

Jolanta Kozłowska-Strawska*, Aleksandra Badora*

**ORGANIZMY GENETYCZNIE MODYFIKOWANE – WYKORZYSTANIE
WE WSPÓŁCZESNYM ROLNICTWIE**

**GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS – USE THEM IN THE MODERN
AGRICULTURE**

Słowa kluczowe: organizmy genetycznie modyfikowane, genetyczne modyfikacje, zastosowanie GMO, zielona biotechnologia, współczesne rolnictwo.

Key words: genetically modified organisms, genetic modifications, the use of GMOs, green biotechnology, modern agriculture.

In these times of crop production, both in Europe and the world is focused on improving the characteristics of commercial plants using genetic methods. Genetic modification of already have a fairly long tradition dating back to the beginning of last century. Until recently, this can be achieved classical methods of selection of varieties with the use of their natural or in addition to increased volatility interspecies caused by natural or induced mutation. Currently, the development of green biotechnology, otherwise called agrobiotechnology allows the isolation and multiplication, in principle, any gene from any organism. The aim is to increase resistance to disease, damage during harvest, and other adverse environmental conditions. Searches are also methods for improving plant characteristics, designed to improve the intensity of photosynthesis and control of water and nutrients, affecting the yield. Transgenic plants, found their use in agriculture, pharmacy and food industry. They also play an important role in the prevention of food deficits in the world. Growing these plants is also economically viable. May in fact be reduced expenditures in the production plant, due to the increased intensity of cropping and reduction of the amount of costly treatments agrochemicals. On the other hand it should be noted that there are also voices suggesting that varieties of genetically modified plants may be genetically unstable. They can also help

* *Dr Jolanta Kozłowska-Strawska, prof. dr hab. Aleksandra Badora – Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; tel.: 81 445 60 18; 445 65 77; e-mail: jolanta.kozlowska@up.lublin.pl, aleksandra.badora@up.lublin.pl*

to reduce the vulnerability of weeds growing in the immediate vicinity of the chemical plant protection products

1. WPROWADZENIE

Zielona biotechnologia, zwana inaczej agrobiotechnologią, wykorzystuje techniki, które opierają się na biotechnologii molekularnej. Najpowszechniejszą formą ich zastosowania jest uprawa odmian genetycznie modyfikowanych [Anioł i in. 2008].

Wyróżniamy trzy rodzaje genetycznych modyfikacji:

- 1) zmiana aktywności genów występujących w danym organizmie;
- 2) wprowadzenie do organizmu dodatkowego, jego własnego genu, w celu zwielokrotnienia pożądanej cechy;
- 3) wprowadzenie genu pochodzącego z organizmu innego gatunku (organizmy transgeniczne) [Wolski 2005].

W metodach inżynierii genetycznej są stosowane sposoby bezpośredniego wprowadzania otrzymanego DNA za pomocą elektroporacji, wstrzeliwania mikrokulek z wolframu lub złota pokrytych DNA „strzelbą genetyczną”, mikroiniekcji lub metodami chemicznymi i innymi. Stosowana jest również metoda pośrednia, wykorzystująca nośnik plazmidu otrzymanego z bakterii *Rhizobium* [Roszkowski 2007].

Genetyczne modyfikacje roślin mają przede wszystkim na celu doskonalenie ich cech użytkowych, przez zwiększenie plonowania, wzrost odporności na niekorzystne warunki środowiskowe, odporność na choroby i szkodniki, poprawę wartości odżywczej uzyskiwanych surowców roślinnych, przyspieszenie normalnej hodowli, opracowanie nowych korzystnych ekonomicznie metod diagnozowania chorób oraz ulepszenie właściwości roślin, zgodnie z potrzebami konsumentów i producentów [Twardowski 2007].

