

GENETYCZNIE MODYFIKOWANE ORGANIZMY – SZANSE I ZAGROŻENIA

1. Wstęp

Biotechnologia jest jedną z najważniejszych technologii XXI wieku i zgodnie z definicją Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) jest to świadczenie dóbr i usług z wykorzystaniem metod biologicznych. Termin „biotechnologia” wywodzi się od trzech greckich słów: *bios* – życie, *technos* – technika i *logos* – myślenie. Biotechnologia od zawsze towarzyszyła człowiekowi i jest wpisana na stałe w naszą codzienność. Dynamiczny rozwój biotechnologii w ostatnich latach jest wynikiem odkryć naukowych i rozwoju techniki, które przyczyniły się do powstania tak zwanej współczesnej biotechnologii. Współczesna biotechnologia wykorzystuje metody inżynierii genetycznej pozwalające na uzyskiwanie genetycznie zmodyfikowanych organizmów i znajduje zastosowanie w wielu obszarach biogospodarki, a szczególnie w rolnictwie i produkcji żywności, ochronie zdrowia i weterynarii, a także w przemyśle chemicznym i w ochronie środowiska.

Wyróżnia się umownie trzy podstawowe działy biotechnologii w zależności od obszarów działalności człowieka, których dana biotechnologia dotyczy:

- 1) czerwona biotechnologia – są to biotechnologie wykorzystywane w medycynie, farmacji i weterynarii, np. produkcja antybiotyków, szczepionek, witamin, enzymów, hormonów, przeciwciał, terapie genowe i przeszczepy;
- 2) biała biotechnologia – są to biotechnologie przemysłowe, wykorzystujące systemy biologiczne w produkcji przemysłowej i ochronie środowiska, np. kataliza enzymatyczna, biotransformacje, bioenergetyka, wytwarzanie bioplastików, utylizacja odpadów i oczyszczanie ścieków;
- 3) zielona biotechnologia, inaczej agrobiotechnologia – stanowią ją biotechnologie związane z rolnictwem oraz przetwórstwem rolno-spożywczym, jest to np. wytwarzanie genetycznie zmodyfikowanych odmian roślin, produkcja biopestycydów, produkcja ulepszonej żywności, dodatków smakowych, wielocukrów i enzymów.

Zgodnie ze strategią lizbońską, rozwój biotechnologii jest jednym z priorytetów polityki Unii Europejskiej. Każdy z działów biotechnologii ma także duże perspektywy rozwoju w naszym kraju. Odpowiednie finansowanie badań naukowych, edu-

kacja społeczeństwa, rzetelna informacja, a także mądra legislacja przyczyniają się do rozwoju biotechnologii i innowacyjnej biogospodarki.

2. Organizmy genetycznie zmodyfikowane (GMO)

Organizm genetycznie zmodyfikowany to organizm inny niż organizm człowieka, w którym materiał genetyczny został zmieniony w sposób niezachodzący w warunkach naturalnych wskutek krzyżowania lub naturalnej rekombinacji (ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o organizmach genetycznie zmodyfikowanych). Termin „organizm genetycznie zmodyfikowany”, w skrócie GMO (skrót pochodzi od angielskiego określenia Genetically Modified Organism), odnosi się więc do organizmów o nowych właściwościach powstałych w wyniku zastosowania metod inżynierii genetycznej. Metody te pozwalają na przenoszenie genów w postaci DNA z organizmu dawcy do organizmu biorcy w warunkach laboratoryjnych w procesie zwanym transformacją genetyczną. W wyniku transformacji genetycznej do DNA organizmu biorcy dodawany jest nowy fragment DNA, zwany transgenem lub konstrukcją genową, zawierający nową informację genetyczną. Organizm biorcy odczytuje tę informację, co prowadzi do wytworzenia nowej cechy, np. roślina staje się odporna na szkodniki. Wprowadzony transgen jest dziedziczony wraz z całym DNA organizmu biorcy. Transgen jest fragmentem DNA zawierającym elementy tak skomponowane, aby nowa właściwość organizmu (modyfikacja) była zgodna z oczekiwaniami. Ponieważ kod genetyczny jest taki sam dla wszystkich organizmów żywych, możliwe jest wprowadzanie do organizmu biorcy genów pochodzących z dowolnego organizmu. Na przykład można wprowadzić do rośliny geny pochodzące z innych roślin, ale także geny pochodzące z bakterii, grzybów, a nawet zwierząt.

Rodzaje GMO

W wyniku stosowania transformacji genetycznej otrzymuje się genetycznie zmodyfikowane mikroorganizmy, rośliny i zwierzęta, które mogą mieć zastosowanie w różnych działach gospodarki. Praktycznie wszystkie hormony i przeciwciała monoklonalne, tak ważne we współczesnej medycynie, są wytwarzane z zastosowaniem technik inżynierii genetycznej. Na przykład ratująca życie cukrzykom insulina wytwarzana jest przez genetycznie zmodyfikowane mikroorganizmy, do których wprowadzono ludzki gen kodujący insulinę. Mikroorganizmy produkujące insulinę namnaża się w bioreaktorach, w zamkniętych zakładach produkcyjnych, a następnie wyodrębnia z nich insulinę i sporządza preparat. Obecnie wszystkie rodzaje preparatów insulinowych dostępne w aptekach wytwarzane są przez genetycznie zmodyfikowane mikroorganizmy, a preparaty o nazwie Gensulin produkowane przez polską firmę Bioton wytwarzane są w zakładzie znajdującym się w Macierzyszu koło Warszawy. Genetycznie zmodyfikowane komórki pleśni, drożdży i bakterii wykorzystywane są

do produkcji cennych farmaceutyków, enzymów, polimerów, detergentów, chemikaliów oraz dodatków konsumpcyjnych. Szacuje się, że obecnie 5% rynku opanowanego przez przemysł chemiczny stanowią produkty biotechnologii „białej”. Stosowana powszechnie w serowarstwie przy produkcji serów dojrzewających zarówno w USA, jak i w Unii Europejskiej podpuszczka (chymozyna albo inaczej renina) uzyskiwana jest z genetycznie zmodyfikowanych drożdży. GMO mogą mieć także liczne zastosowania w różnych działach rolnictwa, a szczególnie w produkcji roślinnej.

Genetycznie modyfikowane rośliny

Człowiek od zawsze wykorzystywał rośliny jako pożywienie, a także jako źródło leków, energii, materiałów budulcowych i innych materiałów przemysłowych. Rośliny były udomawiane i udoskonalane przez człowieka od czasu, gdy zaczął on prowadzić osiadły tryb życia i zajął się rolnictwem. Postęp w rolnictwie, który pozwala na osiąganie wyższych i lepszych jakościowo plonów, wynika ze stosowania coraz lepszych odmian roślin uprawnych oraz doskonalszych technologii agrotechnicznych, takich jak nawożenie, ochrona roślin i techniki uprawy. Ludzie zawsze starali się wyhodować odmiany mające lepsze cechy użytkowe i dzięki temu uzyskano i ciągle uzyskuje się odmiany lepiej plonujące, odporne na szkodniki i choroby, a także łatwiejsze w uprawie. Na przykład pszenica powstała w wyniku naturalnego skrzyżowania się trzech dziko rosnących traw, a pszenżyto – tak bardzo popularne w naszym kraju – otrzymano ze skrzyżowania pszenicy i żyta dopiero pod koniec XIX wieku – wcześniej pszenżyto nie występowało w przyrodzie. Uprawiane obecnie odmiany roślin powstały na skutek selekcji i najczęściej nie są w stanie samodzielnie przetrwać w przyrodzie. Tradycyjne metody ulepszania roślin pozwalają na przeniesienie genów w obrębie blisko spokrewnionych gatunków, a oprócz tego hodowla nowych odmian metodami tradycyjnymi przez krzyżowanie i selekcję jest procesem żmudnym i długotrwałym. Metody inżynierii genetycznej eliminują te problemy i pozwalają na wprowadzanie genu z dowolnego organizmu do rośliny uprawnej w stosunkowo krótkim czasie. Stosowanie transformacji genetycznej w hodowli roślin prowadzi do uzyskania odmian genetycznie zmodyfikowanych (GM). W procesie uzyskiwania odmiany zmodyfikowanej genetycznie można wyróżnić kilka podstawowych etapów:

- 1) dokładne poznanie podłoża molekularnego właściwości, którą chcemy zmienić;
- 2) zidentyfikowanie białek modyfikujących tę właściwość w pożądanym przez nas sposób;
- 3) znalezienie i wydzielenie genów kodujących zidentyfikowane białka;
- 4) sporządzenie konstrukcji genowej, zwanej transgenem;
- 5) transformacja genetyczna, czyli wprowadzenie transgeny do genomu rośliny;
- 6) regeneracja transgenicznych roślin;

- 7) dokładna charakterystyka uzyskanych roślin;
- 8) potwierdzenie przydatności technologicznej;
- 9) komercjalizacja i podjęcie uprawy polowej.

