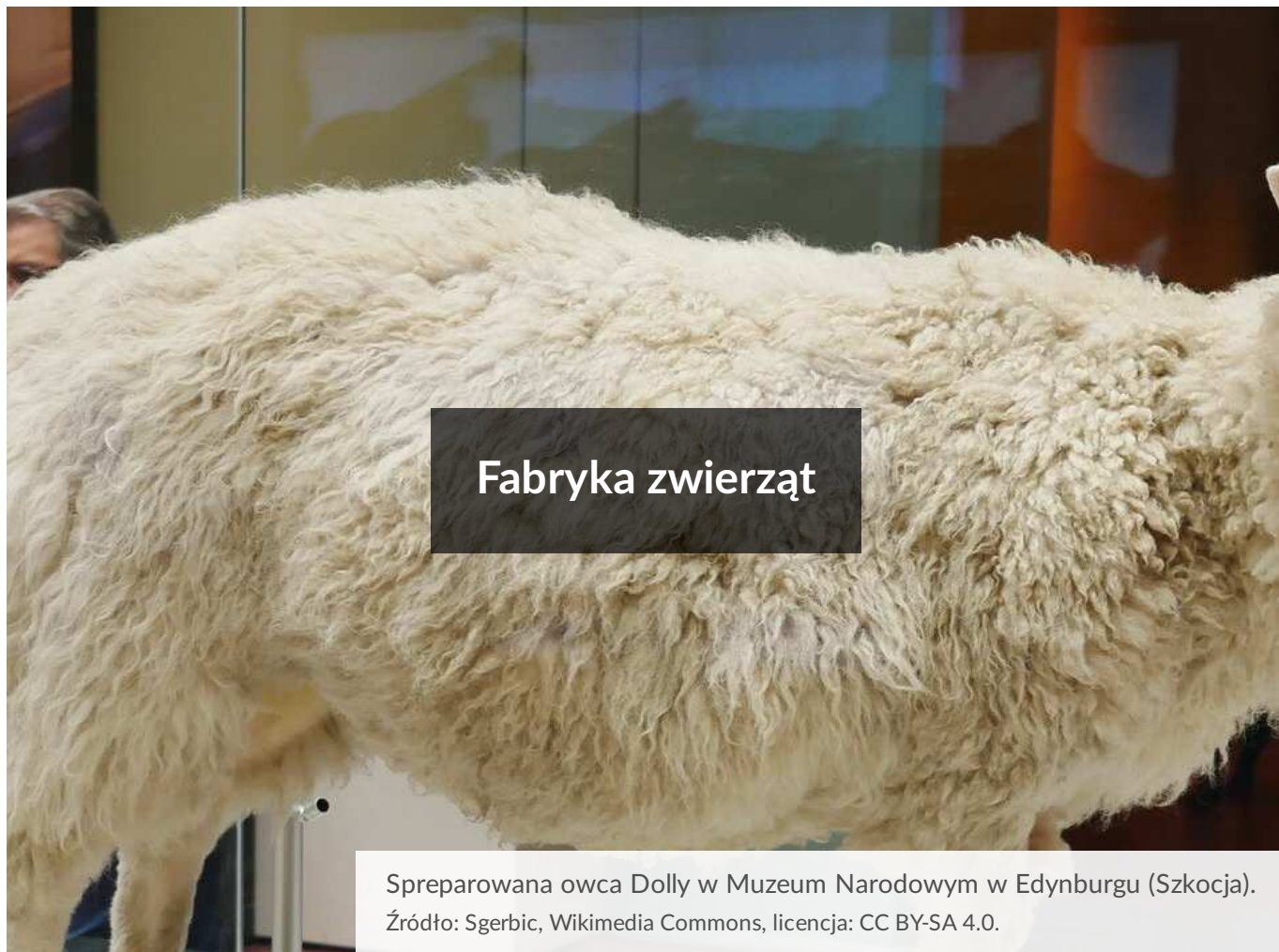


Fabryka zwierząt

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium \(WL-S\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Fabryka zwierząt

Spreparowana owca Dolly w Muzeum Narodowym w Edynburgu (Szkocja).
Źródło: Sgerbic, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

Odtwarzanie wymarłych gatunków oraz zwiększanie populacji zwierząt zagrożonych wyginięciem przestaje być jedynie fantastyką naukową. Próby ratowania zwierząt bliskich wymarciu podejmowane są dzięki stale rosnącej wiedzy na temat klonowania. Techniki klonowania z powodzeniem wykorzystywane są do tworzenia populacji bydła o pożądanych przemysłowo cechach, a także do komercyjnego tworzenia klonów zwierząt domowych.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, na czym polegają problemy związane z klonowaniem zwierząt.
- Opiszysz i porównasz metody klonowania zwierząt.
- Omówisz etapy klonowania metodą transferu jąder komórkowych.

