Organizmy zmodyfikowane genetycznie – szansa czy zagrożenie?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Audiobook
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Organizmy zmodyfikowane genetycznie – szansa czy zagrożenie?

Nić przędna stawonogów zawiera białka fibryny, które nadają jej wytrzymałość. Wykazano, że do wyprodukowania materiału wielkości 3,3 na 1,2 m potrzeba nici od miliona pająków. Wykorzystanie fibryny do celów przemysłowych umożliwiają jedynie techniki inżynierii genetycznej. W jednym z eksperymentów gen kodujący fibrynę wprowadzono do genomu kozy. Transgeniczne kozy wydzielały to białko w znacznych ilościach wraz z mlekiem, z którego je pozyskano i wykorzystano do produkcji kamizelek kuloodpornych.

Na podstawie: A. Kudrycka, *Różnorodność sieci pajęczych gatunków synantropijnych i hodowanych w insektariach na podstawie ptasznika kędzierzawego (*Brachypelma albopilosum*)*, „Acta Juvenum" 2018, vol. 3, s. 47–56.

Człowiek od początku swojego istnienia był zależny od otaczającej go przyrody. Jest ona dla niego źródłem m.in. pożywienia, materiałów budulcowych i energii. Rozwój cywilizacji, a przede wszystkim eksploatacja środowiska i zwiększone zapotrzebowanie na pokarm pochodzenia roślinnego i zwierzęcego wymusiły działania mające na celu wyhodowanie jak najbardziej wartościowych i odpornych gatunków. Również produkcja biofarmaceutyków i badania dotyczące terapii niektórych chorób przyczyniły się do genetycznego modyfikowania różnych organizmów. Jakie korzyści i zagrożenia niesie ze sobą tak duża ingerencja człowieka w ich genomy?

Twoje cele

- Wskażesz i omówisz możliwości wykorzystania GMO w sektorze farmaceutycznym, chemicznym oraz innych gałęziach gospodarki człowieka.
- Wymienisz korzyści i zagrożenia wynikające z wykorzystywania organizmów zmodyfikowanych genetycznie.
- Przedyskutujesz problemy społeczne i etyczne związane z rozwojem inżynierii genetycznej oraz sformułujesz własną opinię na temat GMO.

Przeczytaj

Metody inżynierii genetycznej pozwalają na manipulowanie w genomach organizmów zarówno prokariotycznych, jak i eukariotycznych. Możliwa jest zmiana aktywności genu organizmu, wprowadzenie dodatkowej kopii genu, który występuje w genomie modyfikowanego organizmu, lub wprowadzenie genu pochodzącego od innego gatunku. Wśród metod umożliwiających dokonywanie zmian w DNA wyróżnia się techniki rekombinacji DNA z użyciem nośników, tzw. **wektorów**. Mogą nimi być plazmidy, wirusy i bakterie. Materiał genetyczny przygotowany poza organizmem może zostać również włączony fizycznymi metodami **bezwektorowymi** (takimi jak mikroiniekcja, mikrowstrzeliwanie, elektroporacja lub fuzja liposomów) oraz **chemicznymi** (z wykorzystaniem glikolu polietylenowego). Komórka, w której zmodyfikowano materiał genetyczny w wyniku podziału, przekazuje go komórkom potomnym. W ten sposób uzyskuje się organizmy zmodyfikowane genetycznie (GMO – z ang. *genetically modified organism*).

Więcej informacji na temat wektorowych i bezwektorowych metod transformacji genetycznej znajdziesz w e-materiale *Transformacje genetyczne*.

Więcej informacji na temat zastosowań modyfikacji genetycznych znajdziesz w e-materiale *Cele i metody transformacji genetycznej roślin i zwierząt*.

Rośliny i zwierzęta zmodyfikowane genetycznie

> **Ciekawostka**
>
> Złoty ryż jest zmodyfikowaną genetycznie odmianą ryżu o zwiększonej wartości odżywczej. Modyfikacja polega na wprowadzeniu do genomu rośliny trzech genów odpowiadających za biosyntezę β-karotenu (prekursora witaminy A) w jadalnych częściach ryżu. Ma ona na celu wytwarzanie wzbogaconej żywności przeznaczonej do uprawy i konsumpcji na obszarach z niedoborem witaminy A.

Wśród roślin genetycznie zmodyfikowanych wyróżnia się trzy generacje. Pierwsza z nich obejmuje rośliny, u których zmieniono cechy agronomiczne, czyli została zwiększona ich odporność na herbicydy, szkodniki i patogeny. Druga generacja to tzw. rośliny transgeniczne, zmienione przede wszystkim pod względem cech jakościowych (zwiększenie zawartości składników prozdrowotnych, zmiana profilu kwasów tłuszczowych, opóźnione dojrzewanie owoców, polepszenie walorów organoleptycznych).

Trzecią generację stanowią rośliny genetycznie zmodyfikowane gromadzące substancje wykorzystywane w sektorze farmaceutycznym i przemyśle chemicznym (jako biopolimery).

Postęp inżynierii genetycznej umożliwił również poprawę cech jakościowych zwierząt gospodarskich, stworzenie zwierzęcych modeli wielu chorób oraz wykorzystanie organizmów zwierzęcych w produkcji farmaceutyków.

