

Nadzieje i obawy związane z organizmami genetycznie zmodyfikowanymi

MAŁGORZATA MAZUR, ZBIGNIEW SIERADZKI, KRZYSZTOF KWIATEK

Zakład Higieny Pasz Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach,
Al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy

Mazur M., Sieradzki Z., Kwiatek K.

Hopes and fears related to genetically modified organisms

Summary

Genetically modified organisms are those whose genome has been changed using genetic engineering techniques. As a result the organism has acquired a new, desired feature which it did not previously display. Manipulation of genetic material and construction of transgenic organisms raises many hopes and controversies. This article presents the potential opportunities and fears related to the use of genetically modified organisms, especially regarding to commercially important crop species.

Keywords: genetically modified organisms, GMO, food, feed

Organizmy genetycznie zmodyfikowane (GMO) to organizmy, których genom został celowo zmieniony przez człowieka za pomocą metod inżynierii genetycznej. Zmiana genomu organizmu, zwana transformacją genetyczną, może zachodzić poprzez wprowadzanie genów pochodzących od innych gatunków (organizmy transgeniczne) lub też dawcą i biorcą genu może być ten sam organizm. Wprowadzone geny warunkują nabywanie przez organizm nowych, specyficznych cech lub w przypadku zwiększenia liczby kopii genu występującego już w organizmie, właściwa cecha jest silniej eksponowana. Dzięki temu możliwe stało się generowanie cech pożądaných przez człowieka.

Cele modyfikacji genetycznych

Modyfikacje genetyczne wykorzystuje się często w rolnictwie do poprawy właściwości użytkowych głównych roślin uprawnych, tj. np.: soi, kukurydzy, rzepaku, bawełny i innych. Prace mające na celu tworzenie roślin o nowych właściwościach prowadzone były już dawno, jednak zasadniczą różnicą był sposób, w jaki można było uzyskać pożądanę cechę. Nowe odmiany powstawały bowiem wskutek krzyżowania i selekcji osobników lub w wyniku pojawiających się spontanicznie cech będących efektem mutacji, reorganizacji w strukturze DNA, transpozycji lub rekombinacji. Obecnie stosowana technika polega na dokonywaniu zmian bezpośrednio w strukturze DNA z pominięciem mechanizmów rozmnażania. Na drodze transformacji rośliny uprawne uzyskały odporność na szkodniki owadzie, tolerancję na działanie związków czynnych herbicydów czy odporność na choroby bakteryjne, wiru-

sowe i grzybowe. Manipulacja genami umożliwiła także poprawę cech jakościowych roślin, zwiększenie plonowania, ograniczenie wzrostu niewykorzystywanych części roślin (np. łodyg zbóż pozostawianych na polu jako słoma), a ponadto możliwym stało się uodpornianie ich na niekorzystne warunki środowiska: suszę, powódź, zasolenie gleb czy silne wiatry itp. (8). Ma to szczególnie duże znaczenie, jeśli weźmiemy pod uwagę stale zmniejszający się areał ziemi rolnej, degradację i zanieczyszczanie gleb, zmiany klimatyczne, które doprowadzają coraz częściej do redukcji uzyskiwanych plonów.

Modyfikacjom genetycznym podlegają nie tylko rośliny ważne ze względów gospodarczych, ale również gatunki wykorzystywane w badaniach naukowych. W tym celu stosuje się takie rośliny modelowe, jak rzodkiewnik (*Arabidopsis thaliana*) czy tytoń (*Nicotiana tabacum*) o dobrze poznanym genomie, które ponadto łatwo ulegają procesowi modyfikacji. Pozyskana w ten sposób wiedza wykorzystywana jest przy tworzeniu nowych odmian roślin uprawnych oraz w celu poznania funkcji genów lub elementów regulatorowych. Wykorzystanie technik rekombinowanego DNA w hodowli odmian roślin uprawnych jest najbardziej dynamicznie rozwijającą się dziedziną biotechnologii rolniczej.

