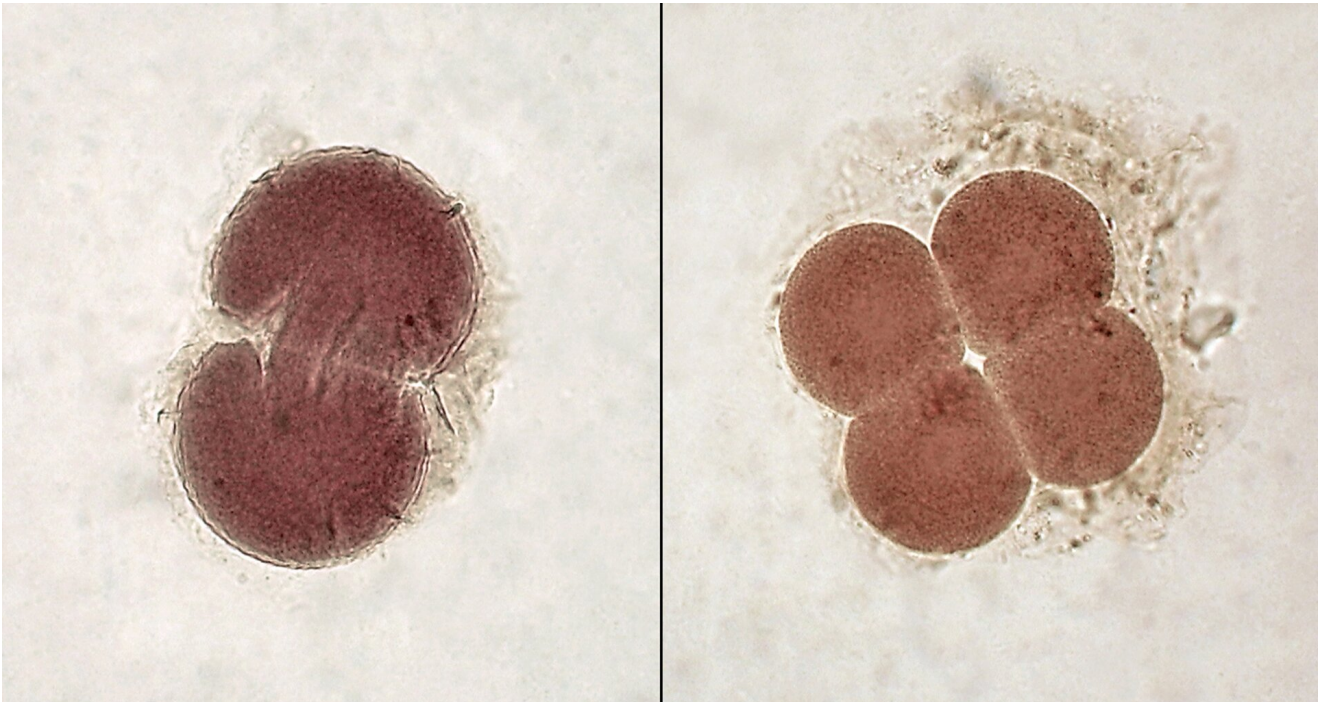
Przeczytaj

Klonowanie metodą bisekcji zarodków

Jedną z często stosowanych metod klonowania jest **podział bliźniaczy**. Zapłodniona komórka jajowa ulega bruzdkowaniu – w procesie tym powstają dwie, a następnie kolejne komórki potomne, nazywane blastomerami. Kiedy embrion składa się z dwóch do ośmiu komórek, można je rozdzielić, czyli przeprowadzić bisekcję: za pomocą narzędzi mikrochirurgicznych dzieli się zarodek na dwie części o równej liczbie komórek. Komórki wczesnych stadiów rozwoju, określane mianem [totipotencjalnych](#), mogą się różnicować we wszystkie rodzaje komórek budujących organizm oraz tworzyć trofoblast, z którego wykształci się łożysko. Z czasem tracą one tę właściwość, dlatego bisekcja przeprowadzona na późniejszym etapie rozwoju nie skutkowałaby wytworzeniem prawidłowo rozwijającego się organizmu.

Dzieląc ośmiokomórkowy embrion, otrzymuje się dwa embriony czterekomórkowe, których rozwój przebiega w taki sam sposób, jak przebiegałby rozwój pojedynczego embrionu bez tej ingerencji. Możliwe jest także rozdzielenie tych dwóch zarodków i wszczepienie ich do organizmów dwóch różnych samic lub pozostawienie jednego z nich w organizmie matki i zamrożenie drugiego w celu przechowywania.