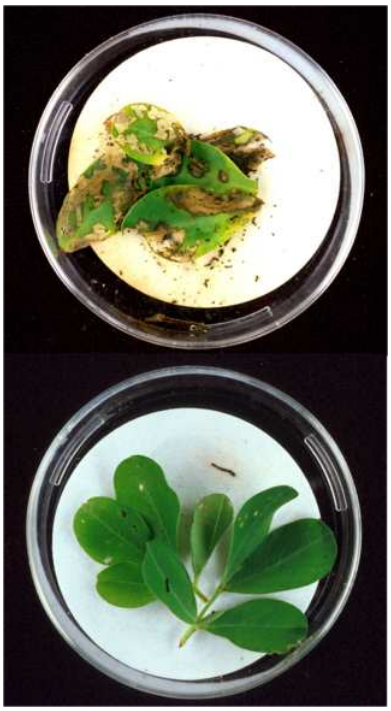
Modyfikacja cech agronomicznych roślin

Odporność na szkodniki

Do roślin, których genom zmodyfikowano w celu ich ochrony przed szkodnikami, należą m.in. kukurydza (*Zea mays*), bawełna (*Gossypium*), soja (*Glycine*) czy tytoń (*Nicotiana*). Wykorzystano u nich gen *cry1A* wyizolowany z bakterii *Bacillus thuringiensis* (Bt), warunkujący odporność na szkodniki z rodziny Lepidoptera. Dzięki tej modyfikacji roślina wytwarza białko Cry, które jest toksyczne dla niektórych owadów.

Odporność na herbicydy

Modyfikacje genetyczne pozwoliły także uzyskać rośliny uprawne odporne na środek chwastobójczy – glifosat. W tym celu wykorzystano gen *CP4* pobrany z bakterii *Agrobacterium tumefaciens*. Umożliwia on zmodyfikowanym roślinom wytwarzanie białka, dzięki któremu wykazują prawidłowy wzrost nawet w czasie stosowania oprysków z glifosatem. Pozwala to na selektywne usuwanie chwastów z upraw. Gen taki został włączony do genomu soi oraz rzepaku (*Brassica napus*).



Toksyny Bt w liściach zmodyfikowanego orzecha ziemnego (*Arachis hypogaea*) (dolne zdjęcie) chronią je przed uszkodzeniami powodowanymi przez larwy omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis*) (górne zdjęcie).
Źródło: Herb Pilcher, Wikimedia Commons, domena publiczna.

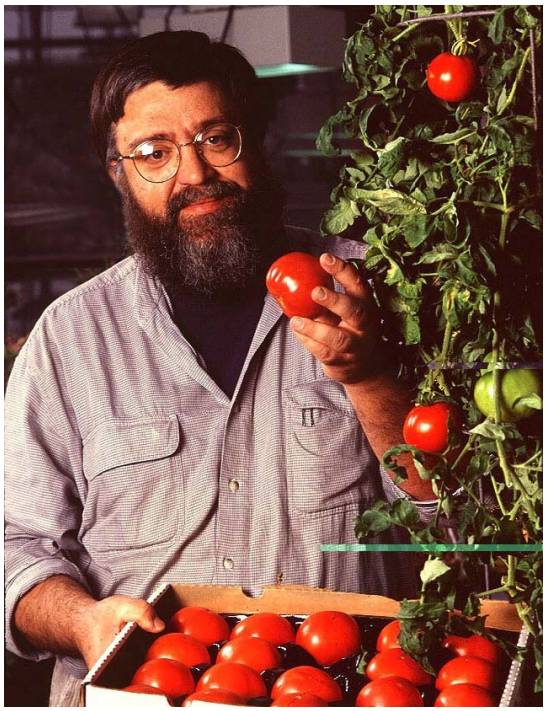
Odporność na choroby

W celu uzyskania roślin odpornych na choroby grzybowe i bakteryjne wprowadza się do ich genomu geny kodujące enzymy, które niszczą ich ścianę komórkową. Odporność na wirusy uzyskuje się poprzez wprowadzenie do rośliny genów białek

kapsydu danego wirusa, a także jego enzymów. Obecność tych białek osłabia infekcję tym wirusem oraz opóźnia skutki choroby. Do roślin zmodyfikowanych w celu ochrony przed patogenami należy tytoń odporny na wirusa mozaiki tytoniowej, ogórek (*Cucumis*) odporny na wirusa mozaiki ogórka oraz kalafior (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) odporny na wirusa mozaiki kalafiora. Uzyskano także ziemniaki (*Solanum tuberosum*) odporne na zarazę ziemniaczaną.

Modyfikacja cech jakościowych roślin i zwierząt

Modyfikacje cech jakościowych roślin obejmują przede wszystkim zmniejszenie lub zwiększenie stężenia danej substancji. Przykładem takiej modyfikacji jest złoty ryż (odmiana ryżu siewnego – *Oryza sativa*), do którego wszczepiony został pochodzący z narcyza trąbkowego (*Narcissus pseudonarcissus*) gen odpowiedzialny za zwiększoną produkcję β-karotenu, będącego prekursorem witaminy A. Modyfikacja w zamierzeniu miała rozwiązać problem niedoborów witaminy A u dzieci w Azji Wschodniej. Innym przykładem jest modyfikacja genetyczna rzepaku, która doprowadziła do zmniejszenia zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych. Uzyskano także m.in. truskawki (*Fragaria ×ananassa*) wytwarzające słodsze, wolniej dojrzewające owoce, które dodatkowo są odporne na mróz.



Fizjolog z Departamentu Rolnictwa Stanów Zjednoczonych prezentujący pomidory transgeniczne.

Pierwszą zmodyfikowaną genetycznie rośliną zatwierdzoną do spożycia przez ludzi był pomidor FlavrSavr. W wyniku modyfikacji jego DNA uzyskano owoc o wyższej zawartości miąższu i cienkiej skórce oraz większej odporności na gnicie.

