

JERZY MACEWICZ

Instytut Ekologii i Bioetyki, UKSW, Warszawa

Czy Europa zaakceptuje uprawy roślin genetycznie zmodyfikowanych? – argumenty i kontrargumenty

Słowa kluczowe: genetyka, modyfikacje, transgeny, ryzyko, środowisko
Key words: genetics, modifications, transgenes, risks, environment

SUMMARY

Can Europe accept genetically modified crops? – Arguments for and against

This paper is a review of recent publications dealing with the consequences of the release of genetically modified (GM) crops into the environment. The summary of arguments and for and against is an attempt to summarize the debate in the media. This highly publicized issue, although only one aspect of the conflict between the biotech lobby, environmentalists and consumers. The controversy arises from the fact that neither the benefits nor the risks of GM crops are clearly defined. The study contains a summary of claims that there is a serious potential risk to the environment of positive cultivation of GM crops, with uncertain effects, and that basic manipulation of heredity could have tragic consequences. European scepticism about GM crops increases from year to year. This paper coincides with the Polish government's introduction of a ban on the cultivation of genetically modified maize and potatoes on Polish territory. In conclusion, while a move away from GM crops is likely, the author argues that ultimately there is no turning back.

Wprowadzenie

Przenoszenie pojedynczych genów jest nieosiągalne w krzyżowaniu odmian uprawnych. Cel inżynierii genetycznej polegający na przenoszeniu genów między odmianami jest podobny jak w tradycyjnej hodowli (cisgeneza). Jednak w zaawansowanych metodach sztucznej modyfikacji genetycznej, łączy się krótkie fragmenty DNA pochodzące z niespokrewnionych gatunków a nawet rodzajów. Inżynieria genetyczna pozwala na wybieranie i przenoszenie pojedynczych genów, umożliwiając wzbogacanie nawet najlepszych odmian o dodatkową, pożądaną cechę, bez zmiany ich dobrego zestawu pozostałych cech. Tak powstają nowe genetycznie modyfikowane organizmy (GMO). Przenoszone geny (tzw. transgeny – stąd inna nazwa GMO: organizmy transgeniczne) są włączane na stałe do genomów roślin genetycznie modyfikowanych i dziedziczone przez wszystkie pokolenia potomne. Uprawa odmian genetycznie zmodyfikowanych jest zarazem uwolnieniem GMO do środowiska.

Ryzyko biologiczne dla środowiska jest tylko jednym z aspektów problemu masowych uwolnień GMO, ale medialnie silnie nagłośnionym. Problem ten ilustrują zróżnicowane opinie eksperckie, będące wyrazem rywalizacji dwu wielkich ośrodków nauki i gospodarki: USA i UE. Dzisiejsze lęki europejskiej opinii publicznej wobec uwolnień GMO, wynikają w dużej mierze z pamięci o skutkach innych, niedawnych błędów, jakich dopuścili się eksperci-biotechnolodzy:

- Eksperci w 1948 r. uhonorowali Nagrodą Nobla, Paula Müllera, wynalazcę DDT – pestycydu produkowanego od 1945 r. przez koncern Monsanto, a reklamowanego jako „zabójczy dla owadów, bezpieczny dla ludzi”. Nikt z naukowców nie przewidział, że długookresowa bioakumulacja spowoduje zaburzenia hormonalne a nawet śmierć ludzi i zwierząt. Dopiero po 20 latach wstrzymano produkcję DDT w Europie i USA. Należy jednak wskazać na pozytywny aspekt stosowania DDT: w walce z komarami roznoszącymi malarię, uratowało ono i ratuje nadal, życie milionów ludzi, co sprawiło że WHO w 2006 r.

zaakceptowała 30-letni plan użycia DDT tylko do spryskiwania pomieszczeń w krajach Afryki Subsaharyjskiej.

- Eksperci zasiedlili afrykańskie Jezioro Wiktorii drapieżnym, szybko rosnącym okoniem nilowym – w konsekwencji spośród 300 gatunków endemicznej ichtiofauny jeziora, aż 200 (w tym pielęgnice) wyginęło. A ponieważ okon nilowy wymaga wędzenia na ognisku z palonego drewna, a nie tylko suszenia na słońcu, jak endemiczne gatunki, doszło do wylesienia i erozji gleb w promieniu kilkudziesięciu kilometrów wokół jeziora.
- Eksperci około 1965 r. sprowadzili z gór Kaukazu barszcz Sosnowskiego (*Heracleum Sosnowskyi*) i wprowadzili go do masowej uprawy w Państwowym Gospodarstwie Rolnym. W następnych latach barszcz rozprzestrzenił się inwazyjnie, głównie na Podhalu. Spowodował tam degradację środowiska przyrodniczego a jest niezwykle trudny do zwalczania (straż pożarna używa nawet miotaczy ognia). Wydzielina jego włosków gruczołowych zawiera furanokumaryny, które w kontakcie ze skórą i w obecności światła słonecznego, powodują oparzenia II i III stopnia. Odkryto także działanie kancerogenne i teratogenne furanokumaryn wytwarzanych przez tę roślinę. Barszcz Sosnowskiego objęty jest dziś prawnym zakazem uprawy na terenie Polski.
- Eksperci krzyżowali jadowite pszczoły z dżungli Ameryki Południowej z kalifornijskimi, dzisiaj jadowite pszczoły mieszańcowe zdominowały południe USA.
- Eksperci polecali karmienie roślinożernego bydła europejskiego mączką mięsno-kostną zawierającą ich zmielone mózgi i rdzenie kręgowce. Odzwierzęca choroba BSE przenoszona przez białko prionowe z tkanki nerwowej, zabiła kilkudziesięciu brytyjskich studentów preferujących najtańsze gatunki mięsa, produkowanego z wykorzystaniem mózgow zwierząt zarażonych prionami. BSE zniszczyła stada bydła, uniemożliwiła eksport wołowiny, zbankrutowały firmy ubezpieczeniowe.
- Eksperci zalecali kobietom w ciąży, niemiecki lek przeciwbólowy talidomid, produkowany w latach 1957-1961. Jego syntetyczne, le-

woskrętne białko, nie występujące w przyrodzie, spowodowało narodziny dzieci z uszkodzeniami mózgu, deformacjami ramion i nóg. Szacuje się, że obecnie żyje jeszcze 6000 jego ofiar.

