

Tadeusz P. Żarski\*, Henryka Żarska\*, Teresa Majdecka\*

**AKTUALNY STAN WIEDZY O ZAGROŻENIACH  
EKOTOKSYKOLOGICZNYCH ZWIĄZANYCH Z GMO**

**THE CURRENT KNOWLEDGE ABOUT ECOTOXICOLOGICAL  
THREATS CONNECTED WITH GMO**

**Słowa kluczowe:** GMO, aktualności, zagrożenie.

**Key words:** GMO, current knowledge, threats.

*Genetically modified foods are new, and have not been in use long enough for the risks to be known. Foods that are genetically altered can involve risks of unknown toxins and allergens never before seen in humans. Genetically modified foods have not had long term research done, and very little short term information. The EU Commission approved the use of these foods in the food chain under the assumption that the risks were the same as the unmodified plants, and this was a big mistake. The genetic modification done on the plants can have a dramatic effect on the risks and safety concerns, and there is no long term risk information available to determine if these foods have long term risks. In the work was introduced the review of reports on the subject of toxicity and the influence of GMO on the environment.*

## 1. WPROWADZENIE

Technologia rekombinacji DNA stawia współczesne społeczeństwo wobec bezprecedensowych problemów, których nie doświadczaliśmy nie tylko w dziejach nauki, ale także historii życia na Ziemi. Dotyczy to działań ludzkich mających na celu przekonstruowanie informacji genetycznej organizmów żywych, tworzonej przez trzy miliardy lat rozwoju życia na tej planecie. Działania te nie mogą być tożsame z doskonaleniem genetycznym uzyskiwanym poprzez selekcję czy krzyżowanie w obrębie tych samych gatunków. Powstające w tradycyjnej hodowli mieszańce (hybrydy) ujawniały, w kolejnych pokoleniach, pożądane cechy,

---

\* **Prof. dr hab. Tadeusz P. Żarski, Henryka Żarska, mgr inż. Teresa Majdecka – Katedra Biologii Środowiska Zwierząt Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Ciszewskiego 8, 02 787 Warszawa; tel.: 22 593 66 10; e-mail: tadeusz\_zarski@sggw.pl**

np. wyższą plenność, wydajność. Takie nowe odmiany nie stanowią zagrożenia dla flory i fauny w środowisku. Technikami „inżynierii genetycznej” człowiek dokonuje mieszania puli genetycznej między bardzo odległymi gatunkami (proces, który w naturalnych warunkach nigdy nie zachodzi). Organizmy transgeniczne to genetycznie zmienione organizmy, do których wstawiono geny pochodzące od innych gatunków. Tak zmienione organizmy są zdolne do rozmnażania i przenoszenia swych zmienionych cech na kolejne pokolenia.

Istotnym problemem jest pleotropia, czyli ekspresja genu w nowej lokalizacji, prowadząca do nieoczekiwanych i licznych efektów w zmodyfikowanym organizmie. Niespodziewanie mogą pojawić się białka, w tym toksyny i alergeny, będące powodem wielu zagrożeń dla zdrowia człowieka i środowiska. Zarówno zmiana pozycji genu w genomie, jak i położenie w chromosomie mogą mieć wpływ na funkcje komórki związane z tym genem. Nie są znane zasady, kiedy ta mutacja delokalizacji spowoduje istotne zmiany funkcjonalne.

Biolodzy wysuwają też zastrzeżenia co do innych niż transgen obcych sekwencji wprowadzanych do rośliny z nośnikiem transgeny (insert genowy). Takie sekwencje DNA – np. pochodzące z wektora wirusa mozaiki kalafiora lub z plazmidów *Agrobacterium tumefaciens*, geny antybiotykooporności, sekwencje wspomagające wbudowanie transgeny w DNA-biorcy, sekwencje regulatorowe, sekwencje niezbędne dla odczytu genu (promotory), sekwencje reagujące na czynniki egzogenne i inne – mogą powodować różne nieprzewidywalne efekty biologiczne w roślinie i w środowisku [Ho i in.1999].

Nasza dotychczasowa działalność poznawcza polegała na tym, by nauczyć się tego, co przekazuje nam i jakimi prawami rządzi się otaczający nas świat i co moglibyśmy wykorzystać w działaniach praktycznych. Przeorganizowanie natury, do czego prowadzi ingerencja w informację genetyczną organizmów żywych, nie było dotychczas realizowane w działalności naukowej, a wszystko wskazuje na to, że ten kierunek działań może być niebezpieczny. Działania te mogą spowodować powstanie nowych chorób ludzi, zwierząt i roślin, wytworzyć nowe czynniki alergiczne, epidemiologiczne czy inicjujące karcinogenezę.

