

ZBIGNIEW T. DĄBROWSKI

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

CZY JEST MOŻLIWE POGODZENIE NOWYCH TECHNOLOGII W ROLNICTWIE Z POSTULATAMI ZACHOWANIA BIORÓŻNORODNOŚCI: ODMIANY TOLERUJĄCE HERBICIDY W DOŚWIADCZENIACH BRYTYJSKICH

WPROWADZENIE

Europejscy naukowcy, specjalizujący się w pracach nad oceną ryzyka wprowadzenia organizmów zmodyfikowanych genetycznie (ang. genetically modified organisms, GMO) do środowiska, uważają metodykę zakładania doświadczeń polowych i zbierania danych w trzyletnich badaniach polowych przeprowadzonych na dużych obszarach w Wielkiej Brytanii za modelową. Zarówno w czasie konferencji „Oddziaływania ekologiczne organizmów zmodyfikowanych genetycznie” (Ecological impact of genetically modified organisms), zorganizowanej w ramach grupy roboczej Międzynarodowej Organizacji Walki Biologicznej (IOBC), (SGGW, Ursynów, Warszawa, 23-25.05.2007), a także konferencji „Ocena ryzyka genetycznie zmodyfikowanych roślin dla środowiska: wyzwania i propozycje rozwiązań” (Environmental risk assessment of genetically modified plants – challenges and approaches), zorganizowanej przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) (Tabiano, Włochy, 20-21.06.2007), wiele uwagi poświęcono uzyskanym wynikom badań w Wielkiej Brytanii, podkreślając ich naukową obiektywność (ANGEVIN i współ-

aut. 2007, POLLOCK 2007, SANVIDO i współaut. 2007, SWEET 2007).

Spotkania te (jak i szereg innych) były poświęcone opracowaniu metodyki badań nad oceną ryzyka wprowadzenia GMO do uprawy, a następnie monitorowania ich ewentualnych niezamierzonych (nieoczekiwanych) wpływów na organizmy niedocelowe (ang. unintended non-predictable effects on non-target organisms) i środowisko. Uznano, że metodyka zakładania doświadczeń, ilościowej i jakościowej analizy wybranych gatunków flory i fauny, jak i obliczeń statystycznych powinny być wzorem dla innych badań tego typu.

W czasie dyskusji wyraźnie wydzielono wnioski wynikające z oceny wyników badań od reakcji pozarządowych organizacji i decyzji administracji państwowej. W badaniach tych wykazano, że poprzez uprawę odmian GM: kukurydzy, rzepaku i buraków tolerujących herbicydy (ang. herbicide tolerant, GMHT), rolnicy uzyskują bezsporne korzyści w wyniku bardziej racjonalnego stosowania herbicydów. Wynosiło to ok. 150 £/ha dla uprawy buraków cukrowych GM (MAY 2003).

ROŚLINY GM A PERCEPCJA PRZEZ RÓŻNE GRUPY SPOŁECZEŃSTWA

Wprowadzenie do produkcji zmodyfikowanych genetycznie odmian roślin uprawnych odpornych na szkodniki, choroby i tolerujących herbicydy z jednej strony zyskuje

poparcie znacznej grupy rolników i naukowców w wielu krajach, a z drugiej, emocjonalną krytykę szerokiej opinii społecznej, a szczególnie grup ekologicznych. Żadne inne,

poprzednio wprowadzone metody i techniki hodowli nowych odmian, nie wzbudziły tak szerokiej dyskusji i oporu społecznego. A przecież hodowcy zawsze starali się wykorzystać naturalną genetyczną zmienność w populacjach, połączoną z ukierunkowaną selekcją i wywoływali dodatkową zmienność poprzez różne „sztuczne” techniki. Klasycznym przykładem było wykorzystanie w pierwszej połowie XX w. tak silnych czynników mutagennych, jak np. promieniowanie radiacyjne (GATEHOUSE 2004). Międzynarodowa Agencja Energii Jądrowej (IAEA) wymienia 2000 nowych odmian wprowadzonych do uprawy, a uzyskanych poprzez mutacje genetyczne. W prawie wszystkich tych nowych odmianach występują cechy, które nie istniały w danym gatunku w warunkach naturalnych.