Skutkiem zastosowania tej metody są narodziny bliźniąt jednojajowych, które pod względem genetycznym są swoją dokładną kopią, jednak różnią się od organizmów rodzicielskich. Nie można w ten sposób uzyskać większej liczby organizmów niż dwa.



Embrion lancetnika (*Branchiostoma lanceolatum*) w fazie dwóch i czterech komórek.

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

Zastosowanie

Klonowanie metodą bisekcji zarodków z powodzeniem wykorzystywane jest w przypadku zwierząt hodowlanych, zwłaszcza owiec i bydła, a także świń i koni. W badaniu nad zastosowaniem tej procedury u krów stwierdzono, że ciąża rozwijała się poprawnie w przypadku ok. 28% bliźniaczych zarodków, a dla pojedynczego zarodka z pary wartość ta rosła do 45%.

Podjęto również próby zastosowania tej metody na ssakach naczelnych. Stworzenie genetycznie identycznych małą, które stanowiłyby model wielu chorób występujących u ludzi, mogłoby się przyczynić do rozwoju badań nad leczeniem tych schorzeń. Działanie takie jest jednak kwestionowane etycznie, ponadto bisekcja zarodków ssaków naczelnych charakteryzuje się mniejszą wydajnością niż w przypadku zwierząt hodowlanych.

Izolacja blastomerów

Izolacja blastomerów to metoda zbliżona do bisekcji zarodków, jednak podczas tego procesu przeprowadza się rozdział embrionu na pojedyncze komórki. Dokonuje się tego najczęściej na etapie dwóch lub czterech komórek, ze względu na zachowanie ich totipotencji, czyli zdolności do różnicowania się w dowolny rodzaj komórek budujących organizm.

Zastosowanie

Dzięki tej metodzie możliwe jest otrzymanie bliźniąt, trojaczków, czworaczków, a nawet pięcioraczków (odmiennych pod względem genetycznym od rodziców). Z tego powodu jest ona teoretycznie bardziej wydajna od podziału bliźniaczego. Mimo to nie stosuje się jej na szeroką skalę, ze względu na trudności w przeprowadzaniu jej w praktyce. Wykorzystywana jest jedynie eksperymentalnie w badaniach możliwości rozwojowych komórek zarodkowych ssaków. Najlepsze wyniki w klonowaniu tą metodą obserwowano na owcach, w którym przypadku już w latach 80. XX w. otrzymano czworaczki.

Badania na myszach wykazały, że komórki embrionalne tych zwierząt zachowują charakter totipotencjalny do stadium czterech komórek. Wyizolowanie blastomerów w stadium ośmiu komórek prowadziło do zaburzeń w tworzeniu [epiblastu](#) i [endodermy](#) zarodka, a izolacja w stadium [moruli](#) zaburzała rozwój [blastocysty](#).

Klonowanie chimerowe – metoda agregacji blastomerów

Klonowanie chimerowe zarodków oparte jest na agregacji blastomerów. Termin „agregacja” oznacza zbijanie się małych cząstek danej substancji w większe, co oddaje istotę tej metody: polega ona na zebraniu kilku blastomerów w jedną grupę. Ze względu na to, że pochodzą one od różnych zarodków i wspólnie tworzą jeden nowy embrion, każdy z nich daje początek części jego komórek. Powstały organizm, złożony z komórek różniących się pod względem genetycznym i genotypowym, łączy w sobie cechy kilku różnych osobników.

Zastosowanie

Klonowanie chimerowe zarodków metodą agregacji blastomerów stosowane jest jedynie w laboratoriach, ze względu na niską przeżywalność agregowanych blastomerów. Otrzymane tą drogą zarodki wykorzystywane są m.in. w badaniach przebiegu [rozwoju prenatalnego](#) różnych organizmów oraz występujących na tym etapie mutacji genetycznych.