Cicha i bardzo ekspansyjna działalność grupki przedsiębiorstw chemicznych doprowadziła do zdominowania rynku nasiennego i produkcji pasz i żywności w USA, ale także w innych rejonach świata. Słyszemy od ich przedstawicieli, że nic nam nie grozi, że wszystko jest skrupulatnie przebadane, a jeżeli wystąpią, to tylko pozytywne skutki, zarówno dla rolników, jak i ostatecznych konsumentów. Ta „przełomowa, rewolucyjna” technologia pomoże środowisku przez zmniejszanie użycia toksycznych, chemicznych środków ochrony roślin, wzrost plonów, oddalenie widma głodującego świata i doprowadzi do boomu w rolnictwie, a biotechnologia pozwoli na zwiększenie wartości odżywczych i smakowych żywności. Najważniejszym argumentem jest to, że wszystko oparte jest na niczym innym tylko na „dobrej nauce – good science”, której działania przekonają społeczeństwo, że pasze czy żywność GM jest ekwiwalentna lub lepsza niż dotychczasowa.

Publikacje niezwiązanych z lobby biotechnologicznym naukowców pokazują, że większość tych obietnic jest nieprawdziwa, a kontrola toksyczności żywności GM czy pasz jest

iluzoryczna. Są zastrzeżenia do metod oceny bezpieczeństwa żywności GMO przez FDA i EFSA, w których pracuje wiele osób powiązanych z przemysłem biotechnologicznym, i które wykazują daleko posunięty liberalizm w kwestii autoryzacji GMO. Słyszcy się często, że Amerykanie od lat jedzą GMO i „nic się nie dzieje”. Ale w USA nie znakuje się żywności GM – nie ma więc możliwości prowadzenia badań porównawczych, nie ma więc żadnych dowodów, że ta żywność nie szkodzi. A można sądzić, że jest ona jedną z przyczyn nasilenia chorób cywilizacyjnych w USA [State Specific... 2008, Lisowska 2010].

Nikt z nas nie jest w stanie precyzyjnie określić przyszłe konsekwencje transgenezy. Jednak, każdy biolog ma wątpliwości, gdy ma świadomość, że biotechnologia ingeruje bezpośrednio w genom, czyli centrum informacji każdej żywej komórki, za pośrednictwem mechanicznego wbijania (biobalastyka) insertu w łańcuch DNA lub innymi metodami, np. agroinfekcją, doprowadzając do przeorganizowania lub uszkodzenia fragmentów kodujących. Przypadkowe wprowadzanie obcych genów do łańcucha DNA może spowodować niespodziewane zmiany w działaniu innych genów. Kodowane białka mogą być wyprodukowane w niewłaściwych ilościach, a także mogą powstać białka nieprzewidziane. Dlatego też żywność GM i produkty jej przetworzenia mogą zawierać toksyny lub alergeny, które mogą działać na zdrowie nasze lub naszych potomnych. Potencjalne szkody mogą przeważać skażenie chemiczne, ponieważ związki chemiczne trafiają do środowiska w określonej ilości, zaś organizmy GM jako istoty żywe będą się w środowisku namnażać, krzyżować. Skażenie transgenami zatem będzie wzrastać a nie zmniejszać się.

Substancje chemiczne mają zdolność do rozkładania się w środowisku. A genetyczne skażenie może zmienić życie w glebie i na jej powierzchni na zawsze! Jest wielce prawdopodobne, że uwolnienie do środowiska GM organizmów doprowadzi do jego zasadniczego przekształcenia w następnych kilku dekadach w stopniu większym niż w minionych tysiącach lat.

W ten sposób dotarliśmy do problemu zamkniętego użycia organizmów GM i uwalniania ich do środowiska.

## **2. ZAMKNIĘTE UŻYCIE ORGANIZMÓW GM**

Zamknięte użycie GMO obejmuje wytwarzanie preparatów biologicznie czynnych z użyciem genetycznie modyfikowanych bakterii, drożdży, hodowli komórkowych, a także transgenezy zwierząt, przede wszystkim ssaków. W skład tej grupy biopreparatów wchodzi takie leki, jak: hormony, ciała odpornościowe, enzymy terapeutyczne i szczepionki. Znalazły one zastosowanie w zapobieganiu wielu chorobom lub ich leczeniu, między innymi takich jak: cukrzyca, karłowatość, zawały serca, niewydolność krążenia, niedokrwistość, astma oraz szereg chorób nowotworowych.