Przeczytaj

Sztuczne klony

Klon to identyczne genetycznie potomstwo jednej komórki lub jednego osobnika powstałe w wyniku podziału komórki lub organizmu. Wbrew powszechnemu przekonaniu klony mogą powstawać również drogą naturalną, niewymagającą zastosowania zaawansowanych technik laboratoryjnych. Wegetatywne rozmnażanie się u roślin i bezpłciowe u niektórych zwierząt to nic innego jak **naturalne klonowanie**, będące sposobem na zwiększenie liczby osobników. Podobnie jest w populacjach komórek bakteryjnych.



Naturalnymi klonami są też bliźnięta jednojajowe, które rozwijają się z jednej zapłodnionej komórki jajowej. Dzieje się tak w wyniku rozdzielenia się zarodka w bardzo wczesnym stadium rozwojowym na dwie części. Bliźnięta takie echują się jednakowym genotypem, m.in. tą samą płcią i ogromnym podobieństwem (nawet ich linie papilarne są zbliżone, choć nie identyczne).

Źródło: Sam N, Flickr, domena publiczna.

Próby **sztucznego klonowania** organizmów rozmnażających się wegetatywnie lub **bezpłciowo** rozpoczęto już dawno. Dzisiaj sztuczne klony bakterii i roślin służą nauce i wykorzystywane są w uprawach, np. do szybkiego otrzymywania wartościowych odmian. Nieco więcej trudności nastręcza klonowanie zwierząt, gdyż rozmnażanie bezpłciowe występuje u nich rzadko. Jednak i w tym przypadku udało się pokonać bariery techniczne:

powszechnie stosuje się klonowanie zwierząt przez bisekcję zarodków i przez transfer jądra komórkowego. Pozostałe metody, jak mechaniczne rozdzielanie **blastomerów**, nie znalazły zastosowania na szeroką skalę. W celach badawczych prowadzi się klonowanie chimerowe. Zastosowanie tej metody ograniczone jest do badań laboratoryjnych rozwoju komórek na etapie prenatalnym.

Bisekcja zarodków i rozdział blastomerów

Techniką klonowania stosowaną na szeroką skalę jest bisekcja zarodków. Metoda ta polega na fizycznym rozdzieleniu tworzącego się zarodka na dwie części. Dokonuje się tego na etapie **blastocysty** lub **moruli**. W tych stadiach blastomery zacieśniają się i wytwarzają połączenia. Dzięki temu podczas bisekcji zarodka nie dochodzi do dekompozycji i w konsekwencji rozpadu zarodka na wiele części. Dane eksperymentalne wskazują, że wyższy współczynnik udanych klonowań obserwuje się przy rozdziale zarodka na etapie blastocysty niż moruli.

Do tego typu klonowania wykorzystywane są specjalnie wyselekcjonowane zarodki. Pierwszym z kryteriów jest ich morfologia. Zarodki ocenia się pod kątem budowy i kształtu, wyszukując wszelkie widoczne nieprawidłowości w rozwoju. Drugim czynnikiem, który wpływa na efektywność klonowania, jest wielkość zarodka. Badania dowiodły, że lepsze wyniki uzyskiwano w przypadku implantacji dwóch zarodków niż jednego, co może być spowodowane niewystarczającym wczesnym **sygnałem ciążowym**.

Bisekcja zarodków jest relatywnie prostą metodą, której efektywność sięga zazwyczaj od 25% do 30%, a w przypadku niektórych eksperymentów – około 50%. Technika ta jest jednak inwazyjna, gdyż podczas podziału zarodka dochodzi do zniszczenia komórek. Jest to szczególnie dotkliwe w przypadku uszkodzeń komórek **węzła zarodkowego**, które znacznie zmniejszają efektywność klonowania. Badania w zakresie biologii molekularnej wskazują z kolei na zaburzenia w poziomie transkrypcji genów w zarodkach po podziale. W związku z problemami w postaci strat i uszkodzeń komórek w trakcie bisekcji metoda ta jest stale udoskonalana. Jednym ze sposobów (stosowanym u bydła) jest równoczesny rozwój blastocysty wewnątrz i na zewnątrz osłonki przejrystej. Obie części blastocysty są wówczas połączone jedynie mostkiem komórkowym, który ułatwia przecięcie i ogranicza uszkodzenia komórek podczas bisekcji.

Metodą zbliżoną do bisekcji zarodków jest **izolacja blastomerów**. W technice tej wykorzystuje się jednak zarodki na wcześniejszych stadiach rozwoju: dwu-, cztero- oraz ośmiokomórkowym. Na tych etapach komórki charakteryzują się **totipotencją**, czyli zdolnością do różnicowania we wszystkie typy komórek. W technice tej blastomery hoduje

się w pożywce pozbawionej jonów wapnia i magnezu. Prowadzi to do osłabienia połączeń międzykomórkowych i rozdzielenia komórek. Tak wyizolowane blastomery hoduje się do stadium moruli lub blastocysty, a następnie wszczepia do macicy biorcy.