Manipulacje materiałem genetycznym dotyczą także zwierząt, którym nadaje się cechy pożądanę w hodowli (szybszy wzrost zwierząt, odporność na choroby), wykorzystuje się je jako żywe bioreaktory, podobnie jak bakterie GM (genetycznie zmodyfikowane) stosowane do produkcji leków, białek itp. Prowadzone są również prace w kierunku zwiększania masy i wielkości ryb

hodowlanych, doświadczenia mające na celu produkcję mleka krowiego, które swoim składem i właściwościami byłoby zbliżone do mleka kobiet karmiących piersią.

Kontrowersje i obawy

Wykorzystywanie organizmów genetycznie zmodyfikowanych w produkcji żywności i pasz budzi wiele kontrowersji i obaw. Ostatnie lata to czas wzmożonej debaty dotyczącej GMO nie tylko na świecie, ale również w Polsce. Pojawiają się pytania dotyczące słuszności tworzenia organizmów GM i manipulacji genami, ich wpływu na środowisko naturalne i możliwości utraty kontroli nad ich rozprzestrzenianiem się. Związane są one z bezpieczeństwem żywności i pasz, bezpieczeństwem środowiska naturalnego i aspektami socjoekonomicznymi związanymi z użytkowaniem głównie roślin GM. Trudność w udzieleniu jednoznacznej odpowiedzi na te i wiele innych pytań w znacznym stopniu zależy od postawy oceniającego. Zespoły badawcze zajmujące się problematyką bezpieczeństwa GMO nie zawsze obiektywnie potrafią ocenić i wyciągnąć wnioski z prowadzonych przez nie doświadczeń naukowych.

Obawy przeciwników GMO związane są z potencjalnymi zagrożeniami w postaci przekazywania wszczepianych genów do innych roślin lub organizmów, pojawieniem się substancji alergicznych lub szkodliwych dla zdrowia w transformowanej roślinie, zmniejszeniem bioróżnorodności ekosystemów, negatywnym wpływem na organizmy inne niż docelowe, wywoływaniem silnej presji selekcyjnej i wiele innych (1, 33).

Zagrożenia związane z użytkowaniem roślin genetycznie zmodyfikowanych dotyczą głównie ich wpływu na organizmy inne niż docelowe i stan środowiska naturalnego. Stosowanie genów markerowych w postaci genów oporności na antybiotyki w celu identyfikacji organizmu, który uległ modyfikacji, jest jednym z częściej podejmowanych tematów. Stwarza to niebezpieczeństwo w postaci możliwości przekazania drobnoustrojom genów oporności na antybiotyki (10, 16). Ryzyko takie można jednak wyeliminować przez zastosowanie transformacji bez użycia obcych genów markerowych (30), zastosowanie genów powodujących zmiany w wyglądzie i składzie chemicznym rośliny (29) lub umiejscawianie tych genów w oddzielnych konstrukcjach niż transgeny właściwe, co umożliwia ich eliminację z genomu roślinnego (18). Eliminacja genów możliwa jest przy wykorzystaniu procesu kotransformacji (18, 27) lub użycie miejscowo specyficznych rekombinaz (18, 30). Niebezpieczeństwo związane ze stosowanymi w GMO genami markerowymi, głównie nptII, warunkującymi oporność na antybiotyki jest jednak znikome w świetle dostępnych danych naukowych (3, 4, 16).

Kolejnym zagrożeniem jest oddziaływanie genów Bt (geny wyizolowane z bakterii glebowej *Bacillus thuringiensis*, warunkujące odporność na szkodniki owadzie) na organizmy inne niż docelowe, blisko spokrew-

nione ze zwalczanymi szkodnikami (1), a w dalszej kolejności na organizmy żywiące się takimi owadami. Hilbeck i wsp. (17) wykazali, że larwy złotooka drapieżnego (*Chrysoperla carnea*) żerujące na larwach szkodnika bawełny sówki bawełnowki, których dieta zawierała proteiny roślin Bt, charakteryzował większy współczynnik śmiertelności w stosunku do grupy kontrolnej. Wykazano również potencjalną możliwość niekorzystnego wpływu roślin Bt na mikroorganizmy glebowe. Białko roślin Bt, a ściślej proteiny Cry, po dostaniu się do gleby z pozostałości pożniwnych mogą utrzymywać się w tym środowisku do kilku miesięcy (41). Podczas doświadczeń z użyciem kukurydzy Bt lub samych białek Bt nie stwierdzono jednak znaczącego wpływu na różnorodność i ilość organizmów glebowych.