Terapia genowa jest metodą umożliwiającą leczenie schorzeń na poziomie molekularnym. Strategia stosowana jest w przypadku chorób monogenowych recesywnych. Dotych-

czasowe wyniki dają nadzieję, że terapia genowa znajdzie zastosowanie w leczeniu chorób, z którymi nie radzą sobie metody konwencjonalne. Powstaje jednak nowe zagrożenie. O ile terapia genowa jest metodą polegającą na naprawie lub zastąpieniu uszkodzonego genu, o tyle nowe wykorzystanie tych metod, np. w postaci dopingu genowego, polega na wprowadzeniu do genomu sportowca genu poprawiającego jego wydolność. Przedstawiciele środowisk sportowych obawiają się, że tak jak w niedawnej przeszłości byli naukowcy zajmujący się produkcją tzw. projektowanych sterydów, tak teraz kwestią czasu jest pojawienie się technik genetycznych w sporcie [Chrostowski 2006].

### 3. OTWARTE UŻYCIĘ ORGANIZMÓW GM

Uprawa transgenicznych roślin czy hodowla GM zwierząt wiąże się z ich uwolnieniem do środowiska, a to pociąga za sobą wiele zagrożeń. Podstawowe zagrożenie, co do którego nie ma najmniejszych wątpliwości, stanowi fakt, że transgeniczne organizmy mogą rozprzestrzenić się w środowisku naturalnym, współzawodnicząc z naturalną florą i fauną, a także doprowadzić do przepływu genów pomiędzy uprawami naturalnymi i modyfikowanymi genetycznie. Nie można również wykluczyć tego zjawiska na płaszczyźnie międzygatunkowej, co może spowodować następstwa przyrodnicze. Pyłki roślin modyfikowanych przenoszą się, skażając uprawy nie modyfikowane oraz dziko rosnące pokrewne gatunki roślin [Lisowska 2010, Quist, Chapela 2001].

Zwolennicy upraw GM, w tym również naukowcy polscy, twierdzą, że roślina GM nie przeżyje poza agroekosystemem i nie może rozwijać się w środowisku naturalnym. Naukowcy z Uniwersytetu w Północnej Dakocie w 2010 r. pobrali próbki wzdłuż dróg i stwierdzili obecność transgenów w 80% dziko rosnących roślin rzepaku. Odporne na herbicydy rośliny rzepaku pojawiły się często w dużych odległościach od obszarów produkcji rolniczej [Lisowska 2010].

Niezamierzone zanieczyszczenie nasion może nastąpić podczas transportu. Japońskie Centrum Badań Fauny i Flory ujawniło, że w okolicach portu, gdzie rozładowywano nasiona zmodyfikowanego genetycznie rzepaku, rośliny GM rosły dziko w 25 z 48 punktów kontrolnych w promieniu 5 km od portu. Podobne wyniki badań zanotowano w Kanadzie.

Przygotowany przez Greenpeace i Genewach raport z 2006 r. podał 113 przypadków zanieczyszczeń GMO innych upraw w 39 krajach (a tylko połowa z tych krajów oficjalnie zezwoliła na uprawę GMO) oraz zarejestrował wiele nielegalnych upraw GMO.

Niektóre z rodzimych odmian kukurydzy w Meksyku, który jest ojczyzną tej rośliny, a ponadto obowiązuje w nim moratorium na uprawy kukurydzy GM, zostały zanieczyszczone przez transgeniczne DNA, co stwierdzili w Oaxaca naukowcy z Uniwersytetu Berkeley [Quist, Chapela 2001].

Genetycznie modyfikowane w kierunku przyspieszonego wzrostu ryby mogą spowodować szkody w dzikich populacjach ryb i całego środowiska wodnego. Czołowi ichtiolodzy

wyrazili poważne zastrzeżenia i ostrzegli, że nawet niewielka liczba GM ryb wypuszczonych do środowiska może mieć katastrofalne skutki. Naukowcy z Uniwersytetu Purdue szacują, że 60 ryb GM wprowadzonych do naturalnej populacji 60 000 osobników może zniszczyć tę populację na okres 20–30 lat.