Izolacja blastomerów to metoda, która pozwala na tworzenie większej liczby klonów niż w przypadku bisekcji zarodków. Dzięki tej technice udało się uzyskać nawet pięcioraczki. Jej wadą jest niska wydajność, dlatego nie znalazła ona zastosowania na szeroką skalę w tworzeniu klonów zwierząt. Metodę tę wykorzystuje się jednak do celów naukowych w sytuacji, gdy nie można użyć całego zarodka. Badania eksperymentalne wykazują, że zastosowanie tej techniki jest najczęściej możliwe w przypadku zarodków składających się z 4 blastomerów (czasami 2 lub 8). Wynika to z utraty totipotencjalnego charakteru komórek rozwijającego się zarodka. Problem z potencjałem do różnicowania się komórek ogranicza wykorzystanie tej metody w „fabryce zwierząt”, czyli klonowaniu zwierząt na skalę przemysłową.

Rozdzielenie dwóch blastomerów stosuje się z powodzeniem w klonowaniu myszy, owiec, świń i bydła. W przypadku myszy rozdział na etapie dwóch blastomerów daje najlepsze efekty. Klonowanie świń tą metodą jest jednak mniej skuteczne niż w przypadku transferu jąder komórkowych. Rozdzielanie blastomerów w zarodkach ośmiokomórkowych daje dobre efekty u kóz, owiec i bydła, jednak wydajność jest mniejsza niż w przypadku bisekcji zarodków, która została z sukcesem zastosowana nawet u ssaków naczelnych. Owce i bydło to organizmy, na których najczęściej przeprowadza się ten sposób klonowania.

Klonowanie chimerowe

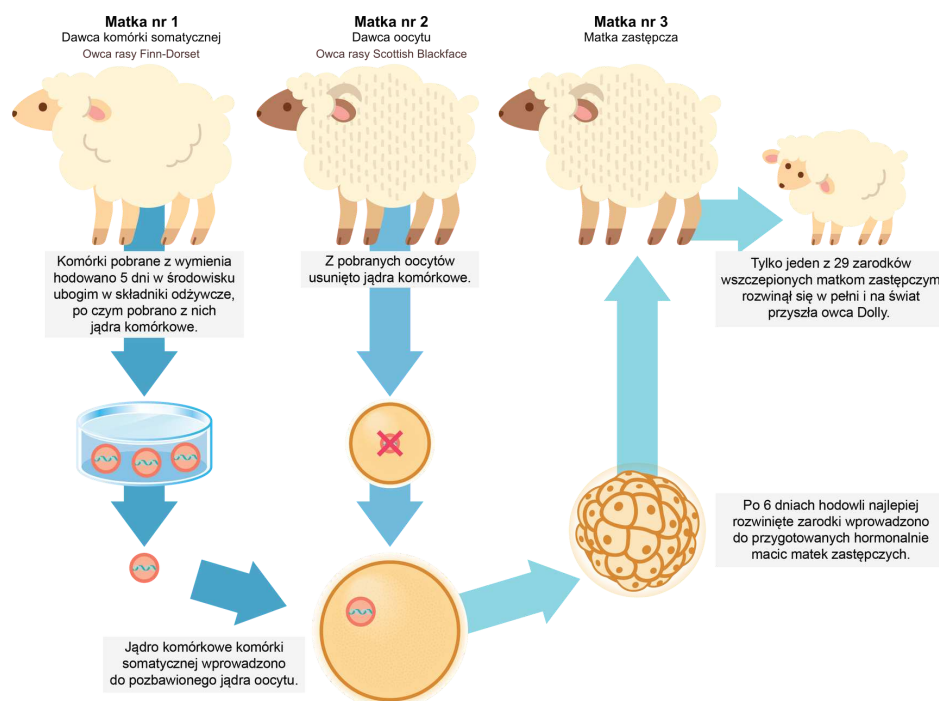
Technika klonowania, która nie znalazła zastosowania przemysłowego, lecz jest wykorzystywana w badaniach nad przebiegiem rozwoju prenatalnego, to klonowanie chimerowe oparte na agregacji blastomerów. Metoda ta wykorzystuje wyizolowane blastomery danego organizmu, które otacza się tzw. blastomerami nośnikowymi, uzyskanymi z organizmu należącego do innego gatunku. W ten sposób powstaje zarodek zbudowany z komórek pochodzących od różnych gatunków. Blastomery nośnikowe mają być odpowiedzialne za wytworzenie **trofoblastu**, który odpowiada za implantację w ścianie macicy. Z blastomerów wewnętrznych wykształca się z kolei przyszły osobnik. W przypadku takiego klonowania może jednak powstać **osobnik allogeniczny**, który będzie zawierał geny nie tylko organizmu macierzystego.