Często poruszonym zagadnieniem związanym ze stosowaniem roślin odpornych na działanie szkodników, herbicydów lub chorób jest wywoływanie silnej presji selekcyjnej. Doprowadzić to może do pojawienia się szkodników odpornych na działanie toksyn Bt, chwastów odpornych na działanie herbicydów lub spowodować powstawanie odpornych grzybów lub wirusów. W celu zminimalizowania skutków silnej presji selekcyjnej roślin GM stosuje się zamiennie różne herbicydy o działaniu totalnym, wprowadza się nowy herbicyd lub w bliskiej odległości od pola z roślinami GM uprawia się rośliny odmian tradycyjnych (36).

Poważnym zagrożeniem z ekonomicznego punktu widzenia odnoszącego się do certyfikowania produktów rolnych na GMO i wolne od GMO jest zanieczyszczenie upraw tradycyjnych przez rośliny GM wskutek kiełkowania nasion pozostałych po ubiegłorocznych zbiorach odmian transgenicznych.

Obawy budzi również możliwość przekazywania wprowadzonych genów do gatunków dzikich, blisko spokrewnionych, wskutek krzyżowania się roślin (26). Problem ten dotyczy między innymi rzepaku GMO (*Brassica napus*) i jego pokrewnych gatunków, jak *Brassica campestris* i *Brassica oleracea* (7, 14) czy buraka cukrowego i jego dzikich krewnych w Europie. Dlatego prowadzone są badania mające na celu oszacowanie ryzyka związanego z uwolnieniem do środowiska roślin GM mogących krzyżować się z blisko spokrewnionymi gatunkami dzikimi.

Wątpliwości pojawiają się odnośnie do przekazywania genów pomiędzy różnymi organizmami. Dotyczy to transferu roślinnego DNA do bakterii glebowych, przekazywania genów podczas trawienia do organizmu ludzi i zwierząt lub do bakterii występujących w ich przewodach pokarmowych. Dane uzyskane podczas takich doświadczeń wskazują, że proces horyzontalnego transferu genów jest niemożliwy lub bardzo mało prawdopodobny (15). Vries i wsp. (43) obliczyli na podstawie przeprowadzonego przez nich transferu genu nptII do genomu komórek bakteryjnych, że prawdopodobieństwo takiej transformacji w optymalnych warunkach wynosi $\leq 1 \times 10^{-13}$. Niewielkie prawdopodobień-

stwo transformacji wynika również z tego, że DNA szybko ulega procesowi degradacji w środowisku, w przewodzie pokarmowym zwierząt i ludzi wskutek niskiego pH i enzymów trawiennych. Wykazano, że w tkankach zwierzęcych możliwe jest zidentyfikowanie fragmentów DNA pochodzących z chloroplastów roślinnych, jednak wchłaniane cząsteczki DNA z przewodu pokarmowego zwierząt były zbyt krótkie, aby za ich pomocą możliwym był transfer genów pomiędzy organizmami. Jednakże istnieją również badania naukowe, których wyniki wskazywały, że w tkankach zwierzęcych stwierdzono obecność fragmentów DNA pochodzących z transgenów roślin GM (20, 21). Były to jednak krótkie, nieaktywne biologicznie fragmenty kwasu deoksyrybonukleinowego.

Zdecydowanie największe emocje związane są ze stosowaniem żywności i pasz produkowanych w oparciu o surowce pochodzące z GMO. Wykorzystywanie roślin transgenicznych w tym celu poprzedzone musi być szczegółowymi badaniami pod kątem toksyczności, alergenicności, składu jakościowego i ilościowego oraz wpływu na organizmy żywe (13, 31). Badania takie powinny obejmować analizę wskaźników produkcyjnych, morfologicznych, zmian histopatologicznych w tkankach, zmian we wskaźnikach biochemicznego i enzymatycznego funkcjonowania tkanek (13, 22).