W praktyce stosowane są dwie metody transformacji genetycznej roślin. W pierwszej metodzie wykorzystywana jest bakteria glebowa *Agrobacterium tumefaciens*. Bakteria ta ma naturalną zdolność przenoszenia DNA do genomu roślin. Konstrukcję genową, która ma trafić do genomu rośliny wprowadza się najpierw do bakterii *A. tumefaciens*, a bakteria ta wprowadza ją do genomu rośliny. Drugą metodą transformacji genetycznej roślin jest wprowadzanie genów przy użyciu „strzelby genowej”, czyli mikrowstrzeliwanie DNA. Konstrukcję genową umieszcza się na mikrokulceczkach ze złota lub wolframu pełniących rolę nośników i tak sporządzone „pociski” wstrzeliwuje się do komórek roślinnych. Ze stransformowanych komórek regeneruje się rośliny, a następnie dokładnie się je charakteryzuje. Stosowanie transformacji genetycznej w ulepszaniu roślin jest kosztowne i wymaga dobrze wyposażonych laboratoriów. Opracowano metody transformacji wielu gatunków roślin. Większość metod transformacji genetycznej jest opatentowana. Pierwsze laboratoryjne transgeniczne rośliny uzyskano w połowie lat osiemdziesiątych poprzedniego stulecia – około 25 lat temu.

Modyfikacje genetyczne roślin dla celów badawczych i praktycznych

Transgeniczne rośliny są cennym narzędziem badawczym i są wykorzystywane przez naukowców, gdyż pozwalają na dokładne badanie funkcji genów i roli poszczególnych białek w procesach życiowych roślin. Transgeniczne rośliny wykorzystywane do celów badawczych nie są uwalniane do środowiska i są uprawiane w laboratoriach (tak zwane zamknięte użycie GMO). Transformacja genetyczna pozwala także na wykonanie modyfikacji, które mają znaczenie praktyczne. Można uzyskać rośliny odporne na choroby i szkodniki; tolerancyjne na herbicydy; odporne na stresy środowiskowe, takie jak chłód, przymrozki, susza, zasolenie, zalewanie; charakteryzujące się lepszymi cechami jakościowymi; wytwarzające białka lub substancje stosowane w medycynie i przemyśle.

3. Przykłady modyfikacji genetycznych roślin mających znaczenie praktyczne

Odporność na szkodniki

Bakterie glebowe *Bacillus thuringiensis* wytwarzają szkodliwe dla określonych owadów toksyny Bt (inaczej zwane białkami Cry), które są wykorzystywane do zwalczania niektórych szkodników owadzych. Od lat trzydziestych XX wieku produkowane

są z tych bakterii biopreparaty stosowane w rolnictwie (w tym także przez rolników ekologicznych) służące do opryskiwania roślin i zwalczania szkodników owadzie. Dzięki możliwościom inżynierii genetycznej zidentyfikowano geny kodujące toksyny Bt, a następnie wprowadzono te geny do roślin uprawnych, co spowodowało, że rośliny te wytwarzały toksyny Bt i dzięki temu stały się odporne na niektóre szkodniki owadzie. Toksyny Bt nie są szkodliwe dla człowieka i zwierząt, gdyż blokują one receptory znajdujące się tylko w przewodzie pokarmowym określonych grup owadów. Przewód pokarmowy owadów jest zupełnie inaczej zbudowany niż u człowieka i zwierząt i dzięki temu toksyny Bt nie są szkodliwe dla człowieka.

Dzięki wprowadzeniu genu kodującego toksynę Bt szkodliwą dla owadów z rzędu łuskoskrzydłych uzyskano kukurydzę odporną na omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis*). Szkodnik ten jest coraz bardziej uciążliwy także w Polsce, a szczególnie w Polsce południowej. W uprawach kukurydzy Bt nie trzeba opryskiwać roślin insektycydami by zwalczać omacnicę prosowiankę, gdyż rośliny te produkują toksynę Bt i same chronią się przed tym szkodnikiem. Ponadto, kolby kukurydzy, które nie są uszkodzone przez szkodnika, nie porastają grzybami wytwarzającymi mykotoksyny i ziarno z upraw kukurydzy Bt jest lepszej jakości, gdyż charakteryzuje się mniejszą zawartością szkodliwych dla zwierząt i człowieka mykotoksyn. Wprowadzenie innej wersji toksyny Bt do ziemniaka pozwoliło na uzyskanie ziemniaków odpornych na stonkę ziemniaczaną. Otrzymano także kukurydzę odporną na zachodnią korzeniową stonkę kukurydzianą (*Diabrotica virgifera*). Zachodnia korzeniowa stonka kukurydziana jest szkodnikiem kwarantannowym i pojawiła się ostatnio w Polsce. Transgeniczne odmiany kukurydzy i bawełny wytwarzające toksynę Bt po wcześniejszym przejściu rygorystycznych badań trafiły do obrotu i są obecnie uprawiane głównie w Stanach Zjednoczonych. Również Unia Europejska wydała zgodę na uprawę odmian kukurydzy MON810 z genem Bt dającym odporność na omacnicę prosowiankę.

Tolerancja na herbicydy

Jednym z zabiegów wykonywanych w uprawach roślin jest zwalczanie chwastów. Najczęściej wykorzystuje się do tego związki chemiczne zwane herbicydami. Wprowadzenie do rośliny uprawnej cechy odporności na herbicydy o działaniu nieselektywnym (totalnym) pozwala na łatwe zwalczanie chwastów na polach uprawnych. W rolnictwie konwencjonalnym stosuje się kilka zabiegów ochrony roślin w cyklu uprawowym, wykorzystując zazwyczaj kilka różnych preparatów, gdyż jedne herbicydy działają na pewne gatunki chwastów (np. na chwasty jednoliścienne), a inne herbicydy są skuteczne w walce z innymi chwastami. Uzyskano genetycznie zmodyfikowane rośliny, do których wprowadzono geny warunkujące cechę odporności na herbicydy nieselektywne, których związkiem czynnym jest glyfosat (preparat han-

dlowy o nazwie Roundup, uznawany za przyjazny dla środowiska i wykorzystywany m.in. do niszczenia chwastów w zbiornikach wodnych), a także rośliny odporne na glufosynat amonu (preparat handlowy o nazwach Basta lub Invigor). Uzyskano w ten sposób odporne na te herbicydy odmiany rzepaku, buraków cukrowych, kukurydzy i soi. W uprawie odmian odpornych na herbicydy nieselektywne, takie jak np. Roundup, wykonuje się mniejszą liczbę zabiegów zwalczania chwastów, a terminy wykonywania zabiegów są bardziej elastyczne. Pozwala to na zmniejszenie kosztów produkcji ze względu na mniejsze dawki herbicydów oraz oszczędności paliwa i siły roboczej. Mniejsze zużycie substancji aktywnych herbicydów na jednostkę powierzchni jest korzystne także dla środowiska. Transgeniczne odmiany soi, rzepaku i kukurydzy tolerancyjne na herbicydy nieselektywne i przejściu dokładnych badań trafiły do obrotu i są obecnie uprawiane, jednakże poza Unią Europejską.