Źródło: Jack Dykinga, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Natomiast w przypadku zwierząt gospodarskich wprowadzenie dodatkowej kopii genu pozwoliło na zwiększenie masy bydła i trzody chlewnej oraz mleczności krów (uzyskano wzrost wydajności mlecznej i stężenia składników mleka ważnych w produkcji serów).

Farmacja i medycyna

Rośliny

Wykorzystanie roślin transgenicznych w roli bioreaktorów do produkcji substancji stosowanych jako farmaceutyki określa się mianem agrofarmaceutyki. W wyniku modyfikacji genetycznych rośliny mogą produkować różne białka oraz wytwarzać przeciwciała, szczepionki, probiotyki czy błonnik pokarmowy. W ten sposób otrzymuje się tańsze leki, co pozwala zwiększyć do nich dostęp. Na przykład zmodyfikowany genetycznie tytoń jest wykorzystywany do produkcji somatotropiny (hormonu wzrostu), interleukiny 2, interleukiny 4, hemoglobiny, erytropoetyny czy albuminy osocza. Natomiast niektóre transgeniczne odmiany ryżu produkują interferon α (IFN-α) i α-1-antytrypsynę.

Zwierzęta

Transgeniczne zwierzęta wykorzystywane w badaniach, m.in. muszki owocowe, dostarczają informacji na temat ekspresji genów, a także stały się modelem dla wielu chorób, m.in. nowotworów, choroby Alzheimera czy Parkinsona. Obecnie prowadzone są badania nad stworzeniem transgenicznych zwierząt, których narządy (np. serce, wątroba, nerka) będą mogły być przeszczepiane ludziom (ksenotransplantacja). Przeprowadzane są również modyfikacje powodujące wytwarzanie w organizmie zwierząt białek, które wykorzystuje się jako leki. W tym celu modyfikowane są głównie krowy, kozy i owce, które wytwarzają pożądane białka w gruczołach mlecznych i wydzielają z mlekiem. Do tej pory udało się stworzyć genetycznie zmodyfikowane kozy, których mleko zawiera ludzki czynnik odpowiadający za hamowanie krzepnięcia krwi – antytrombinę. Stosowana jest ona do kontroli powstawania zakrzepów. Osiągnięcie to sprawiło, że mleko od jednej kozy może zastąpić 90 tys. dawców krwi, od których dotąd pozyskiwano to białko. Z kolei mleko wydzielane przez transgeniczne krowy zawiera insulinę, która prawdopodobnie zostanie komercyjnie wykorzystana w ciągu kilku lat. Modyfikowane genetycznie króliki wykorzystywane są m.in. do produkcji związków takich jak: interleukina, czynnik IGF-1, ludzki hormon wzrostu czy białko C, biorące udział w krzepnięciu krwi.

Oczyszczanie i monitorowanie środowiska

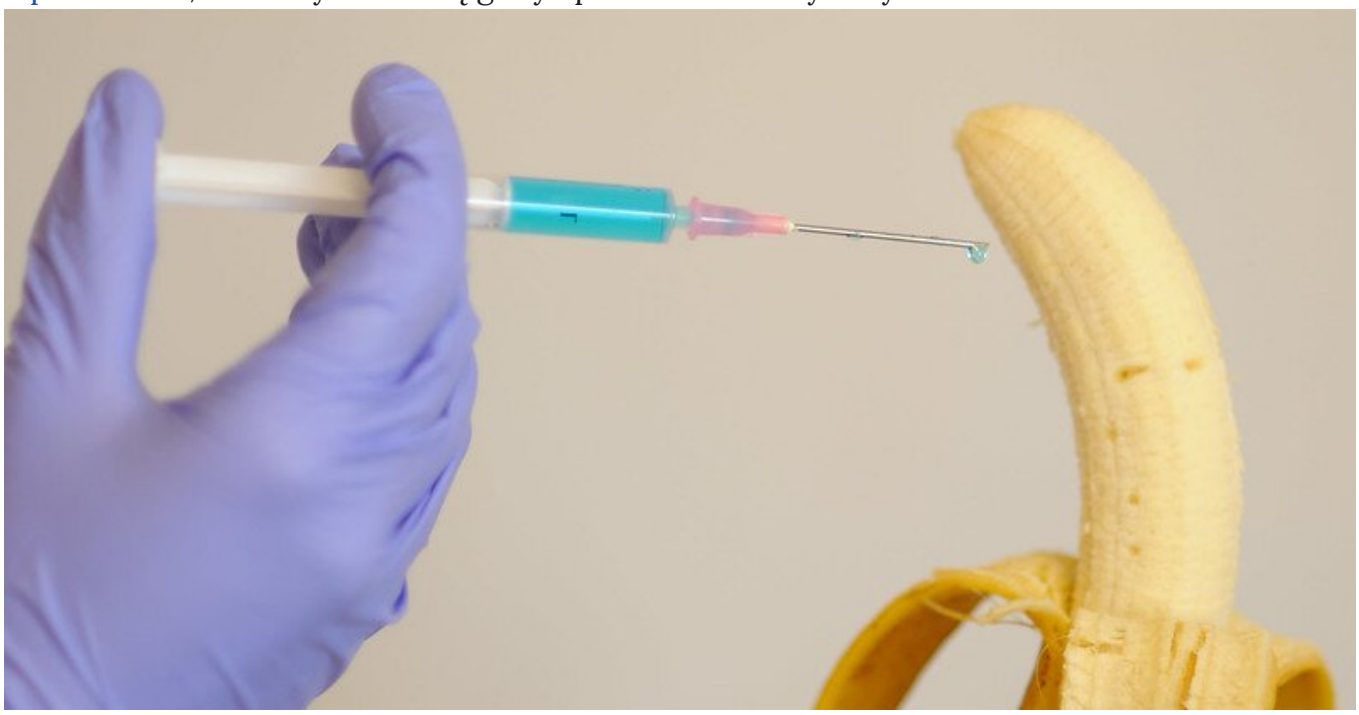
Biopaliwa

Produkty GMO w Europie

Obecnie Unia Europejska zezwala na wykorzystywanie zmodyfikowanych genetycznie: kukurydzy, soi, bawełny i rzepaku – jako pasz oraz żywności. Wprowadzone do sprzedaży produkty GMO są monitorowane i znakowane przez wszystkie państwa członkowskie według odpowiednich regulacji prawnych.