Kolejnym źródłem niepokoju towarzyszącego inżynierii genetycznej są związane z insercją transgeniczną nieprzewidywalne przetasowania genów roślin, które mogą doprowadzić do aktywacji genów odpowiedzialnych za toksyny, alergeny i inne szkodliwe substancje.

Skąd ten problem? Produkty GM bowiem powinny być badane zarówno w doświadczeniach nad toksycznością ostrą, jak i przewlekłą, tym bardziej że produkując obce białka, stanowią nowy element w diecie zwierząt i ludzi. Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że – po prostu – nie ma takich badań w odniesieniu do ludzi. Bez właściwych badań epidemiologicznych większość rodzajów szkód nie zostanie wychwycona. Dlaczego tak się stało?

Na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku, kiedy wprowadzano do uprawy pierwsze rośliny transgeniczne (w tym pomidory Flavr Savr™ z przedłużoną trwałością), amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) stwierdziła, że tego typu produkty nie różnią się od roślin konwencjonalnych. W Federal Register zamieszczono następującą konkluzję: „Agencja nie dysponuje żadnymi informacjami, aby żywność uzyskaną nowymi metodami uznać za odmienną i mniej bezpieczną od tej, którą uzyskuje się w drodze tradycyjnej hodowli roślin”. Podobny punkt widzenia przyjęto w raportach opublikowanych przez FAO, WHO, OECD i Komisję Europejską. W opinii ekspertów powołanych przez wymienione organizacje, w odniesieniu do typowych modyfikacji genetycznych, których produkty są podobne do już występujących na rynku, zasadą oceny bezpieczeństwa stosowania w żywieniu ludzi i zwierząt jest określenie równoważności składnikowej (ang. substantial equivalence) produktów transgenicznych i konwencjonalnych.

Taki punkt widzenia, ograniczający ocenę bezpieczeństwa surowców transgenicznych do rutynowej analizy chemicznej, kwestionowało wielu badaczy i potencjalnych konsumentów, wskazując konieczność stosowania bardziej wiarygodnej oceny biologicznej.

Wielu naukowców uważa, że Komisja Europejska lekceważy obawy państw członkowskich w kwestii bezpieczeństwa żywności uzyskiwanej z roślin GM, a stojąca na straży naszego bezpieczeństwa EFSA, w ocenie dokumentacji przedstawianej jej przez firmy biotechnologiczne, jest równie liberalna jak FDA. Wiele krajów UE kieruje do EFSA uwagi w sprawie niepełnych ocen ryzyka GMO dla środowiska.

Ważną sprawą, która budzi wątpliwości świata nauki i konsumentów w Polsce i na świecie, jest bezpieczeństwo produktów GM z punktu widzenia toksykologii żywności. Nowe białka syntetyzowane pod wpływem transgenów mogą stać się potencjalnymi alergenami. Nie można również wykluczyć ich bezpośredniego działania toksycznego.

Badania wskazujące na negatywny wpływ pasz pochodzących z roślin GM na zdrowie zwierząt gospodarskich oraz laboratoryjnych, stanowiących model odniesienia do ludzi, są nieliczne. A i one są podważane i kwestionowane przez innych badaczy i instytucje. Jednak

obawy przed ryzykiem dla zdrowia konsumentów są tym groźniejsze, że już zostały potwierdzone przez niektórych naukowców [Battistelli i in. 2010, Benachour, Séralini 2009, Gasnier i in. 2009, Malatesta i in. 2002, 2003, 2005, 2008, Séralini i in. 2009]. Pierwsze i historyczne już badania stanowią doświadczenia Pusztai'ego polegające na skarmianiu szczurami GM ziemniaków zawierających gen odpowiedzialny za produkcję lektyny.

Zarówno krótkoterminowe, jak i długoterminowe badania wykazały, że wzrost szczurów karmionych produktami GM został spowolniony, nastąpiły znaczące zmiany w rozwoju organów wewnętrznych szczurów, wystąpiły istotne zmiany funkcjonalne i strukturalne w różnych częściach ich układu pokarmowego. Zmiany w układzie pokarmowym polegały na rozroście błony śluzowej żołądka, wzroście liczby figur mitotycznych oraz nacieku limfocytów w śródnabłonku jelita cienkiego i zmianach w jelicie grubym. Żadna z tych zmian nie została spowodowana przez lektynę, ponieważ jej ekspresja nie miała ani jakościowego, ani ilościowego wpływu na nabłonek jelita cienkiego [Ewe, Pusztai 1999].