- Eksperci akceptowali użycie genetycznie zmodyfikowanych bakterii do produkcji tryptofanu który jako dodatek do żywności, spowodował śmierć 37 osób, a 1500 uczynił kalekami w wyniku wystąpienia choroby EMS (*Eosinophilia-Myalgia Syndrome*).
- Eksperci zalecali rekombinowany bydlęcy hormon wzrostu (rBGH), zwiększający mleczność krów – hormon został wycofany ze stosowania poza USA, bowiem powoduje zaburzenia rozrodu i mastitis u krów.

Celem opracowania jest omówienie, w formie dwugłosu, naukowych argumentów europejskich zwolenników i przeciwników uwalniania genetycznie zmodyfikowanych odmian uprawnych do środowiska. Zwolennicy upraw GM wskazują na te argumenty, które są zarazem wskazaniem celów i zastosowań inżynierii genetycznej w intensywnym rolnictwie. Kontrargumenty przeciwników koncentrują się na realnych, już stwierdzonych i potencjalnych, negatywnych skutkach zarówno zamierzonych i jak i niekontrolowanych uwolnień roślin GM do naturalnego środowiska.

1. Areal upraw odmian GM

Obszar światowych upraw roślin GM, przeznaczonych na produkcję żywności, szacuje się obecnie na 160 mln ha. To obszar trzykrotnie większy od terytorium Polski. Niemal całością światowego materiału siewnego GM, dysponuje kilka ponadnarodowych koncernów biotechnologicznych. Wdrażanie odmian transgenicznych, przebiega z największym rozmachem w USA i Kanadzie. Aż 55 % uprawianej w USA soi, to odmiana GM „RoundupReady” odporna na totalny herbicyd Roundup. Około 25 % uprawianej w USA kukurydzy, to odmiany GM odporne na żerowanie owadów. Ta kukurydza nazywana jest w USA „standardową”.

Koreański koncern Daewoo wydzierżawił 1,3 mln ha na Madagaskarze, aby uprawiać tam kukurydzę GM. FAO szacuje, że do 2030 r. Arabowie przejmą w Afryce nawet 400 mln ha. Rośnie więc obawa także o zachowanie bioróżnorodności (Priwiezencew 2002). Tym bardziej, że na znaczeniu zyskuje nieżywnościowa uprawa GM: zwiększające się areały zmodyfikowanego genetycznie rzepaku o podwyższonej zawartości tłuszczu, przeznaczonego na produkcję bio-paliw.

Natomiast w krajach UE, wprowadzanie odmian GM napotyka na sprzeciw społeczny i skomplikowaną procedurę formalno-prawną. Stąd znaczenie i zasięg technologii GM w produkcji rolniczej Europy są znikome. W ostatnich latach, w wielu krajach UE obserwuje się wręcz zdecydowany odwrót od upraw GM. Już osiem krajów UE: Francja, Niemcy, Luksemburg, Grecja, Austria, Węgry, Bułgaria i Włochy, wprowadziło zakazy uprawy obydwu zalegalizowanych w Europie odmian GM (kukurydza MON 810 i ziemniak Amflora) lub jednej z nich. Irlandia oraz Walia prawie w 100% stały się strefami wolnymi od GMO, zaś Anglia w blisko 50%. W sceptycznej wcześniej wobec GMO Szwajcarii, luźno podporządkowanej legislacji UE rozstrzygnięcie nastąpiło poprzez ogólnonarodowe referendum. Wcześniejsza dwuletnia, szeroka akcja informacyjna o zastosowaniach inżynierii genetycznej, prowadzona w szkołach i mediach, miała zapewnić społeczną akceptację GMO. Tymczasem 67% Szwajcarów opowiedziało się przeciw uprawom GMO (Połanecki 2011). W całej Europie, na przestrzeni lat 2008 – 2010, areał upraw GM zmalał o 23%. W Polsce obrót ziarnem kukurydzy GM i skrobią ziemniaków GM Amflora, jest dozwolony ale obowiązuje zakaz uprawy tych roślin (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2013 r.).

2. Porównanie argumentów zwolenników i przeciwników w wybranych aspektach

Przeciwko uwalnianiu GMO wysuwanych jest szereg zarzutów szczegółowych. Konieczne jest zestawienie ryzyka i korzyści płynących z modyfikacji genetycznych – w wybranych aspektach:

- **PLONY GMO** – Dotąd nie zarejestrowano ani jednej transgenicznej odmiany, która plonowałaby wyżej tylko w wyniku modyfikowania jej cech plonotwórczych (Orczyk 2012). Zwolennicy upraw GM wskazują więc na większe plony osiągane metodami pośrednimi – w rezultacie bardziej efektywnego zwalczania chwastów, zwiększonej odporności na choroby i szkodniki (Twardowski 2000). Twierdzenia te nie znajdują jednak potwierdzenia w wynikach innych badań.