Wprawdzie transgeniczne odmiany roślin należą do najskrupulatniej badanych odmian w całej historii hodowli roślin, niemniej jednak pojawiają się obawy co do ich wpływu na agroekosystemy oraz zdrowie konsumentów. Przede wszystkim podkreśla się, że są to gatunki niestabilne genetycznie, mogące przyczynić się do uodpornienia chwastów rosnących w ich bezpośrednim sąsiedztwie na chemiczne środki ochrony roślin [Kosicka-Gębska i Gębski 2009, Roszkowski 2007]. Dlatego celem niniejszej pracy jest próba przedstawienia, na podstawie danych z literatury, różnych informacji na temat wykorzystania organizmów genetycznie modyfikowanych we współczesnym rolnictwie z ujęciem aspektów przemawiających za i przeciw tego typu uprawom.

2. ORGANIZMY GENETYCZNIE MODYFIKOWANE I BIOTECHNOLOGIA

W ciągu setek lat człowiek starał się dostosowywać organizmy, które użytkował do własnych potrzeb tak, aby jak najlepiej spełniały swoją rolę. Dokonywano wyboru, a następnie

krzyżowano ze sobą różne organizmy, których cechy uważano za korzystne. Niekiedy procesy te zachodziły samoistnie i powstawały nowe organizmy o zmienionym materiale genetycznym [Anioł i in. 2008].

Dużą rolę odegrały tu badania Johanna Mendela, który w połowie XIX wieku odkrył mechanizm przekazywania informacji genetycznej. Późniejsze lata przyniosły również wiele cennych informacji dotyczących budowy DNA, który jest nośnikiem informacji genetycznej. Rozszyfrowano kod genetyczny oraz opracowano metody posługiwania się genami. Dzięki tym odkryciom, już pod koniec XX wieku możliwe było „tworzenie” organizmów z pożądanymi cechami, a uzyskane w ten sposób organizmy nazwano transgenicznymi lub genetycznie modyfikowanymi (GMO) [Anioł i in. 2008].

Organizmy genetycznie modyfikowane są to zatem jednostki biologiczne zdolne do przenoszenia materiału genetycznego oraz do replikacji. Zmiana w obrębie ich materiału genetycznego nastąpiła w sposób, który naturalnie w środowisku nie zachodzi [Bieniecki 2007].

Genetyczne modyfikacje organizmów stały się możliwe dzięki rozwojowi biotechnologii. Obecnie jest to jedna z najlepiej rozwijających się dziedzin nauki, której efekty są wykorzystywane w wielu sektorach gospodarki, zwłaszcza w rolnictwie oraz produkcji żywności [Anioł i in. 2008; Bieniecki 2007; Kosicka-Gębska i Gębski 2009].

Współczesna biotechnologia czerpie informacje z osiągnięć inżynierii genetycznej. Inżynieria genetyczna, czyli technika GM, polega na przeniesieniu części DNA (genów lub plazmidów, będących nośnikami informacji genetycznej), której nie ma w warunkach naturalnych, a która jest wytworzona poza biorcą, do jego organizmu tak, aby mogła się samopowielać [Roszkowski 2007].

3. TECHNIKI GENETYCZNYCH MODYFIKACJI

Wprowadzenie odcinka DNA może się odbywać różnymi sposobami, takimi jak:

- 1) technika rekombinacji DNA z użyciem wektorów, w tym tworzenie materiału genetycznego przez włączanie do wirusa, plazmidu lub każdego innego wektora, cząstek DNA wytworzonych poza organizmem i włączanie ich do organizmu biorcy, w którym w warunkach naturalnych nie występują, ale w którym są zdolne do ciągłego powielania;
- 2) technika stosująca bezpośrednie włączanie materiału dziedzicznego, przygotowanego poza organizmem, zwłaszcza mikroiniekcja oraz mikroiniekcja i mikrokapsułkowanie;
- 3) wykorzystanie metod niewystępujących w przyrodzie w celu połączenia materiału genetycznego co najmniej dwóch różnych komórek, gdzie w wyniku zastosowanej procedury powstaje nowa komórka, zdolna do przekazywania swego materiału genetycznego, odmiennego od materiału wyjściowego, komórkom potomnym.