Odporność na choroby

Choroby roślin są powodowane przez wirusy, bakterie oraz grzyby i stanowią duże zagrożenie dla plonów – plony mogą być małe, ale także złej jakości. Na przykład ziarno lub owoce pochodzące z plantacji silnie porażonych przez choroby grzybowe nie mogą być wykorzystane w produkcji żywności oraz pasz. Zwalczanie chorób jest trudne i wymaga wielokrotnego opryskiwania upraw środkami ochrony roślin, a w przypadku wielu chorób np. wirusowych, nie ma skutecznych środków ochrony roślin. Otrzymano rośliny genetycznie zmodyfikowane odporne na wirusy poprzez wprowadzenie do tych roślin fragmentów wirusów niewywołujących choroby. Uzyskano w ten sposób genetycznie zmodyfikowane ziemniaki odporne na wirusa Y i wirusa liściozwoju (PLRV), śliwy odporne na wirusa ospowatości śliw (PPV, szarka), a także papaję odporną na pierścieniową plamistość papai (PRSV) oraz dynie odporne na wirusa drobnej plamistości cukinii (ZYMV) i wirusa mozaiki kawona (WMV) jednocześnie. Transgeniczne odmiany papai i dyni odporne na wirusy są obecnie uprawiane w Stanach Zjednoczonych.

Cechy jakościowe

Wykorzystując transformację genetyczną możliwa jest poprawa cech jakościowych roślin uprawnych – takich cech, których nigdy nie udało się zmienić metodami tradycyjnymi. Biotechnologia pozwala na uzyskanie odmian charakteryzujących się wcześniejszym dojrzewaniem, zwiększoną zawartością cukrów czy też skrobi, zwiększoną zawartością białek, a także wyższą zawartością ważnych aminokwasów. Uzyskano odmianę kukurydzy, która charakteryzuje się podwyższoną zawartością lizyny w ziarnie i z tego względu jest znacznie lepszym surowcem dla przemysłu paszowego. Do ryżu wprowadzono geny z żonkila i pewnej bakterii warunkujące wytwarzanie w ziarniakach ryżu beta-karotenu, czyli prowitaminy A. Ze względu na

pomarańczowo-żółty kolor ziarna tej odmiany nazwano ją złotym ryżem. Odmianę tę skonstruowano z myślą o tym, by rozwiązać problem niedoboru witaminy A u ludzi, a szczególnie dzieci z biednych krajów azjatyckich. Szacuje się, że około 0,5 miliona dzieci każdego roku ślepnie z powodu deficytu witaminy A. Obecnie trwają zaawansowane badania nad tą odmianą. Otrzymano genetycznie zmodyfikowany rzepak o zwiększonej zawartości kwasu oleinowego w oleju uzyskiwanym z tej odmiany oraz taki, który wytwarza kwasy tłuszczowe omega-3 (obecnie kwasy tłuszczowe omega-3 są pozyskiwane z ryb). Innymi przykładami modyfikowanych cech jakościowych są kawa bez kofeiny oraz tytoń, który zawiera w liściach dwadzieścia razy mniej nikotyny i piętnaście razy mniej substancji rakotwórczych. Odmiany z opisanymi modyfikacjami nie są jeszcze uprawiane.

Tolerancja na stresy środowiskowe

Stresy środowiskowe powodują coraz większe straty plonów w rolnictwie. Zachodzące zmiany klimatyczne, wywołujące między innymi susze, przymrozki i powodzie, powodują brak stabilności w produkcji rolniczej, co w ostatnich latach ma miejsce także w Polsce. Wytworzono genetycznie zmodyfikowane rośliny ze zwiększoną tolerancją na suszę, niską i wysoką temperaturę, a także zasolenie. Odmiany z opisanymi modyfikacjami są w trakcie badań i nie trafiły jeszcze do uprawy.

Nowe zastosowania roślin

Unia Europejska nakłada na kraje członkowskie obowiązek zwiększenia udziału biopaliw w paliwach dla transportu, a także zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Uzyskiwanie biopaliw z odmian genetycznie modyfikowanych (np. rzepaku), które dają wyższy plon, jest znacznie bardziej opłacalne niż z odmian tradycyjnych, gdyż koszty uprawy, np. rzepaku tolerancyjnego na herbicydy, są niższe. Innym nowym zastosowaniem roślin może stać się ich wykorzystanie do produkcji biodegradowalnego plastiku – otrzymano genetycznie zmodyfikowane rośliny wytwarzające polihydroksyalkanolan (PHA), z którego można wytwarzać biodegradowalny plastik. Technologia ta nie znalazła jeszcze praktycznego zastosowania, gdyż jest droższa od tradycyjnej produkcji polietylenu z ropy naftowej. Szczególnie istotne w kontekście zrównoważonego rozwoju jest usuwanie zanieczyszczeń z wody i gleby. Można w tym celu wykorzystywać rośliny. Otrzymano genetycznie zmodyfikowane rośliny, które pobierają i przekształcają do nieszkodliwych form arseniany, kadm oraz rtęć. Opisane rośliny nie trafiły jeszcze do uprawy, ale z modyfikacjami tego typu wiąże się olbrzymie nadzieje na przyszłość, gdyż mogą one pozwolić na rozwiązanie bardzo ważnych problemów gospodarczych i związanych z ochroną środowiska.

4. Status upraw odmian genetycznie zmodyfikowanych (GM)

Uzyskano wiele roślin genetycznie zmodyfikowanych, ale tylko nieliczne modyfikacje przeszły długie i kosztowne procedury dopuszczenia do obrotu, w których wykazano, że modyfikacje te nie stanowią zagrożenia dla zdrowia ludzkiego i środowiska. Na podstawie wieloletnich badań odmiany z tymi modyfikacjami dopuszczono do uprawy. Pierwszą transgeniczną odmianą rośliny uprawnej była odmiana pomidora FlavrSavr® (Flavour Saver), która trafiła do uprawy w 1994 roku w Stanach Zjednoczonych. Odmiana ta miała modyfikację polegającą na tym, że nie wytwarzała białka poligalakturonazy i owoce tej odmiany charakteryzowały się wolniejszym dojrzewaniem i mięknięciem. Modyfikacji poddano jednak odmianę, która była mało plenna i pomimo tego, że wprowadzona cecha była korzystna, to farmerzy uprawiający tę odmianę osiągnęli mniejsze zyski i dlatego po kilku latach została ona wycofana z uprawy. W ciągu ostatnich 10 lat areal upraw roślin transgenicznych powiększył się aż 60-krotnie i w 2006 roku wynosił ponad 100 milionów hektarów, co stanowi ponad 6% całkowitej powierzchni upraw na świecie. Podstawowe rośliny transgeniczne uprawiane przemysłowo to soja, kukurydza, bawełna i rzepak. Te cztery rośliny zajmują 99% powierzchni upraw transgenicznych i mają wprowadzone dwie zasadnicze cechy determinujące ich przydatność produkcyjną: tolerancję na herbicydy nieselektywne, głównie Roundup (68% upraw genetycznie zmodyfikowanych), odporność na szkodniki owadzie z rzędu łuskoskrzydłych warunkowaną genem Bt (18% upraw genetycznie zmodyfikowanych) oraz tolerancję na herbicydy nieselektywne i odporność na szkodniki owadzie jednocześnie (13% upraw genetycznie zmodyfikowanych). Odmiany genetycznie zmodyfikowane w 2006 roku były uprawiane w 22 państwach przez ponad 10 milionów rolników. Powierzchnie upraw i gatunki uprawianych roślin zestawiono w tabeli 1.

Ponad połowa ogólnej powierzchni upraw roślin GM znajduje się w Stanach Zjednoczonych. Ponadto duże powierzchnie upraw soi tolerancyjnej na herbicyd znajdują się w Argentynie i Brazylii, a w Chinach i Indiach uprawia się stosunkowo dużo transgenicznej bawełny odpornej na szkodniki z genem Bt. Unia Europejska przez wiele lat nie zezwalała na uprawę transgenicznych roślin ze względu na związane z nimi kontrowersje, brak akceptacji społecznej oraz relacje polityczno-gospodarcze Unii Europejskiej ze Stanami Zjednoczonymi. W 2004 roku Unia Europejska zezwoliła na uprawę transgenicznej kukurydzy MON810 posiadającej wprowadzony gen Bt nadający tym odmianom odporność na szkodniki owadzie z rzędu łuskoskrzydłych, w tym na omacnicę prosowiankę. Obecnie w unijnym rejestrze odmian dopuszczonych do uprawy znajduje się ponad 50 odmian kukurydzy MON810. W 2006 roku odmiany te były uprawiane w Unii Europejskiej na powierzchni 68,5 tys. ha w 6 krajach (Hiszpania 60 tys. ha, pozostałe kraje: Portugalia, Francja, Niemcy, Czechy i Słowacja 8,5 tys. ha łącznie). Areal upraw odmian GM w Unii Europejskiej jest mały, niemniej należy odnotować pięciokrotny wzrost w odniesieniu do 2005 roku oraz to,

że uprawy te występują w krajach sąsiadujących z Polską (Niemcy, Czechy i Słowacja). W Polsce nie ma obecnie upraw roślin genetycznie zmodyfikowanych. W 51 krajach w latach 1996–2006 wydano zezwolenia na import roślin GM na cele spożywcze i paszowe. Takie zezwolenia wydała także Polska. Aktualnie Polska importuje około 1,5 miliona ton soi GM i kukurydzy GM w celach paszowych. Większość pasz wykorzystywanych w żywieniu zwierząt gospodarskich zawiera genetycznie zmodyfikowaną soję. Soja GM jest o około 10–15% tańsza w porównaniu z soją nietransgeniczną, co ma istotne znaczenie ekonomiczne.

