

ZBIGNIEW T. DĄBROWSKI

*Katedra Entomologii Stosowanej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
E-mail: zbigniew_dabrowski@sggw.pl*

DOSKONALENIE METODYKI OCENY RYZYKA UWOLNIENIA GMO DO ŚRODOWISKA I MONITORINGU: WYBRANE PROJEKTY BADAWCZE UE

WPROWADZENIE

W 2007 r. odbyło się szereg warsztatów i konferencji poświęconych ocenie ryzyka uwalniania roślin zmodyfikowanych genetycznie (GM) do środowiska. Zwłaszcza dwie pozwoliły na zapoznanie się z pracami prowadzonymi w różnych ośrodkach naukowych nad roślinami GM. Zasługują one na szczególną uwagę:

1. Konferencja grupy roboczej Międzynarodowej Organizacji Walki Biologicznej (ang. International Organization of Biological Control, IOBC): „GMO w integrowanej produkcji roślin”, pod tytułem „Wpływy ekologiczne genetycznie zmodyfikowanych organizmów” („Ecological impact of genetically modified organisms) (EIGMO)”, 23-25 maja 2007 r., Warszawa – ze względu na liczny udział naukowców z Polski.

2. Kolokwium naukowe Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (ang. European Food Safety Authority, EFSA): „Ocena ryzyka uwalniania roślin zmodyfikowanych genetycznie do środowiska: wyzwania i proponowane działania”, 20-21 czerwca 2007, Tabiano, Włochy – ze względu na otwarcie się EFSA na uwagi i postulaty szerszego grona grup społecznych, niż nominowanych ekspertów różnych komisji EFSA i oficjalnych przedstawicieli krajów członkowskich Unii Europejskiej. Zostali zaproszeni naukowcy-eksperti w zakresie tej problematyki, przedstawiciele rządowych organów ds. środowiska, legislatorzy i pracownicy EFSA zajmujący się problematyką GMO.

Międzynarodowa konferencja IOBC, pod honorowym patronatem prof. dr Tomasza Boreckiego, Rektora SGGW, odbyła się na terenie kampusu SGGW na Ursynowie. Celem spotkania było przygotowanie zaleceń dla oceny ryzyka dla środowiska (ze szczególnym uwzględnieniem nadziemnych, niedocelewowych gatunków stawonogów) opartych na solidnych badaniach naukowych i pragmatycznych, które będzie można wykorzystać w poszczególnych krajach, po uwzględnieniu ich wymagań legislacyjnych i lokalnych warunków. Jak podkreśla coraz więcej przedstawicieli grup ekologicznych i naukowców, wyniki badań uzyskane na jednym obszarze (np. w USA) lub w innych strefach klimatyczno-glebowych i przy innych systemach upraw, nie oddają w pełni wszystkich zależności troficznych między uprawami, strefą na ich obrzeżach i dalszym krajobrazem, występującymi gdzie indziej. Nie jest więc uprawione ich bezkrytyczne uogólnianie. Ważnym czynnikiem tych ocen są też różnice w strukturze agrarnej w poszczególnych regionach. Jest to szczególnie ważne w Polsce, gdzie 55% gospodarstw zajmuje od 1-5 ha, a 25% – 5-10 ha.

Prof. dr Jan Szyszko, Minister Środowiska, witając uczestników Konferencji jednoznacznie wyraził stanowisko Rządu RP w sprawie upraw roślin GM, podkreślając unikalność polskiej flory i fauny, bogatszej, nie zredukowanej jeszcze, jak w innych krajach Europy. Podkreślił, że jako ekolog jest głęboko przekonany, że oddziaływania upraw GM na

skomplikowane układy troficzne są trudne do przewidzenia i wymagają wieloletnich badań. Zarówno wiele samorządów, organizacji i członkowie Parlamentu i Senatu RP wyrażają opinię, że Polska powinna być „wolna” od upraw roślin GM.

Prof. T. Borecki, Rektor SGGW, witając uczestników konferencji podkreślił znaczenie tej konferencji dla SGGW i Polski. W Polsce istnieje głęboki rozdział opinii pomiędzy członkami Parlamentu i Senatu RP, ministrami, niektórymi samorządami, grupami pro-ekologicznymi a większością środowiska naukowego, dotyczący akceptacji upraw odmian GM w Polsce. Jednak zarówno przeciwnicy, jak i zwolennicy GMO podkreślają potrzebę obiektywnej oceny wpływu tych odmian na środowisko, w oparciu o badania naukowe prowadzone w naszym regionie. Jednak interpretacja wyników badań uzyskanych w innych krajach jest odmienna w przypadku grup pro-ekologicznych i więk-

szości środowisk naukowych. Negatywna interpretacja badań w Polsce została bardziej zaakceptowana przez znaczne grupy społeczeństwa, niż pozytywna. Akceptujemy, że te różnice wymagają dalszego doskonalenia metod oceny efektów niezamierzonych. Oczekujemy, że prezentacje i dyskusje w czasie tej konferencji, oparte na badaniach naukowych, pozwolą na zaproponowanie ujednoliconej metodyki oceny ryzyka. Cytując łacińską maksymę: „*Hominis est propria veri inquisitio atque investigatio*” („Właściwe jest człowiekowi poszukiwanie i śledzenie prawdy” tłum. M. Dubiński, Świat Książki, W-wa, 2005), Rektor podkreślił, że ma nadzieję, że będzie ona podstawą podczas prowadzenia dyskusji o uprawach GM przez różne gremia w Polsce. Konferencja daje też doktorantom i studentom SGGW szansę zapoznania się z różnymi technikami i metodyką oceny ryzyka, wskazanymi w „Protokole z Kartageny” (2003).