Obawy związane z GMO

Przeciwnicy wprowadzania żywności GMO twierdzą, że może mieć ona szkodliwy wpływ zarówno na organizm ludzki, jak i środowisko, a także naruszać zasady etyki. Przedstawiają oni argument, że wprowadzanie obcych genów do rośliny może skutkować powstawaniem nowych białek, m.in. alergenów i toksyn, które będą gromadzić się w wysokich stężeniach w jadalnych częściach roślin. Obecnie wiadomo, że wprowadzenie do genomu soi genu pochodzącego z orzecha brazylijskiego (naturalnie wywołującego alergię) spowodowało reakcje alergiczne u osób nadwrażliwych na orzechy. Z kolei tolerancja na herbicydy powoduje normalny wzrost roślin po opryskach, np. z użyciem preparatu Roundup, którego składniki akumulowane są w roślinie, a następnie drogą pokarmową trafiają do organizmu człowieka. Innym wskazywanym zagrożeniem jest wystąpienie oporności na antybiotyki u roślin i zwierząt GMO, w wyniku wykorzystania w modyfikacjach bakterii mających geny reporterowe, do których należą geny oporności na antybiotyki.



Przeciwnicy stosowania inżynierii genetycznej twierdzą, że manipulacje genami związane są jedynie z zyskiem, a nie dobrem i zdrowiem ludzi, a skutki modyfikowania organizmów są nieprzewidywalne i nieodwracalne.
Źródło: Flickr, licencja: CC BY-NC 2.0.

Kolejne zagrożenie wynikające z modyfikowania genetycznego organizmów związane jest z ich niekontrolowanym rozmnażaniem się i rozprzestrzenianiem. Ponadto istnieje ryzyko pojawienia się niebezpiecznej cechy na skutek mutacji. Zjawiska te mogą spowodować nieodwracalne zmiany w środowisku, w tym zmniejszenie różnorodności genetycznej na skutek wyparcia naturalnie występującego gatunku, niekontrolowane rozprzestrzenianie się genu oraz pojawianie się superchwastów, czyli roślin niepożądanych w uprawach, które uodporniły się na herbicydy, a konkretnie na glifosat (np. szarłat Palmera – *Amaranthus palmeri*, przymiotno kanadyjskie – *Erigon canadenisis*).

Słownik

A1AT

alfa-1-antytrypsyna; białko osocza krwi, białko ostrej fazy; glikoproteina uwalniana w wyniku reakcji zapalnej (wywołanej np. zakażeniem bakteryjnym); jej rola polega na ochronie tkanek przed uszkodzeniem

albumina osocza

główne białko występujące w osoczu, produkowane w wątrobie; jej rolą jest transport niektórych substancji (leków, hormonów)

biofarmaceutyki

leki wytwarzane przy udziale organizmów w procesie biotechnologicznym

bioreaktor

urządzenie, które umożliwia przeprowadzenie procesów mikrobiologicznych oraz enzymatycznych; można w nim również prowadzić hodowle komórek organizmów wielokomórkowych

erytropoetyna

glikoproteina; hormon peptydowy stymulujący erytropoezę, czyli proces namnażania i różnicowania erytrocytów

geny reporterowe

gen, którego aktywność można łatwo badać, wykorzystując np. metody histochemiczne, fluorymetryczne, służący w biologii molekularnej do oceny poziomu ekspresji kontrolowanego przez badaną sekwencję regulatorową (np. promotor) w różnych tkankach, stadiach rozwoju lub w odpowiedzi na różne czynniki

GMO

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

herbicydy

rodzaj pestycydów (środków ochrony roślin uprawnych); substancje stosowane do zwalczania chwastów w uprawach (środki chwastobójcze)

interferon α (IFN-α)

cytokina wytwarzana w odpowiedzi na zakażenie wirusowe, głównie przez plazmacytoidalne komórki dendrytyczne

interleukina 2 (IL-2)

cytokina prozapalna; czynnik wzrostu limfocytów T; wytwarzana głównie przez limfocyty Th1; wykorzystywana w walce z nowotworami krwi

interleukina 4 (IL-4)

cytokina przeciwzapalna; wytwarzana głównie przez limfocyty Th2

ksenotransplantacja

przeszczep narządów lub tkanek pochodzących od osobnika jednego gatunku do organizmu należącego do innego gatunku

mikroiniekcja

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

mykotoksyna

toksyna wytwarzana przez niektóre gatunki grzybów

organizmy transgeniczne

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

Roundup

nazwa handlowa herbicydu (środka stosowanego do zwalczania chwastów) zawierającego glifosat – związek organiczny powodujący zamieranie większości roślin

Audiobook

Organizmy zmodyfikowane genetycznie to szansa czy zagrożenie?