Do wad tego sposobu klonowania należą skomplikowana metodologia, konieczność analizy potencjału do różnicowania komórek oraz niska efektywność. Ponadto w wyniku izolacji blastomerów często dochodzi do ich uszkodzenia. W związku z tym technika ta

wykorzystywana jest głównie w badaniach naukowych i nie stosuje się jej do klonowania zwierząt na szerszą skalę.

Klonowanie metodą transferu jąder

Wszystkie wymienione do tej pory metody związane są z zarodkami. Powstające w ich rezultacie zwierzęta stanowią genetyczne kopie nienarodzonego osobnika, z którego komórek zarodkowych powstały. Wyzwaniem stało się wykorzystanie komórek somatycznych dorosłego ssaka do stworzenia klonu. Podjęli się tego biolodzy z całego świata, a jako pierwsi pomyślne wyniki swojego eksperymentu ogłosili naukowcy ze szkockiego Instytutu Roślin koło Edynburga, pracujący pod kierownictwem doktora Iana Wilmuta. W 1997 r. na łamach czasopisma „Nature” ukazał się artykuł opisujący sposób, w jaki udało się uzyskać pierwszego ssaka sklonowanego z komórki somatycznej dorosłego zwierzęcia.



Schemat klonowania owcy Dolly.

Zastosowano znaną już wcześniej metodę: oocyty owcy (matka nr 2) pozbawiono jądra komórkowego. Następnie wprowadzono do niej jądro pobrane z komórki gruczołu mlecznego dorosłej owcy (matka nr 1), a otrzymaną w ten sposób zygotę umieszczono na sześć dni w sztucznej hodowli. Po tym czasie zarodek wszczepiono do przygotowanej do ciąży macicy kolejnej owcy (matka nr 3). Jedna z 13 matek zastępczych, którym wszczepiono zarodki (w opisywanym eksperymencie z 277 zygot przeżyło 29 zarodków), donosiła ciążę i urodziła w lipcu 1996 r. zdrowe jagnię, któremu Ian Wilmut nadał imię Dolly (na cześć piosenkarki Dolly Parton). Narodzona owca stała się najsłynniejszym zwierzęciem świata – pierwszym klonem ssaka otrzymanym

z komórki somatycznej dorosłego osobnika. Już po roku w tym samym instytucie urodziła się pierwsza sklonowana tą metodą transgeniczna owca, w której genomie znajdował się sztucznie wprowadzony gen ludzkiego czynnika krzepliwości krwi (czynnik IX).

Transfer jąder komórek somatycznych to obecnie jedna z najczęściej wykorzystywanych technik klonowania. Początki były jednak bardzo trudne z powodu niewielkiej wydajności procesu oraz ogromnego nakładu pracy. W przypadku owcy Dolly z 277 zygot przeżyło jedynie 29 zarodków, z których dorosłość osiągnęła jedna owca. Wydajność tej metody osiągnęła zaledwie 0,3%. Nie lepiej wyglądały statystyki w przypadku sklonowanego byka Chance, którego klon Second Chance przyszedł na świat w 1999 roku. W tym eksperymencie dokonano transferu 189 jąder komórek somatycznych do komórek jajowych, w wyniku czego uzyskano tylko jednego osobnika. Warto wspomnieć, iż dawca komórek somatycznych (byk Chance) był organizmem bardzo sędziwym. Dożył 21 lat, a komórki, których użyto w procesie klonowania, pobrano krótko przed jego śmiercią.

Obecnie klonowanie jest bardziej wydajne i mniej pracochłonne dzięki automatyzacji wielu etapów. Klonowanie zwierząt hodowlanych tą metodą jest możliwe dzięki stosunkowo wysokiej skuteczności, która jednak waha się u różnych gatunków zwierząt: od 1% u myszy do 20% u bydła. Pojawiły się również doniesienia z Chin, według których klonowanie świń tą metodą charakteryzowało się skutecznością na poziomie od 70% do 80%. Może to wskazywać na rozwój prawdziwej fabryki zwierząt w tym kraju. Automatyzacja procesu transferu jądra komórkowego sprawia, że można uzyskać nawet kilkaset zarodków dziennie w jednym ośrodku, co przy kilkunastoprocentowej skuteczności może dać początek nawet 100 organizmom.

Metoda transferu jądra komórkowego ma pewne ograniczenie związane z [reprogramowaniem epigenetycznym](#) – procesem modyfikacji aktywności genów w komórce, które pozwalają na wejście komórek somatycznych w stan podziałów. Reprogramowanie epigenetyczne jest zjawiskiem słabo poznanym, a naukowcy nie potrafią go kontrolować. Proces ten wiąże się z dużym odsetkiem umieralności klonów ssaków na poziomie zarodka, a także chorób u narodzonych sklonowanych zwierząt. Błędy w reprogramowaniu epigenetycznym mogły być przyczyną otyłości i zwyrodnienia stawów, na które cierpiała owca Dolly. To właśnie możliwość zwiększonego prawdopodobieństwa wystąpienia chorób u sklonowanych ssaków jest jednym z argumentów przeciw reprodukcyjnemu klonowaniu człowieka.