Transfer jąder komórkowych

Najbardziej znana metoda klonowania organizmów to transfer jąder komórkowych. Jej istotą jest umieszczenie jądra komórki pochodzącej od osobnika, który ma zostać sklonowany (dawcy), w komórce jajowej. Dawcą jądra komórkowego może być zarówno zarodek, jak i osobnik dorosły. Jądro może zostać pobrane z komórki dowolnej tkanki jego organizmu. Na początku należy pozbawić jądra komórkowego zarówno komórkę jajową, jak i [komórkę somatyczną](#) dawcy. Kolejnym krokiem jest wszczepienie jądra z komórki somatycznej dawcy do komórki jajowej, z której usunięto jądro, i umieszczenie komórki jajowej w macicy samicy, która będzie matką klona.

Wadą tej metody jest fakt, że klon żyje krócej od dawcy. Dzieje się tak, ponieważ komórka somatyczna dawcy podlegała w swoim życiu procesom starzenia, takim jak

skracanie [sekwencji telomerowych](#) chromosomów. Z tego powodu w przypadku, gdy dawca miał np. 10 lat, komórki klona w momencie narodzin są już dziesięcioletnie (i tym samym telomery klona są krótsze niż u noworodka).



Owca Dolly to pierwszy ssak sklonowany metodą transplantacji jąder komórkowych (w 1996 r.). Po śmierci owca Dolly została wypchana i umieszczona w Muzeum Narodowym Szkocji w Edynburgu.
Źródło: Geni, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

Zastosowanie

Transfer jąder komórkowych znalazł zastosowanie w klonowaniu wielu gatunków zwierząt w rozmaitych celach:

- **cele badawcze** – np. sklonowanie owcy Dolly, pierwszego ssaka narodzonego po przeprowadzeniu transferu jąder;
- **ochrona bioróżnorodności** – próby rozmnażania w warunkach kontrolowanych gatunków zagrożonych wyginięciem, jak w przypadku gaura indyjskiego (*Bos gaurus*);

- **odtworzenie wymarłych gatunków** – za pomocą transferu jąder udało się odtworzyć populację krów z nowozelandzkiej wyspy Enderby; podjęto także próbę sklonowania koziorożca pirenejskiego (*Capra pyrenaica pyrenaica*), lecz osobnik, który przyszedł na świat, zmarł 7 minut po narodzeniu;
- **cele farmakologiczne** – tworzenie zwierząt transgenicznych o zdolności do produkcji ważnych substancji i białek, np. antytrombiny czy ludzkich przeciwciał poliklonalnych;
- **cele przemysłowe** – klonowanie cennych komercyjnie gatunków zwierząt w celu zwiększenia produkcji lub o pożądanych cechach morfologicznych, np. sklonowanie byka Chance (klon o nazwie Second Chance);
- **cele komercyjne** – np. klonowanie zwierząt domowych, w tym psów oraz kotów, jak w przypadku kota Little Nicky’ego.

Ciekawostka

Jednym z pierwszych zastosowań komercyjnego klonowania jest historia Little Nicky’ego. W 2003 r. zmarł należący do pewnej kobiety kot imieniem Nicky. Właścicielka, której nazwiska nie ujawniono, była do niego tak przywiązana, że zapłaciła 50 tys. dolarów za jego sklonowanie. Naukowcy dokonali tego i w 2004 r. urodził się klon Nicky’ego o imieniu Little Nicky (Mały Nicky), który żyje do dziś (stan na rok 2021). Zdaniem właścicielki jej nowy kot wykazuje wiele cech poprzedniego, nie tylko pod względem wyglądu, ale i osobowości.

Znaczenie klonowania zwierząt i człowieka

Ochrona gatunków

Rozwój technik klonowania zwierząt nie tylko wpłynął na możliwość ochrony gatunków zagrożonych, których populacje są coraz mniej liczne, lecz także daje szansę na przywrócenie gatunków wymarłych, takich jak koziorożec pirenejski (*Capra pyrenaica pyrenaica*), żaba gęborodna (*Rheobatrachus silus*) czy inne gatunki zwierząt,

których materiał genetyczny został zabezpieczony. Sukcesem zakończyło się odtworzenie populacji krów z wyspy Enderby w Nowej Zelandii, co daje nadzieję na kolejne reintrodukcje gatunków do ich dawnych siedlisk.

Ciekawostka

Krowy nieznaney rasy (nazwanej później rasą Enderby Island) zostały sprowadzone na niezamieszkaną nowozelandzką wyspę Enderby w latach 90. XIX w., a w 1910 r. pozostawiono je tam po nieudanej próbie założenia rolnictwa. Od tego czasu żyły w izolacji w stanie dzikim. W 1992 r. zostały w większości wybite, w celu ochrony lokalnego ekosystemu. Ostatnia ocalała krowa urodziła potomstwo dzięki metodzie klonowania.