Badania doświadczalne dotyczące bezpieczeństwa stosowania roślin GM w żywieniu prowadzone są najczęściej na zwierzętach laboratoryjnych. Dostępne wyniki badań wykonywanych między innymi w Polsce nie wykazały toksycznego wpływu roślin GM na funkcjonowanie i rozwój zwierząt (3, 6, 9, 19, 23, 25). Nie stwierdzono ponadto obecności fragmentów transgenicznego DNA w tkankach i narządach zwierząt (3, 19, 24). Taki model badań służy również do oceny bezpieczeństwa organizmów GM stosowanych do produkcji żywności i pasz. Z dostępnych danych wynika, że stosowane obecnie rośliny genetycznie zmodyfikowane nie różnią się składem jakościowym i ilościowym od roślin tradycyjnych, z wyjątkiem ekspresji zmniejszonej ilości nowych białek lub modyfikacji mających na celu zmianę składu jakościowego lub ilościowego. Syntetyzowane nowe białka nie wykazują również podobieństwa do znanych substancji toksycznych i alergenów. Większość prowadzonych dotąd badań na zwierzętach gospodarskich z zastosowaniem paszy tradycyjnej i paszy zawierającej GMO wykazała, że badane wskaźniki w obu przypadkach nie różniły się w sposób znaczący (2, 34, 35, 38-40). Na ich podstawie stwierdzano, że pasza GMO jest uznawana za równie bezpieczną, co pasza zawierająca tradycyjne surowce paszowe. Nie odnotowano jak dotąd negatywnego wpływu pasz GM również w zakresie bezpieczeństwa produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego (mięso, mleko, jaja).

Istnieją jednak także doniesienia wskazujące na negatywny wpływ GMO na zdrowie zwierząt laboratoryjnych (31, 32, 34). Seralini i wsp. (37) wykazali róż-

nice w procesie wzrostu, toksyczności wątrobowo-nerkowej, poziomie trójglicerydów i innych wskaźnikach w grupach szczurów karmionych kukurydzą MON863 i kukurydzą tradycyjną. Według zespołu ekspertów powołanych przez koncern Monsanto (9), doświadczenie to nie wykazało zależności pomiędzy występującymi nieprawidłowościami, a obecnością kukurydzy GM w paszy.

Opublikowane wyniki innych badań z zastosowaniem roślin GM, prowadzonych niezależnie od koncernów biotechnologicznych, wykazywały występowanie symptomów negatywnego wpływu GMO na zdrowie badanych zwierząt (11, 12, 32), jednakże badane w tych doświadczeniach gatunki roślin GMO nie zostały wprowadzone do powszechnego użytku jako rośliny uprawne. Uzyskane dane wskazują również, że proteiny Bt, w tym Cry1Ac, wywołują odpowiedź immunologiczną w postaci alergii skórnych u ludzi (5) lub zwiększonego poziomu przeciwciał IgE i IgG u myszy (28), nawet do poziomu większego niż wywołanego przez podawanie toksyny cholery (42).

Przed dopuszczeniem do obrotu organizmów genetycznie zmodyfikowanych na terenie Unii Europejskiej wymagane jest złożenie odpowiedniego wniosku, a decyzja o dopuszczeniu do stosowania GMO poprzedzona jest analizą dokumentacji i wyników przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA). Dotyczy ona bezpieczeństwa i wpływu GMO na zdrowie ludzi, zwierząt oraz środowisko naturalne. Wszystkie dopuszczone do stosowania na terenie UE odmiany GMO uzyskały pozytywną opinię EFSA i traktowane są jako bezpieczne.