Audiobook można wysłuchać pod adresem: https://zpe.gov.pl/b/PHkl7Nb2u

XX wiek i XXI wiek to jest otwarcie na różne nowe możliwości techniczne, różne odkrycia naukowe i zderzenie z prawem i etyką, czyli dokonaniem oceny, jak daleko można się posunąć, a gdzie należy się zatrzymać. Bardzo modnym tematem i bardzo ważnym problemem są organizmy modyfikowane genetycznie.

Dzięki odkryciu DNA, dzięki możliwości wprowadzania zmian genetycznych do organizmów żywych otworzyła się opcja tworzenia zmodyfikowanych organizmów roślinnych, zwierzęcych, a kto wie, może i nawet kiedyś ludzkich. Pytanie: czy to odkrycie, ta wiedza jest do wykorzystania bez zastrzeżeń? Chyba nie, a może raczej – na pewno nie. Dlaczego? Dlatego, że wolność nauki, wolność badań naukowych jest bardzo ważna, ale nigdy nie jest stuprocentowa. Zawsze jest w jakimś stopniu ograniczona.

W jaki sposób to wygląda w tej chwili w perspektywie międzynarodowej?

Musielibyśmy przywołać tekst bardzo ważnego dokumentu prawnego. Mam tu na myśli Konwencję o ochronie praw człowieka i godności istoty ludzkiej wobec zastosowań biologii i medycyny. Bardzo długi tytuł. Można ją sobie krótko zapamiętać w ten sposób: jest to konwencja biomedyczna z 1997 roku. Z tego dokumentu wynika, że najważniejsza jest jednostka. Najważniejszy jest człowiek, czyli zdecydowano się wprowadzić prymat jednostki nad wyłącznym interesem nauki i społeczeństwa. To jest bardzo istotna wskazówka prawna i etyczna.

Wolność nauki – tak: wolność prowadzenia nowych badań, nowych ustaleń, ale zawsze z poszanowaniem prawa indywidualnego człowieka, indywidualnej osoby. No i teraz zastanówmy się, jak wyglądają problemy związane z organizmami modyfikowanymi genetycznie.

Żeby przeprowadzić taką analizę, taką ocenę, powinniśmy się posłużyć jakimiś instrumentami. Bioetyka, czyli nauka o zastosowaniu norm moralnych wobec

nowoczesnych technologii biologicznych, biotechnologicznych czy medycznych, daje nam takie wskazówki. Daje nam trzy podstawowe argumenty, którymi możemy się w dyskusji posługiwać. Jest to argument z odgrywania roli Boga, argument równi pochyłej i argument odpowiedzialności za przyszłe pokolenia.

Ten pierwszy, gdzie mówimy o Bogu, czy też o naturze czy o innej sile twórczej, w zależności od tego, jaki światopogląd reprezentujemy, stawia takie istotne pytanie: czy człowiek powinien wchodzić w rolę Boga, w rolę Stwórcy, w rolę natury? Czy powinien zastępować te naturalne, wielowiekowe mechanizmy?

Argument równi pochyłej mówi o tym, że pewne nasze zachowania, pewne decyzje z początku niewinne mogą doprowadzić do tragicznego końca. Zupełnie teraz odchodząc od tematyki biologii czy biotechnologii – wydaje nam się na przykład, że jak zjemy jeden cukierek, to nie przytyjemy, nie zaszkodzimy sobie. Następnego dnia mówimy: „A, nie zaszkodziło mi, to zjem dwa cukierki". I tak po kolei, po kolei, któregoś dnia mogę dojść do liczby stu cukierków dziennie – i wtedy to już na pewno mi zaszkodzi. I tak wygląda ten argument. Czyli z pozoru niewinne działanie może ostatecznie doprowadzić do katastrofy.

I wreszcie argument trzeci: odpowiedzialność za przyszłe pokolenia. Ten argument zbudowany jest na teorii twórcy współczesnej bioetyki, czyli profesora Van Pottera. On wymyślił taką metaforę, taką przenośnię, taki obrazek mostu. Mostu łączącego humanistyczne nauki z naukami ścisłymi oraz mostu łączącego dawne pokolenia z tymi, które żyją teraz i które nadejdą po nas.

Most, a więc coś, co nas ma ze sobą połączyć, co ma pozwolić nam mieć wspólne idee, wspólne plany, wspólne zasady. I jeżeli chodzi o prawo i bioetykę, to mamy pewne takie pryncypia, czyli podstawowe zasady. Takie, których nie powinno się w żadnych okolicznościach łamać. Taką podstawową zasadą chroniącą człowieka – jednostkę, osobę ludzką, istotę ludzką – jest obowiązek poszanowania godności.

Zastanówmy się, czy to podstawowe prawo może być w jakiś sposób zaburzone czy wręcz naruszone, gdy mówimy o organizmach modyfikowanych genetycznie. Ale żeby nie przechodzić od razu do negatywnych skojarzeń, spróbujmy sobie uświadomić, przypomnieć, jakie mogą być pozytywne aspekty stosowania organizmów modyfikowanych genetycznie.

Otóż możemy wyeliminować pewne szkodniki, możemy wyeliminować pewne choroby wśród roślin, szczególnie tych, które są jadalne. Podobnie u zwierząt. Możemy zwiększyć ilość plonów, możemy zwiększyć jakość plonów.

To wszystko jest bardzo obiecujące i zachęcające, ale pytanie, czy równocześnie nie mamy też pewnych kwestii negatywnych.

Otóż mamy, bo nie do końca znane są efekty uboczne wprowadzania modyfikacji genetycznych zarówno do żywności, jak i zwierząt. Nie ma takich długofalowych badań. Są pewne obserwacje, na przykład jeżeli chodzi o tendencję do tycia, i one są bardzo widoczne.