Sukces twórców owcy Dolly odbił się szerokim echem w świecie naukowym. Pojawiły się twierdzenia, że sklonowanie dorosłego człowieka jest tylko kwestią czasu. Przemawiał za nimi przypadek udanego zastosowania metody transferu jądra komórkowego do sklonowania ssaków naczelnych – makaków krabożernych. Perspektywa ta wywołała lawinę głosów sprzeciwu. Więcej na ten temat przeczytasz w materiale: [Obawy etyczne wokół klonowania zwierząt](#).

W 1998 r. w Paryżu 19 państw Europy podpisało dokument zabraniający klonowania istot ludzkich. Szczegółowe zasady postępowania z genomem ludzkim reguluje Europejska Konwencja z Oviedo. Zastrzega ona, że wszelkie eksperymenty dotyczące genomu człowieka muszą się odbywać za zgodą osób, których dotyczą. Wolno je podejmować wyłącznie dla celów terapeutycznych, diagnostycznych i prewencyjnych, a ich wyniki muszą być objęte tajemnicą i nie mogą prowadzić do żadnej formy dyskryminacji. W żadnym wypadku nie wolno jednak klonować człowieka dla celów reprodukcyjnych.

Polskie prawo nie reguluje kwestii postępowania z ludzkim genomem.

Więcej informacji na temat klonowania zwierząt znajdziesz w materiale *Klonowanie zwierząt* oraz [Praktyczne wykorzystanie metod klonowania organizmów](#).

Słownik

blastocysta

stadium rozwoju zarodkowego ssaków, odpowiadające stadium blastuli u innych zwierząt tkankowych

blastomery

(gr. *blastós* – zarodek, związek; *méros* – część) komórki zarodka w stadium blastuli, powstałe w wyniku bruzdkowania: od stadium pierwszego podziału przez stadium czterech blastomerów, ośmiu blastomerów itd., moruli aż do stadium blastuli

klon

komórki lub całe organizmy identyczne genetycznie (tzn. o identycznym genotypie)

morula

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

rozmnażanie bezpłciowe

rozmnażanie odbywające się bez udziału komórek rozrodczych

sygnał ciążowy

zmiany hormonalne wynikające z procesu implantacji zarodka

totipotencja

zdolność komórek do różnicowania się w dowolny rodzaj komórek

trofoblast

zewnątrzna warstwa komórek zarodka ssaków; wyodrębnia się wcześniej jako warstwa płaskich komórek stanowiąca ścianę blastocysty i odgrywa rolę w zagnieżdżeniu się zarodka w macicy, tworzeniu łożyska oraz transporcie substancji przez łożysko

reprogramowanie epigenetyczne

proces polegający na zmianie aktywności genów w jądrze komórkowym, poprzez zmianę profilu metylacji DNA, skutkujący możliwością cofnięcia komórki somatycznej do stanu podziałów komórkowych

węzeł zarodkowy

grupa komórek powstających w wyniku bruzdkowania w rozwoju zarodkowym owodniowców; część blastocysty ssaków, z których powstaje właściwy zarodek

Wirtualne laboratorium (WL-S)

Laboratorium 1

Zaplanuj i przeprowadź doświadczenie, które pozwoli ci rozwiązać poniższy problem badawczy. Postaw hipotezę i ją zweryfikuj. Zapisz obserwacje oraz sformułuj wnioski.

Temat: Klonowanie myszy metodą transferu jądra komórkowego

Problem badawczy: Jaki fenotyp będzie wykazywać mysz sklonowana metodą transferu jądra komórkowego?

Materiał biologiczny:

- mysz będąca donorem jądra komórkowego;
- mysz będąca donorem komórki jajowej;
- mysz będąca matką zastępczą.

Odczynniki:

- substancja stymulująca podziały.

Sprzęt laboratoryjny:

- mikroskop;
- szalki Petriego;
- tępo zakończone pipety;
- ostro zakończone pipety.

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

Analiza doświadczenia: *Fabryka zwierząt.*

Problem badawczy: Jaki fenotyp będzie wykazywać mysz sklonowana metodą transferu jądra komórkowego?

Hipoteza

Wyniki

Wnioski

Polecenie 1

Wyjaśnij, dlaczego do przeprowadzenia klonowania zwierząt metodą transferu jądra potrzebne są trzy zwierzęta.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Spośród poniższych wybierz wszystkie organizmy uzyskane metodami klonowania sztucznego.

