Katarzyna Lisowska

Spojrzenie historyczne: inżynieria genetyczna i nasze rozumienie fenomenu życia

Poznanie molekularnych mechanizmów dziedziczenia, rozwój biologii molekularnej i możliwości, jakie stwarza tzw. inżynieria genetyczna, to wielkie osiągnięcia nauki w ostatnim stuleciu. Te odkrycia podsyciły nadzieje, że zbliżamy się do rozwiązania zagadki życia i że wkrótce zyskamy narzędzia, aby naturę poprawiać i naginać do naszych potrzeb. Początkowo dominowało przekonanie, że gen (DNA) jest jedynym i absolutnym determinantem cech fenotypowych organizmu, a relacja między genotypem i fenotypem ma prosty charakter liniowy. Taki uproszczony ogląd życia zawarty był w dogmacie, którego autorami byli Crick i Watson: „DNA [gene] makes RNA, RNA makes protein, a protein makes us." Jeszcze w czasie trwania projektu Human Genome Project, w ramach którego w 2003 roku ustalono pełną sekwencję DNA zawartego w ludzkim genomie, wydawało się, że poznanie sekwencji genów pozwoli nam zrozumieć istotę życia, poznać przyczyny wielu chorób oraz opracować narzędzia terapeutyczne. Te nadzieje się nie spełniły, a kolejny wielki projekt badawczy pod kryptonimem Encode pozwolił odkryć dalsze, nieoczekiwane poziomy komplikacji w procesie regulacji ekspresji genów i tym samym ujawnił dalszą złożoność fenomenu życia [czytaj więcej w: 1].

W pewnym sensie technologia otrzymywania genetycznie zmodyfikowanych organizmów (GMO) oraz kuszące perspektywy modyfikacji roślin i zwierząt a także „terapii genowej" u ludzi bazują na wczesnym, redukcjonistycznym myśleniu o funkcji genu (jeden gen – jedna funkcja) i nie uwzględniają dalszych odkryć dotyczących złożoności przekazywania informacji genetycznej. To powoduje, że być może ignorujemy pewne zjawiska biologiczne, które towarzyszą modyfikacjom genetycznym i mogą sprawiać, że manipulacje te nie dają jedynie zamierzonych efektów, ale są obarczone niezamierzonymi, ubocznymi skutkami transgenezy. Należy też pamiętać, że ewolucja wytworzyła gatunki roślin, zwierząt i mikroorganizmów, z których każdy ma odrębną pulę genów. Odległe gatunki nie krzyżują się ze sobą w naturalnych warunkach. Przez tysiąclecia udoskonalanie odmian hodowlanych odbywało się w oparciu o naturalne mechanizmy krzyżowania roślin pokrewnych i selekcji pożądanych cech – bez sztucznej ingerencji w genom roślin. Techniki inżynierii genetycznej znajdują zastosowanie w rolnictwie dopiero od niespełna dwóch dekad; żadne wcześniejsze doświadczenia nie pozwalają dziś przewidzieć, jakie będą tego odległe skutki [przegląd w: 2, 3].

Co to jest GMO i do czego może być wykorzystane

Modyfikacje genetyczne w pierwszej kolejności zostały zastosowane w odniesieniu do mikroorganizmów. Wprowadzenie określonych obcych genów do genomu bakterii, pleśni, drożdży itp. doprowadziło do uzyskania genetycznie modyfikowanych organizmów (GMO), których produkty są pożyteczne dla człowieka, znajdują zastosowanie przede wszystkim w przemyśle czy farmacji. Genetyczne modyfikacje są też podstawowym narzędziem badawczym w naukach biologicznych i medycznych, gdzie służą badaniu funkcji genów i mechanizmów regulujących ich aktywność, ich roli w procesach chorobowych, etc. Takie zastosowania nie budzą większych kontrowersji, przede wszystkim dlatego, że GMO pozostają w obiegu zamkniętym i nie wydostają się do środowiska.

Jednak zastosowanie analogicznych manipulacji genetycznych na roślinach i zwierzętach rodzi wiele nowych problemów i nieoczekiwanych zagrożeń. Najpoważniejsze wątpliwości dotyczą GM roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych – raz dlatego, że GMO wkracza do produkcji żywności, dwa – dlatego, że produkcja ta odbywa się w środowisku naturalnym. Obawy dotyczą

więc zarówno bezpieczeństwa zdrowotnego jak i zagrożeń środowiskowych.