Możliwość wykorzystania technik rekombinacji DNA, czyli hodowli roślin opartych na technikach molekularnych w celu uzyskania odmian uprawnych z nowymi cechami, pozwoliło na uzyskanie odmian odpornych na różne czynniki stresowe. Obecnie DNA jest wprowadzane do genomu gospodarza przy pomocy szeregu technik, ogólnie określanych jako technologie transferu genów. Wzrost powierzchni upraw roślin transgenicznych w wielu krajach ma charakter dynamiczny. Praktyczne korzyści z uprawy odmian GMO muszą być znaczne, skoro rolnicy systematycznie zwiększają areal ich uprawy w wielu regionach w świecie (JAMES 2006).

Jednak intensywne badania naukowe i wdrożeniowe w prywatnych firmach biotechnologicznych i hodowlanych nad wprowadzeniem nowych odmian transgenicznych do

powszechnej uprawy w latach 1990-tych nie uwzględniały w swojej ocenie oddziaływania tych odmian na różne elementy środowiska. Co prawda w krajach, w których odmiany GMO uprawia się na znacznych obszarach, nie udało się wykazać ich ujemnego oddziaływania ani w odniesieniu do człowieka, ani do środowiska, to jednak nie przekonało to opinii społecznej, co do ich ewentualnego braku tzw. oddziaływań niezamierzonych na organizmy niedocelowe (TWARDOWSKI i MICHALSKA 1998). Szczególnie naukowcy w USA, gdzie wprowadzono odmiany transgeniczne na stosunkowo szeroką skalę, uważają, że sensacyjne informacje o ewentualnych zagrożeniach, oparte na wstępnych doświadczeniach i obserwacjach (chętnie podchwytywane przez media), nie były oparte na rzeczywistych powiązaniach pomiędzy badanymi organizmami, jeżeli chodzi o stosowaną metodykę (ESA 1999, DĄBROWSKI 2002). Niemniej nie należy ignorować postulatów wysuwanych przez różne grupy społeczne, że odmiany GMO mogą wywierać niezamierzony (nieoczekiwany) wpływ na środowisko (ZIMNY i MACEWICZ 2003).

Jednym z programów badawczych mających na celu ocenienie wpływu odmian transgenicznych tolerujących herbicydy na wybrane elementy agrocenoz, były szerokie badania zainicjowane w Wielkiej Brytanii w 1999 r. – „Badania polowe nad oceną wpływu transgenicznych jarych odmian roślin uprawnych” („The farm scale evaluation of spring-sown genetically modified crops”) (ZEKI 2003).

RELACJE MEDIÓW

W dniu 16 października 2003 r. społeczeństwo w Polsce, za pośrednictwem stacji radiowych, cytujących dziennikarzy brytyjskich, mogło usłyszeć, że opublikowany raport Królewskiego Towarzystwa – Nauki Biologiczne (Wielka Brytania) dotyczący trzyletnich badań polowych przeprowadzonych na dużych obszarach, wykazał ujemny wpływ tych odmian na środowisko (ZEKI 2003). Prasa brytyjska jeszcze przed oficjalną konferencją prasową Towarzystwa informowała o znacznych zagrożeniach uprawy GMO dla środowiska, szczególnie dla motyli i ptaków. Dla kogoś, kto zna społeczeństwo Wielkiej Brytanii i rozwiniętą tam sieć towarzystw przyrodniczych związanych z obserwacją

motyli i ptaków, takie sensacyjne wiadomości musiały znaleźć się na czołówkach gazet. I tak, 16 października 2003r. The Independent zamieścił artykuł: „Koniec upraw GM”, The Guardian – „Uprawy GM zawiodły, wzbudzają obawy odnośnie środowiska”, inne – „Doświadczenia polowe wykazały, że rolnictwo oparte na uprawach GM może być „katastrofalne” dla dzikiej flory i fauny” (ang. wildlife).