Amerykański Departament Rolnictwa (Web-02) przedstawił kolejne prognozy zakładające znaczny spadek produkcji kukurydzy GM w USA, do którego z jednej strony przyczynia się rezygnacja z upraw (9,1 proc. powierzchni zasiewów), a z drugiej strony spadek plonów do 77,4 dt/ha. Plony na tym poziomie byłyby najniższymi od 1995 (71,2 dt/ha). Spadek plonowania soi GM w USA sygnalizuje m.in. Ron Eliason (Web-01) oraz raport New Soil Association z roku 2008.

Także indyjscy rolnicy po 10 latach uprawy bawełny Bt doświadczają głębokiego kryzysu. Szacunkowe dane rządu stanu Andhra Pradesh mówią o spadku plonów na 71% areału 4 mln akrów obsianych w 2011 roku kukurydzą Bt (Jayaraman 2005). Producenci nasion GM usprawiedliwiają niższe od zapowiadanych plony, niestabilnością genetyczną roślin z odmian GM.

- **WSPÓLISTNIENIE UPRAW** – Podobieństwo genetyczne taksonów sprawia, że transgen wniesiony do gatunku może przenieść się na gatunki spokrewnione. Dlatego przy uwolnieniach odmian GM należy ocenić możliwość krzyżowania. Wyniki uzyskane przez Grelewską w badaniach monitorujących pokazują, że współlistnienie upraw GMO z pozostałymi systemami produkcji jest możliwe. Autorka wskazuje, że nie zaobserwowano do tej pory szkód gospodarczych, które mogłyby wyniknąć z nieprzestrzegania zasad współlistnienia lub z nieodpowiedniego charakteru regulacji prawnych (Grelewska 2009). Tymczasem naukowcy z Uniwersytetu Berkeley w Oaxaca stwierdzili, że 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 dowodzi, że pyłek transgenicznej kukurydzy może szybciej niż zakładano, pokonywać duże odległości przenoszony przez wiatr, owady a także pasożyty roślin GM. To zjawisko erozji zasobów genowych jest szczególnie niebezpieczne w rejonach pochodzenia gatunków.

Także sprawozdania Greenpeace i Genewach z kontroli przeprowadzonych w 39 krajach w 2006 r., wskazały 113 przypadków zanieczyszczenia tradycyjnych odmian transgenami, (a tylko połowa z tych krajów zezwoliła na uprawę GMO). W sprawozdaniu zarejestrowano wiele nielegalnych upraw GMO. Ani rządy tych krajów, ani firmy produkujące materiał siewny GM nie były w stanie zapobiec nielegalnemu obrotowi ziarnem GMO.

To poważny problem także dla współistnienia upraw GM i ekologicznych, bo rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 w sprawie produkcji ekologicznej jest jednoznaczne: „Stosowanie w produkcji ekologicznej organizmów modyfikowanych genetycznie (GMO) jest zabronione”.

Rzecznicy koncernu Monsanto odpierają te zarzuty wskazując, że do przeniesienia transgenów dojdzie tylko wówczas, gdy odmiana tradycyjna kwitnie w tym samym czasie co dawca pyłku GM oraz gdy obie formy rosną na tyle blisko, by przenoszony pyłek GM doleciał do nich i pozostał żywotny. Zalecają w tej sytuacji, zróżnicowanie o kilka tygodni pory wysiewu a więc i kwitnienia obu odmian oraz tworzenie stref buforowych.

Określenie minimalnych odległości rozdzielania upraw tradycyjnych, upraw GMO i upraw ekologicznych, a także gatunków spokrewnionych jest konieczne, aby zapobiec wzajemnym przepyleńiom. Jednak lokalne warunki pogodowe, specyficzne dla każdego regionu geograficznego mają duży wpływ określenie szerokości strefy buforowej. W Niemczech między uprawami kukurydzy GMO i tradycyjnej obowiązuje strefa buforowa o szerokości 150 m, gdy w Czechach 70 m (Anioł 2007). W swoich badaniach oceniających czystość plonów Rühl (2009) stwierdził, że mocny i stały wiatr podczas pylenia kukurydzy może powodować domieszkę w plonie powyżej 0.9%, przy strefie bu-

forowej szerokości do 102 metrów. Ten sam autor uważa, że uzyskane przez niego wyniki powinny być zweryfikowane dla pól wielkoobszarowych.

Ustanowienie prawodawstwa, które obejmowałoby ten problem na poziomie europejskim okazało się nierealne, dlatego zaleceniem Unii Europejskiej jest, aby każdy kraj badał możliwość bezpiecznego współistnienia roślin GM i tradycyjnych na własnym terytorium.

- **PESTYCYDY W UPRAWACH GMO** – Tradycyjne metody uprawy wymagają użycia całego arsenału chemicznych środków ochrony roślin. Uprawy konwencjonalnego rzepaku czy soi opryskuje się kilkakrotnie w ciągu roku różnymi środkami chwastobójczymi. Koncerny biotechnologiczne argumentują: uprawy roślin GM ograniczają zużycie insektycydów, bo rośliny tworzą endogenne toksyny przeciw patogenom. Wskazują, że w Chinach i Australii, gdzie większość uprawianej na wielką skalę bawełny to odmiany GM, wolumen użytych pestycydów zmniejszył się o 50-80%, a na szczególną uwagę zasługuje fakt, że liczba przypadków zatrucia rolników pestycydami zmniejszyła się o około 55% (Twardowski 2001). Przed dziesięciu laty było to możliwe w przypadku roślin z genem Bt, bo wówczas zastosowanie jednego tylko insektycydu, pozwalało całkowicie eliminować opryski insektycydowe. Obecnie pojawiły się generacje owadów odpornych na toksynę.

