

Genetycznie modyfikowane uprawy a zrównoważone rolnictwo i nasze zdrowie

Genetically modified crops, sustainable development and our health

Streszczenie:

Technologia GMO w odniesieniu do rolnictwa i produkcji żywności jest przedmiotem nieustannych kontrowersji. Z jednej strony silne lobby związane z międzynarodowymi korporacjami prowadzi bardzo intensywny marketing upraw GMO i promocję osiągnięć biotechnologii. Z drugiej strony organizacje konsumenckie i ekologiczne ostrzegają przed potencjalnymi szkodliwymi skutkami dla zdrowia i dla środowiska. Ryzyko upraw GMO związane z ingerencją w środowisko naturalne jest bardziej oczywiste i jest dość otwarcie artykułowane przez przyrodników i specjalistów w zakresie ekologii. Wyraża je jasno oświadczenie Komitetu Ochrony Środowiska PAN, w którym zawarty jest wniosek o moratorium na uprawy odmian GMO w Polsce. Zupełnie przeciwstawne stanowisko prezentuje Komitet Biotechnologii PAN, który przekonuje, że żywność otrzymana z GM odmian jest bezpieczna dla zdrowia, a same uprawy nie stanowią zagrożenia dla środowiska. W niniejszym opracowaniu przedstawiona będzie ocena technologii GMO w rolnictwie amerykańskim, opublikowana w tym roku przez Amerykańską Akademię Nauk. Omówione będą także zagadnienia wydajności i opłacalności tych upraw, poziom zużycia pestycydów oraz wyniki prac badawczych wskazujących na nieobojętny dla metabolizmu komórkowego wpływ diety zawierającej zboża wyprodukowane w technologii GMO.

Abstract:

There are continuous controversies concerning the issue of the GMO technology in agriculture and food production. On one hand there is a strong lobby connected with international corporations which performs a very intensive marketing of the GMO crops together with the promotion of the biotechnological achievements. On the other hand however, consumer and environmental organisations alarm against the potentially harmful effects for health and the environment. The risk associated with the GMO crops related to the intrusion into the natural environment is more obvious and better pronounced by environmentalists and ecology experts. It is clearly expressed by the statement of the Environmental Protection Committee of the Polish Academy of Sciences which includes a motion for a memorandum on GMO crops cultivation in Poland. A contrary position however is represented by the Biotechnology Committee of the Polish Academy of Sciences which convinces that the food produced from GM varieties is safe for health and that the crops do not pose any risk to the environment. The paper presents the assessment of GMO technology in American agriculture, where its history is the oldest, published by the American Academy of Sciences. The issues of efficiency and economic viability of these crops and the level of pesticide consumption are discussed. In addition, the results of studies showing a non-neutral impact of a diet including GM technology-produced cereals on the cellular metabolism are presented.

Słowa kluczowe: Genetycznie zmodyfikowane organizmy, GMO, rolnictwo, agrobiznes, biotechnologia, korporacje, lobbying, środowisko naturalne, zdrowie, glifosat, Roundup

Key words: Genetically modified organisms, GMO, agriculture, agrobusiness, biotechnology, corporations, lobbying, natural environment, health, glyphosphate, Roundup

Technologia GMO w odniesieniu do rolnictwa i produkcji żywności jest przedmiotem nieustannych kontrowersji. Większość społeczeństwa nie dysponuje odpowiednią wiedzą, aby móc analizować literaturę fachową w tym zakresie i samodzielnie wyciągać wnioski. Zresztą rzetelność badań naukowych w odniesieniu do GMO też jest przedmiotem kontrowersji. Dopuszczenie na rynek odmian GMO i żywności z nich otrzymanej odbywa się bowiem na podstawie badań dostarczanych przez przemysł biotechnologiczny, a nie przez niezależne podmioty. Bada-

nia te bez wyjątku kończą się konkluzją, że karma/żywność otrzymana z GM odmian nie różni się pod względem bezpieczeństwa od żywności tradycyjnej. Jednak koncerny ograniczają się w większości do badań krótkoterminowych, pozbawionych bardziej wnikliwych analiz molekularnych, prowadzonych na dorosłych (a nie młodocianych) zwierzętach laboratoryjnych. Z kolei pojedyncze badania wykonane przez laboratoria niezależne od koncernów, a wykazujące odstępstwa od normy fizjologicznej u zwierząt karmionych GM paszą czy wykazujące szkodliwość

dla środowiska, stają się przedmiotem niezwykle drobiazgowych recenzji i ostrych ataków. Społeczna ocena technologii GMO staje się więc ostatecznie bardziej kwestią przekonań i wiary, niż rzeczywistej wiedzy i oceny faktów.

Ryzyko upraw GMO związane z ingerencją w środowisko naturalne jest bardziej oczywiste niż ryzyko zdrowotne. Jasne stanowisko w tej sprawie zawiera oficjalne oświadczenie¹⁾ Komitetu Ochrony Przyrody PAN z 2010 r., które kończy apel o 15-letnie moratorium na uprawy GMO w Polsce. Zupełnie przeciwstawne stanowisko prezentuje Komitet Biotechnologii PAN, który stoi na stanowisku, że żywność otrzymana z GM odmian jest bezpieczna dla zdrowia, a same uprawy nie stanowią zagrożenia dla środowiska. Wątpliwości budzi jednak fakt, że biolodzy molekularni autorytarnie wypowiadają się w kwestiach związanych ze zdrowiem i środowiskiem, choć ich domeną badawczą jest w rzeczywistości pewien rodzaj zaawansowanej chemii.