Genetycznie modyfikowane rośliny uprawne

Pierwsze próby modyfikacji genetycznych roślin uprawnych miały miejsce w latach 80-tych XX wieku i dotyczyły tytoniu, a nie roślin spożywczych. Pierwszym dopuszczonym do spożycia przez ludzi GM produktem był pomidor Flavr Savr, który charakteryzował się przedłużonym okresem przechowywania (1994). Pomidor ten nie odniósł sukcesu komercyjnego – prawdopodobnie wskutek braku akceptacji konsumentów i został wycofany z rynku.
Także i dzisiaj, wbrew powszechnym wyobrażeniom, asortyment modyfikowanych genetycznie roślin uprawnych jest raczej skromny. Są to niemal wyłącznie cztery rośliny: soja, kukurydza, rzepak i bawełna. Nie ma w sprzedaży genetycznie modyfikowanych pomidorów, truskawek ani sałaty. Również takie produkty rolne jak nektarynki, bezpestkowe mandarynki czy pszenżyto, często mylnie określane jako GMO, nie są produktami inżynierii genetycznej – zostały otrzymane za pomocą tradycyjnych metod ulepszania odmian uprawnych lub krzyżówek międzygatunkowych.
W Europie dopuszczono do uprawy jedynie dwie rośliny GMO: kukurydzę MON 810 (Monsanto) oraz ziemniak Amflora (BASF). Kukurydza MON 810 ma wszczepiony gen Cry z pałeczki glebowej Bacillus thuringensis, kodujący białko Bt - toksynę o właściwościach owadobójczych. Z kolei ziemniak Amflora został zmodyfikowany tak, aby nie produkować skrobi amylozowej, a wyłącznie skrobię amylopektynową, przydatną w wielu zastosowaniach przemysłowych (w branżach papierniczej, włókienniczej i klejowej). Amflora jest wiec ziemniakiem przemysłowym, ale nie da się wykluczyć, że w przypadkowy sposób może zostać wprowadzona do łańcucha pokarmowego ludzi i zwierząt gospodarskich. Wiele krajów Europy zakazało upraw GM kukurydzy, a niektóre także GM ziemniaka.

Podstawowe rodzaje modyfikacji genetycznych w rolnictwie

Wbrew rozpowszechnionym opiniom, GM odmiany roślin odpornych na suszę i inne zmiany klimatyczne, mogące rosnąć na glebach zasolonych, jak również słynny „złoty ryż" wzbogacony w prowitaminę A – wciąż pozostają w sferze badań laboratoryjnych i nie są dopuszczone do uprawy ani do spożycia. Przemysł biotechnologiczny nie jest zainteresowany komercjalizacją takich GM odmian, które byłyby odporne na suszę, zasolenie gleby, chłód, itp. - ze względu na ich „niedostateczny potencjał marketingowy" [56]. Mimo to zdarza się czytać w prasie, że „złoty ryż uratował miliony dzieci w Azji od ślepoty wywołanej niedoborem wit. A".
Ponad 90% uprawianych obecnie na świecie odmian GMO zawiera jedynie dwa rodzaje modyfikacji, z których jedna powoduje, że rośliny mają oporność na herbicyd, a druga - zdolność syntezy bakteryjnej toksyny Bt, która jest pestycydem. Rośliny pierwszego typu są oznaczane jako HR (herbicide resistant). Najczęstszą marką handlową roślin HR są odmiany Roundup Ready (RR) produkowane przez firmę Monsanto. Są one odporne na herbicyd Roundup, produkt tej samej firmy. Modyfikacja pozwala stosować opryski herbicydowe w czasie sezonu wegetacyjnego – chwasty giną, a uprawy GMO tolerują herbicyd.

Czy żywność otrzymana z odmian GMO może być szkodliwa?

Trudno dziś odpowiedzieć na pytanie, czy te produkty mogą być szkodliwe dla zdrowia. Wyniki badań naukowych na zwierzętach są niejednoznaczne, a badań epidemiologicznych na ludziach nikt nie prowadził, głównie dlatego, że w krajach obu Ameryk, w których ta żywność pojawiła się najwcześniej i występuje najpowszechniej – nie ma obowiązku oznaczania

zawartości GMO na etykietach. Praktycznie więc nie da się ankietować konsumentów w zakresie spożywania przez nich żywności GMO. Zatem teza, że doświadczenia amerykańskich konsumentów wskazują na brak szkodliwości GMO - jest metodologicznie całkowicie nieuprawniona.
Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że żywność GMO dopuszczona do obrotu raczej nie powoduje ostrej toksyczności [10-18]. Jeżeli wystąpią jakieś efekty szkodliwe, to dynamika ich pojawiania się będzie taka jak w przypadku narażenia na dym tytoniowy czy azbest – ujawni się po latach. Powstają zatem zastrzeżenia co do metod oceny ryzyka – powszechnie bowiem wykonuje się tylko krótkoterminowe testy na dorosłych zwierzętach laboratoryjnych (badanie toksyczności ostrej i subchronicznej, zazwyczaj testy 90-cio dniowe na szczurach). Przy takim podejściu badawczym subtelne zmiany słabo się ujawniają, albo wcale. Brakuje długoterminowych testów oraz badań wielopokoleniowych [4-9] .