Szczególnie wymowne są też wyniki badań GM soi odpornej na glifosat, wykonanych przez zespół naukowców z Uniwersytetu w Urbino we Włoszech [Battistelli i in. 2010, Benachour, Séralini 2009, Gasnier i in. 2009, Malatesta i in. 2002, 2003, 2005, 2008, Vecchio i in. 2004].

Długotrwałe badania przeprowadzone na myszach żywionych GM soją RR wykazały zmiany w strukturze jąder komórkowych komórek wątroby, trzustki oraz jąder u samców. Badania te prowadzono przez 8 lub 24 miesiące. Badania różnych narządów prowadzono z wykorzystaniem technik immunoelektronowych, ekspresji genów i analiz biochemicznych. U myszy otrzymujących GM soję odnotowano zmniejszenie ilości proenzymów trzustkowych produkowanych przez komórki gruczołowe tego narządu. W nukleoplazmie i jąderkach stwierdzono znaczące obniżenie poziomu białek zaangażowanych w składanie transkryptów (splicing), nasiloną akumulację granул perichromatynowych. Te zmiany mogą być bezpośrednią przyczyną zahamowania syntezy proenzymów trzustkowych u myszy żywionych soją GM [Malatesta i in. 2003].

W komórkach jąder u samców myszy karmionych GM soją występował obniżony poziom niektórych białek (antygeny Sm, hnRNP, SC35 i polimerazy I RNA). Jakkolwiek zmiany te występowały u myszy w wieku 2 i 5 miesięcy, to w wieku 8 miesięcy nie stwierdzano już odstępstw od normy. Jednak inne zmiany w strukturze jąder miały charakter trwały bez względu na wiek. Stwierdzono także obniżenie wydajności transkrypcji i składania mRNA, zachodzące na wczesnych etapach embriogenezy, co może mieć wpływ na dalszy rozwój zarodka [Vecchio i in. 2004].

W wątrobie obserwowano znaczące zmiany jąder komórkowych hepatocytów: nieregularny kształt, zwiększoną ilość porów jądrowych i nieregularny kształt jąderek. Obraz taki jest zwykle interpretowany jako objaw nasilonego tempa metabolizmu oraz nasilonego transportu pomiędzy jądrem a cytoplazmą. Badano zależność tych zmian od czasu trwania diety i wieku, w którym wprowadzono GM karmę. W ciągu miesiąca od powrotu do die-

ty kontrolnej następuje cofanie się zmian w strukturze jądra komórkowego. Z kolei, u dorosłych myszy stosowanie przez miesiąc diety zawierającej GM soję powoduje zmiany podobne do zmian obserwowanych u zwierząt karmionych tą dietą po odsadzeniu od matek.

Zmiany wywołane obecnością w diecie GM soi są odwracalne nie tylko u młodych zwierząt, karmionych GM soją po odsadzeniu, ale także u zwierząt dorosłych [Malatesta i in. 2005, 2008, Vecchio i in. 2004]. Analiza proteomu wykazała zmieniony poziom ekspresji białek zaangażowanych w swoisty metabolizm hepatocytów, a także białek związanych z odpowiedzią na stres, sygnalizacją za pośrednictwem jonów wapnia i sygnalizacją mitochondrialną, a także ekspresją markerów starzenia się komórek.

Badania zespołu z Urbino są unikalne – analiz na poziomie ultrastruktury komórki nie prowadzą laboratoria koncernów biotechnologicznych produkujących GM rośliny uprawne. Potwierdzenie, że zmiany w ultrastrukturze i metabolizmie komórkowym mogą mieć wpływ na zdrowie człowieka wymaga dalszych badań. W świetle przedstawionych obserwacji teza, że żywność GMO nie różni się niczym od tradycyjnej, nie przystaje do rzeczywistości. Trudno również wyrokować, czy lawinowy wzrost od 1995 r. liczby przypadków otyłości i cukrzycy w kraju – największym producencie i konsumencie transgenicznej żywności jest przypadkowy, zależny od innych czynników (fast food, tempo życia, ciągły stres), czy też jest dowodem epidemiologicznym badań dokonanych przez zespół z Urbino [CDC 2008].