Za technologią GMO stoją potencjalne ogromne zyski. Polska jako jeden z większych krajów rolniczych UE i blisko 40-milionowy rynek konsumencki, w oczywisty sposób znajduje się więc w polu zainteresowania koncernów. Kształt nowej ustawy o genetycznie zmodyfikowanych organizmach, kwestia otwarcia Polski na uprawy GMO i społecznej akceptacji, jest przedmiotem silnego lobbingu. Dlatego towarzyszą nam nośne hasła marketingowe, np. o wyższej opłacalności GM upraw, czy humanitarne – o potrzebie wykarmienia rosnącej populacji świata, na którą remedium są rzekomo odmiany GM zbóż. Brakuje zaś refleksji, że w Polsce mamy nadprodukcję żywności, a UE narzuca nam ograniczenia produkcji rolnej w postaci różnych tzw. „kwot”. Nie wspomina się też o tym, jakie ilości płodów rolnych są marnotrawione w produkcji biopaliw. I wreszcie zapomina się o tym, że atutem Polski na rynkach europejskich jest produkowana u nas dobrej jakości żywność będąca wytworem tradycyjnego rolnictwa, kupowana na zachodzie chętniej niż rodzime produkty tamtejszego agrobiznesu. Ten atut stracimy, gdy w naszej produkcji rolnej pojawi się domieszka GMO. A polski model tradycyjnego, rodzinnego rolnictwa, który daje utrzymanie i godne życie milionom ludzi na wsi, nie wytrzyma w konkurencji z przemysłowym rolnictwem jakie wkracza wraz z technologią GMO.

Ocena technologii GMO w rolnictwie amerykańskim

Tegoroczny raport Amerykańskiej Akademii Nauk podsumowuje korzyści i zagrożenia związane z technologią GMO w rolnictwie [1]. Od czasu wprowadzenia pierwszych GM odmian zbóż w 1996 r., areał tych upraw w USA

wzrósł bardzo szybko, osiągając w 2009 r. ok. 80-90% w uprawach soi, kukurydzy i bawełny. Raport ocenia, że rolnicy amerykańscy zyskali dzięki ułatwieniom w zwalczaniu chwastów i szkodników, a także dzięki przestawieniu się z systemu głębokiej orki na system siewu bezpośredniego, co jest też korzystne dla środowiska, gdyż zmniejsza erozję gleb. Raport ostrzega jednak, że w dalszej perspektywie zyski te, zarówno w odniesieniu do ekonomii, jak i środowiska mogą okazać się przejściowe. Jest to związane z powszechnym nadużywaniem jednego rodzaju herbicydów (wytwarzanych na bazie glifosatu) i pojawianiem się chwastów opornych na ten środek. Raport zwraca także uwagę, że jak dotąd, skomercjalizowano bardzo ograniczone spektrum modyfikacji genetycznych (praktycznie tylko odmiany wykazujące oporność na herbicyd i/lub zdolność syntezy toksyn Bt). Przemysł biotechnologiczny nie jest zainteresowany komercjalizacją innych GM odmian (takich jak odmiany odporne na suszę, zasolenie gleby, chłód, itp.) ze względu na ich „niedostateczny potencjał marketingowy”. W raporcie podkreślono, że nie ma dotychczas wiarygodnych analiz odnośnie wpływu technologii GMO na społeczności wiejskie, dostępności tradycyjnych odmian ziarna siewnego, skutków koncentracji rynku nasion w rękach pojedynczych firm, wpływu technologii GMO na rachunek ekonomiczny ludności żyjącej z rolnictwa. Główna konkluzja raportu jest taka, że co prawda technologia HR (herbicide resistance) spowodowała powszechne przejście rolników na mniej toksyczne herbicydy (takie jak Roundup), ale z kolei nadużywanie tego środka spowodowało nasilający się problem oporności chwastów. Na przestrzeni lat 1996-2009 w USA powstało 9 gatunków opornych na glifosat, podczas gdy w pozostałych regionach świata, nie używających technologii GMO, w latach 1974-2009 odnotowano tylko 7 takich chwastów. Jeżeli chodzi o szkodniki, to dotąd odnotowano w USA tylko dwa gatunki owadów uodpornionych na toksynę Bt. Raport ocenia, że „ucieczka genów” do środowiska poprzez przepylenie z dzikimi odmianami pokrewnymi nie stanowi w USA problemu w odniesieniu do kukurydzy i soi (brak dzikich odmian pokrewnych), ale jest problemem dla rolników tradycyjnych, których zbiory zanieczyszczane są w ten sposób domieszką GMO. Przepylanie się rzepaku i roślin uprawnych oraz chwastów z rodziny Brassicaceae jest natomiast potencjalnym problemem w odniesieniu do środowiska naturalnego. Także bawełna ma w USA dzikich krewniaków, co może być przyczyną „ucieczki” transgenów do środowiska.

W konkluzjach Raportu, największej zalety technologii GMO upatruje się w odniesieniu do zmniejszenia zanieczyszczenia wód powierzchniowych dzięki upowszechnieniu się mniej toksycznych herbicydów na bazie glifosatu i rezygnacji z głębokiej orki stosowanej wcześniej do zwalczania chwastów. Te zdobycze będą jednak prawdopodobnie krótkotrwałe, ze względu na rozszerzające się zjawisko oporności chwastów [1].