Wybrany gen może być również dostarczony za pośrednictwem *Agrobacterium* – mikroorganizmu infekującego rośliny albo przez związanie go do mikroskopijnych kuleczek złota lub wolframu i ostrzeliwanie nimi tkanek roślinnych [Wolski 2005].

4. TYPY GENETYCZNYCH MODYFIKACJI

Celem wprowadzenia do organizmu roślinnego nowego lub zmienionego genu jest uzyskanie odpowiednich, poszukiwanych cech, w związku z tym wyróżniamy wymienione niżej typy genetycznych modyfikacji (tab. 1).

Odporność na herbicydy. Jest to jedna z najbardziej powszechnych modyfikacji. Dzięki wprowadzeniu do rośliny cech odporności na działanie herbicydu umożliwia kontrolę chwastów na polu uprawnym. Zmodyfikowane rośliny mają geny odpowiedzialne za produkcję enzymów, które rozkładają herbicydy, dzięki czemu zyskują odporność na nie. Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin na takich plantacjach ma wiele zalet:

- 1) zmniejsza liczbę zabiegów,
- 2) umożliwia wykonywanie zabiegów w różnych terminach,
- 3) zmniejsza zużycie substancji aktywnej na jednostkę powierzchni,
- 4) zmniejsza koszty produkcji, ze względu na zmniejszone dawki herbicydów oraz oszczędność paliwa i siły roboczej.

Przykładem modyfikacji dającej odporność na herbicydy jest modyfikacja typu Roundup. Może ona być uzyskana albo przez wprowadzenie do rośliny genu kodującego syntezę EPSPS niewrażliwą na herbicyd, albo przez wprowadzenie genu odpowiedzialnego za powstanie enzymu GOX (oksydoreduktazy glifosatu), który rozkłada RoundUp (glifosat).

Odporność na owady (szkodniki). Naturalnym biopestycydem, który był stosowany od lat trzydziestych ubiegłego wieku są bakterie *Bacillus thuringiensis*, występujące w glebie. Bakterie te produkują szkodliwe dla określonych owadów toksyny (białka Cry), które są wykorzystywane do zwalczania szkodliwych agrofagów. Umożliwia to rezygnację z niektórych zabiegów chemicznych. Postęp w dziedzinie biotechnologii umożliwia obecnie przenoszenie genu Cry z bakterii do roślin, dzięki czemu stają się one toksyczne dla wybranych szkodników, a pozostają obojętne dla ludzi, zwierząt i innych owadów.

Odporność na choroby. Choroby roślin mogą być wywołane przez grzyby, wirusy i bakterie. Stanowią one duże zagrożenie nie tylko dla plonów roślin uprawnych, ale również dla zdrowia człowieka. Grzyby z rodzaju *Fusarium*, porażające zboża, produkują szkodliwe mykotoksyny, które są przyczyną wielu chorób. Substancje te są uznawane także za związki rakotwórcze, ponieważ hamują syntezę DNA oraz powodują zmiany w metabolizmie RNA. Genetycznie modyfikowane rośliny, odporne na choroby grzybowe, zostały zmienione przez wprowadzenie genów kodujących enzymy (glukonazy, chitynazy) rozkładające ścianę komórkową szkodliwych patogenów. W podobny sposób uzyskano również odporność roślin na bakterie. Odporność na wirusy jest natomiast uzyskiwana przez wprowadzenie do rośliny genów pochodzących z wirusów, na przykład genów białek płaszczka wirusa. Białka te indukują w roślinach ich odporność, a jednocześnie nie wywołują chorób.