O ile nie ma obecnie twardych dowodów na szkodliwe dla zdrowia skutki modyfikacji genetycznych żywności, o tyle staje się coraz bardziej oczywiste, że technologia upraw GMO niesie skutki nieobojętne dla zdrowia. Rośliny HT odporne na herbicydy totalne są traktowane nimi w trakcie wegetacji w celu likwidacji konkurencyjnych chwastów. Substancje czynne występujące w tych preparatach (glifosat, glufosynat), a przede wszystkim dodatki technologiczne, np. poliethoksyłotallowamina (POEA), wykazują działanie toksyczne na zarodki i organizmy zwierząt wyższych, a także na hodowlę komórek ludzkich i funkcje endokryne [Benachour i Séralini 2009, Gasnier i in. 2009, Mañas i in. 2009, 2009a, Richard 2005].

W badaniach Benachour i Séraliniego [2009] oceniono toksyczność czterech formuacji glifosatu w rozcieńczeniach  $10^{-5}$ , na trzech rodzajach komórek ludzkich (pępowinowych, łożyskowych i zarodkowych). To rozcieńczenie jest daleko niższe od stosowanych w rolnictwie i odpowiada niskim poziomom pozostałości w żywności lub paszy. Formulacje handlowe zostały porównane z czystym glifosatem G oraz z jego metabolitem AMPA (kwasem aminometylofosforowym) oraz ze stosowaną jako dodatek technologiczny POEA (poliethoksylo-tallowaminą). Wszystkie formuacje R powodowały śmierć komórek w czasie do 24 godzin, przez zahamowanie funkcji mitochondrialnej dehydrogenazy busztynianowej i martwicę, przez uwolnienie cytozolowej kinazy adenylowej. Preparaty te powodują też apoptozę przez uaktywnienie enzymatycznej funkcji kaspaz 3/7. Potwierdza to charakterystyczny rozpad DNA, kurczenie się i rozpad jąder [Benachour i Séralini 2009].

W innych badaniach w Urbino komórki wątrobowe linii HTC traktowano Roundupem w stężeniach 1–10 mM i analizowano ich parametry za pomocą cytometrii przepływowej

oraz mikroskopii fluorescencyjnej i elektronowej. Żywotność komórek ani morfologia większości organelli nie były zmienione, zaobserwowano jednak zmiany w ilości lizosomów oraz strukturze błon mitochondrialnych, mogące wpływać na obniżenie aktywności łańcucha oddechowego (Malatesta i in. 2008). Obecność pozostałości substancji czynnej, produktów jej rozkładu i substancji technologicznych wywołuje zaburzenia rozrodu, hamowanie procesów podziału komórek zarodka, uszkodzenie komórek łożyska, a także zaburzenia syntezy hormonów sterydowych [Benachour i Séralini 2009, Gasnier i in. 2009, Mañas i in. 2009, 2009a, Richard i in. 2005].

W Ameryce Południowej, gdzie w ostatnich latach wzrosło zużycie herbicydów na bazie glifosatu, zaczynają pojawiać się sygnały o szkodliwym wpływie tego środka na zdrowie ludzi. U kobiet narażonych podczas ciąży na kontakt z herbicydami wzrasta odsetek dzieci z zaburzeniami rozwojowymi, takimi jak mikrocefalia, acefalia czy nieprawidłowości w budowie czaszki. Zespół z Uniwersytetu w Buenos Aries w badaniach na zarodkach żaby (*Xenopus laevis*) i kurzych potwierdził teratogenne działanie glifosatu na zarodki płazów, u których występowały deformacje głowy i ośrodkowego układu nerwowego. Glifosat w rozcieńczeniach 1:5000 preparatu handlowego powoduje uszkodzenia zarodków *Xenopus laevis* i kurzych. W zjawisko to zaangażowana jest ścieżka sygnałowa kwasu retinowego [Paganelli i wsp. 2010].

Dopuszczalna pozostałość glifosatu w soi w UE wynosi  $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . W omawianych badaniach zniekształcenia embrionów wystąpiły przy stężeniu glifosatu  $2,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , czyli prawie 10 razy niższym. Według danych FAO w ziarnie sojowym notuje się pozostałości glifosatu na poziomie powyżej  $17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Wprowadzenie do obrotu i uprawy roślin GMO na teren Polski zagraża głównym priorytetem w rozwoju polskiego rolnictwa. Tradycyjne gatunki roślin to nasze bogactwo biologiczne, przez Polskę wniesione do zubożonej przyrodniczo zachodniej Europy.