Jednak w kolejnych dniach, już po opublikowaniu materiałów, ton artykułów stawał się coraz bardziej stonowany (DEWAR 2003). Naukowcy zarzucili dziennikarzom, że cytowali oni tylko wyrywkowe dane, a dla pełnego zrozumienia wszystkich ekologicznych

konsekwencji upraw odmian transgenicznych, potrzebne jest zapoznanie się i przedstawienie wyników całości programu badawczego (DEWAR 2003; HEARD 2003). Ponieważ były to badania zakrojone na największą skalę w Europie, a stosowana metodyka i techniki badań nowatorskie, stąd wydaje się ważnym, aby je przedstawić społeczeństwu w Polsce, podzielonemu w swoich opiniach, co do ko-

rzyści i zagrożeń wynikających z uprawy odmian zmodyfikowanych genetycznie.

Jednocześnie część naukowców polskich, będących krytykami uprawy odmian GM, wyraża pogląd, że nie posiadamy wystarczających danych z badań polowych, aby twierdzić, że nie wpływają one na skomplikowane układy troficzne w biocenozach.

WYNIKI BADAŃ NAUKOWYCH

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PROGRAMU BADAWCZEGO

Program z 3-letnim budżetem 6 mln £ został sfinansowany przez budżet państwa poprzez Ministerstwo Środowiska, Żywności i Terenów Wiejskich (ang. Department of the Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA) Wielkiej Brytanii, które też powołało Naukowy Komitet Sterujący (ang. Scientific Steering Committee) jako organ koordynacyjny programu badawczego. Badania zlecono konsorcjum trzech instytucji naukowo-badawczych:

1. Centrum Badawcze Rothamsted (Rothamsted Research) ze stacjami w: Rothamsted, Long Ashton i Broom's Barn;

2. Centrum Badawcze Ekologii i Hydrologii (Centre for Ecology and Hydrology) ze stacjami w: Monks Wood, Merlewood i Dorset);

3. Szkocki Instytut Badawczy Roślin Uprawnych (Scottish Crop Research Institute) w Dundee.

Badaniami objęto 66 wielkoobszarowych pól buraków cukrowych i pastewnych (traktowanych następnie, jako jedna uprawa), 68 kukurydzy i 67 rzepaku jarego w różnych regionach Wielkiej Brytanii, starając się uwzględnić najważniejsze regiony produkcji rolniczej. Zastosowana metodyka polegała na wyborze pól produkcyjnych typowych dla danego regionu i stosowanych praktyk uprawowych, z czego 1/2 obszaru uprawiano metodami konwencjonalnymi, a drugą połowę obsiewano odmianą transgeniczną tolerującą herbicydy (GMHT). Kombinacje stanowiły, więc:

- uprawę odmian tradycyjnych; stosowanie herbicydu Roundup Bioactive wg. zalecanych dawek i terminów na etykietach opakowań;

- wysiew odmian GMHT i stosowanie Roundup w dawce 3l/ha w optymalnym termi-

nie. Najczęściej tym terminem było stadium 2–4 liści buraków, czasami też wykonywano drugi zabieg herbicydem (PERRY i współaut. 2003, SQUIRE i współaut. 2003).