- ☐ kocięta uzyskane dzięki metodzie transferu jądrowego
- ☐ identyczne genetycznie plechy buławinki czerwonej (*Claviceps purpurea*) zyskane z zarodników konidialnych
- ☐ efyra (larwa meduzy) uzyskana przez podział (strobilizację) polipa
- ☐ identyczne genetycznie rośliny ziemniaka (*Solanum tuberosum*) uzyskane z bulw
- ☐ jagnięta uzyskane dzięki podziałowi blastomerów w warunkach *in vitro*
- ☐ komórki pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*) powstałe dzięki podziałom amitotycznym

Ćwiczenie 2



Połącz poniższe określenia z odpowiednimi opisami.

komórka totipotencjalna

komórka zdolna do różnicowania się w dowolny rodzaj komórek

blastomer

grupa komórek powstałych w procesie bruzdkowania u owodniowców, z których rozwija się właściwy zarodek

węzeł zarodkowy

stadium rozwoju zarodkowego występujące u ssaków po moruli

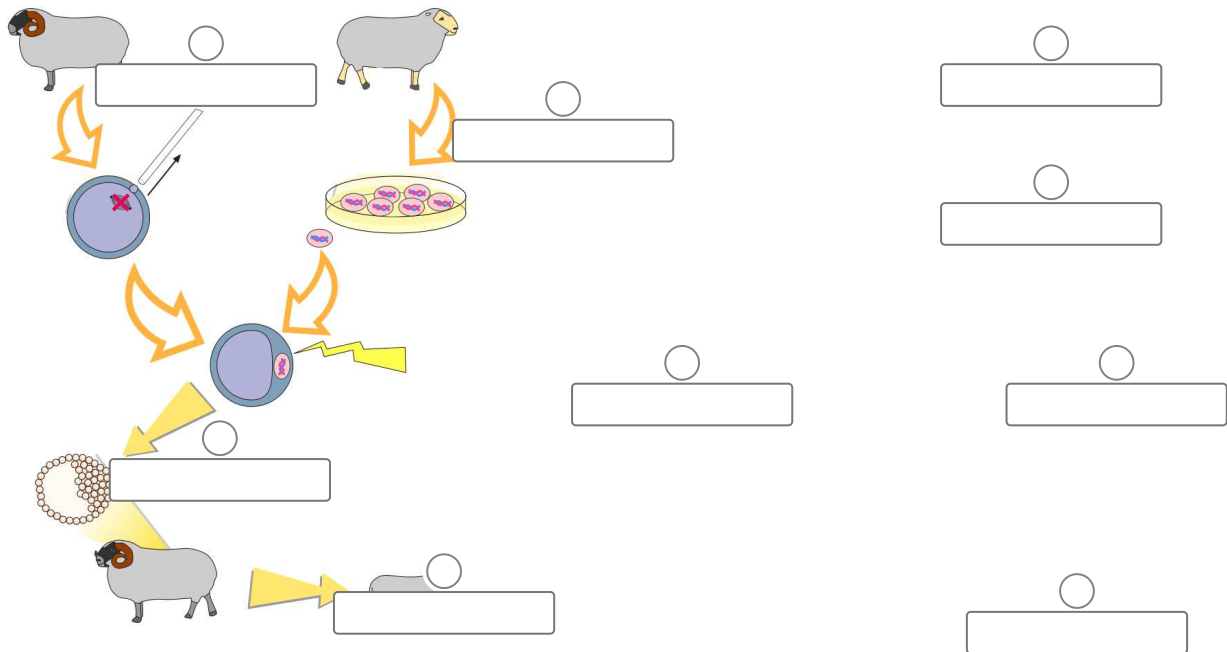
blastocysta

komórka powstała na skutek podziałów mitotycznych zygoty

Ćwiczenie 3



Podpisz elementy ilustracji przedstawiającej technikę klonowania owcy Dolly, przeciągając w odpowiednie miejsca podane poniżej sformułowania.



Blastocysta

Usunięcie jądra komórkowego oocyty

Izolacja jądra komórkowego z komórki somatycznej

Owca rasy Scottish Blackface (dawca oocyty)

Owca rasy Finn-Dorset (pierwowzór kłona)

Zastępcza matka

Klon - Dolly

Transfer jądra

Impuls elektryczny

Zródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Ćwiczenie 4



Ułóż w odpowiedniej kolejności czynności i zdarzenia niezbędne do przeprowadzenia klonowania metodą transferu jąder komórkowych, zaczynając od przygotowania materiału pochodzącego od pierwowzoru klona.

Pobranie komórki somatycznej od dorosłego organizmu – pierwowzoru klona.



Pobranie oocyty od dorosłego dawcy.



Izolacja jądra komórkowego z komórki somatycznej.



Wszczepienie wyizolowanego jądra komórkowego komórki somatycznej w miejsce usuniętego jądra oocyty.



Przeniesienie powstałego embrionu do dróg rodnych matki zastępczej.



Usunięcie jądra komórkowego z oocyty.



Ćwiczenie 5



Klonowanie metodą transferu genowego możemy podzielić na międzygatunkowe i wewnątrzgatunkowe. Różnica pomiędzy tymi typami polega na pochodzeniu oocyty. Jeśli pozbawiony jądra oocyt pochodzi z osobnika tego samego gatunku co jądro komórki somatycznej, mamy do czynienia z transferem wewnątrzgatunkowym.