Tabela 1. Przykłady modyfikacji genetycznych stosowanych u roślin oraz w produkcji żywności GMO [Duliński 2007]**Table 1.** Examples of genetic modification of plants and the use of GMOs in food production [Duliński 2007]

Opis modyfikacji	Korzyści dla rolnika lub konsumenta	Przykłady roślin uprawnych i produktów żywnościowych
Wprowadzenie genu podwyższającego próg tolerancji na środki chwastobójcze	zwiększona odporność na herbicydy	soja Roundup Ready
Wprowadzenie genu Cry kodującego bakteryjną endotoksynę	ochrona przed szkodnikami	ziemniaki New Life kukurydza Bt 176, Bt 11
Wprowadzenie genów kodujących enzymy odpowiedzialne za wczesne etapy biosyntezy β -karotenu	wzrost zawartości prowitaminy A	„złoty ryż”
Ograniczenie biosyntezy enzymu odpowiedzialnego za mięknięcie owoców	wydłużenie okresu przechowywania i przydatności do spożycia	pomidory Flavr Savr

Poprawa cech jakościowych oraz użytkowych roślin. Dzięki genetycznym modyfikacjom istnieje obecnie możliwość zmian cech jakościowych roślin uprawnych. Jest to możliwe dzięki wprowadzeniu do rośliny nowych genów, ale także przez modyfikowanie genów znajdujących się w danej roślinie. Przykładem takiej modyfikacji może być zablokowanie naturalnie występującego w kawie genu odpowiedzialnego za syntezę kofeiny, zmiana składu kwasów tłuszczowych występujących w soi, czy też zwiększenie zawartości kwasu oleinowego w rzepaku. Modyfikacjom genetycznym tego typu podlegają również rośliny ozdobne [Wolski 2005].

5. AREAŁ UPRAWY ROŚLIN GENETYCZNIE MODYFIKOWANYCH

Towarową uprawę roślin genetycznie modyfikowanych rozpoczęto w Chinach w 1992 r. Obecnie pod uprawę tych roślin jest przeznaczony obszar dwukrotnie większy niż powierzchnia Wielkiej Brytanii. Według danych Światowej Organizacji Zdrowia uprawy roślin transgenicznych w 2007 r. zajmowały 67 mln ha (soja – 41%, rzepak – 19%, bawełna – 18%, kukurydza – 14%). W stosunku do roku 2001, obszar ten zwiększył się o 24 mln ha, w tym powierzchnia uprawy soi wzrosła o 5%, rzepaku – 8%, bawełny – 2%, zaś kukurydzy – 7% [Józefczuk i in. 2007].

W roku 2006 ogólna powierzchnia upraw roślin GM wynosiła 102 mln ha, natomiast liczba rolników uprawiających odmiany genetycznie modyfikowane – 10,3 mln (90% stanowili drobni rolnicy w krajach rozwijających się). W latach 1996–2004, czyli w ciągu 10 lat, łączny areał tego typu upraw wzrósł o 13%, czyli o 12 mln ha [Clive 2007].

Pierwsze komercyjne plantacje roślin transgenicznych pojawiły się w 1996 r. w USA i zajmowały obszar 1,7 mln ha. W roku 2007 areał tych upraw na świecie wzrósł do 114 mln

ha. Obecnie rośliny transgeniczne są uprawiane w 22 krajach. Głównym producentem tych roślin w Unii Europejskiej jest Hiszpania (68% areалу). Wśród innych krajów na czołowe miejsce wysuwają się: Francja, Czechy, Niemcy, Rumunia, Portugalia oraz Słowacja [Lubiatowska-Krysiak i Twardowski 2008].

Największą produkcją roślin transgenicznych odznaczają się Stany Zjednoczone, Chiny, Brazylia, Indie, Argentyna oraz Kanada [Clive 2007, Maciejczak 2008].

Największy obszar wśród upraw roślin genetycznie modyfikowanych zajmują rośliny z wprowadzoną cechą tolerancji na herbicydy (63,7 mln ha w 2005 r.). W mniejszym stopniu uprawia się rośliny z wprowadzoną odpornością na owady. Rośliny u których wprowadzono obydwie te cechy stanowiły w 2005 r. 12,5% areálu upraw genetycznie zmodyfikowanych [Anioł i in. 2008].