¹⁾ Oświadczenie Komitetu Ochrony Przyrody PAN w sprawie uwalniania do środowiska organizmów modyfikowanych genetycznie (GMO) – „konieczności moratorium i wielostronnych badań”
http://www.run.pan.pl/images/stories/pliki/pdf/komitet_ochrony_przyrody_pan2010_1.pdf

Wydajność i opłacalność upraw GMO

Odmiany GMO są reklamowane jako bardziej wydajne niż odmiany tradycyjne. Jednakże większość analiz wykazuje, że plenność GM zbóż nie jest większa w porównaniu z plennością odmian tradycyjnych [1-3]. Co więcej, ceny ziarna odmian GM są w większości krajów (poza Argentyną) znacznie wyższe niż ziarna tradycyjnego. Wynika to z opłat licencyjnych (technology fee) wliczanych w cenę ziarna siewnego [1,3,4]. Większy zysk rolnika uprawiającego odmiany GM, jeżeli ma miejsce, wynika z obniżenia kosztów zakupu pestycydów i mniejszej pracochłonności upraw [1,3]. Nie są to jednak zyski trwałe, w świetle rosnącego problemu „superchwastów” opornych na glifosat [1,5] oraz szkodników nabierających oporności na toksynę Bt [6-10]. W Unii Europejskiej, w celu ochrony środowiska naturalnego i tradycyjnych upraw określono bardzo szczegółowo zasady prowadzenia GM upraw. Szacuje się, że koszty przestrzegania tych zaleceń, stanowią o mniejszej opłacalności GM upraw w porównaniu do upraw tradycyjnych. Jak czytamy w raporcie Komisji Europejskiej [11]: „opracowanie to rzuca światło na potencjalne koszty, jakie będą ponosić rolnicy w związku z przyjęciem wytycznych UE dotyczących współistnienia – zakładających rozdzielanie upraw ekologicznych, tradycyjnych i GM. Główne rozważane środki to czyszczenie maszyn żniwnych, prowadzenie upraw GM w znacznej odległości od upraw tradycyjnych oraz wysiew odmian zwykłych w pasach buforowych wokół upraw GM oraz pośrodku (tzw. ostoje dla zachowania bioróżnorodności i zmniejszenia ryzyka powstawania oporności u chwastów i szkodników). Autorzy raportu oceniają, że środki te zwiększyłyby koszty ponoszone przez rolników uprawiających GM kukurydzę o 84 euro na hektar.”

Zużycie pestycydów

Zastosowanie GM odmian miało przynieść obniżenie zużycia pestycydów w rolnictwie. Przeczy temu raport Charlesa Benbrooka [5] podsumowujący 13 lat stosowania technologii GMO w rolnictwie amerykańskim. W oparciu o oficjalne dane amerykańskiego Departamentu Rolnictwa raport wylicza znaczący wzrost zużycia glifosatu przy równoczesnym spadku zużycia innych herbicydów, przy czym łączne zużycie zaczyna wykazywać tendencję wzrostową. Zapomina się także o tym, że odmiany Bt same produkują naturalny pestycyd, toksynę Cry. W USA odmiany Bt zostały zarejestrowane w grupie pestycydów, a nie jako środek spożywczy. W pierwszym tego typu badaniu, opublikowanym w 2009 r. wykazano, że kukurydza MON88017 produkuje 905 g toksyny Cry3Bb1 na hektar (0.8 funta na akr), czyli czterokrotnie więcej niż wynosi średnie zużycie konwencjonalnych pestycydów w uprawach tradycyjnych. Szacuje się, że nowe odmiany GM, które zawierają po sześć różnych genów Bt, będą produkować nawet do kilku funtów toksyny na akr [12].

GM karma a zdrowie zwierząt doświadczalnych

Serię badań nad wpływem GM soi odpornej na glifosat wykonał zespół Manuela Malatesty z Uniwersytetu w Urbino we Włoszech. We wszystkich doświadczeniach myszy karmiono standardową karmą laboratoryjną z dodatkiem 14% soi (odpowiednio – modyfikowanej lub konwencjonalnej). Badania różnych narządów i stadiów rozwojowych prowadzono z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej, technik immunoelektronowych, pomiarów ekspresji genów i standardowych analiz biochemicznych. Pierwsze badania dotyczyły trzustki. Chociaż u myszy karmionych GM soją nie zaobserwowano zmian w ultrastrukturze komórek wydzielniczych trzustki, jednak odnotowano znamienne statystycznie zmniejszenie ilości proenzymów trzustkowych produkowanych przez te komórki [13]. Stwierdzono, że w nukleoplazmie i jąderkach występuje znaczące obniżenie poziomu białek zaangażowanych w składanie transkryptów (splicing). Zaobserwowano także nasiloną akumulację granul perichromatynowych. Te zmiany sugerują obniżony poziom potranskrypcyjnej obróbki RNA i/lub zahamowanie eksportu z jądra, co może być bezpośrednią przyczyną zahamowania syntezy i obróbki proenzymów trzustkowych u zwierząt karmionych GM soją [14].

Jądra (testes) są czułym bioindykatorem reagującym na obecność szkodliwych substancji w organizmie. W komórkach Sertoliego u myszy karmionych GM soją zaobserwowano obniżony poziom niektórych białek (antygeny Sm, hnRNP, SC35 i polimerazy I RNA). Zmiany te występowały u myszy w wieku 2 i 5 miesięcy, zaś w wieku 8 miesięcy poziomy badanych białek wracały do normy. Jednak bez względu na wiek, u zwierząt karmionych GM soją występował zwiększony poziom granul perichromatynowych i zmniejszenie ilości porów jądrowych, a także zwiększenie powierzchni gładkiej siateczki śródplazmatycznej [15].