PREZENTACJA WYBRANYCH PROGRAMÓW BADAWCZYCH W CZASIE KONFERENCJI IOBC W WARSZAWIE

W wielu krajach Europy, nie tylko będących członkami Unii Europejskiej, podjęto pod koniec lat 90. liczne badania, najczęściej finansowane przez ministerstwa lub agencje rządowe związane ze środowiskiem, nad niezamierzonymi oddziaływaniami odmian transgenicznych na różne elementy środowiska. Badaniami objęto wpływ różnych odmian i linii kukurydzy, buraków, rzepaku i ziemniaków modyfikowanych genetycznie, tolerujących herbicydy (głównie glifosat i glifosynat) lub z genami odporności na szkodniki (uzyskanymi z różnych podgatunków i populacji bakterii *Bacillus thuringensis*, powszechnie występującej w glebie), na wiele grup fitofagów (włącznie ze ślimakami), na parazytoidy i drapieżców. Analizowano też wpływ tych odmian poprzez wydzieliny korzeniowe na organizmy glebowe, w tym na mikroorganizmy.

Badania nad reakcją różnych organizmów na toksyny produkowane przez rośliny GM prowadzone były przy wykorzystaniu różnych metod i technik, co skutkowało uzyskiwaniem rozbieżnych wyników (m.in. ROMEIS i współaut. 2006). Dlatego też celem powołania w 2003 r. w Pradze nowej grupy roboczej, Międzynarodowej Organizacji Walki Biologicznej (OIBC) – „GMO w Integrowanej Uprawie Roślin”

(„GMOs in Integrated Plant Production”), było przedyskutowanie zakresu tych prac. Jednak znaczne rozbieżności, co do zakresu projektów badawczych, jak i stosowanych metod, zwróciły uwagę uczestników na konieczność standaryzacji i krytycznej analizy stosowanych dotychczas technik badawczych. Również w czasie konferencji IOBC w Warszawie w referatach odnoszono się do tych badań i wpływających z nich wniosków, dotyczących różnych interpretacji obiektywnie uzyskanych wyników przez różne grupy społeczeństwa.

Większość uczestników konferencji stanowili pracownicy naukowcy (50 osób – entomolodzy, ekolodzy, biolodzy molekularni, hodowcy i herbolodzy), mniejszą grupę (5 osób), w porównaniu do dwóch poprzednich spotkań, stanowili legislatorzy (agencje rządowe związane ze środowiskiem), natomiast 7 firmy biotechnologiczne i hodowlane reprezentowało 7 osób. Liczną grupę stanowili doktoranci i studenci polscy. Wymownym jest fakt, że wykaz osób, autorów poszczególnych wygłaszanych referatów wskazuje na udział kilku instytucji badawczych i uczelni oraz na znaczne fundusze przeznaczone na poszczególne projekty badawcze przez wiele rządów europejskich. Referaty i 20 poste-

rów obejmowało następującą problematykę:

1. Opracowanie i harmonizacja technik i metod stosowanych w testach oceny ryzyka upraw roślin GM na środowisko w Europie.

2. Oddzielenie metodyki prowadzenia badań związanych z analizą ryzyka dla środowiska od monitoringu, po wprowadzeniu odmiany GM do uprawy.

3. Specyficzność działania odmian GM na organizmy docelowe a ich oddziaływanie na organizmy niedocelowe (działania niezamierzone).

4. Możliwość połączenia walki biologicznej z uprawą odmian GM.

5. Oddzielenie potencjalnego oddziaływania upraw GM od wpływu nowoczesnych technologii upraw na bioróżnorodność flory i fauny agrocenoz.

6. Możliwość powstawania populacji agrofagów przełamujących odporność roślin GM i metody zapobiegania tym zjawiskom.

W porównaniu z dwoma poprzednimi konferencjami, więcej referatów (8 na 29) i posterów (2 na 20) dotyczyło relacji pomiędzy odmianami kukurydzy GM wytwarzającymi toksyczne białko Bt Cry 3Aa w stosunku do nowego dla Europy gatunku szkodnika inwazyjnego: zachodniej korzeniowej stonki kukurydzianej (*Diabrotica virgifera virgifera* [LeConte]). Prawie wszystkie te prace pochodziły z Niemiec, a po jednej z Czech i Wielkiej Brytanii, co wskazuje na troskę tych rządów o opracowanie alternatywnej metody ochrony kukurydzy przed tym szkodnikiem. Ponieważ białka Cry 3A i Cry 3 Bb1 wytwarzane przez transgeniczne odmiany kukurydzy w celu zniszczenia larw i postaci dorosłych *Diabrotica* sp. działają specyficznie na chrząszcze (Coleoptera), dlatego szczególnie ważnym było określenie ich toksyczności na pożyteczne, drapieżne gatunki chrząszczy, żyjących w środowisku glebowym. Dwa zespoły badawcze z NRF potwierdziły, że tylko w przypadku, gdy pokarmem drapieżnych biegaczowatych były w warunkach laboratoryjnych larwy stonki kukurydzianej roz-

wijające się na transgenicznej kukurydzy, można oczekiwać przedłużonego rozwoju larwalnego (BÜCHS i SCHLEIN 2007). Jednak badania polowe z wykorzystaniem odmiany transgenicznej kukurydzy z tą samą cechą MON 88017, w których drapieżne chrząszcze miały swobodny dostęp do innych źródeł pokarmu, poza larwami i poczwarkami *Diabrotica* sp., nie stwierdzono różnic w zagęszczeniu biegaczowatych na polach kukurydzy Bt i konwencjonalnej (PRIENITS i współaut. 2007).