Rolnictwo i cele komercyjne

Klonowanie przyczynia się również do selekcji gatunków bydła i innych zwierząt hodowlanych o wysokim potencjale produkcyjnym lub zwiększonej tolerancji na czynniki stresowe i chorobotwórcze. Dzięki metodzie transferu jąder komórkowych udało się wyhodować bydło, u którego nie występują priony odpowiedzialne za chorobę wściekłych krów lub których mleko charakteryzuje się większą zawartością kazeiny. Klonowanie wykorzystuje się także do reprodukcji cennych ras koni.

Medycyna i farmakologia

Dzięki klonowaniu stworzono modele zwierzęce do badań nad chorobami występującymi u ludzi, takimi jak cukrzyca, mukowiscydoza czy zwyrodnienie barwnikowe siatkówki. Modele te mają ogromne znaczenie w analizie rozwoju tych chorób oraz testowaniu nowych leków. Sklonowanie świń pozwoliło na kontrolę badań z użyciem macierzystych komórek nerwowych, m.in. nad próbą naprawy uszkodzenia rdzenia kręgowego, gdyż część populacji, mając identyczny materiał genetyczny, stanowiła idealną grupę kontrolną.

Z kolei klonowanie zwierząt transgenicznych o zmodyfikowanym genomie może być szansą dla osób czekających na przeszczep uszkodzonego narządu. Wydaje się, że najlepszymi dawcami organów (przeszczepów) dla człowieka są świny. Wykazano, że

pozbawienie ich antygenów wykrywanych przez ludzkie przeciwciała zmniejsza ryzyko odrzucenia przeszczepu. Dziedziną medycyny zajmującą się badaniami nad możliwością przeszczepiania narządów między organizmami należącymi do różnych gatunków jest [ksenotransplantacja](#).

Klonowanie człowieka

W przypadku człowieka możliwe są dwa cele klonowania:

- **Klonowanie reprodukcyjne** – efektem tego rodzaju klonowania byłyby narodziny człowieka o genomie identycznym z genomem dawcy. Nasienie nie byłoby potrzebne, dlatego klonowanie w celach reprodukcyjnych jest rozważane jako forma leczenia niepłodności lub uzyskania potomstwa przez pary homoseksualne. Uniemożliwiają je jednak m.in. obecne regulacje prawne.
- **Klonowanie terapeutyczne** – to głównie [diagnostyka preimplantacyjna](#) oraz hodowla materiału transplantacyjnego (tkanek i, potencjalnie, narządów) na bazie komórek ciała biorcy przeszczepu. W pierwszej metodzie klony zarodków, uzyskanych w wyniku [zapłodnienia *in vitro*](#), są poddawane badaniom, by do rozwoju w łonie matki przeznaczać te, które spełniają wcześniej przyjęte kryteria.

Obydwa wymienione terapeutyczne zastosowania klonowania u ludzi implikują uśmiercanie zarodków, które nie spełniają oczekiwań lub są źródłem materiału transplantacyjnego.

Wykorzystanie sklonowanych zwierząt w medycynie czy przemyśle spożywczym oraz próby przywrócenia gatunków wymarłych, jak również wszelkie kwestie dotyczące klonowania ludzi wywołują dyskusje na tle etycznym. Więcej informacji na ten temat znajdziesz w e-materiale pt. „[Obawy etyczne wokół klonowania zwierząt](#)”.

Słownik

blastocysta

stadium rozwoju zarodkowego ssaków, odpowiadające stadium blastuli u innych zwierząt tkankowych; blastocysta jest zbudowana z trofoblastu ograniczającego

jamę blastocysty i węzła zarodkowego; w stadium blastocysty następuje u ssaków łożyskowych implantacja zarodka do ściany macicy

diagnostyka preimplantacyjna

metoda diagnostyczna opierająca się na analizie genetycznej komórek jajowych przed zapłodnieniem bądź po zapłodnieniu oraz zarodka przed implantacją do macicy przyszłej matki; technika wykorzystywana podczas zapłodnienia *in vitro*

endoderma

warstwa komórek powstałych na skutek gastrulacji, stanowiąca wewnętrzny listek zarodkowy, z którego wykształci się układ oddechowy (płuca, krtani, nabłonek płuc) oraz moczowy (pęcherz, cewka moczowa)