Chociaż ogólna morfologia jądra komórkowego w embrionach rozwijających się u myszy karmionych GM soją nie odbiega od normy, jednak analizy molekularne (oznaczenia immunocytologiczne i hybrydyzacja in situ) wykazują pewne zmiany. W 2-komórkowym zarodku następuje obniżenie wydajności transkrypcji i składania mRNA (splicing). Zmiany te cofają się na etapie 4-8 komórkowego zarodka. Z kolei dojrzewanie mRNA jest mniej wydajne zarówno w 2 jak i 4-8 komórkowych zarodkach w porównaniu do myszy kontrolnych [16]. Tego typu zjawiska, zachodzące na wczesnych etapach embriogenezy mogą mieć wpływ na dalszy rozwój zarodka.

U myszy karmionych GM soją nie stwierdzono zmian w strukturze nabłonka jelit, obserwowano natomiast zmiany w ilości i składzie śluzu wypełniającego przestrzeń między kosmkami jelitowymi [17]. Z kolei w wątrobie obserwowano znaczące zmiany w kształcie i wyglądzie jąder komórkowych hepatocytów: nieregularny kształt, zwiększoną ilość porów jądrowych i nieregularny kształt jąder

z licznymi centrami fibrylarnymi oraz zwiększoną ilością komponenty fibryllarnej. Obraz taki jest zwykle interpretowany jako objaw nasilonego tempa metabolizmu oraz nasilonego transportu pomiędzy jądrem a cytoplazmą. Interpretację taką potwierdza także zwiększony poziom białek zaangażowanych w składanie transkryptów (snRNPs i SC-35) obserwowany w hepatocytach [18]. Badano także zależność tych zmian od czasu trwania diety i wieku, w którym wprowadzono GM karmę. W ciągu miesiąca od powrotu do diety kontrolnej, następuje cofanie się zmian w strukturze jądra komórkowego obserwowanych metodą immunoelektroskopii. Z kolei, u dorosłych myszy, wystarczy miesiąc diety zawierającej GM soję aby pojawiły się zmiany podobne jak u zwierząt karmionych tą dietą od momentu odstawienia od matek. A zatem, zmiany wywołane obecnością w diecie GM soi są odwracalne, jednak powstawanie takich zmiany dotyczy nie tylko młodych zwierząt, karmionych GM soją od chwili odstawienia, ale także zwierząt dorosłych, po zaledwie miesiącu od wprowadzenia takiej diety [19]. 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. Bardziej wyraźna była też ekspresja markerów związanych ze starzeniem komórkowym [20].

Należy podkreślić, że badania Malatesty są unikalne ze względu na ich metodologię. Tak szczegółowych analiz na poziomie ultrastruktury komórki nie prowadzą laboratoria koncernów biotechnologicznych produkujących GM rośliny uprawne. Kwestia, czy subtelne zmiany w ultrastrukturze i metabolizmie komórkowym mogą mieć wpływ na zdrowie człowieka pozostaje do rozstrzygnięcia. Jednak w świetle przedstawionych obserwacji teza, że żywność otrzymana w technologii GMO nie różni się niczym od tradycyjnej, jest nieuprawniona.

Szukamy przyczyn: karma GMO czy pestycydy?

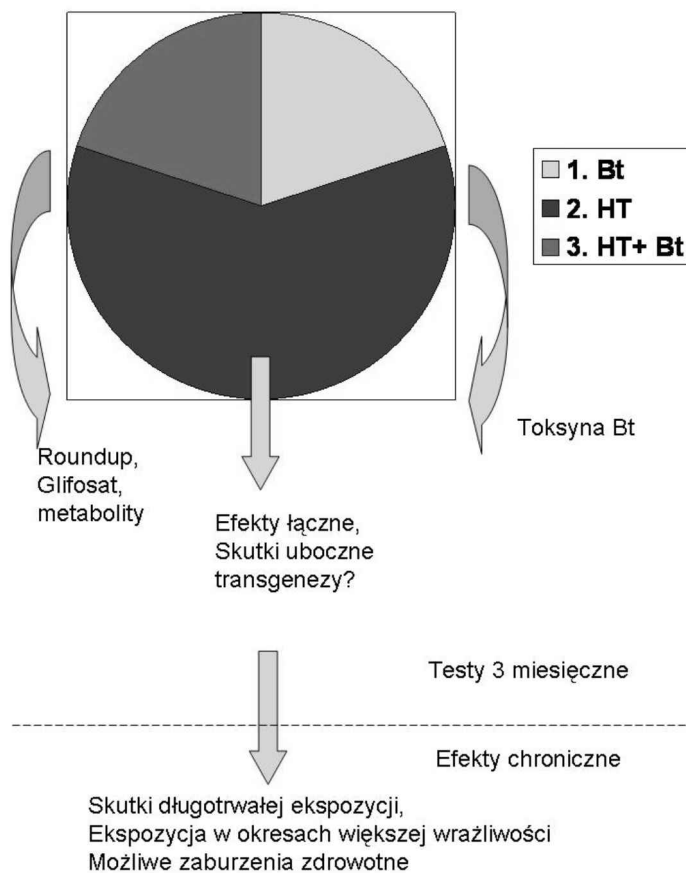
Wszystkie omówione badania prowadzono z wykorzystaniem soi odpornej na herbicyd Roundup. Nasuwa się więc hipoteza, czy przyczyną obserwowanych zmian mogą być pozostałości herbicydu obecne w takim ziarnie. Dotychczas opublikowano co najmniej kilkanaście badań nad wpływem na organizmy żywe zarówno czystego glifosatu jak i preparatu Roundup, w którym glifosat występuje w towarzystwie substancji pomocniczych. W laboratorium Malatesty komórki wątrobowe linii HTC traktowano Roundupem w stężeniach od 1-10mM i analizowano ich parametry za pomocą cytometrii przepływowej oraz mikroskopii fluorescencyjnej i elektronowej. Chociaż żywotność komórek ani morfologia większości organelli nie były zmienione, zaobserwowano jednak zmiany w ilości lizosomów oraz strukturze błon mitochondrialnych, mogące wpływać na obniżenie wydajności łańcucha oddechowe-