Czy „obcy DNA" może być szkodliwy?
Obecnie wydaje się, że szkodliwe efekty żywności GMO raczej nie są związane z obecnością „obcego DNA" w genomie rośliny, chociaż w świetle coraz większej wiedzy o złożoności ekspresji informacji genetycznej (o czym wspomniano na wstępie), nie można tego całkowicie wykluczyć. Także coraz więcej wiadomo o ubocznych efektach transgenezy: wstawienie obcego genu w DNA rośliny powoduje powstawanie bardzo licznych mutacji, w tym rearanżacji materiału genetycznego oraz tzw. „efektu pozycji" – nowy gen może się znaleźć pod kontrolą niezamierzonych elementów regulacyjnych, a także elementy regulacyjne transgenu mogą spowodować zaburzenia aktywności wewnętrznych genów rośliny [przegląd w: 19]. Synteza białka wprowadzonego do rośliny metodą inżynierii genetycznej, także może prowadzić do nieoczekiwanych interakcji i modyfikacji jego cech, np. nabywania cech alergennych [43-46]. Wbrew zapewnieniom biotechnologów „obcy DNA" znajdujący się w diecie wcale nie musi być całkowicie trawiony w przewodzie pokarmowym ssaków, w tym człowieka [20-26]. Przy podwyższonym pH w żołądku (np. wskutek stosowania leków hamujących wydzielanie kwasu żołądkowego, czy neutralizujacych jego działanie), kwasy nukleinowe nie są trawione i przechodzą do jelita. Wykazano, że fragmenty transgenu (zawierające m.in. elementy wirusowe, czy geny oporności na antybiotyki) mogą przenikać z jelita do krwi, a nawet być wydzielane z mlekiem. Może się to okazać nie bez znaczenia, w świetle ostatnich odkryć, które wykazały, że cząsteczki mikroRNA obecne w diecie (w ryżu) mogą przenikać do komórek człowieka i w aktywny sposób regulować ekspresję ludzkich genów [27]. Jest to dowód, że teza „jesteśmy tym, co jemy" nie jest wcale poetycką przenośnią.
Wciąż też pozostają obawy związane z faktem stosowania w inżynierii genetycznej markerów selekcyjnych w postaci genów oporności na antybiotyki. W świetle rosnącego problemu antybiotykooopornosci drobnoustrojów chorobotwórczych Komisja Europejska zakazała uwalniania do środowiska GMO posiadających geny oporności na antybiotyki, ze względu na ryzyko przeniesienia tej cechy na bakterie w procesie poziomego transferu genu.

Pestycydy w żywności GMO
O ile nie ma twardych dowodów naukowych, że „obcy DNA" wprowadzony do roślin transgenicznych może być przyczyną szkodliwych efektów u ludzi, coraz więcej pojawia się informacji o szkodliwości pestycydów stosowanych w technologii uprawy typowej dla GMO [28-42]. Trzeba bowiem pamiętać, że większość uprawianych na świecie odmian GMO ma jeden z dwóch (albo oba na raz) rodzajów modyfikacji – odporność na opryski herbicydowe,

albo zdolność do produkcji toksyny Bt – bakteryjnego pestycydu. Coraz więcej danych wskazuje, że herbicydy takie jak Roundup mogą powodować wady rozwojowe i problemy z płodnością. Nie wiadomo dotąd, jakie działanie może mieć toksyna Bt w organizmie człowieka. Niepokojący jest z pewnością fakt, że zarówno Roundup jak i toksyna Bt przenikają do krwi człowieka. Jeszcze niedawno sądzono, że toksyna Bt ulega degradacji w pH soku żołądkowego i że ssaki nie mają w jelitach receptorów pozwalających wchłaniać to białko. Dziś już wiadomo, że jest inaczej.
Kanadyjscy badacze przeanalizowali próbki krwi pobrane od 30 ciężarnych kobiet i ich nowonarodzonych dzieci oraz od 39 kobiet nie będących w ciąży. W próbkach poszukiwano dwóch herbicydów (glifosat i glufosynat amonowy), oraz produktów ich rozpadu (kwas 3-MPPA) i białka Bt. Glifosat jest substancją czynną herbicydu totalnego Roundup, którym kilka razy w sezonie wegetacyjnym spryskiwane są rośliny Roundup Ready. Podobne zastosowanie ma glufosynat amonowy. Toksynę Bt wykryto u 93% przebadanych matek i u 80% noworodków, a także u 69% kobiet nie będących w ciąży. Glifosat i glufosynat znaleziono tylko u kobiet nie będących w ciąży (odpowiednio u 5% i 18% badanych). Natomiast kwas 3-MPPA znaleziono we krwi u wszystkich ciężarnych i u wszystkich noworodków (100%) [43]. Te dane wskazują, że żywność wytworzoną w technologii GMO trudno zaliczyć do tak zwanej zdrowej żywności.

Regulacje prawne
Na całym świecie, a szczególnie w Europie, rośnie opór konsumentów przeciwko technologii GMO w rolnictwie i produkcji żywności. 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 niemal 50%. Także w Szwajcarii obowiązuje moratorium na uprawy GMO, nałożone w wyniku ogólnokrajowego referendum.
Ramowe stanowisko z 2008 roku mówi, że rząd RP dąży do tego, aby Polska była krajem wolnym od GMO w zakresie rolnictwa. Dotąd to stanowisko nie było skutecznie realizowane w obawie przed sankcjami Komisji Europejskiej. Jednak w sierpniu 2011 prezydent Komorowski zawetował ustawę o nasiennictwie, która zawierała furtkę prawną zezwalającą na uprawy GMO. Minister rolnictwa Marek Sawicki również dziś deklaruje, że będzie starał się ograniczyć zastosowanie upraw GMO w Polsce i w Europie. Jest ku temu sprzyjający klimat, bo w lipcu tego roku Parlament Europejski opracował nowe wytyczne, które mają pozwolić krajom członkowskim samodzielnie decydować o zakazach upraw poszczególnych odmian GMO. Zakazy mogą być motywowane względami ochrony środowiska, względami społecznymi, a nawet kulturowymi. Te przepisy niedługo wejdą w życie.