Tabela 1. Powierzchnia upraw roślin GM w poszczególnych krajach w 2006 roku

| Pozycja | Kraj | [mln ha] | Genetycznie zmodyfikowane uprawy |
|---------|------------|----------|--|
| 1 | USA | 54,6 | soja, kukurydza, bawełna, rzepak, dynie, papaja, lucerna |
| 2 | Argentyna | 18,0 | soja, kukurydza, bawełna |
| 3 | Brazylia | 11,5 | soja, kukurydza |
| 4 | Kanada | 6,11 | rzepak, kukurydza, soja |
| 5 | Indie | 3,8 | bawełna |
| 6 | Chiny | 3,5 | bawełna |
| 7 | Paragwaj | 2,0 | soja |
| 8 | RPA | 1,4 | kukurydza, soja, bawełna |
| 9 | Urugwaj | 0,4 | soja, kukurydza |
| 10 | Filipiny | 0,2 | kukurydza |
| 11 | Australia | 0,2 | bawełna |
| 12 | Rumunia | 0,1 | soja |
| 13 | Meksyk | 0,1 | bawełna, soja |
| 14 | Hiszpania | < 0,1 | kukurydza |
| 15 | Kolumbia | < 0,1 | bawełna |
| 16 | Francja | < 0,1 | kukurydza |
| 17 | Iran | < 0,1 | ryż |
| 18 | Honduras | < 0,1 | kukurydza |
| 19 | Czechy | < 0,1 | kukurydza |
| 20 | Portugalia | < 0,1 | kukurydza |
| 21 | Niemcy | < 0,1 | kukurydza |
| 22 | Słowacja | < 0,1 | kukurydza |

Źródło: C. James; Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006, ISAAA

5. Nadzieje i obawy związane z roślinami genetycznie zmodyfikowanymi

Genetycznie zmodyfikowane rośliny budzą liczne kontrowersje i są przedmiotem międzynarodowej debaty. Zwolennicy GMO podkreślają zalety tych roślin

i wymieniają korzyści wynikające z upraw odmian GM. Technologia GMO oferuje nowe możliwości, które są szansą dla rolnictwa i w skali globalnej nie ma od niej odwrotu, gdyż jest już stosowana w 22 krajach. Pomimo zwiększającego się arealu upraw roślin genetycznie zmodyfikowanych, wiele osób zwraca uwagę na potencjalne obawy związane z ich uprawą. Obawy te dotyczą głównie bezpieczeństwa żywności, środowiska naturalnego, a także aspektów socjoekonomicznych, prawnych i etycznych. Należy pamiętać o tym, że każdy przypadek GMO jest inny i charakteryzuje się odmiennymi właściwościami. Dlatego podczas oceny potencjalnych zagrożeń związanych z GMO każde GMO jest traktowane indywidualnie. Zanim GMO zostanie dopuszczone do użycia, jest bardzo szczegółowo badane pod kątem wszelkich potencjalnych zagrożeń dla zdrowia ludzkiego, środowiska i bioróżnorodności. Szczególnie w Unii Europejskiej obowiązują bardzo surowe zasady oceny biobezpieczeństwa GMO i żywności GM oraz pasz wytwarzanych z GMO. Poniżej omówione zostały najważniejsze korzyści i obawy związane z GMO.

Korzyści ekonomiczne

Uprawa aktualnie dostępnych odmian GM pozwala rolnikom uzyskiwać korzyści finansowe ze względu na ograniczenie liczby zabiegów ochrony roślin i wyższe oraz lepsze jakościowo plony, chociaż materiał siewny odmian transgenicznych jest droższy od odmian konwencjonalnych – cena nasion jest powiększona o tak zwaną „opłatę technologiczną”. Korzyści ekonomiczne z upraw odmian GM odnoszą więc rolnicy oraz firmy sprzedające materiał siewny i herbicydy stosowane w uprawach odmian GM. Potwierdzono, że uprawa kukurydzy MON810 odpornej na omacnicę prosowiankę w Polsce byłaby ekonomicznie uzasadniona dla rolników: osiągnęte plony byłyby wyższe o 1,5–2,2 tony ziarna z ha i byłyby lepszej jakości.

Korzystny wpływ roślin GM na środowisko

Uprawa roślin genetycznie zmodyfikowanych ogranicza zużycie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzkiego środków ochrony roślin. Jednocześnie prowadzi do ograniczenia liczby zabiegów agrotechnicznych, co oznacza zmniejszone zużycie oleju napędowego i mniejszą emisję gazów cieplarnianych.

Potencjalny negatywny wpływ roślin GM na organizmy niedocelowe

Odmiany Bt odporne na szkodniki mogą mieć potencjalny negatywny wpływ na organizmy niedocelowe. Wytwarzana przez nie toksyna Bt jest tak skonstruowana, by działać selektywnie na szkodniki, jednakże na jej działanie mogą być narażone także owady blisko spokrewnione ze szkodnikami. Problemem może być także wpływ odmian Bt na organizmy żywiące się szkodnikami i dalsze ogniwa w łańcuchu

troficznym oraz wpływ na mikroflorę glebową. Aby ocenić to ryzyko, prowadzono wiele badań na całym świecie i dlatego procedury dopuszczenia do obrotu odmian GM są tak bardzo restrykcyjne.

Superchwasty i superpatogeny

Monokultura odmian GM może doprowadzić do wyselekcjonowania np. owadów odpornych na toksynę Bt lub chwastów odpornych na herbicydy nieselektywne (superchwasty). Podobne efekty występują także w rolnictwie tradycyjnym. Znane są liczne przypadki chwastów odpornych na herbicydy czy też szkodników odpornych na pestycydy. Problemy te rozwiązuje się stosując odpowiednie zabiegi agrotechniczne, takie jak rotacja środków ochrony roślin czy też odpowiedni płodozmian, które opóźniają powstanie odporności.

Przenoszenie się transgenów

Wprowadzone do odmian GM transgeny mogą przenosić się przez krzyżowanie na gatunki blisko spokrewnione – mogą to być inne gatunki uprawne lub gatunki naturalnie występujące w przyrodzie. Może to prowadzić do przeniesienia się np. tolerancji na herbicydy z gatunku uprawnego do gatunku występującego w przyrodzie, przez co gatunek ten może stać się tolerancyjnym na stosowany herbicyd. Takie rośliny mogą być łatwo niszczone przez zastosowanie herbicydów zawierających inną substancję aktywną. Większość roślin uprawnych w Polsce pochodzi z innych krajów i nie mają one w przyrodzie naturalnie występujących gatunków spokrewnionych (np. kukurydza i ziemniak). Rzepak jest rośliną mającą w polskiej przyrodzie naturalnie występujące gatunki spokrewnione i istnieje prawdopodobieństwo przekrzyżowania się rzepaku z tymi gatunkami.

Niekontrolowane rozprzestrzenienie GMO

Rośliny GM mogą się rozprzestrzenić w sposób niekontrolowany. Może to nastąpić w czasie zbioru, transportu lub podczas przechowywania, np. na skutek pomyłek rolników. Również zwierzęta mogą przyczynić się do niekontrolowanego rozprzestrzenienia się GMO. Niekontrolowane rozprzestrzenienie się GMO może być zagrożeniem dla upraw konwencjonalnych i ekologicznych. Dlatego szczególnej wagi nabiera w tym kontekście opracowanie zasad współistnienia (koegzystencji) różnych typów rolnictwa.