Ale zdaniem ekologów jest to „upozorowanie” dobra w imię krótkoterminowych interesów ekonomicznych tych koncernów, bo spadek zużycia pestycydów ma miejsce tylko w dwu pierwszych latach upraw GM. Zgodnie z raportem USDA (Web-02), zużycie pestycydów w uprawach soi i kukurydzy w USA, zwiększyło się nawet o 30% w ciągu kilku lat. W Argentynie w 2004 r. zużycie pestycydów wzrosło aż o 58% po dwu latach od rozpoczęcia uprawy soi GM. Charles Benbrook wykorzystując dane Ministerstwa Rolnictwa USA wykazał, że zużycie pestycydów na 222 mln akrów uprawy GM soi, kukurydzy i bawełny już w latach 1996–2004 było większe, w porównaniu do upraw tradycyjnych, o 22 tys. ton (Benbrook 2012). A wiadomo, że najdalej

1% chemicznych środków ochrony roślin trafia do organizmu owadów docelowych i niedocelowych, zaś pozostała część splukiwana jest do jezior i rzek, zanieczyszczając środowisko.

- **ZWALCZANIE CHWASTÓW** – W 2006 r. przeprowadzono sponsorowane przez firmę Syngenta badania, w których wzięło udział 400 amerykańskich rolników, uprawiających kukurydzę i soję GM na dużych arealach. Technologię RoundupReady stosowało 83% z nich. Aż 39% rolników zaobserwowało (niezależne od krzyżowań z odmianą GM) pojawienie się u chwastów odporności na glifosat, substancję aktywną Roundupu. Rośliny odporne na prawie 100%-ach uprawianych pól, miało 25% z tych rolników (Sowa, Linkiewicz 2007). To szeroko zakrojone i dobrze udokumentowane badanie skutków presji selekcyjnej w obecności herbicydu, potwierdza możliwość powstawania tzw. superchwastów z odziedziczoną odpornością na ten herbicyd.

W uprawianej w Bawarii, odpornej na herbicyd Roundup odmianie kukurydzy MON810, stężenie toksyny Cry było mniejsze od deklarowanego, co spowodowało rozwój odporności na Roundup u sześciu gatunków chwastów. Podobna sytuacja miała miejsce w Kanadzie, gdzie transgeniczny rzepak kielkujący na plantacjach pszenicy, stał się uporczywym chwastem. Zwalczenie uodpornionych chwastów było możliwe tylko poprzez zwiększanie dawek lub zmianę herbicydu. Należy się obawiać, że w ciągu kilku lat ten realny problem „ucieczki” transgenów do chwastów będzie narastał.

- **ROZWÓJ ODPORNOŚCI U OWADÓW** – Brytyjski międzyinstytucjonalny program wielkoobszarowych badań wpływu odmian GM (rzepaku, kukurydzy i buraków) na owady niedocelowe, trwał trzy lata. Został sfinansowany kwotą 6 mln funtów przez Ministerstwo Środowiska. Były to badania zakrojone na największą skalę w Europie. Rośliny GM charakteryzują się ciągłą produkcją endogennej toksyny we wszystkich tkankach a nie tylko w liściach. Na polach obsianych transgenicznym rzepakiem, populacje żerujących na nim owadów docelowych poddane były silnej presji selekcyjnej w kie-

runku trwałej odporności na toksyczne białko kodowane genem Bt. Równocześnie obserwowano zmniejszenie populacji owadów niedocelowych: pszczoł, motyli i chrząszczy. Mniejsza ilość owadów spowodowała zmniejszenie populacji ptaków (Zeki 2003, Dąbrowski 2012). Zastosowane metody doświadczeń polowych i zbierania danych, zostały uznane za modelowe przez europejskich naukowców specjalizujących się w ocenie ryzyka z uwalniania GMO.

Jednak Z. Dąbrowski (2012) komentuje: „...należy oddzielić wnioski wynikające z oceny wyników badań od reakcji pozarządowych organizacji i decyzji administracji państwowej”, nie przywołując w swoim tekście decyzji brytyjskiego Ministerstwa Środowiska. Twierdzi wręcz, że „...zdaniem decydentów brytyjskich, zrównoważone podejście (ang. sustainability) do roli chwastów na polach uprawnych, powinno zabezpieczać istnienie bioróżnorodności w agrocenozach”. A przecież w 2003 Ministerstwo wprowadziło zakaz uprawy rzepaku GM na Wyspach Brytyjskich (Buchowicz 2007), wspierając tym samym argumenty przeciwników uwalniania GMO. Interpretację decyzji brytyjskiego Ministerstwa utrudniają wyniki doświadczeń Nichole Broderick (2006) z Uniwersytetu Wisconsin, wskazujące że toksyna Bt nie powoduje rozwoju odporności u owadów.

Dla zapobiegania uodpornianiu się owadów na endotoksyny roślin GM, producenci nasion GM narzucają rolnikom niemożliwe do realizacji procedury. Mają to być strefy ochronne (szerokie miedze, rowy) dystansujące uprawy GM od tradycyjnych. Byłyby ostoją dla owadów, bo porośnięte roślinami tradycyjnymi, zapobiegałyby uodpornianiu się owadów-szkodników. To kolejna reakcja koncernów biotechnologicznych wskazująca, że zagrożenia jakie GMO stwarzają dla środowiska – nie są tylko potencjalne.