Skala niepewności i potencjalne zagrożenia związane z organizmami genetycznie zmodyfikowanymi zdecydowanie przechylają szalę ich oceny w kierunku negatywnego odbioru przez społeczeństwo. Inaczej postrzegane są jednak prace mające na celu wykorzystywanie modyfikacji genetycznych w procesie opracowywania nowych leków i terapii w medycynie np. niektórych hormonów czy insuliny produkowanej przez genetycznie zmodyfikowane bakterie. Problem GMO od wielu lat jest intensywnie, ale dość pobieżnie omawiany w środkach masowego przekazu. Dyskusja taka dotyczy często domniemych faktów lub zasłyszanych wiadomości, a rzadko opiera się na udokumentowanych wynikach interdyscyplinarnych badań naukowych. Obiektywne informowanie o potencjalnych zagrożeniach i korzyściach wynikających z technologii modyfikacji genetycznej pozwoli na w pełni świadomą ocenę problemu GMO.

Manipulowanie genami, dzięki któremu możliwe stało się tworzenie organizmów transgenicznych wykorzystywanych w medycynie, przemyśle czy nauce budziło już kontrowersje w przeszłości, a kwestie te podnoszone są obecnie coraz częściej i zapewne będzie tak również w najbliższej przyszłości. Rozwój metod biologii molekularnej umożliwił ingerencję w genom organizmów. Dzięki inżynierii genetycznej moż-

liwe stało się zmienianie dotąd występujących i otrzymywanie nowych, pożądaných przez człowieka cech roślin, których uzyskanie tradycyjnymi metodami hodowli byłoby niemożliwe lub proces taki trwałby bardzo długo. Z drugiej jednak strony, tworzenie GMO niesie ze sobą niepewność i pytanie, jak dany organizm będzie zachowywał się w środowisku, jakie będą interakcje pomiędzy nim a innymi organizmami żywymi. Wspomniane niebezpieczeństwa związane z GMO są obiektem intensywnych prac i istnieją obecnie perspektywy eliminacji lub ograniczenia zagrożeń związanych z tą technologią.

Wybór pomiędzy żywnością tradycyjną a genetycznie zmodyfikowaną powinien należeć i należy do konsumentów, a stosowanie technik modyfikacji genetycznej pozwala na lepsze poznanie i zrozumienie procesów zachodzących w organizmach żywych, co przyczynić się może do lepszego wykorzystywania osiągnięć naukowych w przyszłości.