Alergie pokarmowe

Wprowadzenie do organizmu genu pochodzącego z innego organizmu może w sposób niezamierzony powodować, że białko kodowane przez wprowadzony

transgen będzie wywoływać alergię pokarmową u człowieka. Znany jest przypadek, kiedy gen z orzecha brazylijskiego kodujący białko bogate w metioninę przeniesiono do soi i okazało się, że wytwarzane przez soję nowe białko było alergenne. Po stwierdzeniu tego faktu zaprzestano dalszych prac nad tak zmodyfikowaną soją. Należy przy tym pamiętać, że zarówno orzechy brazylijskie, jak i soja należą do grupy najbardziej znanych alergenów.

Niekontrolowane wprowadzenie produktów GMO do obrotu

Niektóre produkty genetycznie zmodyfikowane zostały dopuszczone do produkcji żywności, a inne tylko do produkcji paszy. Znany jest przykład kukurydzy StarLink uprawianej w Stanach Zjednoczonych, przeznaczonej do produkcji paszy, która na skutek zamieszania znalazła się w produkcji żywności. Mimo że nie ma żadnych dowodów, iż odmiana StarLink jest szkodliwa dla człowieka, to faktem jest, że do takiego zamieszania doszło. Przepisy unijne, a także polskie nakładają obowiązek sprawdzania produktów występujących na rynku i w środowisku pod kątem występowania nieautoryzowanego GMO.

Przenoszenie oporności na antybiotyki

W czasie transformacji stosowane są geny oporności na antybiotyki do selekcji sformowanych komórek. Uzyskane transgeniczne rośliny mogą mieć obok genu warunkującego daną cechę użytkową wprowadzony gen warunkujący oporność na antybiotyki. Spotkało się to z krytyką osób obawiających się przeniesienia tej oporności do mikroorganizmów, które w ten sposób stałyby się odporne na antybiotyki. Prowadzone liczne badania pokazały, że jest to praktycznie niemożliwe.

Zmiany w technologii uprawy i produkcji żywności

Uprawa odmian GM oznacza pewne zmiany w praktyce rolniczej. Przede wszystkim uprawy biotechnologiczne muszą być prowadzone zgodnie z zasadami współistnienia (koegzystencji) różnych typów produkcji: tradycyjnej, ekologicznej i biotechnologicznej. Zgodnie ze stanowiskiem Komisji Europejskiej, żadna z form uprawy roślin nie może być w Unii Europejskiej dyskryminowana. Tak więc muszą być przestrzegane zasady produkcji, które zagwarantują, że nie dojdzie do przemieszania się produktów tradycyjnych z ekologicznymi bądź biotechnologicznymi. Obecnie w Polsce trwają prace nad opracowaniem zasad współistnienia trzech wymienionych typów rolnictwa. Zgodnie z obowiązującym prawem, artykuły spożywcze i pasze zawierające powyżej 0,9% składnika będącego GMO lub uzyskanego z GMO muszą być oznakowane, że zawierają GMO. Oznacza to, że zakłady stosujące różne typy surowców (tradycyjne, GMO, ekologiczne) muszą dbać o to, by surowce te nie mie-

szały się podczas produkcji. Niektórzy obawiają się, że polskie rolnictwo i przemysł spożywczy nie są jeszcze gotowe do wprowadzenia odmian GM do uprawy. Jednakże importowane produkty GMO są już od kilku lat wykorzystywane w Polsce w produkcji pasz i żywności.

Zdominowanie rynku przez duże firmy biotechnologiczne

Cechą materiału siewnego odmian GM jest to, że materiał ten jest droższy od tradycyjnego i trzeba go odnawiać w każdym roku. W rolnictwie praktykuje się międzysąsiedzką wymianę materiału siewnego. Dystrybucja materiału siewnego dostępnych odmian GM jest kontrolowana przez kilka dużych międzynarodowych koncernów biotechnologicznych. Niemniej globalizacja jest zjawiskiem, które dotyczy nie tylko rolnictwa, ale także innych gałęzi gospodarki, takich jak np. informatyka czy przemysł motoryzacyjny.

6. Opinia publiczna o GMO

Z badań opinii publicznej wynika, że przeciętny Polak niewiele wie o biotechnologii, inżynierii genetycznej czy też o organizmach genetycznie zmodyfikowanych. Okazuje się, że duża część osób deklarujących, że wiedzą, czym jest GMO, tak naprawdę nie wie, czym to GMO jest. Wiedzę na temat GMO i biotechnologii Polacy czerpią głównie z telewizji, a w mniejszym stopniu z radia i prasy. Biotechnologia jest zaawansowaną technologią, a wiedza dotycząca biotechnologii jest trudna w przekazie i odbiorze. Obserwowana jest także stale zmniejszająca się akceptacja społeczna produktów GMO. W 1998 roku 2/3 społeczeństwa było gotowe kupić i konsumować żywność zawierającą GMO, w 2000 roku już tylko połowa społeczeństwa, a obecnie 2/3 społeczeństwa deklaruje, że nie chce kupować żywności zawierającej GMO. Według badań OBOP z 2005 roku, 3/4 Polaków popiera jednak prowadzenie badań z wykorzystaniem biotechnologii w produkcji leków i szczepionek, a 69% uważa za pożyteczne stosowanie genetycznie zmodyfikowanych bakterii do oczyszczania środowiska. Wykorzystanie biotechnologii do wytwarzania roślin odpornych na choroby i szkodniki popiera 43% Polaków. Polacy niemal powszechnie dostrzegają potrzebę znakowania żywności GM oraz uregulowań prawnych dotyczących biotechnologii.

Polska Federacja Biotechnologii przeprowadziła w 2004 roku badania wśród rolników na temat stosowania odmian GM w uprawie. Aż 73% rolników ma świadomość możliwości uprawiania odmian GM. Jednakże ponad połowa rolników mylnie sądzi, że odmiany GM występują w uprawie w naszym kraju. Ponad 60% polskich rolników jest zainteresowanych możliwością uprawy roślin genetycznie zmodyfikowanych. Wśród barier dla upraw odmian GM rolnicy wskazują brak zaufania konsumentów do żywności GM oraz nieznany długofalowy wpływ GMO na zdrowie ludzkie i środo-

wisko. Ocena wiedzy społecznej zwraca uwagę na potrzebę rzetelnego edukowania społeczeństwa w sprawach związanych ze współczesną biotechnologią.

7. Akty prawne i stanowiska instytucjonalne regulujące wytwarzanie i stosowanie GMO

W Polsce obowiązują przepisy regulujące kwestie związane z wykorzystaniem GMO. Przepisy te wynikają z ustawodawstwa polskiego, ale także z aktów prawnych Unii Europejskiej i umów międzynarodowych. Poniżej omówione zostały najważniejsze z nich.

Akty prawa międzynarodowego

Najważniejszym aktem prawa międzynarodowego związanym z GMO jest Konwencja o różnorodności biologicznej z Rio de Janeiro wraz z dołączonym do niej Protokołem kartageńskim o bezpieczeństwie biologicznym. Stanowią one podstawę wielu szczegółowych aktów prawnych wydanych przez Unię Europejską i Polskę. Celem konwencji jest zachowanie i ochrona pełnej różnorodności biologicznej, przy przestrzeganiu zasady sprawiedliwego podziału i korzyści. Konwencja odnosi się do wielu kwestii, w tym także do spraw związanych ze współczesną biotechnologią. Zgodnie z postanowieniami konwencji, strony zobowiązują się do rozpoznania i kontrolowania zagrożeń różnorodności biologicznej i zdrowia wynikających z użytkowania i uwalniania GMO. Konwencja ustala zasady współpracy państw w zakresie biotechnologii, dostępu do zasobów genowych oraz nakłada obowiązek ochrony środowiska naturalnego i lokalnych zasobów genowych. Protokół kartageński jest zapisem uzupełniającym konwencję i stanowi zbiór akceptowanych przez społeczność międzynarodową zasad dotyczących bezpiecznego przemieszczania, przekazywania i użytkowania żywych organizmów genetycznie zmodyfikowanych, tak zwanych LMO (LMO, skrót od angielskiego określenia Living Modified Organism). Regulacje zawarte w Protokole kartageńskim dotyczą przewozu przez granicę, tranzytu, transportu, pakowania, przekazywania i wykorzystania żywych organizmów genetycznie zmodyfikowanych LMO, które mogą mieć negatywny wpływ na środowisko i zdrowie ludzkie.