- TOKSYCZNY PYŁEK KUKURYDZY Bt – Wprawdzie przedstawiciele koncernów biotechnologicznych zapewniają, że po wielu już uwolnieniach GMO do ekosystemów naturalnych, nie doszło w nich do zakłócenia naturalnych relacji, jednak wiele dowodów przeczy temu twierdzeniu. Losey i współautorzy (1999) opisują wynik pracy

magisterskiej Laury Hansen z Cornell University w USA, która wykonała doświadczenie polowe z jedną z odmian kukurydzy Bt, odporną na żerowanie owadów. Na brzegu plantacji ustawiła doniczki z trojeścią amerykańską (mniszkiem lekarskim), rośliną żywicielską dla gąsienic motyla monarcha z rzędu Lepidoptera. Połowa gąsienic motyli żerujących na liściach trojeści, obsypanych pyłkiem kukurydzy Bt – padła. Spowodowały to toksyczne białka syntetyzowane genami *Cry*, obecne w pyłku kukurydzy Bt. Ten wynik pracy magisterskiej ożywił dyskusję na temat GMO w prasie i telewizji bardziej niż stosy urzędowych dokumentów, także dlatego, że wizerunek dorosłego motyla monarcha jest ulubionym (ang. *charismatic*) motywem dziecięcych rysunków w USA. Po opublikowaniu wyniku doświadczenia, Europa wstrzymała import kukurydzy Bt z USA na kilka lat. J. Hellmich (2001) donosi, że dla weryfikacji rezultatu wymienionej tu pracy magisterskiej, powołano konsorcjum ośmiu naukowców z uniwersytetów w USA i Kanadzie oraz z organizacji ekologicznych. Wprawdzie oceniły one krytycznie metodykę zespołu Losley'a, wskazując szereg nieścisłości – jednak nie podważyły głównych jego wniosków dotyczących toksyczności białka syntetyzowanego genami *Cry* dla owadów niedocelowych (Dąbrowski, Górecka 2006).

- TOKSYNA Bt W ROŚLINACH I GLEBIE – W Unii Europejskiej dopuszczone są do uprawy odmiany kukurydzy MON 810. Ich transgen Bt z *Bacillus thuringensis*, koduje białko *Cry1Ab* – selektywną toksynę uodparniającą na żerowanie larw. Genetycy nie potrafią jednak sprawić aby komórka włączała gen Bt tylko w liściach i tylko w tym okresie wegetacji, gdy jego białko jest potrzebne. Komórka potrafi to robić tylko z genami własnego DNA. Genetycy zawsze wstawiają do przenoszonego konstruktowi dodatkowy gen regulatorowy, zwany promotorem. Ten „przełącznik” jest ustawiony w położeniu „pracuj”, zatem transgen syntetyzuje toksyczne białko *Cry1Ab* bez przerwy w czasie całej wegetacji, w każdej komórce rośliny, także w korzeniach. Sprawia to, że toksyna Bt MON810 uwalniana jest do gleby, tam akumulowana i pozostaje toksyczna dla nieszkodliwych

owadów, pojawiających się po zniszczeniu grupy docelowej. Są to np. drapieżniki żywiące się owadami docelowymi, bezkręgowce i mikroorganizmy.

Jednak S. Sowa i A. Linkiewicz (2007) wskazują na badania oceniające takie oddziaływania, przeprowadzone w glebach Niemiec i Szwajcarii, które nie wykazały negatywnych efektów środowiskowych. Te wyniki mogły być rezultatem wstawienia promotorów tkankowo specyficznych, albo włączających gen w określonej sytuacji.

- **TRANSPORT I MAGAZYNOWANIE ZIARNA GM** – Nasiona roślin GM łatwo rozprzestrzeniają się i mieszają z ziarnem odmian tradycyjnych i ekologicznych podczas siewu, zbioru, transportu i magazynowania. Domieszki ziarna GM wymuszają wycofanie pozostałych partii ziarna z obrotu. Po raz pierwszy skażenie genetycznie zmodyfikowanym ryżem stwierdzono w roku 2006 w Arkansas i w okolicznych stanach. Ciąg wypadków spowodowany tym faktem uderzył nie tylko w amerykańskich hodowców i przetwórców ryżu, ale także w spedytorów, importerów i sprzedawców na całym świecie. Zaledwie po kilku dniach od chwili podania tej informacji, wiele krajów w tym Japonia i Unia Europejska zamknęły swoje rynki na ryż importowany ze Stanów Zjednoczonych (Web-02).

Rygorystyczne procedury zapobiegania tej „ucieczce genów”, proponowane przez producentów nasion GM, wymuszają planowanie terminów wysiewu i kwitnienia, długości wegetacji odmian, tak aby odmiany naturalne były zbierane w pierwszej kolejności, czyszczenie siewników i kombajnów oraz przyczep służących do transportu zbiorów GM, wreszcie znakowanie partii nasion GM i oddzielne magazynowanie w silosach. Procedury te są nie tylko kosztowne, ale w polskich warunkach rozdrobnionej gospodarki rolnej niemożliwe do realizacji.

- **PIERWOTNA I WTÓRNA SUKCESJA GMO** – Produkty inżynierii genetycznej uwolnione do środowiska, mogą się samo powielać w nieskończoność. Naukowcy z Uniwersytetu w Północnej Dakocie w 2010 r. pobrali próbki wzdłuż okolicznych dróg i stwierdzili obecność transgenów w 80% dziko rosnących roślin rzepaku. Odporne

na herbicyd rośliny rzepaku pojawiły się często w dużych odległościach od obszarów produkcji rolniczej (Lisowska 2010).

Zwolennicy upraw GM twierdzą, że tak jak rośliny tradycyjnych odmian uprawnych nie przeżywają poza plantacjami bez pomocy rolnika (nie ma ich na nieużytkach po dawnych PGR-ach), tak też rośliny z odmian GM są gorzej przystosowane do wegetacji w warunkach naturalnych. Np. tolerancja wobec herbicydu przestaje być cechą ułatwiającą roślinie GM przetrwanie w siedliskach, w których herbicyd nie jest stosowany.