To nie znaczy, że nie powinniśmy w ogóle modyfikować genetycznie, ale pytanie, jak robić to w sposób kontrolowany i taki, żeby był korzystny dla człowieka, dla całej populacji, dla społeczeństwa. To wymaga nieustannie poszerzania wiedzy.

Czyli próbując znaleźć tutaj jakieś wyjście z sytuacji, jakąś konkluzję: tak czy nie, jeżeli chodzi o organizmy modyfikowane genetycznie? Z punktu widzenia nauki na pewno tak, na pewno takie próby trzeba podejmować, ale z punktu widzenia prawa i bioetyki trzeba to robić w ściśle określonych granicach i tak, żeby nie zaszkodzić ani człowiekowi, ani całemu ekosystemowi, a więc roślinom i zwierzętom.

Bo szansa pozyskania na przykład organów, które będzie można wszczepiać człowiekowi, kiedy jego własne nie będą dobrze funkcjonowały, jest czymś bardzo obiecującym. Prowadzi się takie modyfikacje genetyczne u zwierząt, szczególnie u świń, próbując uzyskać organy zastępcze dla człowieka.

Ale to wszystko musi się odbywać pod bardzo ścisłą kontrolą naukowców. To nie może być tak, że dla samej idei nie będziemy zważali na bezpieczeństwo. Bezpieczeństwo człowieka, jego godność, jego tożsamość jest tutaj najważniejsza. I tak jak mówiłam na początku interes społeczeństwa i nauki musi ustąpić interesowi jednostki.

A zatem jeszcze raz, próbując zastanowić się, czy tak, czy nie dla GMO: innym jeszcze elementem, który może nam tutaj pomóc, jest balansowanie ryzyka i korzyści, czyli mówiąc prosto: tak jak w życiu codziennym, bierzemy kartkę i wypisujemy po lewej stronie „za", po prawej stronie „przeciw" i staramy się znaleźć konkluzję: czy więcej jest tych „za", czy więcej jest „przeciw"? Czy mocniejsze są argumenty za, czy mocniejsze są przeciw? No i teraz, gdy skupimy się na przykład na zdrowiu ludzkim, bo pomijam te elementy ekonomiczne, na przykład, że możemy zwiększyć plony, że możemy taniej kupować żywność zmodyfikowaną genetycznie. To jest wszystko ważne, ale z punktu widzenia finansowego, ekonomicznego. Natomiast myślę, że dla przeciętnej osoby, dla każdego z nas najważniejsze jest zdrowie, bo bez tego nie jesteśmy w stanie albo w ogóle żyć, albo żyć na odpowiednim poziomie. Więc gdyby ktoś nam zadał pytanie, czy modyfikowanie organizmów zwierzęcych pozwoli nam na przykład na wyprodukowanie przeciwciał, antybiotyków, szczepionek, wykorzystać zwierzęta jako

dawców organów, uleczyć alergie u ludzi, to pewnie każdy z nas naturalnie by powiedział: „Tak, to jest ciekawe, to jest interesujące, to jest dobre". Ale z drugiej strony musimy pamiętać o tym, że tego typu modyfikacje mogą spowodować uczulenia u ludzi, mogą spowodować takie zmutowanie genów, które będzie niebezpieczne przy pojawianiu się kolejnych pokoleń, czyli przy rozmnażaniu. Więc pytanie: jak daleko można się tutaj posunąć? Myślę, że każdy z nas może sobie próbować odpowiedzieć na te trudne pytania, ale wiodącą rolę powinni mieć tutaj naukowcy, czyli odpowiedź na pytanie, czy GMO jest dobre czy złe dla człowieka, powinna znaleźć swoje oparcie w nauce.

Tutaj należy zaufać dowiedzionej wiedzy. Tu nie można się zastanawiać: a może tak, a może tak? Po prostu tutaj trzeba mieć tak zwane twarde dowody naukowe.

No i właśnie, *à propos* tych twardych dowodów naukowych, chciałabym się tutaj posłużyć taką metaforą i zaczerpnąć od Michela Piquemala, autora bajek filozoficznych, pewną przypowieść, która być może da nam istotne wskazówki.

Otóż pewien król był bardzo ambitny i chciał wszystko wiedzieć. W związku z tym zamówił taki rodzaj encyklopedii u swoich mędrców, u swoich zaufanych uczonych. Pracowali oni przez 10 lat i po tych 10 latach przynieśli mu 100 książek, w których zawarta była cała dotychczasowa wiedza. Król się załamał, bo nie był w stanie przeczytać i przyswoić tak wielkiej ilości wiedzy, więc powiedział: „Doceniam to, bardzo mi to jest potrzebne, ale zróbcie mi to w krótszej formie".„Dobrze", odpowiedzieli uczeni i oddalili się na kolejne 5 lat, i za 5 lat przynieśli królowi 10 tomów, w których była skoncentrowana cała ówczesna wiedza. Król był już nieco starszy, miał już gorszą percepcję, gorszy wzrok, gorszy słuch, więc niekoniecznie był w stanie zmierzyć się z taką dziesięciotomową wiedzą. I powiedział: „Dobrze, ja nadal chcę wszystko wiedzieć, ale zróbcie mi to w krótszej formie". I po kolejnym roku dostarczono mu jedną książkę – ale w momencie, kiedy król już był na łożu śmierci i nie zdążył się zapoznać z zawartą tam wiedzą.

Jak odczytać tę metaforę?