W doświadczeniach starano się uchwycić wpływ odmian GMHT na troficzne powiązania pomiędzy pierwotnymi producentami, roślinożercami oraz drapieżcami i pasożytami w różnych strefach pola uprawnego, jak i otaczającej roślinności, ale nieoddalonego krajobrazu, który jednak może oddziaływać na organizmy migrujące. Wydzielono następujące strefy:

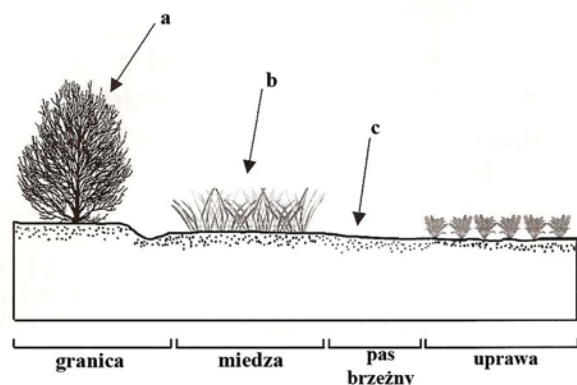
- właściwa uprawa – obsiana część pola, na której dokonuje się wszystkie zabiegi uprawowe;

- brzegowy pas orny (zagon) – prowadzi się wszystkie zabiegi uprawowe, ale nie obsiewa się brzegów pola i tym samym nie ma tam roślin uprawnych;

- miedza – pas trawy lub wieloletnich roślin zielnych pomiędzy brzegiem części oranej i granicą pola;

- granica pola – określa każdą fizyczną właściwość pomiędzy polem uprawnym i inną roślinnością jak np. typowy żywopłot, ogrodzenie, murek kamienny, rów-kanal, wał-skarpa (Ryc. 1) (ROY i współaut. 2003). Może jej jednak nie być, gdy dwa pola uprawne sąsiadują ze sobą.

Założono, że takie elementy agrocenozy jak populacje organizmów roślinożernych, saprofagów, drapieżców i pasożytoidów mogą podlegać bezpośrednim wpływom wynikającym z wielkości populacji chwastów (na Ryc. 2 zaznaczono je grubszymi liniami) (SQUIRE i współaut. 2003). Jednocześnie uwzględniono intensywność przemieszczania się organizmów w ciągu sezonu wegetacyjnego pomiędzy polami uprawnymi, miedzami i dalszymi elementami krajobrazu. W celu określenia powiązań pomiędzy polami uprawnymi w skali danego krajobrazu wy-



Ryc. 1. Schemat wskazujący na miejsca pobierania prób przy ocenie wpływu uprawy odmian GM tolerujących herbicydy na ilościowy i jakościowy skład flory i fauny.

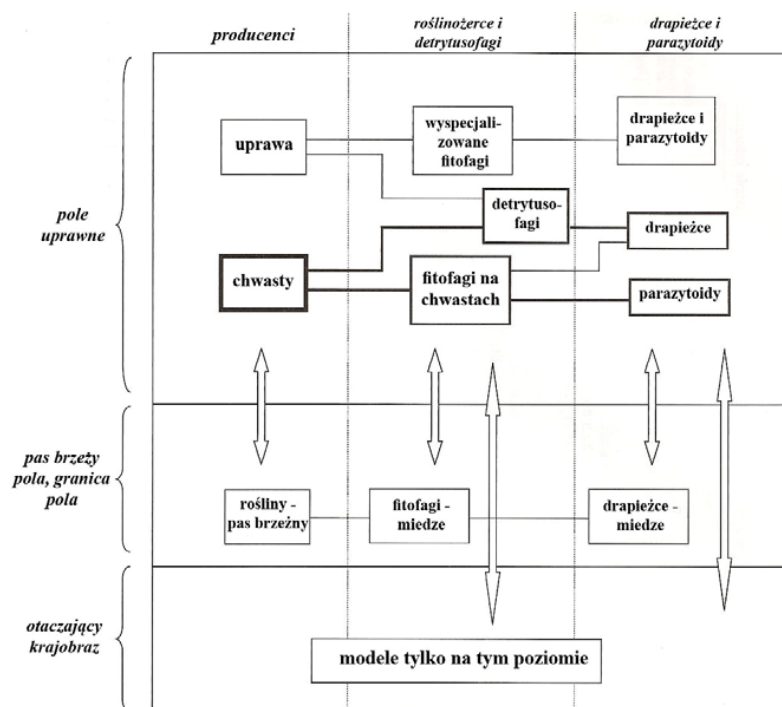
a – żywopłot, mur oporowy, ogrodzenie, rów, nasyp;
b – pas murawy lub roślinności zielnej; c – nawrocia i inne pasy brzeżne pola, uprawiane, ale nieobsiane (wg ROYA i współaut. 2003, zmodyfikowana).