Piśmiennictwo

1. *Ann Clark E.*: Environmental risks of genetic engineering. *Euphytica* 2006, 148, 47-60.
2. *Aulrich K., Böhme H., Daenicke R., Halle I., Flachowsky G.*: Novel feeds – a review of experiments at our Institute. *Anim. Nutr.* 2002, 3, 183-195.
3. *Baranowski A., Rosochacki S. J., Parada R., Jaszczak K., Zimny J., Połozynowicz J.*: The effect of diet containing genetically modified triticale on growth and transgenic DNA fate in selected tissues of mice. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 2006, 24, 129-142.
4. *Bennett P. M., Livesey C. T., Nathwani D., Reeves D. S., Saunders J. R., Wise R.*: An assessment of the risk associated with the use of antibiotic resistance genes in genetically modified plants: report of the Working Party of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy. *J. Antimicrob. Chemother.* 2004, 53, 418-431.
5. *Bernstein I. L., Bernstein J. A., Miller M., Tierziwa S., Bernstein D. I., Lummus Z., Selgrade M. K., Doerfler D. L., Seligy V. L.*: Immune responses in farm workers after exposure to *Bacillus thuringiensis* pesticides. *Environ. Health Perspect.* 1999, 107, 575-582.
6. *Brake D. G., Evenson D. P.*: A generational study of glyphosate-tolerant soybeans on mouse fetal, postnatal, pubertal and adult testicular development. *Food Chem. Toxicol.* 2004, 42, 29-36.
7. *Damgaard Ch., Kjellsson G.*: Gene flow of oilseed rape (*Brassica napus*) according to isolation distance and buffer zone. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2005, 108, 291-301.
8. *Deisingh A. K., Badrie N.*: Detection approaches for genetically modified organisms in foods. *Food Res. Int.* 2005, 38, 639-649.
9. *Doull J., Gaylor D., Greim H. A., Lovell D. P., Lynch B., Munro I. C.*: Report of an Expert Panel on the reanalysis by Seralini et al. (2007) of a 90-day study conducted by Monsanto in support of the safety of a genetically modified corn variety (MON863). *Food Chem. Toxicol.* 2007, 45, 2073-2085.
10. *Eede G., Aarts H., Buhk H. J., Corthier G., Flint H. J., Hammer W., Jacobson B., Midtvedt T., Vossen J., Wright A., Wackernagel W., Wilcks A.*: The relevance of gene transfer of the safety of food and feed derived from genetically modified (GM) plants. *Food Chem. Toxicol.* 2004, 42, 1127-1156.
11. *Ewen S. W. B., Pusztai A.*: Effects of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet* 1999, 354, 1353-1354.
12. *Fares N. H., El-Sayed A. K.*: Fine structural changes in the ileum of mice fed on endotoxin-treated potatoes and transgenic potatoes. *Nat. Toxins.* 1998, 6, 219-233.
13. *Flachowsky G., Aulrich K., Böhme H., Halle I.*: Studies on feeds from genetically modified plants (GMP) – Contributions to nutritional and safety assessment. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2007, 133, 2-30.
14. *Funk T., Wenzel G., Schwarz G.*: Outcrossing frequencies and distribution of transgenic oilseed rape (*Brassica napus* L.) in the nearest neighbourhood. *Eur. J. Agron.* 2006, 24, 26-34.
15. *Gasson M. J.*: Gene transfer from genetically modified food. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2000, 11, 505-508.
16. *Gay P. B., Gillespie S. H.*: Antibiotic resistance markers in genetically modified plants: a risk to human health? *Lancet Infect. Dis.* 2005, 5, 637-646.
17. *Hilbeck A., Moar W. J., Pusztai-Carey M., Filippini A., Bigler F.*: Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomol. Exp. Appl.* 1999, 91, 305-316.
18. *Hohn B., Levy A. A., Puchta H.*: Elimination of selection markers from transgenic plants. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2001, 12, 139-143.
19. *Jaszczak K., Kruszewski M., Baranowski A., Parada R., Bartłomiejczyk T., Zimny J., Rosochacki S.*: Micronucleus test and comet assay on mice fed over five generations a diet containing genetically modified triticale. *J. Anim. Feed Sci.* 2008, 17, 100-109.
20. *Kapusta J., Modelska A., Figlerowicz M., Pniowski T., Letellier M., Lisowa O., Yusibov V., Koproński H., Plucienniczak A., Legoski A. B.*: A plant-derived edible vaccine against hepatitis B virus. *FASEB J.* 1999, 13, 1796-1799.
21. *Kim T. G., Gruber A., Langridge W. H. R.*: HIV-1 gp120 V3 cholera toxin B subunit fusion gene expression in transgenic potato. *Protein Express. Purif.* 2004, 37, 196-202.
22. *Kuiper H. A., Kleter G. A.*: The scientific basis for risk assessment and regulation of genetically modified foods. *Trends Food Sci. Tech.* 2003, 14, 277-293.