epiblast

w stadium przedgastrulacyjnym i wczesnej gastruli strunowców epiblast stanowi pierwotną ektodermę (jeden z listków zarodkowych); z ektodermi powstają m.in. układ nerwowy i narządy zmysłów

komórka somatyczna

komórka będąca częścią ciała danego organizmu i niebiorąca udziału w rozmnażaniu, czyli każda poza plemnikami, komórkami jajowymi oraz komórkami, od których się one wywodzą

ksenotransplantacja

przeszczepianie tkanki lub narządów między osobnikami różnych gatunków

morula

zaawansowane stadium bruzdkowania całkowitego, poprzedzające stadium blastuli; morula złożona jest z blastomerów, których liczba jest różna u różnych organizmów

rozwój prenatalny

rozwój w okresie płodowym

sekwencje telomerowe

fragmenty DNA na końcach ramion chromosomu; odpowiadają za ochronę chromosomów przed uszkodzeniami, a przy każdym podziale komórki są skracane, co limituje liczbę jej podziałów, a zatem także długość życia organizmu; komórki często dzielące się (np. komórki rozrodcze oraz komórki nowotworowe) zawierają enzym telomerazę, odpowiedzialny za wydłużanie sekwencji telomerowych

totipotencja

zdolność komórek do różnicowania się w dowolny rodzaj komórek

zapłodnienie *in vitro*

zabieg polegający na zapłodnieniu komórki jajowej poza organizmem matki i wszczępieniu rozwijającego się zarodka do jamy macicy

Mapa myśli

Metody klonowania ogrganizmów



Polecenie 1

Porównaj poznane metody klonowania zwierząt, uwzględniając ich praktyczne wykorzystanie w różnych dziedzinach gospodarki człowieka.

Polecenie 2

Na podstawie mapy myśli oraz dostępnych źródeł wiedzy wskaż metodę klonowania organizmów, która jest najszerzej stosowana. Wyjaśnij, dlaczego metoda ta znajduje najwięcej zastosowań dla człowieka spośród wszystkich wymienionych powyżej metod klonowania.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



„Klonowanie zagrożonych ras czy gatunków ssaków budzi zarówno nadzieje, jak i obawy, wśród których najczęściej podawany jest argument, że ograniczać może w istotny sposób genetyczną różnorodność ras i gatunków. Może ono odegrać, jak się wydaje, istotną rolę w programach ich ratowania. Zapoczątkowano już na świecie program gromadzenia zamrożonych wycinków tkanek z możliwie największej liczby osobników zagrożonych gatunków, co pozwoli stworzyć genetyczną rezerwę tych gatunków, umożliwiając w przyszłości ich rekonstrukcję.”

Źródło: Gajda B., Smorąg Z. (2007) *Wykorzystanie metod biotechnologii rozrodu w zachowaniu bioróżnorodności zwierząt*, *Biotechnologia* 4 (79) s. 62

Ćwiczenie 7



„Współcześnie sięgamy po innowacyjne metody biotechniczne, które są wykorzystywane w ochronie zagrożonych wyginięciem gatunków ssaków. [...] Od wielu lat tworzone są rezerwy genetyczne w celu zwiększenia puli zasobów genetycznych zagrożonych gatunków, a zgromadzony materiał biologiczny jest przechowywany w bankach zasobów genetycznych.

[...] W badaniach Lanza i in. (2000) udowodniono, że możliwy jest rozwój zarodka pozyskanego w wyniku międzygatunkowego klonowania somatycznego. *Post mortem* (po śmierci – przyp. autora zadania) wyizolowano jądra komórkowe z fibroblastów skóry dorosłego samca gaura. Jądra te wprowadzono następnie do enukleowanych (pozbawionych jądra komórkowego/wyjądrzonych – przyp. autora zadania) oocytów bydłych. Uzyskane embriony transferowano do matek zastępczych. W innym eksperymencie do klonowania zagrożonego wyginięciem muflona europejskiego wykorzystano oocyty owcy domowej. [...] Pierwszy przypadek klonowania wymarłego ssaka kozioroźca pirenejskiego bucardo przeprowadzili Folch i in. (2009). W badaniach tych wykorzystano enukleowane oocyty kozy domowej. Embriony transferowano do biorczyń, którymi były mieszańce kozy domowej i kozioroźca pirenejskiego lub samice kozioroźca pirenejskiego. W ciągu sześciu lat stworzono prawie 300 zarodków, z czego około 50 wszczepiono matkom zastępczym”.