Wzrost liczby ludności świata oraz przeciętnych dochodów sprawia, że zapotrzebowanie na żywność zwiększy się w ciągu najbliższych 25 lat o około 50%. W związku z tym przewiduje się, że zwiększy się również wykorzystanie genetycznie modyfikowanych organizmów. Postęp w biotechnologii związany z żywnością pochodzącą z genetycznie modyfikowanych organizmów ma umożliwić uzyskanie większej ilości żywności z mniejszego areálu upraw, przy mniejszym zużyciu wody i zmniejszeniu zagrożeń dla środowiska [Clive 2007; Józefczuk i in. 2007].

6. ROŚLINY GENETYCZNIE MODYFIKOWANE WPROWADZONE DO OBROTU

Pierwszymi roślinami modyfikowanymi, jakie zostały wprowadzone do obrotu, były rośliny z wszczepionym owadobójczym genem kodującym, pozyskanym z bakterii *Bacillus thuringiensis* (Bt). Do obrotu w latach 1995–1996 dopuszczono następujące rośliny z genem Bt: kukurydza, bawełna i ziemniak. Według danych z 1999 r., światowa uprawa tego typu kukurydzy stanowiła 24%, bawełny natomiast 5% [Dobrowolska 2002].

Genetyczne modyfikacje dotyczą również innych gatunków roślin uprawnych. Znane już są truskawki genetycznie modyfikowane w celu zwiększenia ich odporności na mróz, wzrostu słodkości owoców oraz opóźnienia dojrzewania. Transgeniczne jabłka są z kolei bardziej odporne na porażające je insekty, banany cechują się wolniejszym procesem dojrzewania i odpornością na mikroorganizmy, a efektem pracy inżynierów molekularnych są popularne bezpestkowe odmiany winogron. Zwiększona kruchość selera, zwolnienie tempa dojrzewania brokułów oraz podwyższona zawartość cukrów w cykorii mogą również służyć za przykłady cech roślin, które zostały zmienione technikami genetycznych modyfikacji. Cechę odporności na wirusy i grzyby uzyskano u transgenicznych dyni, natomiast w soi zmniejszono zawartość kwasu palmitynowego oraz uzyskano tolerancję na herbicydy. Liczne badania nad pomidorami doprowadziły natomiast do uzyskania transgenicznych odmian o zwiększonej zawartości suchej masy, lepszym smaku, silniejszej barwie i wydłużonym okresie dojrzewania. Pozyskane w ten sposób pomidory cechują się również cieńszą

skórką oraz większą odpornością na infekcje wirusowe oraz inne zakażenia. Olej z transgenicznego rzepaku charakteryzuje się zmniejszoną zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz większą zawartością kwasu laurylowego. Genetyczne modyfikacje ziemniaka dają mu z kolei odporność na szkodniki (stonka ziemniaczana) i wirusy oraz na podenerżeniowe ciemnienie, zmniejszają zawartość glikoalkaloidów oraz cukrów redukujących, zwiększają zawartość skrobi w bulwach oraz zmieniają wiele innych cech. Zmodyfikowana genetycznie pszenica zawiera większą ilość glutenu oraz jest odporna na herbicydy. W nasionach zmodyfikowanego słonecznika została z kolei zmniejszona zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych. Kawa jest modyfikowana w celu uzyskania lepszego aromatu oraz zmniejszenia ilości kofeiny [Pietrzyk i Błoniarczyk 2007].

Listę roślin transgenicznych, które mogą znaleźć się na terenie Unii Europejskiej reguluje dyrektywa 2001/18/EC (tab. 2) [Płaza 2004].