Opłacalność upraw GMO
Dużo się mówi, że żywność GMO może być tańsza niż produkowana metodami tradycyjnymi. Soja GMO importowana z obu Ameryk jest rzeczywiście tańsza, ale prawdopodobnie głównie dlatego, że pochodzi z wielkoobszarowych, przemysłowych upraw, gdzie zostały do minimum ograniczone koszty pracy ludzkiej. Taki agrobiznesowy model nie pasuje do polskiej wsi, ani nie powinien być promowany w Polsce, jako sprzeczny z zasadami zrównoważonego rozwoju i wykazujący negatywny wpływ na bioróżnorodność. Szczególnie wobec faktu, że polska wieś ma nadmiar rąk do pracy, korzystne jest skierowanie tej siły roboczej w stronę bardziej pracochłonnego rolnictwa ekologicznego i rodzinnego. Taki rodzaj rolnictwa produkuje żywność wysokiej jakości i daje utrzymanie ludności wiejskiej. Natomiast uprawy GMO nieodwołalnie

prowadzą do latyfundyzacji wsi, rugowania drobnych rolników z ziemi i wzrostu bezrobocia [48].

Na koszt upraw GMO coraz większy wpływ będzie także miało nasilające się zjawisko powstawania odporności chwastów na herbicydy stosowane w uprawach odmian HT (herbicide tolerant) oraz uodparnianie się szkodników upraw na odmiany Bt [49-56]. Kwestia wydajności upraw GMO i ich opłacalności jest omówiona w kilku raportach różnych instytucji [56-59].

Patenty, korporacje, konsolidacja rynku nasion

W dyskusji nad uprawami GMO nie można zapomnieć, że GM nasiona są przedmiotem ścisłej ochrony patentowej. Powstaje pytanie, czy przemysł biotechnologiczny powinien mieć prawo patentowania organizmów żywych? Są one przecież wytworem ewolucji, a nie człowieka; powinny zatem pozostawać dobrem wspólnym. Zaangażowanie wielkich funduszy ze strony agrobiznesu jak dotychczas, przesądza sprawę: prawo patentowe USA umożliwia patentowanie genomów, genów, sekwencji o funkcjach regulacyjnych, a także segmentów DNA o nieznanej dotychczas funkcji i znaczeniu. GM rośliny są własnością kilku wielkich światowych korporacji, produkujących zarówno nasiona jak i dedykowane do ich uprawy środki ochrony roślin (np. Roundup). Ustawia to plantatorów roślin GM oraz producentów żywności w pozycji podmiotów uzależnionych od właścicieli patentów. Kolejnym problemem jest koncentracja światowego rynku nasion w rękach kilku potężnych koncernów. Monsanto dostarcza dziś rocznie ok. 90% ziarna GM na całym świecie. Równocześnie, nasila się proces przejmowania firm nasiennych przez kilka korporacji, a w niektórych krajach gwałtownie maleje dostępność konwencjonalnego ziarna siewnego [60]. Warto też pamiętać, że koncerny są w posiadaniu patentu „terminator technology” (na szczęście jeszcze nie stosowanego), pozwalającego produkować zboża, które plonują dając sterylne ziarno, niezdolne do kiełkowania. Rodzi się więc pytanie o suwerenność żywnościową społeczeństw w świecie, w którym dominującą rolę zaczynają odgrywać międzynarodowe koncerny.

Problem koegzystencji upraw tradycyjnych i GMO, wpływ na naturalne ekosystemy

Doświadczenia krajów, które najdłużej stosują technologię upraw GMO pokazuje, że skuteczna ochrona przed zanieczyszczeniem jest praktycznie niemożliwa. Światowy rejestr przypadków kontaminacji tradycyjnych upraw i żywności zarówno legalnymi, jak i nieautoryzowanymi odmianami GMO notuje rocznie po kilkadziesiąt takich przypadków (www.GMcontaminationregister.org). Skalę problemu pokazuje przykład Japonii, gdzie nie uprawia się w ogóle odmian GM, a mimo to, dziko rosnące rośliny transgenicznego rzepaku znaleziono w pięciu z sześciu głównych portów i wzdłuż dwóch z czterech badanych poboczy dróg. Prawdopodobnie zanieczyszczenie pochodzi z importowanych nasion, zgubionych podczas transportu do zakładów olejarskich [61]. Udokumentowano także zjawisko krzyżowania się transgenicznego rzepaku (Brassica napus) ze zdziczałymi populacjami blisko spokrewnionych gatunków, B. rapa i B. Juncea [62].

Coraz częściej rolnicy dochodzą odszkodowań w sądach, przykładowo, 21 marca 2011 niemiecki oddział Bayer AG został obciążony odszkodowaniem 136.8 milionów USD dla rolniczej spółdzielni Riceland Foods z Arkansas za zanieczyszczenie przed 4 laty produkowanego przez nich ryżu. Zanieczyszczenie domieszką GMO spowodowało utratę rynków zbytu i możliwości eksportowych.