Na podstawie: A. A. Borges i wsp., *Potential role of intraspecific and interspecific cloning in the conservation of wild mammals*, Zygote, 2019.

Przyporządkuj poniższe przykłady klonowania zwierząt do odpowiedniej kategorii.

Klonowanie metodą transferu wewnątrzgatunkowego

próba sklonowania bezpłodnej samicy mieszańca międzygatunkowego, która nie wytwarza oocytów

Klonowanie metodą transferu międzygatunkowego

klonowanie osobnika płci męskiej z zastosowaniem oocyty pochodzącego od samicy tego samego gatunku i zagnieżdżenia uzyskanych zarodków w macicy samicy innego gatunku

próba klonowania gatunku zagrożonego, w przypadku którego zachowały się jedynie osobniki płci męskiej

próba odtworzenia niedawno wymarłego gatunku przez transfer jądra pochodzącego ze świeżo zachowanych melanocytów (komórek skóry) do oocyty pokrewnego gatunku

Ćwiczenie 6



Gatunek	Wydajność w przeliczeniu na oocyt po transferze jądra [%]	Wydajność w przeliczeniu na zarodek przeniesiony do macicy [%]
Krowa	1,7	11,5
Koza	6	6
Koń	0,8	19
Świnia	0,3	5-13
Owca	0,3	3,4-5,9

Skuteczność procedur klonowania różnych gatunków. Na podstawie: C. L. Keefer, *Artificial cloning of domestic animals*, PNAS, 2015.

Powyższa tabela przedstawia procentową skuteczność procedur klonowania u poszczególnych gatunków. Wyniki przedstawiono w przeliczeniu na oocyt poddany transferowi jądrowemu i uzyskane zarodki przenoszone do macicy. Wynik 3% oznacza, że w przypadku 3 ze 100 oocytów poddanych transferowi jądrowemu udało się uzyskać żywe klony.

Na podstawie danych z tabeli oraz przedstawionych informacji oceń, które stwierdzenia są prawdziwe, a które fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
--------------	--------	-------

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
W przypadku kozy każdy z oocytów po transferze jądrowym, który został przeniesiony do macicy, rozwinął się w żywego osobnika.	☐	☐
Nie wszystkie oocyty po transferze jądrowym przenoszone są do macicy.	☐	☐
Im większe jest klonowane zwierzę, tym większa szansa na uzyskanie zdrowego kлона (w przeliczeniu na oocyt po transferze).	☐	☐
Zdrowe klony udaje się uzyskać z niewielkiej liczby zarodków spośród przeniesionych do macicy.	☐	☐

Ćwiczenie 7



Pewien hodowca koni postanowił zatrudnić firmę biotechnologiczną do sklonowania swojej najlepszej klaczy. Niestety klacz cierpiała na genetyczną chorobę serca. Zmutowany gen wywołujący chorobę znajduje się w mtDNA (DNA mitochondrialnym). Hodowcy zależało na tym, żeby uzyskany klon miał wszystkie cechy klaczy z wyjątkiem wspomnianej choroby. Oprócz klonowanej klaczy (A) hodowca posiada inną, zdrową klacz (B) i zdrowego ogiera (C). Hodowca zaznajomił się z podstawowymi metodami klonowania i zasugerował firmie biotechnologicznej zapłodnienie oocyta klaczy A plemnikiem ogiera C w warunkach *in vitro*, a następnie oddzielenie blastomerów, z których możliwe będzie uzyskanie identycznych genetycznie osobników. Druga propozycja hodowcy dotyczyła metody transferu jądrowego. Stwierdził on, że usunięcie jądra komórkowego z oocyta klaczy A i podmienienie go na jądro komórki somatycznej tej samej klaczy zaowocuje uzyskaniem pożądanego kлона. Firma biotechnologiczna odpowiedziała hodowcy, że żadna z zaproponowanych przez niego metod nie doprowadzi do uzyskania zdrowego kлона.

Na podstawie powyższego tekstu i własnej wiedzy uzupełnij tekst tak, żeby był prawdziwy. W każdym zdaniu wybierz właściwe określenie.

Opisane dzielenie blastomerów ☐ powoduje ☐ powstaniem identycznych genetycznie osobników.

Możliwe jest uzyskanie osobników identycznych genetycznie z klonowaną klaczą, które ☐ będą ☐ zdrowe.

Za pomocą zasugerowanej przez hodowcę metody transferu jądrowego ☐ jest uzyskanie osobników identycznych genetycznie z matką zastępczą.

Ćwiczenie 8



Na podstawie tekstu do ćwiczenia 7 i własnej wiedzy wyjaśnij, dlaczego opisana metoda dzielenia blastomerów nie jest odpowiednia do uzyskania osobników o cechach identycznych z cechami zakodowanymi w genomie jądrowym kłaczy.