Źródło: Karolina Nahajło, Joanna Kochan, Edyta Molik, *Wybrane aspekty związane z możliwościami wykorzystania metod wspomaganego rozrodu w ochronie zagrożonych wyginięciem gatunków ssaków*, „Wiadomości Zootechniczne” 2017, nr 1, s. 26–30.

Ćwiczenie 8



„[...] Klonowanie terapeutyczne wiąże się z możliwością pozyskiwania zarodkowych komórek macierzystych do celów badawczych i medycznych. Komórki wczesnych zarodków są niezróżnicowane. W trakcie procesów rozwojowych mnożą się i różnicują we wszystkie rodzaje komórek składających się na przyszły organizm. Są więc zarodkowymi totipotencjalnymi komórkami macierzystymi. Totipotencjalne są również komórki wczesnych klonów. Ponadto są zgodne immunologicznie z komórkami ciała u dawcy jąder służących do modyfikowania komórek jajowych. Tak więc wczesne klony mogłyby być źródłem komórek macierzystych do przełomowych zabiegów terapeutycznych”.

Źródło: Czesław Jura, *Klonowanie człowieka*, „Pauza akademicka” 2016, nr 364-365, s. 4

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Praktyczne wykorzystanie metod klonowania organizmów

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:

7) opisuje klonowanie organizmów i przedstawia znaczenie tego procesu;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XV. Biotechnologia. Podstawy inżynierii genetycznej. Uczeń:

8) opisuje klonowanie organizmów metodą transferu jąder komórkowych i metodą rozdziału komórek zarodka na wczesnych etapach jego rozwoju oraz przedstawia zastosowania tych metod;

13) przedstawia szanse i zagrożenia wynikające z zastosowań biotechnologii molekularnej;

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 poznane metody klonowania organizmów.
- Przedstawisz możliwości praktycznego wykorzystania przez człowieka poszczególnych metod klonowania organizmów.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- odwrócona klasa;
- mapa myśli;
- gra dydaktyczna;
- analiza tekstu źródłowego;
- burza mózgów.

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 „Praktyczne wykorzystanie metod klonowania organizmów”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 2 („Do podanych pojęć dopasuj odpowiednie definicje”) z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele zajęć z sekcji „Wprowadzenie”, a następnie wspólnie z uczniami ustala kryteria sukcesu.
2. **Raport z przygotowań.** Nauczyciel, przy użyciu raportu dostępnego w panelu użytkownika, weryfikuje przygotowanie uczniów do lekcji, sprawdza, kto wykonał zadane ćwiczenie.

Faza realizacyjna:

1. **Praca w parach z tekstem.** Nauczyciel proponuje grę dydaktyczną w postaci quizu przygotowanego przez uczniów. Wraz z uczniami określa zasady rywalizacji i punktowania poprawnych odpowiedzi. Uczniowie na podstawie przeczytanego przed lekcją tekstu w sekcji „Przeczytaj” układają pytania do quizu dla innych par. Przeprowadzenie gry w klasie. Nauczyciel lub wybrany uczeń dba

o prawidłowy przebieg quizu zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami. Nauczyciel ogłasza zwycięską parę.

2. **Praca z multimediami („Mapa myśli”).** Uczniowie w parach rozwiązują polecenie nr 1 (w którym mają za zadanie porównać poznane metody klonowania zwierząt, uwzględniając ich praktyczne wykorzystanie w różnych dziedzinach gospodarki człowieka).

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie zapoznać się z tekstem, a następnie wyjaśnić i uzasadnić, do czego mogą zostać wykorzystane komórki macierzyste pozyskane metodą klonowania terapeutycznego) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel prosi chętnych uczniów o wskazanie przykładów praktycznego wykorzystania metod klonowania. Uczniowie porównują poznane metody klonowania, uwzględniając ich przydatność w różnych dziedzinach gospodarki człowieka.
2. Nauczyciel prosi uczniów o rozwinięcie zdań: „Dziś nauczyłem/nauczyłam się...”, „Zrozumiałem/zrozumiałam, że...”, „Zaskoczyło mnie...”, „Dowiedziałem/dowiedziałam się...”.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 3 do 7 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 „Mapa myśli” do podsumowania lekcji.