Wiele obserwacji wskazuje, że uprawy GMO mogą także mieć negatywny wpływ na naturalne ekosystemy powodując genetyczne „skażenie” dzikich roślin pokrewnych oraz oddziałując

szkodliwie na drobną faunę (bezkręgowce wodne, glebowe, etc) [63-82].

Uprawy GMO a problem głodu

Zwolennicy upraw GMO przekonują, że technologia ta pozwoli zwiększyć produkcję żywności na świecie. Jednak dane FAO wyraźnie mówią, że zasoby ziemi są w stanie wykarmić obecną, a nawet znacznie większą populację, bez potrzeby uciekania się do GMO. Problem głodu nie bierze się bowiem z braku żywności, tylko z niesprawiedliwej dystrybucji, z biedy, a także ze spekulacji giełdowych i przeznaczania żywności do produkcji biopaliw. Obietnica, że GMO nakarmi głodujących to raczej hasło marketingowe niż rzeczywisty argument. Zresztą w Polsce nie mamy niedoborów żywności, a wręcz przeciwnie – Unia Europejska w ramach wspólnej polityki rolnej wymaga od nas ograniczania produkcji. Uprawy GMO nie są więc w Polsce potrzebne.

Polskie rolnictwo a uprawy GMO

W Polsce trwa debata nad celowością wprowadzenia upraw genetycznie modyfikowanych (GM) zbóż do polskiego rolnictwa. Sprawy te mogą być uregulowane w dwóch aktach prawnych: w ustawie o organizmach genetycznie modyfikowanych oraz ustawie o nasiennictwie. Żadna z tych ustaw nie została uchwalona przed końcem VI kadencji Sejmu, a więc kwestia pozostaje nieuregulowana na poziomie przepisów krajowych (obowiązująca ustawa o GMO z 2001 roku w ogóle nie reguluje kwestii upraw komercyjnych). Dyskusja będzie więc trwać dalej, a rozstrzygnięcia prawne przyniesie dopiero przyszłość.

Trzeba pamiętać, że Polska to blisko 40-to milionowy rynek konsumencki i jeden z największych krajów rolniczych w Europie. Jest to więc pole działania silnego lobby, którego celem jest aby polskich konsumentów przekonać do żywności GMO, rolników zachęcić do uprawy modyfikowanych odmian, a polityków, naukowców i media uczynić swoimi sojusznikami. W zakresie legislacji upraw GMO, nie można więc ulegać naciskom politycznym, naciskom międzynarodowych organizacji gospodarczych oraz kół lobbujących na rzecz wielkich korporacji.

W tej debacie warto pamiętać o omówionych przeze mnie kwestiach takich jak niedoskonałość technik inżynierii genetycznej, niedostatek badań z zakresu oceny ryzyka, potencjalne zagrożenia zdrowotne i środowiskowe oraz problemy socjo-ekonomiczne i polityczne towarzyszące kwestii GM upraw i żywności.

Na zakończenie przytoczę jeszcze najistotniejsze i wciąż aktualne zastrzeżenia, jakie zostały wypunktowane przez Biuro Analiz Sejmowych w przygotowanym przez nie opracowaniu różnych opinii zgłoszonych podczas debaty nad ustawą o GMO w 2010 roku:

1. Skutki uwalniania GMO do środowiska są dalekosiężne i nieodwracalne, a równocześnie znacznie groźniejsze od skutków powodowanych przez jakiekolwiek 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 i może doprowadzić do szybkiego

wzrostu bezrobocia.

Katarzyna LISOWSKA *dr hab. jest absolwentką Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Ma tytuł doktora habilitowanego w specjalności biologia medyczna. Pracuje jako biolog molekularny, na stanowisku profesora nadzwyczajnego, w dziale badawczym Centrum Onkologii w Gliwicach. Jest także członkiem Komisji ds. GMO przy Ministerstwie Środowiska. W sierpniu 2011r. brała udział, jako zaproszony ekspert, w spotkaniu z Prezydentem RP, podczas którego dyskutowano zapisy ustawy o nasiennictwie odnoszące się do upraw GMO. Ustawa została zawetowana. Katarzyna Lisowska jest także radną Rady Osiedlowej Śródmieście w Gliwicach (kadencja 2008-2011).*

Artykuł ukazał się pierwotnie w miesięczniku naukowo-technicznym „CHEMIK nauka technika rynek" wydawanym przez Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego (SITPChem) CHEMIK 2011, 65, 11, 1193-1203 www.miesiecznikchemik.pl

Wybór publikacji naukowych i opracowań dotyczących oceny ryzyka GMO w odniesieniu do zagadnień zdrowotnych, środowiskowych i społeczno-ekonomicznych