Tabela 2. Lista gatunków zmodyfikowanych genetycznie, przyjętych do obrotu przez Unię Europejską [Płaza 2004]

Table 2. List of genetically modified species, admitted to trading by the European Union [Płaza 2004]

Produkt	Firma	Wykorzystanie
Nasiona rzepaku odporne na herbicyd GT 73: - przyjęte przez Holandię (C/NL/98/11) zgodnie z dyrektywą 90/220/EC - przyjęte przez Komisję Europejską zgodnie z dyrektywą 2001/18/EC:16/1/03.	Monsanto	import, w produkcji pasz i przemysłowym przetwarzaniu, nie do uprawy
Kukurydza odporna na herbicyd „Roundup” NK 603: - przyjęta przez Hiszpanię (C/ES/00/01) - przyjęta przez Komisję Europejską zgodnie z dyrektywą 2001/18:17/01/03.	Monsanto	import, przemysłowe przetwarzanie
Burak cukrowy odporny na herbicyd „Roundup”: - przyjęty przez Belgię (C/BE/99/01) - przyjęty przez Komisję Europejską zgodnie z dyrektywą 2001/18/EC:5/02/03.	Monsanto Syngenta	uprawa, procesy technologiczne cukru i pokrewnych produktów
Nasiona rzepaku (FAL CON GS 40/90/pH oe 6/Ac): - przyjęte przez Komisję Europejską zgodnie z dyrektywą 2001/1/18/EC:7/02/03.	Bayer Crops Science	import, uprawa
Kukurydza MON 863 x MON 810 z Niemiec C/DE/02/9(6788-01-09): - przyjęta przez Komisję Europejską zgodnie z dyrektywą 2001/18/EC:7/02/03.	Monsanto	import ziarna i jego produktów

7. GŁOSY ZA I PRZECIW UPRAWIE ROŚLIN TRANSGENICZNYCH

Wprowadzenie roślin transgenicznych do upraw budzi wiele kontrowersji. Obawy dotyczą przede wszystkim:

- 1) bezpieczeństwa zdrowotnego żywności GMO;
- 2) zagrożenia bezpieczeństwa upraw naturalnych i nisz ekologicznych;
- 3) procesu hybrydyzacji, eliminującego naturalne odmiany roślin oraz naruszającego prawa rolników;
- 4) powstawania nowych odmian chwastów, tolerujących dany herbicyd;
- 5) wyniszczania pożytecznych owadów z nisz ekologicznych;
- 6) wymogów stosowania stref ochronnych, których zasięgu nie można dokładnie oszacować [Makarewicz-Wujec i Kozłowska-Wojciechowska 2000].

Z drugiej strony zwolennicy inżynierii genetycznej opowiadają się za stosowaniem jej w odniesieniu do roślin konsumpcyjnych, w medycynie, diagnostyce, technologiach środowiskowych oraz do produkcji chemikaliów organicznych. Jako korzyści podają:

- 1) możliwość przyspieszenia konwencjonalnej hodowli;
- 2) szybsze i efektywniejsze tworzenie odmian, które są odporne na szkodniki i choroby, a w konsekwencji zmniejszają zużycie chemicznych środków ochrony roślin;
- 3) poprawę właściwości roślin, zgodnie z potrzebami konsumentów [Twardowski 2007].

8. PODSUMOWANIE

Pomimo podkreślanych w wielu opracowaniach korzyści jakie niesie uprawa roślin genetycznie modyfikowanych, opinia społeczna skupia się również na negatywnych skutkach tych przedsięwzięć. Duże obawy budzą zwłaszcza możliwe skutki zdrowotne spożywania tego typu żywności. Konsumenci chcą wiedzieć, czy spożywana przez nich żywność jest bezpieczna i czy nie zachwieje równowagi pokarmowej. Dlatego istotną kwestią jest współistnienie produktów GMO i produktów naturalnych. Obie te, krańcowo różne, dziedziny rolnictwa odgrywają znaczącą rolę na rynkach światowych. Niemniej jednak, aby mogły one koegzystować, muszą być spełnione różne aspekty prawne, ekonomiczne, społeczne i inne [Maciejczak 2006; Sieradzki i Kwiatek 2006].