Należy pamiętać, że niekorzystne zmiany obserwowane w latach 50. w agrocenozach w USA, związane z nadmiernym stosowaniem pestycydów, nie były spowodowane zwalczaniem omacnicy prosowianki, lecz stosowaniem długo zalegających w środowisku insektycydów z grupy chlorowanych węglowodorów, do ochrony korzeni kukurydzy przed tym szkodnikiem. Obecnie, po wycofaniu wielu insektycydów doglebowych z grupy fosforowych organicznych i karbaminianów, nie mamy do dyspozycji preparatów doglebowych o odpowiednio długim działaniu w glebie. Zalecane awaryjnie opryskiwanie jesienią kukurydzy przeciwko młodym chrząszczom stonki kukurydzianej, które wyszły na żer uzupełniający, nie stanowi rozwiązania. Szkodnika tego wyłapuje się już również do pułapek lepnych na terenie Polski południowej.

Bardzo istotne było podsumowanie doświadczeń z 10-letnich polowych badań eksperymentalnych i upraw komercyjnych ("Ecological impacts of genetically modified crops; Experience from ten years of experimental field research and commercial cultivation") (SANVIDO i współaut. 2006), opracowanego w ramach Szwajcarskiego Komitetu Ekspertów ds. Biobezpieczeństwa (wydawca: Agroscope Reckenholz-Tanikon, Research Station, ART). Publikacja ta jest o tyle cenna, że podsumowuje dostępną literaturę, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania roślin GM na poszczególne grupy makro- i mikrofauny agrocenoz, włącznie z organizmami glebowymi.

ODDZIELENIE METODYKI OCENY RYZYKA UWOLNIENIA ODMIAN GM DO ŚRODOWISKA OD TECHNIK STOSOWANYCH W MONITORINGU

Zespoły badawcze w Anglii, RFN, Szwajcarii i Holandii w swych pracach podkreślają, że odmienne metodyki powinno się stosować

przy analizie danych eksperymentalnych przy ocenie ryzyka przed uwolnieniem nowej odmiany GM do środowiska, a inne w czasie

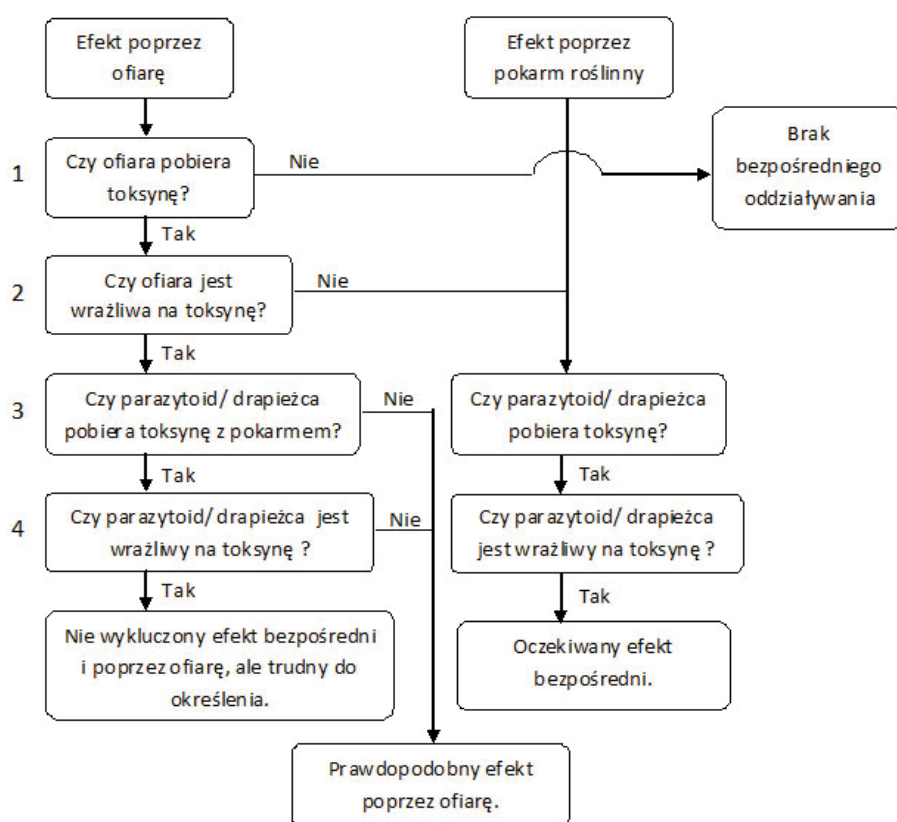
prowadzenia „monitoringu po wprowadzeniu danej odmiany GM do uprawy. Wyrażenie zgody na uprawę GMO powinno się opierać na założonym minimalnym i akceptowanym poziomie ryzyka. Badania dla oceny ryzyka powinno się prowadzić w dwóch etapach (ang. tier tests I, II), tak jak jest to obowiązkowo wymagane w USA (ROMEIS 2006). Należy zaznaczyć, że wyniki oceny toksyczności związków chemicznych testowanych na wybranych gatunkach organizmów, stosując podobną metodykę, powszechnie akceptuje się przy dopuszczeniu do stosowania chemicznych środków ochrony roślin (dawniej nazywanych „pestycydami”). Dlatego ważnym jest, aby i w ocenie bezpieczeństwa roślin GM uzgodniono, jakie gatunki należy uwzględnić w tych testach.