Wadliwe zasady oceny ryzyka GMO

1. Chorąży M. 2011. Wprowadzenie do biologii systemów. Nauka 2011(1): 59–84.
2. Lisowska K. Genetycznie modyfikowane uprawy a zrównoważone rolnictwo i nasze zdrowie. Journal of Ecology and Health 2010(6): 303–309.
3. Lisowska K., Chorąży M. Genetycznie zmodyfikowane uprawy i żywność – przegląd zagrożeń. Nauka 2010(4): 127–136.
4. Séralini GE, de Vendômois JS, Cellier D, Sultan C, Buiatti M, Gallagher L, Antoniou M, Dronamraju KR. 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.
5. Domingo JL. Toxicity studies of genetically modified plants: a review of the published literature. Crit Rev Food Sci Nutr. 2007;47(8):721-33. Review.
6. de Vendômois JS, Roullier F, Cellier D, Séralini GE. A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. Int J Biol Sci. 2009 Dec 10;5(7):706-26.
7. Dona A & Arvanitoyannis IS (2009). Health risks of genetically modified foods. Crit Rev Food Sci Nutr. 49:164-75.
8. WALTZ E. 2009. Under Wraps, Nature Biotechnology 27(10): 880-882.
9. DO Seed Companies Control GM Crop Research? 2009. Scientific American Magazine, www.scientificamerican.com/article.cfm?id=do-seed-companies-control-gm-crop-research

Zaburzenia ultrastruktury komórki, zaburzenia struktury organów wewnętrznych u zwierząt karmionych paszą z domieszką GMO

10. Malatesta M, Caporaloni C, Rossi L, Battistelli S, Rocchi MB, Tonucci F, Gazzanelli G. Ultrastructural analysis of pancreatic acinar cells from mice fed on genetically modified soybean. J Anat. 2002, 201(5): 409-15.
11. Vecchio L, Cisterna B, Malatesta M, Martin TE, Biggiogera M. Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. Eur J Histochem. 2004, 48(4): 448-54.
12. Cisterna B, Flach F, Vecchio L, Barabino SM, Battistelli S, Martin TE,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,

52(4): 263-7.
13. 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, 49(3): 237-42.
14. 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. 2008,130(5): 967-77.
15. Ewen SW, Pusztai A. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing Galanthus nivalis lectin on rat small intestine. Lancet. 1999, 354(9187): 1353-4.
16. Magaña-Gómez JA, Cervantes GL, Yepiz-Plascencia G, de la Barca AM. Pancreatic response of rats fed genetically modified soybean. J Appl Toxicol. 2008, 28(2): 217-26.
17. Kiliç A & Akay MT (2008). A three generation study with genetically modified Bt corn in rats: Biochemical and histopathological investigation. Food Chem Toxicol. 46: 1164-70.
18. Sagstad A, Sanden M, Haugland O, Hansen AC, Olsvik PA, Hemre GI. J: Evaluation of stress- and immune-response biomarkers in Atlantic salmon, Salmo salar L., fed different levels of genetically modified maize (Bt maize), compared with its near-isogenic parental line and a commercial suprex maize. Fish Dis. 2007, 30(4): 201-12.

Niezamierzone efekty uboczne trans genezy, losy „obcego DNA" w organizmie po spożyciu GMO, regulacja genów ssaków przez mikroRNA pochodzący z diety

19. Filipecki M, Malepszy S. Unintended consequences of plant transformation: a molecular insight. J Appl Genet. 2006, 47(4): 277-86
20. Netherwood T, Martín-Orúe SM, O'Donnell AG, Gockling S, Graham J, Mathers JC, Gilbert HJ. Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract. Nat Biotechnol. 2004 , 22(2): 204-9.
21. Tudisco R., Mastellone., Cutrignelli M.I, Lombardi P, Bovera F., Mirabella N., Piccolo1 G., Calabro, S., Avallone L., Infascelli F. Fate of transgenic DNA and evaluation of metabolic effects in goats fed genetically modified soybean and in their offsprings. Animal 2010
22. Chainark, P. (2008) Availability of genetically modified feed ingredient II: investigations of ingested foreign DNA in rainbow trout Oncorhynchus mykiss. Fisheries Science, 74(2): 380-390(11)
23. Ran,T, Mei, L., Lei, W., Aihua, L., Ru, H., Jie, S (2009) Detection of transgenic DNA in tilapias (Oreochromis niloticus, GIFT strain) fed genetically modified soybeans (Roundup Ready). Aquaculture Research, 40 (12): 1350-1357
24. Mazza R, Soave M, Morlacchini M, Piva G, Marocco A. Assessing the transfer of genetically modified DNA from feed to animal tissues. Transgenic Res. 2005, 14(5): 775-84.
25. Sharma R, Damgaard D, Alexander TW, Dugan ME, Aalhus JL, Stanford K, McAllister TA. Detection of transgenic and endogenous plant DNA in digesta and tissues of sheep and pigs fed Roundup Ready canola meal. J Agric Food Chem. 2006, 54(5): 1699-709.
26. Schubbert R, Hohlweg U, Renz D, Doerfler W. On the fate of orally ingested foreign DNA in mice: chromosomal association and placental transmission to the fetus. Mol Gen Genet. 1998, 259(6): 569-76.
27. Zhang L, Hou D, Chen X et al. Exogenous plant MIR168a specifically targets mammalian LDLRAP1: evidence of cross-kingdom regulation by microRNA. Cell Res. 2011 Sep 20. doi: 10.1038/cr.2011.158.