Myślę, że każdy z was będzie chciał to zrobić indywidualnie i będzie miał tutaj dużo ciekawych pomysłów, a może i nawet wspólnie porozmawiacie, bo taka burza mózgów zawsze daje ciekawe efekty, ale chcę wam dać pewną podpowiedź.

Otóż bez wątpienia wiedza jest istotna. Badania naukowe są istotne. Bez tego ludzkość by się nie rozwijała. Może wręcz następowałoby pewne zacofanie, cofnięcie się, a nie o to nam chodzi, ale nadmiar bodźców, nadmiar informacji, nadmiar wiadomości też nie jest korzystny.

Więc po pierwsze, musimy wiedzieć, z jakich źródeł czerpać wiedzę. To muszą być zawsze sprawdzone naukowe źródła, a nie jakieś ploteczki, rozmowy, bezmyślnie rzucone poglądy. Dyskusja musi opierać się na faktach, czyli wskazówka moja byłaby taka: po pierwsze musimy dążyć do zapoznania się z twardymi faktami, a po drugie musimy umieć dokonywać ich oceny.

Oczywiście opierając się na swoim własnym światopoglądzie, na swoim własnym wyczuciu, na swoich własnych wyborach, temu służy wolność sumienia, myśli wyznania, czyli jedno z podstawowych praw człowieka. Ale zawsze pamiętając o tym, że centralną wartością w systemie praw człowieka jest poszanowanie godności: godności własnej, ale też godności innych osób. I niech to będzie taka granica czy taki wyznacznik, który stawiamy sobie w każdej dyskusji bioetycznej. Wszystkiego dobrego na drodze rozwiązywania dylematów bioetycznych.

---

dr hab. Agata Wnukiewicz-Kozłowska

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

Polecenie 1

Wysłuchaj audiobooka i określ, czy twoim zdaniem GMO to szansa czy zagrożenie dla współczesnego świata. Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 2

Podaj dwa argumenty za modyfikowaniem genetycznym zwierząt.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Zaznacz poprawne dokończenie zdania.

Wszystkie organizmy zmodyfikowane genetycznie...

- ◯ zawierają dodatkową kopię genu.
- ◯ otrzymuje się za pomocą metod inżynierii genetycznej.
- ◯ służą jako model choroby.
- ◯ zawierają gen pochodzący od innego gatunku.

Ćwiczenie 2

Wskaż twierdzenia zawierające prawdziwe informacje.

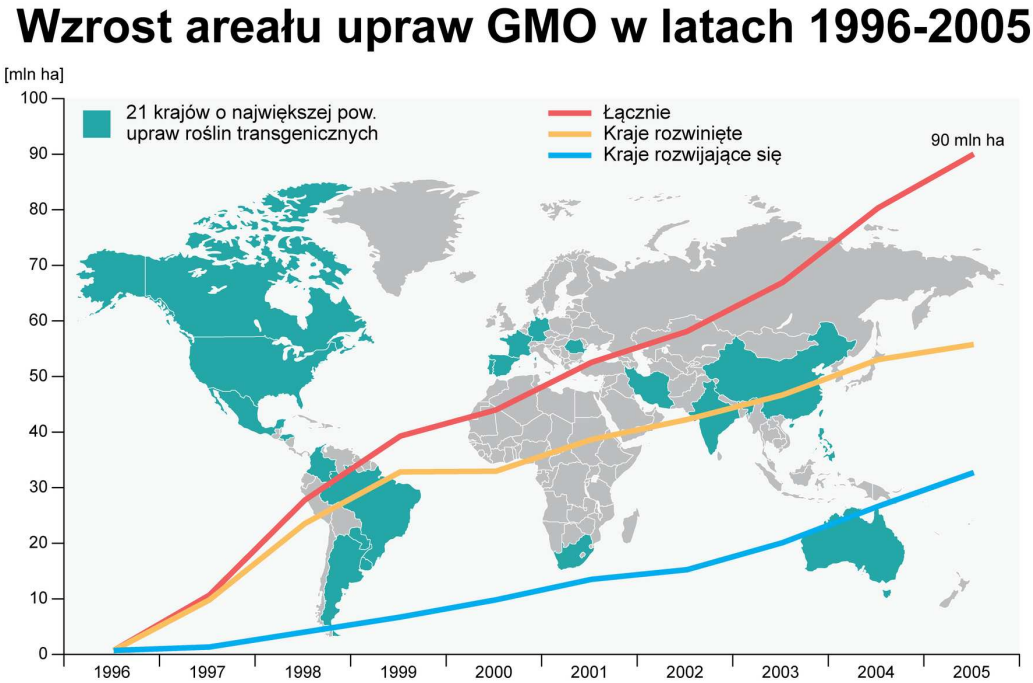
- ☐ Organizmy zmodyfikowane genetycznie mogą pomóc w oczyszczaniu środowiska z toksyn i metali ciężkich.
- ☐ Produkty GMO zaakceptowane do wprowadzenia na rynek nie są kontrolowane.
- ☐ Transgeniczne zwierzęta gospodarskie mogą być bioreaktorami białek wykorzystywanych w leczeniu chorób wirusowych.
- ☐ Rośliny zmodyfikowane genetycznie zawierają nowe, silne alergeny.

Ćwiczenie 3

Połącz termin z odpowiednią definicją.

Organizmy transgeniczne	Leki wytwarzane przy udziale organizmów w procesie biotechnologicznym.
Herbicydy	Organizmy modyfikowane genetycznie, których genom został zmieniony za pomocą metod inżynierii genetycznej.
Biofarmaceutyki	Organizmy, których genom został zmieniony, a wprowadzony gen pochodzi od organizmu innego gatunku.
GMO	Substancje stosowane do zwalczania chwastów w uprawach.