- **TRANSPOZONY, PROMOTORY** – Szerokie spektrum modyfikacji genetycznych obejmuje m.in. transpozony („skaczące geny”) mogące zmieniać swoją pozycję nie tylko w obrębie genomu, ale także między osobnikami jednej populacji. Za ich odkrycie u kukurydzy (początkowo zupełnie zignorowane) Barbara McClintock uhonorowana została Nagrodą Nobla. Zmiana lokalizacji transpozonów operacyjnych, odpowiedzialnych za procesy biochemiczne, zachodzi nie tylko u prokariotów, ale także choć nie tak często, u eukariotów. Lisowska i Chorąży (2011) uważają, że nie można wykluczyć wpływu transgenów stających się transpozonami, np. na materiał genetyczny bakteryjnej flory jelitowej zwierząt i człowieka. Jednak S. Świątkiewicz z Instytutu Zootechniki PIB w Krakowie, stwierdził brak obecności transgenicznego DNA w treści jelit cienkich u badanych grup zwierząt. Świadczy to o wysokiej efektywności trawienia DNA oraz ogranicza możliwość przechodzenia aktywnych fragmentów łańcucha kwasu nukleinowego do organizmu (Świątkiewicz 2012). Użyte tu sformułowanie „ogranicza”, jest słuszne, bo ten wynik przywołanego eksperymentu nie odnosi się do sytuacji ze zranieniem warg i śluzówek, otwierających dostęp transgenom do krwioobiegu zwierząt i człowieka, gdzie po pewnym czasie trawione są przez nukleazy. Szerokie spektrum genetycznych modyfikacji roślin obejmuje także tworzenie konstruktów genowych z promotorami regulującymi włączanie transgenów do DNA i ich ekspresję. Najczęściej wykorzystywanym promotorem jest 35S CaMV. To fragment para retrowirusa choroby

mozaikowej kalafiorów, który powinien reagować tylko z roślinnym DNA. Ten agresywny promotor działa niezależnie od naturalnego systemu regulacyjnego komórki. Norwescy naukowcy z Uniwersytetu Tromsø wykazali, że ten para retrowirus (cały a nie jego część), podobny do wirusów wywołujących AIDS, może powodować ekspresję genów w hodowlach komórek ludzkich, a po okresie uspienia może generować nowe pokolenia wirusów (Myhre 2006).

Niezamierzona, znacząca różnorodność reakcji modyfikowanych roślin na przeniesienie zaledwie jednego lub dwu genów tłumaczona jest brakiem metod pozwalających na precyzyjne włączanie genów do DNA biorcy i co za tym idzie, prognozowanie wyników transgenizacji (Filipecki i Malepszy 2006). Każde wprowadzenie genów jest w rzeczywistości losowym przypadkiem mutagennym. W wyniku stosowanych metod transgenizacji ten proces mutacyjny będzie zawsze występował przy wstawianiu zrekombinowanego genu do genomu roślin. W 2000 roku firma Monsanto poinformowała, że w DNA jej zmodyfikowanej soi Roundup Ready, będącej już od siedmiu lat w obrocie handlowym, a więc i w środowisku, poza genem odporności na herbicyd i promotorem wirusowym 35S CaMV, znalazły się przypadkowo jeszcze dwa obce geny. Rok później belgijscy naukowcy znaleźli w tej samej soi sekwencję 534 zasad, która nie była ani częścią transgenu, ani promotora, ani też DNA soi (Windeis 2001). Wprowadzanie rekombinowanych, obcych genów do DNA rośliny, może zakłócić naturalną sekwencję informacji genetycznej w jej DNA. Oprócz zamierzonych zmian w funkcjach biologicznych roślin GM, wprowadzony gen może wówczas wywołać (podobnie jak promieniowanie mutagenne) nie planowane zmiany funkcji regulacyjnych DNA biorcy, zakłócające replikację, transkrypcję i rekombinację.

3. Regulacje prawne

Polskie władze mogą starać się, zgodnie z dyrektywą Rady 2002/53/WE „...zabronić stosowania danej odmiany na całym terytorium swo-

jego kraju lub na jego części”. Właśnie taki zakaz stosowania w naszym kraju materiału siewnego 235 odmian kukurydzy paszowej MON 810, wprowadziło Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2013 r. Zaskakującym jest, że polskie uzasadnienie zakazu nie wskazuje na jakiegokolwiek naukowo udowodnione zagrożenie dla środowiska. Dowodzi tylko, że żadne, nawet najostrzejsze zasady koegzystencji upraw kukurydzy paszowej GM MON 810 i upraw tradycyjnych, nie gwarantują nieprzedostania się pyłku z upraw GM do miodów pszczelich. A duża liczba polskich miodów wpisana jest już na listę produktów tradycyjnych UE. Polskie uzasadnienie zakazu opiera się też na wyroku Europejskiego Trybunału Sprawiedliwości z dnia 6 września 2011 r., który w sporze między Bayerischer Verwaltungsgerichtshof (Niemcy) a koncernem Monsanto. Trybunał orzekł, że miody z pyłkiem kukurydzy MON 810 nie mogą znajdować się w obrocie na terenie Unii Europejskiej dlatego, że pyłek ten nie był badany w trakcie autoryzacji.