Szkodliwe oddziaływanie pestycydów stosowanych w uprawie GMO na organizmy żywe i komórki eukariotyczne w doświadczeniach in vitro

28. 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, 22(8): 1853-60.
29. Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, López SL, Carrasco AE. Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. Chem Res Toxicol. 2010, 23 (10): 1586–1595
30. Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Seralini GE. Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. Environ Health Perspect. 2005, 113(6): 716-20.
31. 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, 15(3): 326-31.
32. Benachour N, Séralini GE. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. Chem Res Toxicol. 2009, 22(1): 97-105.
33. Gasnier C, Dumont C, Benachour N, Clair E, Chagnon MC, Séralini GE. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. Toxicology. 2009, 262(3): 184-91.
34. Marc J, Mulner-Lorillon O, Bellé R. Glyphosate-based pesticides affect cell cycle regulation. Biol Cell. 2004, 96 (3): 245-9.
35. 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.
36. 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, 82(2): 436-42.
37. 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, 72(3): 834-7.
38. 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.
39. Lajmanovich RC, Sandoval MT, Peltzer PM. Induction of mortality and malformation in Scinax nasicus tadpoles exposed to glyphosate formulations. Bull Environ Contam Toxicol. 2003, 70(3): 612-8.
40. Raport z badań wykonanych na zlecenie rządu Austrii: Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice Redakcja: Dr. A. Velimirov, Dr. C. Binter, Univ. Prof. Dr. J. Zentek. Zespół badawczy: N. Cyran, Dr. C. Gülly, Dr. S. Handl, G. Hofstätter, F. Meyer, Dr. M. Skalicky, Prof. Dr. R. Steinborn, Department/Universitätsklinik für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin, Forschungsinstitut für biologischen Landbau – FiBL
41. Vázquez-Padrón RI, Gonzáles-Cabrera J, García-Tovar C, Neri-Bazan L, Lopéz-Revilla R, Hernández M, Moreno-Fierro L, de la Riva GA. 2000. Cry1Ac protoxin from Bacillus thuringiensis sp. kurstaki HD73 binds to surface proteins in the mouse small intestine. Biochem

Biophys Res Commun. 271(1): 54-8.
42. Séralini GE, Cellier D, de Vendomois JS. New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. Arch Environ Contam Toxicol. 2007, 52(4): 596-602.
43. Aris A, Leblanc S. Maternal and fetal exposure to pesticides associated to genetically modified foods in Eastern Townships of Quebec, Canada. Reprod Toxicol. 2011, 31(4): 528-33.

GMO i ryzyko alergii

44. Prescott VE, Campbell PM, Moore A, Mattes J, Rothenberg ME, Foster PS, Higgins TJ, Hogan SP. Transgenic expression of bean alpha-amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity. J Agric Food Chem. 2005, 53(23): 9023-30.
45. Vázquez RI, Moreno-Fierros L, Neri-Bazán L, De La Riva GA, López-Revilla R. Bacillus thuringiensis Cry1Ac protoxin is a potent systemic and mucosal adjuvant. Scand J Immunol. 1999, 49(6): 578-84.
46. Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. N Engl J Med. 1996, 334(11): 688-92.
47. Cisterna B, Flach F, Vecchio L, Barabino SM, Battistelli S, Martin TE, Vázquez-Padrón RI, Moreno-Fierros L, Neri-Bazán L, Martínez-Gil AF, de-la-Riva GA, López-Revilla R. Characterization of the mucosal and systemic immune response induced by Cry1Ac protein from Bacillus thuringiensis HD 73 in mice. Braz J Med Biol Res. 2000, 33(2): 147-55.

Aspekty ekonomiczne i społeczne. Superchwasty i superszkodniki.

48. Antoniou M., Brack P., Carrasco A., Fagan J., Habib M., Kageyama P., Leifert C., Nodari R.O., Pengue W. GM Soy – Sustainable? Responsible? GLS Gemeinschaftsbank eG www.gls.de / ARGE Gentechnik-frei www.gentechnikfrei.at
49. Adler G. Ekspansja superchwastów. Świat Nauki 2011-06-01.
50. Gaines TA, Zhang W, Wang D, Bukun B, Chisholm ST, Shaner DL, Nissen SJ, Patzoldt WL, Tranel PJ, Culpepper AS, Grey TL, Webster TM, Vencill WK, Sammons RD, Jiang J, Preston C, Leach JE, Westra P. Gene amplification confers glyphosate resistance in Amaranthus palmeri. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010, 107(3): 1029-34.
51. Ferré J, Van Rie J. Biochemistry and genetics of insect resistance to Bacillus thuringiensis. Annu Rev Entomol. 2002, 47: 501-33. Review.
52. Griffitts JS, Aroian RV. Many roads to resistance: how invertebrates adapt to Bt toxins. Bioessays. 2005, 27(6): 614-24. Review.
53. Heckel DG, Gahan LJ, Baxter SW, Zhao JZ, Shelton AM, Gould F, Tabashnik BE. The diversity of Bt resistance genes in species of Lepidoptera. J Invertebr Pathol. 2007, 95(3): 192-7. Review.
54. 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, 95(3): 208-13. Review.
55. Tabashnik BE, Van Rensburg JB, Carrière Y. Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data. J Econ Entomol. 2009, 102(6): 2011-25. Review.
56. National Research Council. 2010. The Impact of Genetically Engineered Crops on Farm Sustainability in the United States. Washington, DC: The National Academies Press

57. 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
58. Gurian-Sherman D. Failure to yield: Evaluating the Performance of Genetically Engineered Crops., Union of Concerned Scientists, IV/2009
59. Benbrook C. The Organic Center Critical Issue Report: The magnitude and impact of the biotech and organic organic seed price premium, December 2009.
60. Howard P. H. 2009. Visualizing consolidation in the global seed industry: 1996-2008. Sustainability 2009(1): 1266–1287.