go. Z kolei jądra komórkowe wykazywały podobne zmiany morfologiczne i funkcjonalne, jak w przypadku myszy karmionych GM soją (zaburzenia aktywności transkrypcyjnej i wydajności składania transkryptów). Obserwacje te sugerują, że to właśnie Roundup może być przyczyną obserwowanych zaburzeń w ultrastrukturze i metabolizmie komórek u zwierząt karmionych GM soją [21].

Badania zespołu Seraliniego [22] także wykazały zmiany w różnych narządach u szczurów karmionych kukurydzą NK 603 – odporną na Roundup, jak również dwoma rodzajami GM kukurydzy produkującej toksynę Bt (MON 810 i MON 863). W analizie tej uwzględniono 60 różnych parametrów biochemicznych, ocenianych po 5 i 14 tygodniach diety. Szczury karmione GM kukurydzą porównywano ze szczurami karmionymi zarówno izogenicznymi, jak i niespokrewnionymi odmianami konwencjonalnymi. Analiza statystyczna, w tym analizy wieloczynnikowe uwzględniające wiek, płć i czas trwania diety, wykazała ewidentne zmiany w zakresie parametrów typowych dla wątroby i nerek, głównych organów detoksyfikacyjnych. Wielkość obserwowanych zmian była zależna od płci i w wielu przypadkach także od dawki. Mniej znamienne zmiany dotyczyły także nadnerczy, śledziony i układu krwiotwórczego. Autorzy konkludują, że zmiany te mogą być związane z obecnością pestycydów w diecie (pozostałości preparatu Roundup, toksyna Bt), jak również uważają, że nie można wykluczyć niezamierzonych efektów ubocznych procesu transgenezy [22]. W publikacji Seralini i współpracownicy wykazują, w jaki sposób powszechnie stosowane badania ryzyka w odniesieniu do GM żywności mogą nie uwzględniać chronicznych i subchronicznych efektów takiej diety. Bardzo często ignorowane są bowiem obserwacje, w których widoczna jest zależność od płci lub nieliniowe efekty związane z dawką lub czasem ekspozycji. Większą uwagę powinno się więc zwracać na potencjalne ryzyko chorób hormono-zależnych oraz wczesne symptomy toksyczności [23].

Glifosat w wielkoobszarowych uprawach GMO

Herbicydy na bazie glifosatu były do niedawna uważane za nieszkodliwe [24]. Jednak w obszarach wiejskich w Ameryce Południowej, gdzie w ostatnich latach gwałtownie wzrosło ich zużycie, zaczynają pojawiać się sygnały o szkodliwym wpływie tego środka na zdrowie ludzi. Są doniesienia, że u kobiet narażonych podczas ciąży na kontakt z herbicydami wzrasta odsetek urodzin dzieci z zaburzeniami rozwojowymi takimi jak mikrocefalia, acefalia czy nieprawidłowości w budowie czaszki [cyt za: 25]. Badania molekularne potwierdzają, że herbicydy na bazie glifosatu zaburzają sygnały endokrynne w komórkach łożyska linii JEG3. Mechanizm tego zjawiska obejmuje obniżenie poziomu mRNA genu CYP19, kluczowej cząsteczki cytochromu P450, który jest odpowiedzialny za konwersję androgenów w estrogeny. Wykazano, że substancja czynna



Ryc. 1. Standardowe testy oceny ryzyka nie nadają się do wykrywania szkodliwości związanych z chroniczną ekspozycją lub ekspozycją w okresach rozwojowych w których może występować zwiększona podatność: testy trwają zbyt krótko i są w większości wykonywane na dorosłych zwierzętach. Opracowano na podstawie [23].

herbicydu Roundup – glifosaty – hamuje działanie aromatazy, a dodatkowo, substancje wspomagające zawarte w Roundupie, takie jak detergenty, ułatwiają penetrację przez błony komórkowe, zwiększając jego biodostępność [26-29]. Zarówno czysty glifosaty jak i komercyjne preparaty herbicydowe uszkodzają komórki embrionalne i komórki łożyska, powodując uszkodzenia mitochondriów, aktywację proteaz apoptotycznych (kaspazy 3 i 7) oraz śmierć komórkową (apoptozę i nekrozę). Efekty te występują już po 24 godzinach ekspozycji komórek na dawki wielokrotnie niższe niż te stosowane w rolnictwie. Inne obserwowane efekty uszkodzające to cyto- i genotoksyczność [29,30]. W pracach [31,32] zaobserwowano, że różne komercyjnie dostępne herbicydy na bazie glifosatu zaburzają przebieg cyklu komórkowego. Przyczyną tego zjawiska są prawdopodobnie zaburzenia komórkowych systemów naprawy DNA przez glifosaty i jego metabolity (AMPA). Zjawisko to obserwowano u embrionów jeźowca już w przypadku użycia stężeń 4 000 razy niższych niż stosowane w rolnictwie. Glifosaty w stężeniu 8mM zaburza

pierwszy podział zarodka jeźowca powodując nieprawidłowości w aktywacji kompleksu kinazy białkowej CDK1 i cykliny B oraz w początkach fazy S cyklu komórkowego [28,33]. Są sugestie, że te zaburzenia molekularne mogą prowadzić do niestabilności genetycznej i mieć związek z rozwojem nowotworów [34,35]. Zaobserwowano także teratogenne działanie glifosatu na zarodki płazów, u których występowały deformacje głowy [36,25]. Glifosaty w rozcieńczeniach 5000 razy niższych niż w preparatach handlowych powoduje także uszkodzenia zarodków *Xenopus laevis* i kurczaka. W zjawisko to zaangażowana jest ścieżka sygnałowa kwasu retinowego [25].