Troska o zachowanie dziedzictwa naturalnego i idea zrównoważonego rozwoju jest wielkim wyzwaniem dla współczesnego człowieka. Czy człowiek psując wszystko dokooła, nie zostanie strasznie oszukany – a na odwrót będzie za późno?

## PIŚMIENICTWO

- BATTISTELLI S., CITTERIO B., BALDELLI B., PARLANI C., MALATESTA M. 2010. Histochemical and morpho-metrical study of mouse intestine epithelium after a long term diet containing genetically modified soybean. *Eur J Histochem.* 54(3):36.
- BENACHOUR N., SÉRALINI GE. 2009. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. *Chem Res Toxicol.* 2(1):97–105.
- CHROSTOWSKI K. 2006. Doping genowy nowe zagrożenie dla sportu. *Sport wyczynowy* 9/10: 485.



- EWE SWB & PUSZTAI A. 1999. Effects of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet* 354: 135–154.
- GASNIER C., DUMONT C., BENACHOUR N., CLAIR E., CHAGNON MC, SÉRALINI GE. 2009. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology* 262, 3: 184–191.
- HO MW., RYAN A. & CUMMINS J. 1999. Cauliflower mosaic viral promoter – A recipe for disaster? *Microbial Ecology in Health and Disease* 11: 194–197.
- LISOWSKA K. 2010. Genetycznie modyfikowane uprawy a zrównoważone rolnictwo i nasze zdrowie. *J Ecol. Health* 14(6): 303–309.
- MALATESTA M., BIGGIOGERA M., MANUALI E., ROCCHI MB., BALDELLI B., GAZZANELLI G. 2003. Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem.* 47(4):385–8.
- MALATESTA M., CAPORALONI C., GAVAUDAN S., ROCCHI MB., SERAFINI S., TIBERI C., GAZZANELLI G. 2002. Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analyses of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Cell Struct Funct.* 27(4):173–80.
- MALATESTA M., TIBERI C., BALDELLI B., BATTISTELLI S., MANUALI E., BIGGIOGERA M. 2005. Reversibility of hepatocyte nuclear modifications in mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem.* 49(3):237–42.
- MALATESTA M., PERDONI F., SANTIN G., BATTISTELLI S., MULLER S., BIGGIOGERA M. 2008. Hepatoma tissue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function. *Toxicol In Vitro.* 22(8):1853–60.
- MAÑAS F., PERALTA L., RAVIOLO J., GARCÍA OVANDO H., WEYERS A., UGNIA L., GONZALEZ CID M., LARRIPA I., GORLA N. 2009. Genotoxicity of AMPA, the environmental metabolite of glyphosate, assessed by the Comet assay and cytogenetic tests. *Ecotoxicol Environ Saf.* 72(3): 834–837.
- MAÑAS F., PERALTA L., GARCÍA OVANDO H., WEYERS A., UGNIA L., LARRIPA I., GONZALEZ CID M., GORLA N. 2009a. Genotoxicity of Glyphosate assessed by the comet assay and cytogenetic tests. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 28: 37–41.
- PAGANELLI A., GNAZZO V., ACOSTA H., LÓPEZ SL., CARRASCO AE. 2010. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chem. Res. Toxicol.* 23(10): 1586–1595.
- QUIST D. & CHAPELA IH. 2001. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* 414: 541–543.
- RICHARD S., MOSLEMI S., SIPAHUTAR H., BENACHOUR N., SÉRALINI GE. 2005. Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect.* 113(6) : 16–20.

- SÉRALINI GE., DE VENDÔMOIS JS., CELLIER D., SULTAN C., BUIATTI M., GALLAGHER L., ANTONIOU M., DRONAMRAJU KR. 2009. How subchronic and chronic health effects can be neglected for GMOs, pesticides or chemicals. *Int J Biol Sci.* 5 : 438–43.
- State-Specific Prevalence of Obesity Among Adults — United States.** 2008. CDC. *MMWR* 57(36):765–8.
- DE VENDÔMOIS JS., ROULLIER F., CELLIER D., SÉRALINI GE. 2009. A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *Int J Biol Sci.* 5(7):706–26.
- VECCHIO L., CISTERNA B., MALATESTA M., MARTIN TE., BIGGIOGERA M. 2004. Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *Eur. J Histochem.* 48(4): 448–54.