korzystano metodę modeli matematycznych. Trzyletnie i sukcesywne dla każdego pola pomiary odnoszono do zabiegów roku poprzedniego w okresie od 2000 r. do 2004 r. Trzy serie doświadczeń na nowych polach zakładano w latach 2000, 2001 i 2002. Po jednorocznej uprawie odmiany GMHT, całe pole obsiewano innym gatunkiem, z reguły zbożami i przez następne dwa lata obserwo-

wano działanie następce ($t + 1$; $t + 2$) (SQUIRE i współaut. 2003).

ZAŁOŻENIA ANALIZY EKOLOGICZNYCH KONSEKWENCJI WPROWADZANIA ROŚLIN GM DO UPRAWY

Celem wprowadzenia do uprawy odmian GMHT było uzyskanie korzyści ekonomicznych przez rolnika, możliwości większej elastyczności i skuteczności w zwalczaniu chwastów i zmniejszenie niekorzystnych efektów następnych dla środowiska poprzez ograniczenie stosowania syntetycznych herbicydów. Jednak mogą one być zarówno wysoce efektywne w ochronie upraw przed chwastami, jak też powodować ewentualne zakłócenia w dostarczaniu pokarmu dla innych organizmów, a tym samym przyspieszać obserwowaną w XX w. w Wielkiej Brytanii tendencję spadkową liczebności i różnorodności gatunkowej populacji bezkręgowców i kręgowców w agrocenozach (CHAMBERLAIN i współaut. 2000). Dotychczas szereg badań polowych, mających na celu uchwycenie tych ubocznych oddziaływań odmian GMHT, prowadzono na małych poletkach, co musiało prowadzić do uzyskania rozbieżnych wyników o ich pozytywnym lub negatywnym wpływie na florę i faunę agrocenoz. Nie pozwalały one również na uchwycenie potencjalnego wpływu odmian GMHT w skali agrocenozy całego pola i jego otoczenia, nie mówiąc o regionie.



Ryc. 2. Wykaz grup organizmów w zależnościach troficznych na badanych polach uprawnych z odmianami: kukurydzy, buraków cukrowych i rzepaku jarego tolerującymi herbicydy w porównaniu z odmianami konwencjonalnymi uwzględnionych w badaniach brytyjskich (wg SQUIRE'A i współaut. 2003, zmodyfikowana).

Dlatego przy planowaniu projektu o oddziaływaniach ubocznym upraw GMHT zdecydowano się na porównywanie uzyskanych wyników z konsekwencjami ekologicznymi obecnie stosowanych systemów upraw. Obejmowały one następujące działania:

- analiza systemów uprawy, do których wprowadzono odmiany GMHT: warunki fizyczne; zabiegi uprawowe; występująca flora (skład gatunkowy roślin pola uprawnego, ale i jego obrzeży) i fauna, jej zagęszczenie i zmienność w wybranych regionach geograficznych;