O ile zatem nie ma dziś twardych dowodów na szkodliwe dla zdrowia skutki uboczne modyfikacji genetycznych żywności, staje się coraz bardziej oczywiste, że technologia upraw GMO niesie skutki nieobojętne dla zdrowia. Warto, by mieli to na uwadze decydenci odpowiedzialni za prawne regulacje dotyczące upraw GMO w Polsce.

Lobbying korporacyjny

Wielkie koncerny, potentaci agrobiznesu i przemysłu biotechnologicznego łożą niebagatelne środki na lobbying, mają też znaczący wpływ na środowiska naukowe i media. Ze sprawozdań finansowych firmy Monsanto wynika, że w 2009 roku na lobbying przeznaczyła ona blisko 9 mln USD, finansowała też oficjalnie kampanie wyborcze wielu amerykańskich polityków. W Polsce, jeden z wysokich urzędników firmy Monsanto Polska, jest równocześnie czołową postacią w stowarzyszeniu Polska Federacja Biotechnologii, które trudni się głównie tzw. fioletową biotechnologią, czyli wypełnia misję propagowania GM upraw i żywności. Aktywną promocją GMO zajmuje się także firma pod mylącą nazwą Niezależna Agencja Prasowa, która jest właścicielem domeny internetowej www.gbepolska.pl. Zaś członkami grupy GBE Polska są firmy: BASF, Bayer CropScience, Dow AgroSciences, DuPont, KWS, Monsanto i Syngenta, czyli największe koncerny z branży biotechnologicznej, wytwarzające i sprzedające GM odmiany zbóż. Te same firmy są członkami organizacji Biopol – Zielona Biotechnologia w Polsce, która na swojej stronie internetowej www.biopol.org.pl oferuje „pomoc dla mediów w redagowaniu artykułów prasowych dotyczących zagadnienia GMO oraz branży biotechnologicznej”. Biopol chwali się również: „dzięki współpracy z firmami biotechnologicznymi oraz polskimi ministerstwami, posiadamy bezpośredni dostęp do rzetelnej informacji”. Jak się wydaje, tego typu powiązania odpowiadają za to, że problem zagrożeń związanych z GMO jest przemilczany przez media.

Sytuacja prawna w Polsce i w Europie

Do niedawna jedyną dopuszczoną do uprawy w Unii Europejskiej odmianą GM była kukurydza MON810

wytwarzająca toksynę Bt. W 2009 r. Komisja Europejska zezwoliła na uprawę modyfikowanego ziemniaka Amflora stworzonego na potrzeby przemysłu papierniczego. W Polsce obowiązuje ustawa „Prawo o organizmach genetycznie zmodyfikowanych” z 22 czerwca 2001 r., która nie reguluje kwestii komercyjnych upraw GMO. Istnieje luka prawna, gdyż obowiązuje co prawda zakaz obrotu GM materiałem siewnym, ale możliwy jest indywidualny import. To powoduje, że zachęceni intensywną reklamą rolnicy sprowadzają i wysiewają odmiany GM, przede wszystkim kukurydzę MON810, ale prawdopodobnie również odmiany Roundup Ready (odporne na herbicyd), które nie są dopuszczone do uprawy w UE. Polskie instytucje kontrolne nie zajmują się identyfikacją tych upraw ani oszacowaniem ich arealów. Uprawa odbywa się więc w sposób sprzeczny z wytycznymi UE, bez zachowania wytycznych dotyczących współegzystencji. Bez najmniejszych wątpliwości, prowadzi to do rozprzestrzeniania się modyfikacji genetycznych w środowisku i zanieczyszczania tradycyjnego materiału siewnego. Sejm pracuje obecnie nad rządowym projektem nowej ustawy o GMO (druk 2547), który w swojej pierwotnej postaci dopuszczał komercyjne uprawy GMO i regulował ich zasady. Projekt ten był mocno krytykowany – przez lobby pro-GMO jako zbyt restrykcyjny, a przez innych – jako idący pod prąd aktualnym trendom unijnym, w sytuacji gdy kolejne państwa wprowadzają zakazy upraw GM (obecnie zakaz upraw kukurydzy MON810 obowiązuje w przodujących krajach rolniczych – Francji i Niemczech, a także w Luksemburgu, Grecji, Austrii, na Węgrzech, w Bułgarii i we Włoszech. Irlandia oraz Walia prawie w 100% objęte są strefą wolną od GMO, zaś Anglia w blisko 50%. Także w Szwajcarii obowiązuje moratorium na uprawy GMO). W lipcu 2010 zakończyła pracę sejmowa podkomisja rozpatrująca projekt ustawy o GMO, której przewodniczył prof. Jan Szyszko. Podkomisja wprowadziła do projektu zasadnicze zmiany: zakaz obrotu GM materiałem siewnym i zakaz uprawy roślin GMO. Zaostrożono także maksymalne kary za łamanie prawa. Takie zapisy powodują, że ustawa staje się spójna z Ramowym stanowiskiem rządu z 2006 r., potwierdzonym w roku 2008, które zakłada, że Polska dąży do tego, aby być krajem wolnym od GMO w zakresie rolnictwa²⁾. Dalszy los i kształt ustawy zależy teraz od decyzji Parlamentu RP.