Podsumowanie

Argumenty, którymi posługują się biotechnolodzy zarówno w Europie jak i za oceanem, da się sprowadzić do stwierdzenia: „Tworzenie GMO jest tylko rozszerzeniem naturalnej hodowli roślin”. Jest to twierdzenie z gruntu fałszywe. Modyfikacje genetyczne mają całkowicie inny charakter aniżeli tradycyjna hodowla. Jest to technika laboratoryjna, która tworzy organizm o zupełnie nowych własnościach poprzez wstawianie obcych genów do jego DNA. Te sztuczne konstrukty są tworzone przez łączenie fragmentów DNA, zwykle pochodzących od kilku organizmów takich jak wirusy, bakterie, rośliny czy zwierzęta. Działania te nie mogą, tak jak sugerują zwolennicy transgeniki, być tożsame z doskonaleniem genetycznym uzyskiwanym poprzez selekcję czy krzyżowanie w obrębie tych samych gatunków. Krytycznym problemem jest tu pleiotropia, czyli zaskakująca ekspresja pojedynczego genu w konstelacji genów gospodarza, prowadząca do nieoczekiwanych efektów w zmodyfikowanym organizmie. Ponowne przeorganizowanie

natury, do czego prowadzi przekonstruowanie informacji genetycznej organizmów żywych nie było dotychczas realizowane w działalności naukowej, a wszystko wskazuje na to, że ten kierunek działań może być nie tylko nieodpowiedzialny, ale i niebezpieczny (Żarski, Żarska, Majdecka 2011).

Europejski sceptycyzm wobec uwolnień GMO z roku na rok jest coraz większy. Dzisiaj nikt już nie kwestionuje realnych zagrożeń dla naturalnego środowiska w następstwie uwalniania GMO, nie ma jednak zgody co do ich skali i zakresu. Biotechnologom nie można odmówić świadomości zagrożeń, jakie z ich dokonań płyną dla ich własnej dyscypliny. Jednak konsekwencje dla innych dyscyplin, są dla nich nieoczywiste.

Biotechnolodzy twierdzą, że argumenty sceptyków oparte są na niedopracowanych metodach badań, są słabo udowodnione, jednostronne i przesadzone. Takich też sformułowań użyła firma Monsanto w swoim komentarzu z września 2012 r. do krytycznej publikacji, dokumentującej toksyczność kukurydzy Bt odpornej na Roundup (Seralini, Clair, Mesnage 2012). Paradoksalnie, tak samo formułowane są zarzuty, które przeciwnicy GMO kierują pod adresem biotechnologów.

Członkowie Agencji Ochrony Środowiska USA L. Wolfenbarger i P. Phifer (2000) na łamach Science przedstawili własne wnioski z analizy ryzyka związanego z uwolnieniami GMO. Stwierdzili oni, że ani korzyści ani ryzyko z upraw GMO nie są pewne, mogą różnić w zależności od czasu wysiewu i lokalizacji upraw. Zdolność do przewidywania skutków ekologicznych z uwalniania GMO, jest według nich ograniczona z powodu nieprecyzyjnych wyników dotychczasowych badań. Także metody oceny potencjalnych zagrożeń dla środowiska są nieprecyzyjne. Nie ma metod opanowania GMO w razie niespodziewanego rozprzestrzeniania. Dotąd nie uzgodniono procedur izolacji obszaru objętego rozprzestrzenianiem GMO. Wolfenbarger i P. Phifer wobec nieodwracalności każdego uwolnienia GMO, krytycznie oceniają zdolności zarządzania ryzykiem.

Komisja Europejska skupia się więc na ustalaniu metod i zakresu badań jakie będą wymagane w najbliższych latach. Zarówno zwolennicy

uwalniania GMO jak i ich przeciwnicy zgodnie stwierdzają, że wśród obszarów przyszłych badań, niezbędna jest analiza potencjalnych, niezamierzonych oddziaływań ubocznych. Zaspakajając nasze dzisiejsze potrzeby, nie wiemy jakich skutków doświadczą następne pokolenia.

Część europejskich a w tym i polskich obaw wobec uwalniania GMO wynika z faktu, że w Europie nikt nie głoduje. Przeciwnie, mamy nadprodukcję żywności i unijne limity na produkcję rolną. Polska mając nadprodukcję własnej, cieszącej się bardzo dobrą opinią żywności nie mam powodu aby sięgać po uprawy GMO. Uprawa GMO na terenie Polski zagroziłaby priorytetom polskiego rolnictwa i strategii promocji eksportu zdrowej żywności w tym ekologicznej. Jak wykazano wyżej, współistnienie upraw tradycyjnych, ekologicznych i transgenicznych jest obciążone dużym ryzykiem wzajemnych przepyleń. Uwalniając odmiany GM zmarnujemy szansę stania się krajem produkującym żywność wysokiej jakości na rynek europejski. Polska powinna wziąć przykład z tych krajów unijnych, które wprowadziły zakaz uwalniania GMO. Racjonalnym działaniem Rządu RP jest odłożenie decyzji o uwalnianiu GMO na masową skalę, do czasu, gdy pełniej potrafimy ocenić podejmowane ryzyko ekologiczne.

Mimo silnego społecznego oporu przeciw uwalnianiu GMO do środowiska, oporu najsilniej wyrażającego się w Europie, wszystko wskazuje że w kolejnych latach uprawy takie zdominują światowe rolnictwo. Koncerny biotechnologiczne już komercjalizują tzw. „stacki GMO” – odmiany z wieloma zmodyfikowanymi cechami. To początek nowej generacji ekosystemów GM. Słynny fizyk Stephen Hawking w prognozie zastosowań biotechnologii w rolnictwie, przygotowanej dla amerykańskiej Rady Przełomu Tysiąclecia przy Białym Domu, napisał: „...mimo zakazów, tego procesu nie będzie można zatrzymać. Korzyści ekonomiczne sprawiają, że społeczną akceptację zyskuje stopniowo poprawianie natury roślin”.