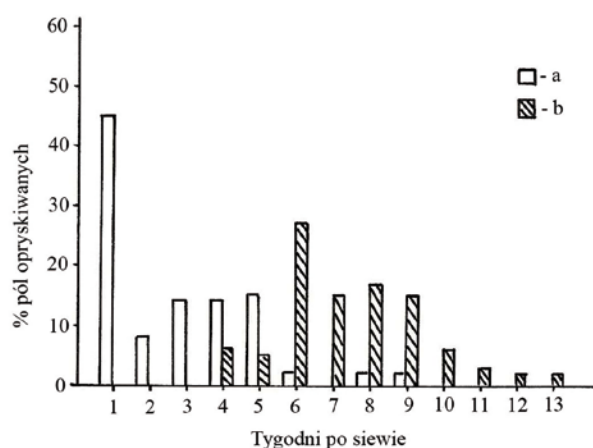
- wybór grup troficznych i taksonomicznych, najbardziej wrażliwych na zmiany systemów uprawy, a szczególnie wprowadzenia odmian GMHT, które powinny być głównym celem badań (SQUIRE i współaut. 2003);

- w oparciu o dostępne opracowania zleczone przez agencje rządowe, analiza dotychczasowych zmian ilościowych i jakościowych już mających miejsce w populacjach roślin i zwierząt w agrocenozach, jako punkt odniesienia dla porównania różnic pomiędzy uprawą odmian GMHT i konwencjonalnych;

- odniesienie różnic wywołanych uprawą odmian GMHT do ogólnych, długoletnich zmian w agrocenozach, wywołanych intensyfikacją, a wykazanych powyżej.

Analiza intensywności stosowania chemicznych środków ochrony roślin (ch.ś.o.r. – herbicydów, fungicydów i insektycydów) (w Wielkiej Brytanii nadal określanych, jako pestycydy) i regulatorów wzrostu wykazała, że ponad 95% upraw w Wielkiej Brytanii było nimi traktowanych. Powszechną praktyką było stosowanie 6–8 różnych ch.ś.o.r. na zboża (np. 2–3 herbicydy, 3 fungicydy i 1 insektycyd) (CHAMPION i współaut. 2003). Wprowadzenie odmian GMHT buraków i rzepaku spowodowało o ok. 50% ograniczenie liczby opryskiwań herbicydami, w stosunku do upraw konwencjonalnych. W uprawie buraków cukrowych i pastewnych stosowano je później i tylko raz na 66% pól (Ryc. 3) (DEWAR i współaut. 2003). Chwasty na polach GMHT pojawiały się później, były mniejsze i było ich o 23% mniej niż na polach konwencjonalnych. Stąd ich biomasa była mniejsza.

Liczba opryskiwań herbicydami w uprawie kukurydzy GMHT i odmian konwencjonalnych, nie różniła się istotnie, ale użyte ilości substancji aktywnej były o ok. 50% niższe. W uprawach badanych odmian rzepaku jarego ilość użytej substancji aktywnej nie różniła się istotnie w obu typach upraw (CHAMPION i współaut. 2003). Ilość użytej substan-



Ryc. 3. Porównanie terminu wykonania pierwszego zabiegu opryskiwania pola odmian buraków (cukrowych i pastewnych) GMHT i konwencjonalnych w 66 doświadczeniach polowych w Wielkiej Brytanii.

a – odmiany konwencjonalne; b – odmiana GMHT (wg DEWARA i współaut. 2005, zmodyfikowana).

cji aktywnej na polach rzepaku wynosiła ok. 50% ilości stosowanej w uprawie buraków, a 80% – kukurydzy.

W wyniku stosowanej ochrony upraw GMHT, chwasty, które przeżyły zabieg, wytwarzały tylko 1/3 masy nasion, w porównaniu do upraw konwencjonalnych. Zbierając nasiona do specjalnych pułapek (doniczki wkopane do ziemi, z brzegami wystającymi nieco ponad powierzchnię gleby) można było określić ilość opadających nasion na powierzchnię gleby (ang. seed rain). Konsekwencje różnic w zagęszczeniu chwastów i ich nasion pomiędzy obydwoma typami upraw i zabiegów chemicznych odbiły się na zmianach ilościowych i jakościowych w populacjach roślinożernych stawonogów, odżywiających się tymi chwastami (HEARD i współaut. 2003a).