Krytyka rządowego projektu ustawy o GMO

Poniżej przedstawiono najważniejsze kierunki krytyki zawarte w opiniach nadesłanych do Komisji Ochrony

²⁾ Ramowe stanowisko Polski dotyczące organizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMO), wersja z uwzględnieniem uwag Rady Ministrów 03.04.2006 r. Ramowe stanowisko Polski dotyczące organizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMO), dokument przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 18 listopada 2008 roku

³⁾ Dorota Stankiewicz, ekspert ds. systemu gospodarczego w Biurze Analiz Sejmowych: Analiza opinii i stanowisk, które wpłynęły do Komisji Ochrony Środowiska nt. rządowego projektu ustawy z druku 2547 oraz przygotowanie zestawienia propozycji przepisów w porównaniu do propozycji rządowych – uwagi szczegółowe (8.03.2010)

Środowiska³⁾:

1. Skutki uwalniania GMO do środowiska są dalekosiężne i nieodwracalne, a równocześnie znacznie groźniejsze od skutków powodowanych przez jakiegokolwiek inne czynniki zagrażające obecnie bioróżnorodności i jakości środowiska, przy czym rzeczywista skala zagrożeń pozostaje wciąż nierozpoznana.
2. Koegzystencja upraw GM i tradycyjnych oraz ekologicznych jest *de facto* niemożliwa (zbyt wiele nieprzewidywalnych czynników decyduje o „ucieczce genów”, czyli o niekontrolowanym rozprzestrzenianiu się pyłku lub nasion) oraz ze względu na rozdrobnioną strukturę agrarną polskiego rolnictwa; rolnictwo ekologiczne i transgeniczne wykluczają się.
3. Uprawa GMO jest sprzeczna z dalekowzrocznym interesem polskiego rolnictwa i przemysłu spożywczego; dopuszczenie odmian GMO uderzy w tradycyjny model polskiego rolnictwa, zagrozi konkurencyjnej pozycji polskiej żywności w UE, może doprowadzić do szybkiego wzrostu bezrobocia.

Konkluzje

Dopóki tak wiele sprzeczności i niejasności towarzyszy kwestii upraw GMO oraz żywności wytworzonej z GM odmian, wydaje się, że w sferze legislacji należy bezwzględnie kierować się zasadą przezorności (precautionary principle). Równolegle należy zapewnić możliwość prowadzenia niezależnych i rzetelnych badań nad odległymi skutkami spożywania żywności GM przez ludzi i zwierzęta i nad wpływem GM roślin na środowisko, a także obserwować jak kształtuje się bilans zysków i strat dla rolników i społeczeństw w tych krajach, które dopuszczają komercyjne uprawy GM odmian.

LITERATURA

- [1] National Research Council. 2010. The Impact of Genetically Engineered Crops on Farm Sustainability in the United States. Washington, DC: The National Academies Press.
- [2] Economic Impact of Dominant GM Crops Worldwide: a Review. EUR 22547 EN Manuel Gómez-Barbero, Emilio Rodríguez-Cerezo. EUROPEAN COMMISSION DG JRC-IPTS, Sustainability in Agriculture, Food and Health Unit December 2006.
- [3] Failure to yield: Evaluating the Performance of Genetically Engineered Crops. Doug Gurian-Sherman, Union of Concerned Scientists, April 2009.
- [4] The Organic Center Critical Issue Report: The magnitude and impact of the biotech and organic organic seed price premium, Charles Benbrook, December 2009).
- [5] The Organic Center Critical Issue Report: Impacts of Genetically Engineered Crops on Pesticide Use in the United States: The First Thirteen Years, Charles Benbrook November 2009.
- [6] Ferré J., Van Rie J.: Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annu Rev Entomol*. 2002; 47: 501-33. Review.
- [7] Griffiths J.S., Aroian R.V.: Many roads to resistance: how invertebrates adapt to Bt toxins. *Bioessays*. 2005 Jun; 27(6): 614-24. Review.
- [8] Heckel D.G., Gahan L.J., Baxter S.W., Zhao J.Z., Shelton A.M., Gould F., Tabashnik B.E.: The diversity of Bt resistance genes in species of Lepidoptera. *J Invertebr Pathol*. 2007 Jul; 95(3): 192-7. Epub 2007 Mar 25. Review.
- [9] Downes S., Mahon R., Olsen K.: Monitoring and adaptive resistance management in Australia for Bt-cotton: current status and future challenges. *J Invertebr Pathol*. 2007 Jul; 95(3): 208-13. Review.