Ćwiczenie 4



Pomiędzy rokiem 2004 a 2005 nastąpił 11-procentowy wzrost globalnego areału upraw roślin transgenicznych, tj. o 9 mln hektarów (z 81 mln ha w 2004 do 90 mln ha w 2005 r.).

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

Przeanalizuj mapkę i wykres, a następnie oceń prawdziwość poniższych twierdzeń.

	Prawda	Fałsz
Największa powierzchnia upraw GMO jest w Afryce.	○	○
Polska należy do krajów Europy zaliczanych do głównych producentów GMO.	○	○
W krajach rozwiniętych jest większa powierzchnia upraw GMO w porównaniu z krajami rozwijającymi się.	○	○
W 2001 r. łączna powierzchnia upraw GMO przekroczyła 60 mln ha.	○	○

Ćwiczenie 5

Przyporządkuj korzystne dla człowieka cechy zmodyfikowanych genetycznie roślin uprawnych do odpowiedniej grupy.

Poprawa cech jakościowych

Poprawa cech agronomicznych

- tolerancja na herbicydy
- trwałość i wygląd
- odporność na szkodniki
- zawartość substancji
- walory organoleptyczne

Ćwiczenie 6

Oceń, które z poniższych twierdzeń są fałszywe.

- [ ] Uprawy roślin GMO pozwalają na obniżenie liczby głodujących na świecie.
- [ ] Rośliny genetycznie zmodyfikowane mogą stanowić naturalny antybiotyk.
- [ ] GMO jest rodzajem broni biologicznej.
- [ ] Dowody naukowe wskazują, że spożywanie roślin genetycznie zmodyfikowanych wpływa na wzrost otyłości u dzieci.

Ćwiczenie 7

Wymień trzy tezy przeciwników GMO, a następnie określ, czy mają one potwierdzenie w badaniach naukowych.

Ćwiczenie 8

Wyjaśnij, co spowodowało rozwój produkcji organizmów zmodyfikowanych genetycznie.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Daria Reczyńska
Przedmiot: Biologia

Temat: Organizmy zmodyfikowane genetycznie – szansa czy zagrożenie?

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;

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

12) dyskutuje o problemach społecznych i etycznych związanych z rozwojem inżynierii genetycznej oraz formułuje własne opinie w tym zakresie.

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;

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

14) dyskutuje o problemach społecznych i etycznych związanych z rozwojem inżynierii genetycznej oraz formułuje własne opinie w tym zakresie.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje obywatelskie;
- 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):

- Wskażesz i omówisz możliwości wykorzystania GMO w sektorze farmaceutycznym, chemicznym oraz innych gałęziach gospodarki człowieka.
- Wymienisz korzyści i zagrożenia wynikające z wykorzystywania organizmów zmodyfikowanych genetycznie.
- Przedyskutujesz problemy społeczne i etyczne związane z rozwojem inżynierii genetycznej oraz sformułujesz własną opinię na temat GMO.

Strategie nauczania:

- nauczanie wyprzedzające;
- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z audiobookiem;
- rozmowa kierowana;
- mapa pojęć;
- dyskusja.

Formy pracy:

- praca w grupach;
- praca w parach;
- 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.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z treściami w sekcji „Przeczytaj".
2. Uczniowie wyszukują w dostępnych źródłach informacje na temat korzyści i zagrożeń wynikających z modyfikowania genetycznego organizmów.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel prosi uczniów, aby na podstawie dotychczas zdobytej wiedzy przypomnieli informacje dotyczące metod inżynierii genetycznej oraz GMO. Zadaje im pytania:

- Co to jest GMO?
- Jakie organizmy mogą zostać zmodyfikowane genetycznie?
- Jak można wykorzystać organizmy GMO?

2. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel dzieli uczniów na 6-osobowe grupy, które mają za zadanie przeprowadzić dyskusję na temat: „Czy należy wytwarzać i stosować GMO we współczesnym świecie w przemyśle, rolnictwie, medycynie i badaniach naukowych?". Każdy z zespołów rozważa wady i zalety GMO i podejmuje ostateczną wspólną decyzję. Następnie każda grupa prezentuje wyniki swojej debaty na forum klasy.
2. Uczniowie wysłuchują audiobooka zawartego w e-materiale, a następnie grupy, które nie doszły do wspólnego wniosku w wyniku debaty, określają, czy ich zdaniem GMO to szansa czy zagrożenie dla współczesnego świata. Nauczyciel pyta też pozostałe grupy, czy pozostają przy swoim wniosku.
3. Nauczyciel wyświetla treść ćwiczenia nr 8 („Wyjaśnij, co spowodowało rozwój produkcji organizmów zmodyfikowanych genetycznie") z sekcji „Sprawdź się". Uczniowie rozwiązują je wspólnie na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie, pracując w parach, tworzą mapy pojęć związane z tematem lekcji, na podstawie wiadomości z sekcji „Przeczytaj" oraz „Audiobook".

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 7 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Przeprowadź badanie ankietowe wśród 10 osób na temat „GMO – szansa czy zagrożenie?”. Ankieta powinna zawierać metryczkę ankietowanej osoby (np. płeć, wiek, miejsce zamieszkania – miasto/wieś), 10 pytań zamkniętych (np. zaznacz na skali, wybierz odpowiedź/symbol) oraz przynajmniej jedno pytanie otwarte. Postaraj się przedstawić wyniki za pomocą wykresów oraz wyciągnij wnioski.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania audiobooka:

- Treści w sekcji „Audiobook” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.