PIŚMIENNICTWO

- ANIOŁ A., BIELECKI S., TWARDOWSKI T. 2008. Genetycznie zmodyfikowane organizmy – szanse i zagrożenia dla Polski. *Nauka* 1: 63–84.
- BIENIEK J. 2007. Organizmy zmodyfikowane genetycznie (GMO). Zasoby przyrodnicze szansą zrównoważonego rozwoju. W: Materiały szkoleniowe dla pracowników administracji samorządowej z województw: dolnośląskiego, opolskiego, śląskiego,

- świętokrzyskiego, małopolskiego, podkarpackiego. Ministerstwo Środowiska, Kraków: 79–95.
- CLIVE J. 2007. Światowa produkcja GM w roku 2006. *Kosmos – problemy nauk biologicznych* 56(3–4): 247–253.
- DOBROWOSKA A. 2002. Odmiany roślin transgenicznych Bt a pestycydy – aspekty środowiskowe i zdrowotne. *Kosmos – problemy nauk biologicznych* 51(1): 99–104.
- DULIŃSKI R. 2007. Metody identyfikacji genetycznie zmodyfikowanych organizmów w żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4(53): 5–16.
- JÓZEFCZUK J., STRUK-JÓZEFCZUK E., MAGDA K., RADZIKOWSKI A. 2007. Żywność modyfikowana genetycznie – obawy i nadzieje. *Pediatrica Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka* 9(1): 63–64.
- KOSICKA-GĘBSKA M., GĘBSKI J. 2009. Problemy rolnictwa światowego. *Zesz. Nauk. SGGW w Warszawie* 9: 65–74.
- LUBIATOWSKA-KRYSIK E., TWARDOWSKI T. 2008. Stosunek producentów rolnych do roślin GM. *Biotechnologia* 2(81): 131–141.
- MACIEJCZAK M. 2006. Ekonomiczne i rynkowe aspekty współistnienia produktów modyfikowanych genetycznie i niezmienionych w łańcuchu dystrybucji żywności i pasz. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* 3: 16–28.
- MACIEJCZAK M. 2008. Koszty współistnienia produktów modyfikowanych genetycznie i niezmienionych w łańcuchu dystrybucji pasz treściwych zawierających soję. *Rocz. Nauk. Rol.* 94(2): 1–9.
- MAKAREWICZ-WUJEC M., KOZŁOWSKA-WOJCIECHOWSKA M. 2000. Soja i produkty sojowe. *Żyjmy Dłużej* 5: 4.
- PIETRZYK S., BŁONIARCZYK K. 2007. Żywność genetycznie modyfikowana. *Biotechnologia* 9: 34–38.
- PŁAZA G. 2004. Organizmy genetycznie zmodyfikowane a prawo Unii Europejskiej. *Biuletyn Ekologiczny* 7(8): 3–6.
- ROSZKOWSKI A. 2007. Technika rolnicza a GMO (Biotechnologie – Bioinżynieria – Rośliny transgeniczne). *Inżynieria Rolnicza* 8(96): 219–224.
- SIERADZKI Z., KWIATEK K. 2005. Wykrywanie i oznaczanie GMO w środkach żywienia zwierząt w ramach urzędowej kontroli pasz. *Pasze Przem.* 7(8): 8–9.
- TWARDOWSKI T. 2007. Opinia publiczna a GMO. *Biotechnologia* 3(78): 45–65.
- WOLSKI Ł. 2005. Zagrożenia ze strony organizmów modyfikowanych genetycznie (GMO). W: *Rolnictwo ekologiczne a produkt regionalny i lokalny. Materiały konferencyjne IV Międzynarodowej i Ogólnopolskiej Młodzieżowej Konferencji Naukowej „Europa – Ekologia – Młodzież – Edukacja”*. Wrocław 17–18 marca 2005. Sekcja Rolnictwa Ekologicznego i Agroturystyki. „Siewca”: 112–137.