Bibliografia

Literatura

- Anioł A., 2007, *Współistnienie (koegzystencja) upraw GMO z innymi sposobami produkcji*. w: „Organizmy genetycznie zmodyfikowane”, Materiały szkoleniowe, wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddz. Wielkopolski, Poznań.
- Benbrook C.M., 2012, *Genetically Engineered Crops And Pesticide Use In The United States*, Farmers Weekly, 23 October 2012.
- Broderick N., Raffa K. F., Handelsman J., 2006, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103 (41).
- Buchowicz J., 2007, *Biotechnologia molekularna. Geneza. przedmiot, perspektywy badań i zastosowań*, PWN, Warszawa.
- Dąbrowski Z., Grabowski M., 2012, *GMO w środowisku rolniczym, w GMO w świetle najnowszych badań*, SGGW, Warszawa.
- Filipecki M., Malepszy S., 2006, *Unintended consequences of plant transformationsa molecular insight*, J. Appl. Genet. 47.
- Grelewska K., 2009, *Koegzystencja roślin genetycznie zmodyfikowanych z innymi systemami produkcji ze szczególnym uwzględnieniem kukuzydzy*, Laboratorium Kontroli GMO, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, Radzików.
- Hellmich R. I., Siegfried B. D., Sears M. K., 2001, *Monarch larvae sensitivity to Bacillus thuringensis purified proteins and pollen*, Proc. Nat. Acad. Sci USA 98.
- Jayaraman K.S., 2005, *Monsanto's Bollgard potentially compromised in India*, Nature Biotechnology, November 2005.
- Lisowska K., 2010, *Genetycznie modyfikowane uprawy a zrównoważone rolnictwo i nasze zdrowie*, J Ecol. Health, 14(6), s. 303–309.
- Lisowska K., Chorąży M., 2011, *Zboża genetycznie modyfikowane (GM) w rolnictwie: aspekty zdrowotne, środowiskowe i społeczne*, Biuletyn Komitetu Ochrony Przyrody PAN, 2/2011.
- Losey J. E., Rayor L. S., Carter M. E., 1999, *Transgenic pollen harms monarch larvae*, Nature 399.

- Myhre M. R., Fenton K. A., Eggert J., et al., 2006, *The 35S CaMV plant virus promoter is active enterocyte-like cells*, Eur. Food Res. Technol. 222.
- Orczyk W., 2012, *Odmiany roślin uprawnych modyfikowane genetycznie*, w: „GMO w świetle najnowszych badań”, SGGW, Warszawa.
- Połanecki P., 2011, *Organizmy genetycznie modyfikowane: aspekty prawne i doświadczenia z procesu implementacji prawa o GMO na terytorium Polski*, Biuletyn Komitetu Ochrony Przyrody PAN, nr 2.
- Priwiezienczew E., Ligenza-Sieniarska E., Sieniarski Sz., 2002, *GMO zagrożeniem dla bioróżnorodności*, Społeczny Instytut Ekologiczny, Warszawa.
- Rühl G., Langhof M., 2011, *Coexistence in maize: effect of the genetically modified maize field depth on pollen-mediated gene flow*, Crop Science, Vol. 51.
- Seralini G. E., Clair E., Mesnage R., 2012, *Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize*, Food and Chemical Toxicology.
- Sowa S., Linkiewicz A., 2007, *Rośliny genetycznie modyfikowane*, w: „Organizmy genetycznie zmodyfikowane”, wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Wielkopolski, Poznań.
- Świątkiewicz S., 2012, *GMO w rolnictwie i produkcji żywności – szanse czy zagrożenia genetycznej modyfikacji roślin i zwierząt*”, konferencja w Sejmie RP pod patronatem Pana Prezydenta RP Bronisława Komorowskiego, 3 kwietnia 2012 r.
- Twardowski T., Michalska A., 2000, *KOD korzyści, oczekiwania, dylematy biotechnologii*, Agencja Edytor, Poznań.
- Twardowski T., Michalska A., 2001, *Genetycznie modyfikowane organizmy (GMO) a środowisko*, Agencja Edytor, Poznań.
- Windeis P., Taverniers I., Depicker A., et al., 2001, *Characterisation of the Roundup Ready soybean insert*, European Food Research and Technology, vol. 213.
- Wolfenbarger L. L., Phifer P. R., 2000, *The Ecological Risk and Benefits of Genetically Engineered Plants*, Science 15, december, vol. 290.

Zeki S., 2003, *The Farm Scale Evaluations of spring-sown genetically modified crops*, Phil. Trans. R. Soc. Lond. B., nr 358.

Żarski T., 2008, *Zagrożenia bioróżnorodności przez GMO*, Wydawnictwo Ministerstwa Ochrony Środowiska, Warszawa.

Żarski T. P., Żarska H., Majdecka T., 2011, *Aktualny stan wiedzy o zagrożeniach ekotoksykologicznych związanych z GMO*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 49.

Witryny internetowe

(Web-01) Eliason R., 2004, *Stagnating National Bean Yields*. Midwest Soybean Conference, cited by Dan Sullivan, "Is Monsanto's patented Roundup Ready gene responsible for a flattening of U.S. soybean yields", NewFarm.org, September 28, 2004, online at: <http://www.newfarm.org/features/0904/soybeans/index.sht>.

(Web-02) USDA, 2007, *Concludes Genetically Engineered Rice Investigation* (Release No. 0284.07), <http://www.usda.gov/wps/portal/usda-home?contentidonly=true&contentid=2007/10/0284.xm>.