Aspekty środowiskowe i problemy w rolnictwie.

61. Saji H, Nakajima N, Aono M, Tamaoki M, Kubo A, Wakiyama S, Hatase Y, Nagatsu M. 2005. Monitoring the escape of transgenic oilseed rape around Japanese ports and roadsides. Environ Biosafety Res. 4(4): 217-22.
62. Aono M, Wakiyama S, Nagatsu M, Nakajima N, Tamaoki M, Kubo A & Saji H (2006). Detection of feral transgenic oilseed rape with multiple-herbicide resistance in Japan. Environ Biosafety Res. 5: 77-87.
63. Yoshimura Y, Beckie HJ & Matsuo K (2006). Transgenic oilseed rape along transportation routes and port of Vancouver in western Canada. Environ Biosafety Res. 5: 67-75.
64. Wolfenbarger L.L., Phifer P.R. 2000 The ecological risks and benefits of genetically engineered plants. Science. 290(5499): 2088-93.
65. Benbrook C. The Organic Center Critical Issue Report: Impacts of Genetically Engineered Crops on Pesticide Use in the United States: The First Thirteen Years, November 2009
66. Jenczewski E, Ronfort J, Chèvre AM. Crop-to-wild gene flow, introgression and possible fitness effects of transgenes. Environ Biosafety Res. 2003, 2(1): 9-24. Review.
67. Arnaud JF, Viard F, Delescluse M, Cuguen J. Evidence for gene flow via seed dispersal from crop to wild relatives in Beta vulgaris (Chenopodiaceae): consequences for the release of genetically modified crop species with weedy lineages. Proc Biol Sci. 2003, 270(1524): 1565-71.
68. Gepts P, Papa R. Possible effects of (trans)gene flow from crops on the genetic diversity from landraces and wild relatives. Environ Biosafety Res. 2003, 2(2): 89-103.
69. Piñeyro-Nelson A, Van Heerwaarden J, Perales HR, Serratos-Hernández JA, Rangel A, Hufford MB, Gepts P, Garay-Arroyo A, Rivera-Bustamante R, Alvarez-Buylla ER. Transgenes in Mexican maize: molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. Mol Ecol. 2009, 18(4): 750-61.
70. Quist D, Chapela I. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. Nature 2001, 414: 541–543.
71. Snow A. Unwanted transgenes re-discovered in Oaxacan maize. Molecular Ecology 2009, 18: 569-571.
72. Serratos-Hernández JA, Gómez-Olivares JL, Salinas-Arreortua N, Buendía-Rodríguez E, Islas-Gutiérrez F & de-Ita A. Transgenic proteins in maize in the Soil Conservation area of Federal District, Mexico. Frontiers in Ecology and the Environment 2007, 5: 247-252.
73. Galeano P, Martínez Debat C, Ruibal F, Franco Fraguas L & Galván GA. Cross-fertilization between genetically modified and non-genetically modified maize crops in Uruguay. Environmental Biosafety Research DOI: 10.1051/ebr/2011100 Published online by

Cambridge University Press: March 2011.
74. Gealy DR, Mitten DH and Rutger JN. Gene Flow Between Red Rice (Oryza sativa) and Herbicide-Resistant Rice (O. sativa): Implications for Weed Management. Weed Technology 2003, 17: 627-645.
75. Rosi-Marshall EJ, Tank JL, Royer TV, Whiles MR, Evans-White M, Chambers C,Griffiths NA, Pokelsek J, Stephen ML. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. Proc Natl Acad Sci U S A 2007, 104(41): 16204-8.
76. Bohn T., Primicerio R., Hessen D.O. Traavik T. Reduced fitness of Daphnia magna fed a Bt-transgenic maize variety. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2008, 55: 584-592.
77. Lövei GL, Arpaia S. The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. Entomol Exp Applic 2005, 114:1–14
78. Marvier M., McCreedy C., Regetz J., Kareiva P. A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on non-target invertebrates. Science 2007, 316: 1475-1477.
79. Benamú M.A., Schneider M.I. Sánchez N.E. Effects of the herbicide glyphosate on biological attributes of Alpaida veniliae (Araneae, Araneidae), in laboratory. Chemosphere 2010, 78: 871-876.
80. Bøhn T., Traavik T., Primicerio. Demographic responses of Daphnia magna fed transgenicBt-maize. Ecotoxicology 2010, 19: 419–430.
81. Relyea RA. The lethal impact of roundup on aquatic and terrestrial amphibians. Ecological Applications 2005, 15: 1118-1124.
82. Gassmann AJ, Petzold-Maxwell JL, Keweshan RS, Dunbar MW. Field-evolved resistance to Bt maize by western corn rootworm. PLoS One. 2011;6(7):e22629.