23. *Kosieradzka I., Sawosz E., Szopa J., Vasko V.*: Potato genetically modified by 14-3-3 protein repression in growing rat diets. Part I: Chemical composition and digestibility of nutrients. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2008, 58, 125-129.
24. *Kosieradzka I., Vasko V., Szwacka M., Przybysz A., Fiedorowicz Sz.*: Evaluation of the possibility of horizontal gene transfer and accumulation of transgenic DNA from the diet in the bodies of rats. *J. Anim. Feed Sci.* 2010, 19, 307-315.
25. *Krzyżowska M., Wincenciak M., Winnicka A., Baranowski A., Jaszczak K., Zimny J., Niemiałowski M.*: The effect of multigenerational diet containing genetically modified triticale on immune system in mice. *Pol. J. Vet. Sci.* 2010, 13, 423-430.
26. *Messeguer J.*: Gene flow assessment in transgenic plants. *Plant Cell Tiss. Org.* 2003, 73, 201-212.
27. *Miki B., McHugh S.*: Selectable marker genes in transgenic plants: applications, alternatives and biosafety. *J. Biotechnol.* 2004, 107, 193-232.
28. *Moreno-Fierros L., Garcia N., Gutierrez R., Lopez-Revilla R., Vazquez-Pedron R. I.*: Intranasal, rectal and intraperitoneal immunization with protoxin Cry1Ac from *Bacillus thuringiensis* induces compartmentalized serum, intestinal, vaginal and pulmonary immune responses in Balb/c mice. *Microbes Infect.* 2000, 2, 885-890.
29. *Ochiai-Fukuda T., Takahashi-Ando N., Ohsato S., Igawa T., Kadokura K., Hamamoto H., Nakasako M., Kudo T., Shibata T., Yamaguchi I., Kimura M.*: A fluorescent antibiotic resistance marker for rapid production of transgenic rice plants. *J. Biotechnol.* 2006, 122, 521-527.
30. *Ow D. W.*: GM maize from site-specific recombination technology, what next? *Curr. Opin. Biotechnol.* 2007, 18, 115-120.
31. *Phipps R. H., Deaville E. R., Maddison B. C.*: Detection of Transgenic and Endogenous Plant DNA in Rumen Fluid, Duodenal Digesta, Milk, Blood, and Feces of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 4070-4078.
32. *Pusztai A.*: Can science give us the tools for recognizing possible health risks of GM food? *Nutr. Health* 2002, 16, 73-84.
33. *Ramesh S. A., Choimes S., Schachtman D. P.*: Over-expression of an Arabidopsis zinc transporter in *Hordeum vulgare* increases short-term zinc uptake after zinc deprivation and seed zinc content. *Plant Mol. Biol.* 2004, 54, 373-385.
34. *Reuter T., Aulrich K.*: Investigations on genetically modified maize (Bt-maize) in pig nutrition: fate of feed-ingested foreign DNA in pig bodies. *Eur. Food Res. Technol.* 2003, 216, 185-192.
35. *Sanden M., Bruce I. J., Azizur Rahman M., Hemre G.-I.*: The fate of transgenic sequences present in genetically modified plant products in fish feed, investigating the survival of GM soybean DNA fragments during feeding trials in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture* 2004, 237, 391-405.
36. *Sandermann H.*: Plant biotechnology: ecological case studies on herbicide resistance. *Trends Plant. Sci.* 2006, 7, 324-328.
37. *Seralini G. E., Cellier D., Spiroux de Vendomois J.*: New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2007, 52, 596-602.
38. *Świątkiewicz M., Hanczakowska E., Twardowska M., Mazur M., Kwiatek K., Kozaczyński W., Świątkiewicz S., Sieradzki Z.*: Effect of genetically modified feeds on fattening results and transfer of transgenic DNA to swine tissues. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 2011, 55, 121-125.
39. *Świątkiewicz S., Koreleski J.*: Rośliny genetycznie modyfikowane w żywieniu drobiu. *Medycyna Wet.* 2008, 64, 1379-1383.
40. *Świątkiewicz S., Twardowska M., Markowski J., Mazur M., Sieradzki Z., Kwiatek K.*: Fate of transgenic DNA from Bt corn and Roundup Ready soybean meal in broilers fed GMO feed. *Bull. Vet. Inst. Pulawy* 2010, 54, 237-242.
41. *Vaufleury A., Kramarz P. E., Binet P., Cortet J., Caul S., Andersen M. N., Plumey E., Coeurdassier M., Krogh P. H.*: Exposure and effects assessments of Bt-maize on non-target organisms (gastropods, microarthropods, mycorrhizal fungi) in microcosms. *Pedobiologia* 2007, 51, 185-194.
42. *Vazquez-Padron R. I., Moreno-Fierros L., Neri-Bazan L., de la Riva G., Lopez-Revilla R.*: Intra-gastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* induces systemic and mucosal antibody responses in mice. *Life Sci.* 1999, 21, 1897-1912.
43. *Vries J., Meier P., Wackernagel W.*: The natural transformation of the soil bacteria *Pseudomonas stutzeri* and *Acinetobacter* sp. by transgenic plant DNA strictly depends on homologous sequences in the recipient cells. *FEMS Microbiol. Lett.* 2001, 195, 211-215.

Adres autora: mgr Małgorzata Mazur, al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy;
e-mail: mwalczak@piwet.pulawy.pl