- [10] Tabashnik B.E., Van Rensburg J.B., Carrière Y.: Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data. *J Econ Entomol.* 2009 Dec; 102(6): 2011-25. Review.
- [11] Economic Impact of Dominant GM Crops Worldwide: a Review. EUR 22547 EN Manuel Gómez-Barbero, Emilio Rodríguez-Cerezo. EUROPEAN COMMISSION DG JRC-IPTS, Sustainability in Agriculture, Food and Health Unit December 2006.
- [12] Nguyen H.T., Jehle J.A.: Expression of Cry3Bb1 in transgenic corn MON88017. *J Agric Food Chem.* 2009 Nov 11; 57(21): 9990-6.
- [13] Malatesta M., Caporaloni C., Rossi L., Battistelli S., Rocchi M.B., Tonucci F., Gazzanelli G.: Ultrastructural analysis of pancreatic acinar cells from mice fed on genetically modified soybean. *J Anat.* 2002 Nov; 201(5): 409-15.
- [14] Malatesta M., Biggiogera M., Manuali E., Rocchi M.B., Baldelli B., Gazzanelli G.: Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem.* 2003; 47(4): 385-8.
- [15] Vecchio L., Cisterna B., Malatesta M., Martin T.E., Biggiogera M.: Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem.* 2004 Oct-Dec; 48(4): 448-54.
- [16] Cisterna B., Flach F., Vecchio L., Barabino S.M., Battistelli S., Martin T.E., Malatesta M., Biggiogera M.: Can a genetically-modified organism-containing diet influence embryo development? A preliminary study on pre-implantation mouse embryos. *Eur J Histochem.* 2008 Oct-Dec; 52(4): 263-7.
- [17] Battistelli S., Citterio B., Baldelli B., Parlani C., Malatesta M.: Histochemical and morpho-metrical study of mouse intestine epithelium after a long term diet containing genetically modified soybean. *Eur J Histochem.* 2010 Aug; 54(3): e36.
- [18] Malatesta M., Caporaloni C., Gavaudan S., Rocchi M.B., Serafini S., Tiberi C., Gazzanelli G.: Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analyses of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Cell Struct Funct.* 2002 Aug; 27(4): 173-80. Erratum in: *Cell Struct Funct.* 2002 Oct; 27(5): 399.
- [19] Malatesta M., Tiberi C., Baldelli B., Battistelli S., Manuali E., Biggiogera M.: Reversibility of hepatocyte nuclear modifications in mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem.* 2005 Jul-Sep; 49(3): 237-42.
- [20] Malatesta M., Boraldi F., Annovi G., Baldelli B., Battistelli S., Biggiogera M., Quaglino D.: A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochem Cell Biol.* 2008 Nov; 130(5): 967-77.
- [21] Malatesta M., Perdoni F., Santin G., Battistelli S., Muller S., Biggiogera M.: 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.* 2008 Dec; 22(8): 1853-60.
- [22] de Vendômois J.S., Roullier F., Cellier D., Séralini G.E.: A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *Int J Biol Sci.* 2009 Dec 10; 5(7): 706-26.
- [23] Séralini G.E., de Vendômois J.S., Cellier D., Sultan C., Buiatti M., Gallagher L., Antoniou M., Dronamraju K.R.: How subchronic and chronic health effects can be neglected for GMOs, pesticides or chemicals. *Int J Biol Sci.* 2009 Jun 17; 5(5): 438-43. Review.
- [24] Williams G.M., Kroes R., Munro I.C.: Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2000 Apr; 31(2 Pt 1): 117-65. Review.
- [25] Paganelli A., Gnazzo V., Acosta H., López S.L., Carrasco A.E.: Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. *Chem Res Toxicol.* 2010 Aug 9.
- [26] Richard S., Moslemi S., Sipahutar H., Benachour N., Séralini G.E.: Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect.* 2005 Jun; 113(6): 716-20.
- [27] Haefs R., Schmitz-Eiberger M., Mainx H.G., Mittelstaedt W., Noga G.: Studies on a new group of biodegradable surfactants for glyphosate. *Pest Manag Sci.* 2002 Aug; 58(8): 825-33.
- [28] Marc J., Mulner-Lorillon O., Boulben S., Hureau D., Durand G., Bellé R.: Pesticide Roundup provokes cell division dysfunction at the level of CDK1/cyclin B activation. *Chem Res Toxicol.* 2002 Mar; 15(3): 326-31.
- [29] Benachour N., Séralini G.E.: Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. *Chem Res Toxicol.* 2009 Jan; 22(1): 97-105.
- [30] Gasnier C., Dumont C., Benachour N., Clair E., Chagnon M.C., Séralini G.E.: Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology.* 2009 Aug 21; 262(3): 184-91.
- [31] Marc J., Mulner-Lorillon O., Bellé R.: Glyphosate-based pesticides affect cell cycle regulation. *Biol Cell.* 2004 Apr; 96(3): 245-9.
- [32] Bellé R., Le Bouffant R., Morales J., Cosson B., Cormier P., Mulner-Lorillon O.: [Sea urchin embryo, DNA-damaged cell cycle checkpoint and the mechanisms initiating cancer development]. *J Soc Biol.* 2007; 201(3): 317-27.
- [33] Marc J., Bellé R., Morales J., Cormier P., Mulner-Lorillon O.: Formulated glyphosate activates the DNA-response checkpoint of the cell cycle leading to the prevention of G2/M transition. *Toxicol Sci.* 2004 Dec; 82(2): 436-42.
- [34] Mañas F., Peralta L., Raviolo J., García Ovando H., Weyers A., Ugnia L., Gonzalez Cid M., Larripa I., Gorla N.: Genotoxicity of AMPA, the environmental metabolite of glyphosate, assessed by the Comet assay and cytogenetic tests. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2009 Mar; 72(3): 834-7.
- [35] Mañas F., Peralta L., García Ovando H., Weyers A., Ugnia L., Larripa I., Gonzalez Cid M., Gorla N.: Genotoxicity of Glyphosate assessed by the comet assay and cytogenetic tests. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 28 (2009): 37-41.
- [36] Lajmanovich R.C., Sandoval M.T., Peltzer P.M.: Induction of mortality and malformation in *Scinax nasicus* tadpoles exposed to glyphosate formulations. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2003 Mar; 70(3): 612-8.