I-Y SZCZEBEL ANALIZY RYZYKA

Badania na tym etapie oparte są na standardowych testach laboratoryjnych i w szklarniach (zamknięte użycie). Bada się toksyczność owadobójczych białek Bt pochodzących z kultur bakteryjnych i transgenicz-

nych roślin w różnych dawkach, w tym 10x wyższych niż występujących w roślinie (ang. worse-case scenerio, najgroźniejszego przypadku). Kilka zespołów badawczych ocenia zgodność wyników testów nad toksycznością różnych białek Cry (*Bacillus thuringiensis*), uzyskanych z transgenicznych roślin i produkowanych w większych ilościach (niższe koszty testów) przez bakterię pałeczkę okrężnicy (*Escherichia coli*). Modelowe prace z tego zakresu dla odmian tworzących toksynę Cry 3Bb1 (MON 88017) dla stonki korzeniowej *Diabrotica* sp. prowadzi się w Dziale Fitomedycyny, Biotechnologicznej Ochrony Roślin, Rolnicze Centrum Badawcze w Neustadt (THU NGUYEN i JEHLE 2007).

Do niedawna istniały wśród naukowców rozbieżności co do zakresu prowadzenia badań nad oddziaływaniem roślin GM na różne gatunki. Część specjalistów-ekologów postulowała, aby uwzględniać wszystkie gatunki, spełniające ważne funkcje w środowisku. Jednak w wyniku dyskusji w czasie trzech konferencji grupy IOBC uzgodniono, że metodyka badań stosowana przy ocenie che-



Ryc. 1. Schemat drzewa podejmowania decyzji dotyczących oceny niezamierzonego efektu roślin GM na wrogów naturalnych (drapieżców i parazytoidów) szkodników roślin (wg SANVIDO i współpracowników 2006, zmodyfikowana).

micznych środków ochrony roślin (ang. tier approach) pozwala na właściwą ocenę oddziaływania roślin GM na organizmy niedo celowe i jest racjonalna z punktu widzenia ponoszonych kosztów. Dlatego wybór gatunków uwzględnianych w czasie oceny toksyczności na etapie I-ym jest ważnym i powinien zostać zaakceptowany przez urzędy ds. GMO w różnych krajach. Prowadzone doświadczenia w ostatnich 10-u latach wskazują, że nie jest ekonomicznie uzasadnione prowadzenie doświadczeń z każdym gatunkiem fitofaga i jego wroga naturalnego (parazytoidea czy drapieżcy). ROMEIS i współaut. (2006) po krytycznej analizie wyników uzyskanych w dziesiątkach doświadczeń zaproponowali, aby wybór gatunku opierać na logicznej sekwencji postępowania i analizy na każdym kolejnym etapie (Ryc. 1).

II-GI SZCZEBEL ANALIZY RYZYKA DLA ŚRODOWISKA)

Szereg zespołów badawczych i specjalistów urzędów ds. GMO w różnych krajach proponują różne doświadczenia z wykorzystaniem roślin lub ich części w warunkach szklarniowych lub pod izolatorami, a nawet ograniczone uwolnienie na polach doświadczalnych, co pozwala na określenie powiązań tych organizmów, zbliżonych do warunków naturalnych (ang. semi-field conditions).

Opublikowane prace metodyczne nad oceną efektów niezamierzonych z Wielkiej Brytanii, Francji, Niemiec i Czech wskazują,

że metodyka prowadzenia tych badań powinna odbiegać od układu standardowych doświadczeń polowych opartych na niewielkich polach jako powtórzeniach. Wszystkie one wskazały, że badania takie muszą być zakładane na stosunkowo dużych polach (nie polach) doświadczalnych, aby unikać oddziaływań brzeżnych. Podkreślano znaczenie określania zawartości białek o toksycznym działaniu przeciwko owadom. Dane Thu Nguyen i Jehle (z laboratorium Biotechnologicznej Ochrony Roślin, Neustadt/Wstr, Niemcy) wskazują, że np. ekspresja białka Cry 3Bb1 w roślinach kukurydzy w USA była znacznie wyższa (1300–5405 g/ha) niż w doświadczeniach wykonanych w Niemczech (554–651 g/ha). Pomimo że miejscem maksymalnej ekspresji powinny być korzenie kukurydzy (gatunkiem docelowym jest przecież korzeniowa stonka kukurydziana), to prawie dwukrotnie większe stężenie toksyny oznaczono w młodych liściach, a takie same w starszych liściach. W Niemczech nie ma gatunków chrząszczy żerujących na roślinach kukurydzy, ale jak wskazują obserwacje wykonane w Polsce, występuje kilka gatunków [larwy i chrząszcze skrzypionek (*Qulema*), chrząszcze pchełek (*Phyllotreta* spp.), chrząszcze urazka kukurydzianego (*Glischrochilus quadrisignatus* Say), larwy sprząkówek – drutowce (Elateridae) i pędraki (Melolonthinae)]. Stąd zaistnieje potrzeba przeprowadzenia dodatkowych badań na faunę Coleoptera na kukurydzy, po wprowadzeniu odmian odpornych na korzeniową stonkę kukurydzianą.