Akty prawa Unii Europejskiej

Unia Europejska reguluje kwestie związane z wytwarzaniem i stosowaniem GMO za pomocą dyrektyw i rozporządzeń, które mają wielowątkowy i szczegółowy charakter. Regulacje te są oparte na stosowaniu zasady przezorności i kładą bardzo silny nacisk na ochronę zdrowia ludzkiego oraz środowiska. Przepisy unijne nakazują szczegółowe badanie wszystkich GMO na każdym etapie uzyskiwania zgody na ich

użycie oraz monitorowanie GMO wprowadzonych do obrotu. Przepisy te, choć są rygorystyczne, nie wykluczają wykorzystywania GMO w gospodarce. Komisja Europejska stoi na stanowisku, że żaden z typów rolnictwa: konwencjonalny, ekologiczny czy też wykorzystujący GMO, nie może być wykluczony z użytkowania w Unii Europejskiej. System powinien zapewniać maksymalną możliwość wyboru konsumentom i producentom rodzaju produktów i produkcji, jaki preferują. Poniżej opisano najważniejsze akty prawa Unii Europejskiej obowiązujące również w Polsce.

Dyrektywa 90/219/EWG i zmieniająca ją Dyrektywa 98/81/WE

Jest to dyrektywa dotycząca ograniczonego stosowania mikroorganizmów genetycznie zmodyfikowanych. Celem tej dyrektywy było stworzenie ram dla regulacji gwarantujących jak największe bezpieczeństwo zamkniętego użycia mikroorganizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMM). Chociaż dyrektywa dotyczy genetycznie zmodyfikowanych mikroorganizmów, to jest stosowana dla genetycznie zmodyfikowanych roślin i zwierząt. Dużo zmian zostało do niej wprowadzonych dyrektywą 98/81. Dyrektywa 90/219 została implementowana do prawa polskiego i na jej podstawie powstała krajowa ustawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych z 2001 roku. Dyrektywa 90/219 nakłada na państwa obowiązek podjęcia wszelkich środków mających na celu uniknięcie szkodliwych skutków stosowania GMO dla środowiska i zdrowia ludzkiego. W związku z tym każdy podmiot zamierzający wykorzystywać GMO jest zobowiązany do określenia ryzyka dla zdrowia ludzkiego i środowiska wynikającego ze stosowania tego GMO. Ocena ryzyka jest złożona. Na jej podstawie GMO zostaje zaszeregowane do jednej z czterech kategorii: 1) nie powoduje ryzyka; 2) powoduje niskie ryzyko; 3) powoduje umiarkowane ryzyko; 4) powoduje wysokie ryzyko. Zaklasyfikowanie GMO do danej kategorii określa poziom zabezpieczeń laboratorium, który powinien być zastosowany dla danego typu GMO. Zamknięte użycie genetycznie zmodyfikowanych roślin jest zazwyczaj zaliczane do kategorii pierwszej (nie powoduje ryzyka) i zgodnie z dyrektywą wystarczy, by użytkownik powiadomił o takim zamkniętym użyciu odpowiednie organy. Polskie prawo jest bardziej restrykcyjne i na zamknięte użycie GMO pierwszej kategorii wymagane jest uzyskanie zgody Ministra Środowiska.

Dyrektywa 2001/18/WE

Dyrektywa 2001/18 określa warunki zamierzonego uwalniania do środowiska naturalnego organizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMO). Celem dyrektywy była harmonizacja regulacji prawnych państw członkowskich dotyczących zamierzonego uwolnienia GMO do środowiska oraz zapewnienia ochrony rozwoju produktów przemysłowych wykorzystujących GMO. Dyrektywa zwraca uwagę na to, że organizmy uwolnione do środowiska wpływają na jego kształt i w związku z tym należy podejmować działania zapobiegawcze, mające na celu ochronę zdrowia ludzkiego

i środowiska. W dyrektywie podkreśla się, że jej celem nie jest zapobieganie uwolnieniu GMO do środowiska, ale stworzenie warunków do tego, by uwolnienia takie spełniały najwyższe standardy bezpieczeństwa. Dyrektywa reguluje kwestie związane z uwolnieniem GMO do środowiska w celach badawczych oraz w celu wprowadzenia ich do obrotu.

Rozporządzenie 1829/2003/WE

Rozporządzenie 1829/2003 obejmuje regulacje związane z dopuszczaniem do obrotu w Unii Europejskiej żywności i pasz GM. Celem rozporządzenia było stworzenie jednolitego dla całej Unii systemu i przejrzystej procedury dopuszczania do obrotu żywności i pasz zawierających GMO. W myśl rozporządzenia, cała procedura wykonywana jest przez Komisję Europejską i jest oparta na ocenie ryzyka, którą przeprowadza Europejski Urząd do spraw Bezpieczeństwa Żywności (EFSA, European Food Safety Authority). Żywność lub pasza zmodyfikowana genetycznie może być dopuszczona na rynek wspólnotowy wyłącznie po przeprowadzeniu naukowej oceny ryzyka dotyczącego ludzi, zwierząt czy środowiska. Ocena ta ma spełniać najwyższe standardy. Specjalnymi procedurami dopuszczenia na rynek przewidzianymi przez to rozporządzenie nie są objęte np. mleko czy mięso pochodzące od zwierząt żywionych paszą zawierającą GMO. Rozporządzenie wprowadza jednolite wymogi znakowania produktów zawierających bądź składających się z GMO oraz takich, które są wyprodukowane z GMO lub zawierają składniki wyprodukowane z GMO. Wyznaczono 0,9% próg zawartości materiału genetycznie zmodyfikowanego dla GMO, które pozytywnie przeszły proces autoryzacji Unii Europejskiej – produkty zawierające powyżej 0,9% składnika będącego GMO lub uzyskanego z GMO muszą być znakowane, ale nie ma obowiązku znakowania np. mleka i mięsa pochodzącego od zwierząt żywionych paszą zawierającą GMO. Rozporządzenie ustanowiło „Wspólnotowy rejestr genetycznie zmodyfikowanej żywności i pasz” dostępny opinii publicznej, gdzie znajdują się informacje o GMO, które pozytywnie przeszły proces autoryzacji.

Rozporządzenie 1830/2003/WE

Rozporządzenie to jest ściśle związane z poprzednio omówionym rozporządzeniem oraz dyrektywą 2001/18 i dotyczy znakowania produktów zawierających GMO. Celem rozporządzenia było stworzenie ram dla systemu śledzenia produktów zawierających bądź składających się z GMO oraz żywności i paszy wytworzonej z GMO po to, by móc monitorować ich wpływ na środowisko i zdrowie ludzkie. W myśl rozporządzenia, każdy GMO wprowadzany na rynek będzie uzyskiwał unikalny identyfikator, który ma być podawany do wiadomości nabywców i umieszczany na produkcie. Rozporządzenie jest ważne dla przedsiębiorców zajmujących się obrotem GMO w ramach prowadzonej działalności gospodarczej.

Rozporządzenie 1946/2003/WE

Rozporządzenie to jest implementacją „Protokołu kartageńskiego o bezpieczeństwie biologicznym” do prawa Unii Europejskiej, który omówiono wcześniej. Celem rozporządzenia jest utworzenie wspólnego systemu zawiadamiania i informowania o transgranicznym przemieszczaniu GMO i zapewnienie spójnego wdrażania zapisów tego protokołu.

Akty prawa polskiego

Podstawę dla polskich uregulowań prawnych związanych z GMO stanowi prawodawstwo europejskie. Polskie uregulowania prawne składają się z ustaw i aktów wykonawczych, czyli stosownych rozporządzeń.

Ustawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych

Ustawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych z dnia 22 czerwca 2001 roku jest podstawowym aktem prawa polskiego regulującym kwestie związane z GMO. Ustawa ta wyznacza polskie standardy biobezpieczeństwa przy operacjach związanych z GMO i komercjalizacji produktów GMO, określa normy prawne dotyczące organów zarządzających GMO oraz harmonizuje prawo polskie z zapisami prawa Unii Europejskiej dotyczącymi GMO i Protokołem kartageńskim o bezpieczeństwie biologicznym. Ustawa o GMO reguluje kwestie związane z:

- 1) zamkniętym użyciem organizmów genetycznie zmodyfikowanych;
- 2) zamierzonym uwolnieniem GMO do środowiska w celach innych niż wprowadzenie do obrotu (najczęściej dla celów badawczych);
- 3) wprowadzeniem do obrotu produktów GMO;
- 4) wywozem za granicę i tranzytem produktów GMO, a także
- 5) określa właściwości organów administracji rządowej w sprawach GMO.

Ustawy o GMO nie stosuje się do spraw żywności, środków farmaceutycznych i genetycznych modyfikacji człowieka. Zgodnie z ustawą, Minister Środowiska jest centralnym organem administracji rządowej właściwym w sprawach dotyczących GMO i realizuje zadania określone w ustawie przy pomocy Zespołu do spraw GMO przy Ministerstwie Środowiska. Minister Środowiska sprawuje nadzór oraz kontrolę nad przestrzeganiem i stosowaniem przepisów ustawy wraz z Państwową Inspekcją Sanitarną, Państwową Inspekcją Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Inspekcją Ochrony Środowiska, Inspekcją Weterynaryjną, Inspekcją Handlową, Państwową Inspekcją Pracy, organami administracji celnej oraz Inspekcją Jakości Artykułów Rolno-Spożywczych według ich właściwości. W myśl ustawy prowadzony jest publiczny rejestr GMO. Na podstawie ustawy wydano odpowiednie akty wykonawcze do ustawy:

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2002 roku w sprawie określenia szczegółowego sposobu przeprowadzania oceny zagrożeń dla zdrowia

ludzi i środowiska, w tym wprowadzenia do obrotu produktów GMO, oraz wymagań, jakie powinna spełniać dokumentacja zawierająca ustalenia takiej oceny.

2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lutego 2002 roku w sprawie szczegółowego sposobu funkcjonowania Komisji do spraw GMO.
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 2002 w sprawie listy organizmów patogennych oraz ich klasyfikacji.
4. Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 roku w sprawie określenia wzorów wniosków dotyczących zgód i zezwoleń na działania w zakresie GMO.
5. Ministra Finansów z dnia 19 kwietnia 2002 roku w sprawie urzędów celnych właściwych dla przewozu i wywozu produktów GMO.

Ustawa o GMO została znowelizowana ustawą z dnia 21 maja 2003 roku o zmianie ustawy o organizmach genetycznie zmodyfikowanych oraz ustawy o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia. Nowelizacja ta wprowadziła uzupełnienia dotyczące laboratoriów referencyjnych, doprecyzowała niektóre definicje oraz zasady funkcjonowania Komisji do spraw GMO.

Projekt nowej ustawy o GMO

Ministerstwo Środowiska przygotowało projekt nowej ustawy o organizmach genetycznie zmodyfikowanych – Prawo o organizmach genetycznie zmodyfikowanych. Projekt ustawy reguluje całokształt spraw dotyczących GMO. Ustawa ta ma zapewnić pełną transpozycję przepisów unijnych oraz wdrożyć Ramowe stanowisko Rządu RP dotyczące GMO z 2006 roku. Projekt ustawy został przyjęty przez Radę Ministrów 13 lutego 2007 roku, jednak wzbudza wiele kontrowersji i polemik. Projekt ten nie spełnia bowiem zasad dobrej techniki legislacyjnej i jest sprzeczny z legislacją Unii Europejskiej. Uważa się, że przepisy zawarte w projekcie ustawy będą blokowały rozwój innowacyjnej nauki i technologii oraz postęp gospodarczy kraju. W projekcie ustawy znajduje się zapis o zakazie upraw GMO w Polsce. Znajduje się tam także zapis o możliwości tworzenia tak zwanych stref wskazanych do prowadzenia upraw roślin GM, jednak projekt ustawy nakłada na rolników, którzy chcieliby taką strefę stworzyć, tak liczne obowiązki, że tworzenie stref do prowadzenia upraw roślin GM będzie praktycznie niewykonalne.

Ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia

Uregulowanie problematyki żywności transgenicznej jest zawarte w ustawie o bezpieczeństwie żywności i żywienia z 25 sierpnia 2006 roku. Ustawa ta odwołuje się do rozporządzeń 1829/2003/WE i 1830/2003/WE Parlamentu Europejskiego i Rady. Wprowadzenie do obrotu na polski rynek żywności genetycznie zmodyfikowanej odbywa się zgodnie z procedurą rozporządzenia 1829/2003/WE i wymaga uzyskania zezwolenia Głównego Inspektora Sanitarnego. Żywność genetycznie zmodyfikowana nie może być szkodliwa dla zdrowia człowieka, zwierząt oraz dla

środowiska. Produkty zawierające genetycznie zmodyfikowane organizmy muszą być odpowiednio znakowane, zgodnie z przepisami unijnego rozporządzenia 1830/2003/WE. Badania żywności pod kątem obecności organizmów genetycznie zmodyfikowanych prowadzone są przez specjalistyczne pracownie znajdujące się w wojewódzkich stacjach sanitarno-epidemiologicznych i Inspektoratach Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych. Przeprowadzone ostatnio kontrole artykułów spożywczych wykazały, że w Polsce żywność zmodyfikowana genetycznie jest rzadko spotykana. Większość artykułów spożywczych nie zawierała elementów GMO, a te nieliczne, u których stwierdzono występowanie GMO, zawierały mniej niż 0,9% GMO, a więc zgodnie z obowiązującym prawem nie musiały być znakowane.

Ustawa o nasiennictwie

Wdrażając Ramowe stanowisko Rządu RP dotyczące GMO, parlament uchwalił nowelizację ustawy o nasiennictwie oraz ustawy o ochronie roślin z dnia 27 kwietnia 2006 roku, w której wprowadzono zapis, że odmian genetycznie zmodyfikowanych nie wpisuje się do krajowego rejestru oraz że materiał siewny odmian genetycznie zmodyfikowanych nie może być dopuszczony do obrotu na terytorium Polski. Komisja Europejska zakwestionowała tę ustawę jako niezgodną z prawem Unii Europejskiej i sprawa została skierowana przed trybunał unijny.

Ustawa o paszach

Ustawa o paszach z dnia 22 lipca 2006 roku wprowadza od sierpnia 2008 roku zakaz wytwarzania, wprowadzania do obrotu i stosowania w żywieniu zwierząt pasz genetycznie zmodyfikowanych oraz organizmów genetycznie zmodyfikowanych przeznaczonych do użytku paszowego. Ta ustawa jest również niezgodna z prawem Unii Europejskiej.

Ramowe stanowisko Rządu RP dotyczące GMO

Obecny Rząd RP w marcu 2006 roku zajął stanowisko dotyczące GMO. Rząd Polski popiera prowadzenie prac zamkniętego użycia GMO zgodnie z warunkami określonymi w przepisach prawa oraz opowiada się przeciwko prowadzeniu zamierzonego uwolnienia GMO do środowiska w celach doświadczalnych na terytorium Polski, wprowadzaniu do obrotu produktów GM dopuszczonych do obrotu w Unii Europejskiej na podstawie Dyrektywy 2001/18, wprowadzaniu do obrotu pasz GM, wprowadzaniu do uprawy genetycznie zmodyfikowanej kukurydzy, ziemniaków, buraka cukrowego rzepaku i soi. Rząd Polski dopuszcza jedynie możliwość importu żywności GM spoza Unii Europejskiej oraz sprowadzania jej z krajów członkowskich UE pod warunkiem wyraźnego jej znakowania i bez dalszej możliwości jej przetwarzania w Polsce.