Ćwiczenie 9



Mitochondria, a wraz z nimi mtDNA, dziedziczą się jedynie po matce (w linii matczynej). Zaproponuj modyfikację zaproponowanej przez hodowcę metody transferu jądrowego pozwalającej na uzyskanie klonu kłaczy niemającego wspomnianej w tekście do ćwiczenia 7 wady genetycznej. Swoją odpowiedź uzasadnij.



W 2009 r. Nagrodę Nobla z dziedziny fizjologii lub medycyny za odkrycie, w jaki sposób telomery i enzym telomeraza chronią chromosomy, otrzymała trójka amerykańskich uczonych: Elizabeth H. Blackburn, Jack W. Szostak i Carol W. Greiner. Ich badania, prowadzone na przełomie lat 70 i 80 ubiegłego wieku, pozwoliły odpowiedzieć na od dawna nurtujące pytanie, w jaki sposób końcówki chromosomów zabezpieczają je przed uszkodzeniami, oraz wyjaśnić ich rolę jako licznika (replikometru) „zliczającego” podziały komórek do osiągnięcia ich limitu (...). W serii bardzo inteligentnych doświadczeń genetycznych pokazali oni, że końcówki chromosomów (telomery) mają zachowaną ewolucyjnie strukturę i funkcje. Następnie dość żmudne badania biochemiczne pozwoliły na wykrycie enzymu telomerazy, która zapobiega skracaniu telomerów w komórkach niepodlegających procesowi starzenia replikacyjnego. Do takich należą komórki rozrodcze i nowotworowe.

Źródło: Ewa Sikora, *Telomery i telomeraza – starzenie komórkowe. Nagroda Nobla z fizjologii lub medycyny 2009*, Kosmos 2010, t. 59, nr 1–2, s. 1–8.

Na podstawie przedstawionego fragmentu artykułu oraz własnej wiedzy wyjaśnij, dlaczego klonowanie organizmów metodą transferu jąder komórkowych prowadzi do znacznie większego skrócenia długości ich życia niż inne metody bazujące na blastomerach. Odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Fabryka zwierząt

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;

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, na czym polegają problemy związane z klonowaniem zwierząt.
- Opisziesz i porównasz metody klonowania zwierząt.
- Omówisz etapy klonowania metodą transferu jąder komórkowych.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- gra dydaktyczna;
- wirtualne laboratorium.

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. Uczniowie przypominają sobie informacje na temat klonowania zwierząt.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wraz z uczniami formułuje cele lekcji i ustala kryteria sukcesu.
2. **Odwołanie do wcześniejszej wiedzy.** Nauczyciel zadaje pytanie: „Jakie istnieją metody klonowania zwierząt i czym się od siebie różnią?”. Uczniowie indywidualnie udzielają odpowiedzi na kartkach, następnie tworzą pary, a potem pary łączą się w czwórki – za każdym razem uczniowie ustalają wspólną odpowiedź. Przedstawiciele czwórek prezentują ustalone odpowiedzi na forum klasy.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Uczniowie przystępują do cichego czytania tekstu e-materiału. Indywidualnie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj” i zapisują w zeszycie minimum pięć pytań do tekstu. Uwaga: każde z pytań musi rozpoczynać się od słowa „dlaczego”. Następnie zadają swoje pytania dowolnie wybranej osobie i odpowiadają na pytania kolegi lub koleżanki.

2. **Praca z multimedium („Wirtualne laboratorium (WL-S)”**. Uczniowie, pracując indywidualnie, planują i przeprowadzają doświadczenie, które pozwoli im rozwiązać podany problem badawczy. Stawiają hipotezę i ją weryfikują, zapisują obserwacje oraz formułują wnioski. Nauczyciel prosi chętnego ucznia o podsumowanie doświadczenia.
3. **Utrwalanie wiedzy i umiejętności**. Uczniowie wykonują indywidualnie następujące ćwiczenia w sekcji „Sprawdź się”: nr 7 i 8 (odnoszące się do tekstu źródłowego dotyczącego możliwości sklonowania kłaczy z wadą genetyczną związaną z mtDNA), a następnie porównują swoje odpowiedzi z kolegą lub koleżanką.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują ćwiczenie nr 5 (w którym mają za zadanie przyporządkować podane przykłady klonowania zwierząt do odpowiedniej kategorii).
2. Nauczyciel prosi uczniów o rozwinięcie zdań: „Dziś nauczyłem/nauczyłam się...”, „Zrozumiałem/zrozumiałam, że...”, „Zaskoczyło mnie...”, „Dowiedziałem/dowiedziałam się...”.
3. Zalogowany na platformie nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W tym kontekście podsumowuje omówione zagadnienia.

Praca domowa:

1. Wykonaj w domu ćwiczenia niezrealizowane na lekcji.

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.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania wirtualnego laboratorium:

- Nauczyciel może wykorzystać medium zamieszczone w sekcji „Wirtualne laboratorium (WL-S)” na lekcji „Klonowanie zwierząt”.