MONITORING

Zakres i metody stosowane w czasie monitoringu po uwolnieniu roślin GM do środowiska są przedmiotem „gorących” debat. Uzgodniono, że jest koniecznym, aby trzeci etap analizy ryzyka obejmował monitoring, już po uwolnieniu GMO do środowiska. Istnieją jednak rozbieżności w opiniach, w jakim zakresie należy go prowadzić. Dyskutowane są dwie drogi postępowania:

- analizę wybranych konkretnych przypadków (ang. case-specific monitoring);
- ogólny monitoring zmian w środowisku, wywołanych wprowadzeniem GMO do uprawy.

Ze względu na podnoszone zastrzeżenia odnośnie oddziaływania toksyn z roślin GM na mikrofaunę gleby, szczególnie cenne są prace i metodyka proponowana przez ze-

spół prof. Marco Nuti z Włoch (mpnuti@agr.unipi.it) (NUTI i współaut. 2004; 2007). Jest to szczególnie ważne w sytuacji, gdy np. pewne odmiany kukurydzy GM charakteryzują się wyższą zawartością ligniny w swoich tkankach.

Ciekawymi osiągnięciami jest wykorzystywanie modeli matematycznych w analizach oddziaływania odmian GM na środowisko, m.in.: (i) przenoszenia genów z pól uprawnych na inne rośliny i (ii) wpływu przestrzennego rozmieszczenia roślin odmian konwencjonalnych (nie-GM) wśród (lub obok) roślin GM, dla opóźnienia przełamania odporności tych roślin przez szkodniki. Szczególne osiągnięcia mają w tym zakresie badacze francuscy (ANGEVIN i współaut. 2007). Zaproponowane przez nich modele rozprzestrzeniania

się pyłku rzepaku pozwalają na przewidywanie, chociaż niezbyt precyzyjne, zjawisk trudnych do bezpośredniej obserwacji w warunkach polowych: (i) przenoszenie pyłku na znaczne odległości, (ii) przenoszenie genów z danej uprawy na nieokreślone „dzikie” populacje roślin oraz (iii) hybrydyzacji, gdy następuje to w sytuacjach wyjątkowych (ada-

ptacja modelu GeneSys). Zaproponowane modele pozwalają na symulowanie sytuacji w różnych warunkach (scenerii); analizowanie wielu parametrów (np. czułości stosowanych analiz; przedziały ufności dla danych wyjściowych; testowanie innowacyjności, itd.); eksploracja w czasie i przestrzeni.

HAZARD, EKSPOZYCJA, RYZYKO

Szereg wystąpień w dyskusji odnoszących się do danych statystycznych z Anglii i Niemiec o spadku bioróżnorodności (w tym ptaków i gatunków chwastów) w agrocenozach zwraca uwagę, że to zmiany w systemach produkcji rolniczej w kierunku intensyfikacji rolnictwa zapoczątkowane pod koniec lat 40., przyczyniły się do tego spadku. Dr Klaus Ammann z Katedry Biotechnologii i Ogrodu Botanicznego (Delft Technical University), Holandia odnosząc się do krytyki Towarzystwa Ochrony Ptaków w Wielkiej Brytanii, że w wyniku uprawy transgenicznych odmian buraków cukrowych, populacja chwastów jest tak ograniczona, że nie wytwarzają one jesienią wystarczających ilości nasion dla ptaków, odwołał się do danych opublikowanych przez FULLERA i współaut. (1995) obrazujących zmiany liczebności sześciu pospolitych gatunków w latach 1969–1991 w Wielkiej Brytanii. Okazało się, że nie było prostej zależności spadku wszystkich gatunków ptaków w agrocenozach w badanym okresie. Istotny, systematyczny spadek stwierdzono dla liczebności mazurka, wolniejszy w przypadku populacji skowronka. Nie zmieniła się liczebność w przypadku pliszki żółtej czy szpaka. W przypadku pokrzewki cierniówki po okresowym spadku, liczebność jej zaczęła wzrastać od 1981 r. Populacja kawek systematycznie rośnie w Wielkiej Brytanii. Dr Ammann postulował, aby możliwości adaptacji innowacyjnych technologii do różnych systemów produkcji rolniczej rozpatrywać w oparciu o obiektywne dane, bez stawiania emocjonalnych barier. Nie uważa on, że np. rolnictwo ekologiczne nie powinno korzystać ze zdobyczy biotechnologii (AMMANN 2007; klaus.ammann@ips.unibe.ch).