Komisja Europejska a GMO

Komisja Europejska zezwala na uprawę oraz stosowanie w produkcji żywności i pasz tych GMO, które przeszły procedurę dopuszczenia do obrotu zgodnie z prawem unijnym, zapewniając możliwość wyboru i pełne bezpieczeństwo produktów. Obecnie w Europejskim Rejestrze Odmian znajduje się ponad 50 odmian kukurydzy MON810 odpornych na omacnicę prosowiankę, które mogą być uprawiane w krajach unijnych. Ponadto, wiele innych GMO może być wykorzystywanych w produkcji żywności i pasz. Komisja Europejska stoi na stanowisku, że państwa członkowskie nie mogą zakazywać, ograniczać lub utrudniać wprowadzania do obrotu GMO, jeżeli zostały one dopuszczone do obrotu na szczeblu unijnym. Odstępstwa od tej zasady są możliwe jedynie wtedy, gdy kraj członkowski przedstawi wyniki badań wskazujące, że GMO może stwarzać ryzyko dla zdrowia ludzkiego lub środowiska naturalnego. Tylko wtedy takie państwo może ubiegać się o zgodę na tymczasowe ograniczenie lub zakazanie stosowania produktów GMO. Komisja Europejska wyróżnia trzy podstawowe systemy produkcji rolnej: tradycyjny (konwencjonalny), ekologiczny oraz uprawy genetycznie zmodyfikowane i stoi na stanowisku, że producenci i konsumenci powinni mieć możliwość realnego wyboru rodzaju produkcji i rodzajów produktów rolnych, jakie preferują. Rolnicy pragnący dalej stosować swoje obecne praktyki powinni być do tego zdolni bez konieczności zmiany swych praktyk, podczas gdy rolnicy chcący prowadzić uprawy genetycznie zmodyfikowane również powinni mieć taką możliwość. Wymienione typy produkcji powinny być prowadzone na zasadach współistnienia (koegzystencji) w warunkach pełnego bezpieczeństwa.

Współistnienie upraw i prawo wyboru

Komisja Europejska ogłosiła w lipcu 2003 roku wytyczne dotyczące opracowania zasad koegzystencji (Zalecenia Komisji 2003/556). Warunki przyrodnicze i ekonomiczne są bardzo różne w krajach członkowskich i w związku z tym na krajach członkowskich spoczywa obowiązek wprowadzenia odpowiednich przepisów regulujących kwestie koegzystencji. Każde z państw członkowskich powinno opracować własne zasady koegzystencji, które będą skutecznie funkcjonować w danym kraju lub regionie. Zasady te powinny zapewnić rolnikom praktyczną możliwość wyboru pomiędzy uprawami: tradycyjnymi, ekologicznymi oraz uprawami genetycznie zmodyfikowanymi. Dotyczy to tylko odmian GM, które zostały uznane za bezpieczne i dopuszczone do uprawy. Współistnienie upraw w rolnictwie i nasiennictwie jest praktykowane od dawna i polega na stosowaniu praktyk rolniczych w taki sposób, aby zachować istotne jakościowo parametry zbieranych plonów. Na przykład uprawia się różne odmiany rzepaku ozimego – rzepak wysokoerukowy przeznaczony do produkcji tłuszczów przemysłowych oraz rzepak dwuzerowy przeznaczony do produkcji tłuszczu konsumpcyjnego. Bezkolizyjne współistnienie upraw jest możliwe

przy stosowaniu odpowiednich praktyk rolniczych, takich jak izolacja przestrzenna pomiędzy uprawami, odpowiednie dobranie terminów siewu, kwitnienia i zbiorów, współpraca międzysąsiedzka, odpowiednie dokumentowanie upraw, znakowanie i monitorowanie produktów. Praktyki te mają zapewnić, żeby produkty pochodzące z uprawy genetycznie zmodyfikowanej nie wymieszały się z ziarnem konwencjonalnym bądź ekologicznym. Przyczyną problemów najczęściej są zamieszania materiału siewnego, przepylenie się roślin, samosiewy, sposób zbioru i magazynowania. Obecnie w Polsce nie ma obowiązujących zasad koegzystencji. Trwają prace nad opracowaniem tych zasad i zasady te będą zawarte w nowej ustawie o GMO, którą opracowuje Ministerstwo Środowiska.

8. Podsumowanie

Współczesna biotechnologia oferuje olbrzymie możliwości oraz produkty, których w inny sposób wytworzyć się nie da. Biotechnologia jest stosowana w skali globalnej w przemyśle, medycynie, rolnictwie i ochronie środowiska i nie ma od niej odwrotu. Rolnictwo i przemysł spożywczy mogą osiągnąć liczne korzyści ze stosowania współczesnej biotechnologii, jednakże należy respektować obawy społeczne. Z uprawą roślin GM wiążą się skutki ekonomiczne – zarówno korzyści, jak i dodatkowe koszty. Do głównych zysków ekonomicznych należy uproszczenie agrotechniki i zwiększenie plonów. Dodatkowe koszty związane z uprawą roślin GM to wyższa cena nasion powiększona o koszty opłaty licencyjnej, koszty koegzystencji, konieczność monitorowania produktów GM na rynku oraz ryzyko monopolizacji rynku. Rezygnacja z roślin GM rodzi również konsekwencje ekonomiczne, takie jak rezygnacja z roli wytwórcy i przejście do roli konsumenta, ograniczenie metod produkcji rolnej, przenoszenie się firm biotechnologicznych do innych krajów. Szacuje się, że rezygnacja ze stosowania importowanej soi GM w polskim przemyśle paszowym spowoduje wzrost cen pasz, a to wpłynie na ceny żywności. Uprawy GMO mogą mieć potencjalnie negatywny wpływ na środowisko i zdrowie ludzi. Dlatego też wszystkie GMO dopuszczane na rynek Unii Europejskiej są szczegółowo badane pod kątem występowania potencjalnych zagrożeń i do obrotu dopuszczane są tylko te, które nie stanowią zagrożenia dla zdrowia ludzkiego i środowiska. Uprawy GMO mają także korzystny wpływ na środowisko naturalne i zdrowie człowieka. Pozwalają na ograniczenie stosowania pestycydów, zmniejszenie energochłonności rolnictwa i zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. GMO mogą być wykorzystane w przyszłości jako odnawialne źródło energii (biopaliwa) oraz do produkcji biodegradowalnych polimerów (bioplastiki).

Na wiele pytań dotyczących wykorzystania biotechnologii w rolnictwie nie ma dzisiaj jednoznacznej odpowiedzi. Zasadne jest dokonanie kalkulacji potencjalnych

zysków i strat wynikających z danej innowacyjności. To od nas zależy, czy wykorzystamy możliwości tej technologii czy też zrezygnujemy z jej stosowania.

Literatura

- Bednarski W., Reps A., red. 2003. *Biotechnologia żywności*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Bielecki S., red. 2006. *Perspektywy i kierunki rozwoju biotechnologii w Polsce do 2013 roku*. *Biotechnologia (kwartalnik)*, Monografie nr 3.
- James C., 2006. *Global status of commercialized Biotech/GM Crops*. ISAAA Brief No. 35. ISAAA Ithaca, NY.
- Kazmierczak A., 2006. *Przyszłość GMO w Polsce. Stosować czy nie?* *Agro Trendy* nr 20 (48): 9–12.
- Łagowska B., red. 2006. *Bezpieczeństwo biologiczne w Polsce*. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok.
- Małepczy S., red. 2001. *Biotechnologia roślin*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Małepczy S., 2006. *Uwagi o wprowadzaniu do rolnictwa w Polsce odmian roślin genetycznie zmodyfikowanych*. *Postępy Nauk Rolniczych*, nr 6/2006: 3–15.
- Organizmy genetycznie zmodyfikowane. 2007. *Materiały szkoleniowe przygotowane w ramach projektu „Wzmocnienie systemu informacji o środowisku, w szczególności z zakresu bezpieczeństwa biologicznego – usługa szkoleniowa w ramach Transition Facility 2004/016-829.03.01”*. Wydawca: Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski, Poznań 2007.
- Polskie rolnictwo wobec GMO*. 2006. *Agro Trendy*, opracowania, Warszawa.
- Twardowski T., Zimny J., Twardowska A., 2003. *Biobezpieczeństwo biotechnologii*. Wydawnictwo Edytor, Poznań, 2003.

Strony internetowe:

- 1) Polska Federacja Biotechnologii; <http://www.pfb.p.lodz.pl/>
- 2) Polskie rejestry GMO prowadzone przez Ministerstwo Środowiska; <http://gmo.mos.gov.pl/>
- 3) Rejestr produktów żywnościowych i pasz zawierających GMO i dopuszczonych do obrotu w Unii Europejskiej (strona w języku angielskim) http://europa.eu.int/comm/food/dyna/gm_register/index_en.cfm