Szereg publikacji z ostatnich dwóch lat zwraca uwagę na trudności w ocenie oddziaływań niezamierzonych na organizmy niedocelowe i odmienną interpretację wyników tych badań przez oponentów jak:

– wykorzystanie różnych danych wyjściowych (ang. baselines, punkt odniesienia) przy porównywaniu oddziaływań roślin GM na agrocenozy i inne biocenozy. Referujący uważali, że punktem odniesienia powinno być porównanie upraw GM z nowoczesnymi metodami uprawy. Jest udowodnionym, że nowoczesne systemy upraw mają wyraźny negatywny wpływ na bioróżnorodność (np. ubytek bioróżnorodności agrocezon od lat 50.). Przyczynami spadku bioróżnorodności była: intensyfikacja produkcji rolniczej, redukcja i fragmentaryzacja biocenoz i ujednolicenie krajobrazu rolniczego. Oczywiście, można oddziaływania upraw GM odnosić do upraw ekologicznych czy „doskonałej przyrody” (ang. „perfect nature”);

– „niepewność” (nieokreśloność) co do efektów wieloletnich. Należy rozróżnić dwa pojęcia: (i) „niewiadome” - brak wystarczających danych dla wyciągnięcia wniosków co do ryzyka od (ii) „niepoznawalne” – rozwiązanie wątpliwości jest poza zasięgiem metod naukowych. Zaznacza się, że przewidywanie potencjalnych długo terminowych lub akumulujących się efektów jest trudne (a może nawet niemożliwe). Decyzje jednak należy podejmować, zdając sobie sprawę, że nie wszystkie wątpliwości można wyjaśnić. Zacytowano też przysłowie chińskie: *„Niepewność jest powodem niedobrego samopoczucia, ale być czegoś pewnym jest śmieszne (absurdalne)”* (SANVIDO i współaut. 2006).

W czasie obu konferencji zorganizowanych przez IOBC i EFSA (2007) podkreślano, że oponenci GMO często mieszają pojęcia zagrożenie (ang. hazard) z ekspozycją (ang. exposure). Naukową definicją ryzyka wyrażone jako prawdopodobieństwo (ang. risk) jest funkcja zagrożenia (potencjalnego wpływu) x ekspozycja [% prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia określane wg $\text{risk} = f(\text{hazard} \times \text{exposure})$]. Oponenci definiują zagrożenie jako: ryzyko lub ekspozycja. Przykładami błędnej interpretacji ryzyka jest przy-

padek oddziaływania kukurydzy Bt na motyle monarcha, przedstawiony w artykule Hellmicha i Górskiej w tym zeszycie KOSMOSU.

Błędnie stosuje się termin „exposure” – „narażenie” w takich przypadkach jak: przemieszczanie się genów; transgeniczny pyłek czy toksyny Bt w glebie.

Kontrowersje budzi także określanie ryzyka związanego z ochroną elementów środowiska, które nie powinny podlegać wpływom upraw GM. Określając szkody środowiskowe bierze się pod uwagę następujące aspekty: (i) nie można ich zdefiniować tylko na podstawie czysto naukowych danych, ale łącznie z oceną ich wartości, co wiąże się z wyznawanymi zasadami etycznymi, (ii) podejmowanie decyzji jest związane z postrzeganymi wartościami, jak też wpływ mają na nie czynniki polityczne, socjalne i ekonomiczne, a także (iii) różne grupy społeczeństwa mają odmien-

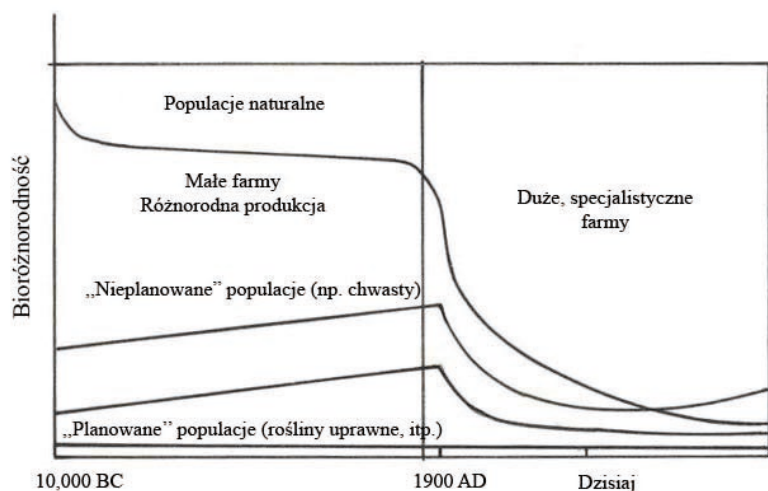
ne opinie o celach ochrony środowiska, na które nie powinny negatywnie oddziaływać uprawy GM. Stąd wynikają rozbieżności pomiędzy oponentami a grupami popierającymi uprawę roślin GM dotyczące odpowiedzi na pytania: Jak oceniać znaczenie oddziaływań GM na środowisko?, Co należy uwzględnić przy ocenie tych efektów?, Co należy chronić?

Cytowanym klasycznym przykładem rozbieżności w ocenie oddziaływania roślin GM na środowisko była interpretacja wyników wielkoobszarowych badań nad wpływem odmian tolerujących herbicydy przez Ministerstwo Środowiska, Żywności i Terenów Wiejskich (Department of the Environment, Food and Rural Affairs – DEFRA) Wielkiej Brytanii, przedstawiona szczegółowo w innym artykule Autora w tym numerze KOSMOSU.

UWZGLĘDNIANIE KORZYŚCI SPOŁECZNYCH Z UPRAW ODMIAN GM

Wydaje się, że omawiając prace różnych grup badawczych w krajach UE, należy też przedstawić, w jaki sposób są one wykorzystywane przez rządy w tych krajach. Doświadczenia brytyjskie są w tym względzie cenne. Komitet Doradczy ds. Uwolnienia do Środowiska (Advisory Committee on Release to Environment) Wielkiej Brytanii został powołany ustawowo w 1993 r., jako niezależna grupa doradców naukowych, w celu przygotowania zaleceń dotyczących oceny ryzyka związanego z uwolnieniem organizmów GMO do środowiska. Ponieważ opinia publiczna i organizacje związane z ochroną przyrody wyrażały w ostatnich la-

tach zaniepokojenie związane ze spadkiem bioróżnorodności flory i fauny w WB, dlatego obecne oficjalne stanowisko Komitetu zawiera warunek, aby ocenę wprowadzenia odmian GM do uprawy opierać na szerszej analizie zmian w agrocenozach, wynikających z intensyfikacji rolnictwa. Cytując dane Edwardsa i Hilbecka (patrz POLLOCK 2007) o wpływie zmian w systemach produkcji rolniczej na bioróżnorodność, założono, że uprawa roślin GM spowoduje dalsze zmiany, ale nie można ich nie odnosić do innych, intensywnych systemów gospodarowania (POLLOCK 2007) (Ryc. 2). Stąd obecne zalecenia ACRE dla rządu brytyj-



Ryc. 2. Zmiany w bioróżnorodności w odniesieniu do rozwoju technologii w rolnictwie (wg POLLOCKA 2007, zmodyfikowana).

skiego odnośnie zasad oceny oddziaływania GMO na środowisko są następujące:

- analiza korzyści i ryzyka uwolnienia GMO do środowiska;
- analizy powinny uwzględniać tylko konkretne dowody;
- potwierdzenie konieczności oceny wpływu roślin GM w doświadczeniach polowych, przed wprowadzeniem ich do upraw produkcyjnych;
- ocena upraw GM musi uwzględniać obecnie uprawiane odmiany i stosowane praktyki produkcyjne;

- należy uwzględnić innowacyjność upraw GM w odniesieniu do oddziaływania obecnych technologii na środowisko;
- wymagana jest prostolinijność (uczciwość) przy prowadzeniu ocen;
- należy uwzględnić konkurencyjność rolnictwa Wielkiej Brytanii.

Komitet również zauważa, że obecnie wymagana analiza oddziaływania na środowisko dotyczy tylko roślin GM, a nie jest wymagana dla wprowadzanych innych nowych technologii w rolnictwie. Zastrzeżenia takie są również podnoszone coraz częściej i w innych debatach (POLLOCK 2007).

WNIOSKI

1. Zaproponowana metodyka oceny ryzyka dla roślin GM, oparta na kolejnych testach laboratoryjnych, z wykorzystaniem roślin GM i sztucznych diet, z dodatkiem różnych poziomów toksyn (włącznie z analizą najgroźniejszego przypadku) została przyjęta zarówno przez przedstawicieli ośrodków badawczych jak i firm biotechnologicznych.

2. Uprawa odmian transgenicznych kukurydzy z genami Bt warunkującymi odporność na porażenie przez omacnicę proso-wiankę i sówkę *Sesamia* sp. zajęła około 100 tysięcy ha w 2006 r. w takich krajach europejskich jak: Francja, Niemcy/Czechy, Słowacja i Rumunia.

3. W stosunku do publikacji naukowych i referatów naukowych przedstawionych w poprzednich latach, maleje liczba nowych doniesień o oddziaływaniu kukurydzy z genem *cry 1Ab*, odpornej na omacnicę proso-wiankę, na środowisko, a pojawiły się prace przeglądowe, podsumowujące badania ostatnich lat. Świadczy to o akceptacji tych odmian, jako niezagrażających bioróżnorodności w różnych krajach.

4. W krajach zagrożonych wystąpieniem zachodniej korzeniowej stonki kukurydzianej (Czechy, Austria, Niemcy) prowadzi się intensywne badania, finansowane przez agencje rządowe, nad działaniem odmian kukurydzy wytwarzających toksyczne białko Bt Cry 3B na tego szkodnika jak i na organizmy nie-docelowe. Nie dysponujemy obecnie w pełni skuteczną chemiczną metodą ochrony kukurydzy przed tym szkodnikiem, po wycofaniu z użycia pestycydów dogłębowych o długim okresie działania.

5. Nadal wskazuje się na konieczność analizy występowania toksycznych białek w

różnych częściach transgenicznych roślin, przy zastosowaniu nowoczesnych metod biologii molekularnej. Wyniki uzyskane w Europie nie zawsze oddają dane uzyskane w USA.

6. Przedstawione badania i analizy genetyczne dotyczące częstotliwości występowania alleli, które mogą powodować przełamywanie odporności odmian transgenicznych przez populacje agrofagów, wskazują na niskie prawdopodobieństwa przełamania odporności w najbliższych 10-u lat. Niemniej wskazanym jest zachowanie refugów, upraw konwencjonalnych odmian, na których populacje szkodników nie będą wystawione na presję selekcyjną toksycznych białek Bt. W USA wymagana jest uprawa odmian konwencjonalnych kukurydzy na 20% areale.

7. Ocenę wpływu upraw odmian zmodyfikowanych genetycznie na środowisko należy porównywać w stosunku do obecnie stosowanych powszechnie metod uprawowych, w tym do efektów stosowania chemicznych środków ochrony roślin.

8. Istnieją znaczne rozbieżności w ocenie wartości różnych elementów środowiska, co wpływa na opinię wyrażaną przez część naukowców i pozarządowych organizacji ekologicznych na uwolnienie odmian GM do środowiska.

9. Podkreśla się obecnie, że to intensywne systemy upraw spowodowały utratę bioróżnorodności agrocenoz w wielu krajach. Jest do pogodzenia uprawa odpornych na szkodniki i choroby odmian transgenicznych w systemach ochraniających agrocenozy (z ang. conservation agriculture), a nawet ekologicznych. Część oficjalnych, niezależnych komisji ds. uwolnienia GMO do środowiska

wskazuje na konieczność uwzględniania ko-

rzyści z upraw GM i konkurencyjności krajowego rolnictwa.

PERFECTION OF RISK ASSESSMENT METHODOLOGY FOR RELEASING GMO TO ENVIRONMENT: SELECTED ACTIVITIES IN EU

Summary

The review outlines shortly some advanced research and development projects presented during two international conferences: (1) "Ecological impact of genetically modified organisms (EIGMO)" of the working group GMOs in Integrated Plant Production, International Organization of Biological Control, 23–25 May 2007, Warsaw, Poland and (2) Scientific Colloquium 8 "Environmental risk as-

essment of genetically modified plants – challenges and approaches" of European Food Safety Authority, 20–21 June 2007, Tabiano, Italy, on ERA and monitoring after GM plants are released to environment. Special attention is given to studies on the effect of GMO on pest natural enemies, as non-target organisms. Proposed tier approach is described in some details.

LITERATURA

- AMMANN K., 2007. *Farming organically and with transgenic plants: a comparison of environmental impacts*. Materiały 3rd EIGMO Meeting. Ecological impact of genetically modified organisms (EIGMO), 23–25.05.2007, Warsaw, Poland, 49.
- ANGEVIN F., COLBACH, MESSÉA A., LAVIGNE C., 2007. *Relevance of modelling for assessing spatial and temporal effects of GMOs upscaling*. Referat wygłoszony w czasie: EFSA Scientific Colloquium 8, „Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Plants – Challenges and Approaches”. 20–21.06.2007, Tabiano, Italy.
- BÜCHS W., SCHLEIN O., 2007. *Effects of transgenic maize with *Diabrotica v. virgifera* – resistance on the feeding rates and development of predatory beetles after consumption of Bt-contaminated prey larvae*. Referat wygłoszony w czasie: EFSA Scientific Colloquium 8, „Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Plants – Challenges and Approaches”. 20–21.06.2007, Tabiano, Italy, 32.
- FULLER R. J., GREGORY R. D., GIBBONS D. W., MARCHANT J. H., BAILLIE S. R., CARTER N., 1995. *Population declines and range contractions among lowland farmland birds in Britain*. *Conserv. Biol.* 9, 1425–1441.
- NUTI M., AGNOLUCCI M., RUSSO A., GIOVANNETTI M., TOFFANIN A., CASELLA S., 2004. *Soil microbial biodiversity: concepts and functions*. Materiały European Science Foundation (EFS) Conference „Measuring and monitoring the impact of GMOs”, 31.03.–1.04. 2004, Cambridge, UK, 30–36.
- NUTI M., FELICI C., CRISTANI S., DEGL’ I., 2007. *The impact of GMOs on non-target organisms: Soil microbiota*. Referat wygłoszony w czasie: EFSA Scientific Colloquium 8, „Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Plants – Challenges and Approaches”. 20–21.06.2007, Tabiano, Italy.
- PRIESNITS K. U., BENKER U., ROB-NICKOLL M., 2007. *Impact of Coleopteran-specific Bt maize on Carabid beetles: results after two years of field and laboratory research*. Materiały European Science Foundation (EFS) Conference „Measuring and monitoring the impact of GMOs”, 31.03.–1.04. 2004, Cambridge, UK, 33.
- POLLOCK C., 2007. *Managing the footprint of agriculture: Towards a comparative assessment of risks and benefits for novel agricultural systems*. Referat wygłoszony w czasie: EFSA Scientific Colloquium 8, „Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Plants – Challenges and Approaches”. 20–21.06.2007, Tabiano, Italy.
- ROMEIS J., 2006. *Non-target risk assessment of GM crops and regulation*. IOBC WPRS Bull. 29, 197–200.
- ROMEIS J., MEISSE M., BIGLER F., 2006. *Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control*. *Nature Biotechnol.* 24, 63–71.
- SANVIDO O., STARK M., ROMEIS J., BIGLER F., 2006. *Ecological impacts of genetically modified crops. Experience from ten years of experimental field research and commercial cultivation*. ART-Schriftenreihe, Agroscope Reckenholz-Tänikon, Research Station ART.
- THU NGUYEN H., JEHLE J., 2006. *Monitoring the Cry 3Bb1 expression of corn line MON 88017 at the field trial in Germany*. Materiały 3rd EIGMO Meeting. Ecological impact of genetically modified organisms (EIGMO), 23–25.05.2007, Warsaw, Poland, 39.