W uprawie buraków i rzepaku zagęszczenie chwastów wkrótce po siewie było wyższe niż w uprawie odmian GMHT. Po zastosowaniu herbicydów w konwencjonalnych uprawach buraków, zagęszczenie chwastów wynosiło tylko ok. 20% obserwowanego na polach GMHT. Zarówno w uprawach buraków, jak i rzepaku, sytuacja się odwróciła po pierwszym zabiegu herbicydami o szerokim spektrum działania. Tym samym, zagęszczenie chwastów było niższe w uprawach GMHT. Biomasa chwastów i ilość opadających nasion w uprawach GMHT wahała się pomiędzy 33% a 17% w stosunku do odmian kon-

wencjonalnych. Różnice w ilości opadających nasion w obu tych gatunkach utrzymywały się w czasie jesiennej analizy banku nasion (ang. seed bank). Zagęszczenie nasion chwastów po uprawie odmian GMHT było ok. 20% mniejsze niż po uprawie konwencjonalnej (HEARD i współaut. 2003a). Wpływ uprawy odmian GMHT kukurydzy był odmienny. Zagęszczenie chwastów było wyższe w ciągu całego okresu wegetacyjnego w odmianach GMHT. Biomasa chwastów pod koniec okresu wegetacyjnego była wyższa o 82%, a ilość opadających nasion o 87% wyższa, w stosunku do odmian konwencjonalnych. Różnic tych jednak nie udało się potwierdzić przy analizie banku nasion w glebie, ponieważ ogólna ilość wytwarzanych nasion była niska w wyniku uprawy obu typów odmian kukurydzy.

W przypadku wszystkich trzech gatunków roślin uprawnych, zróżnicowanie gatunkowe populacji chwastów nie podlegało wpływowi typu odmiany, poza krótkotrwałym efektem bezpośrednio po zabiegu herbicydem (HEARD i współaut. 2003b). W pierwszym roku po uprawie buraków, ilość wytwarzanych nasion chwastów utrzymywała się na tym samym poziomie w obu typach upraw, ale była o 7% niższa w uprawach po GMHT. W trzecim roku doświadczenia (a 2-gim po uprawie GMHT) nie stwierdzono różnic w ilości wytwarzanych nasion na polach buraków obu kombinacji (DEWAR i współaut. 2003).

Różnice w zagęszczeniu chwastów i ilości wytwarzanych nasion w uprawach odmian GMHT buraków i rzepaku w stosunku do odmian konwencjonalnych, decydowały o ilości pożywienia dla innych organizmów wyższego poziomu troficznego.

WPLYW ODMIAN GMHT NA FAUNĘ AGROCENOZ

W badaniach korzystano z trzech technik oceny wpływu odmian GMHT na faunę agrocenoz:

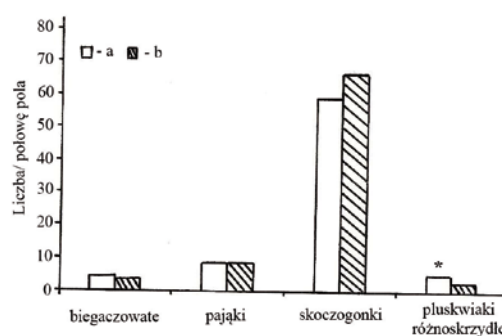
- klasyczne pułapki ziemne dla organizmów poruszających się na powierzchni gleby (wpuszczone do ziemi typowe plastikowe białe kubki). Analizowano zagęszczenie następujących grup: pająki (Araneae), biegaczowate (Carabidae), kusakowate (Staphylinidae) i skoczogonki (Collembola);

- pułapki napowierzchniowe z przynętą do wyłapywania ślimaków (odwrócone plastikowe podstawki pod doniczki o śr. 25 cm zawierające warstwę typowej karmy dla kurczaków) (YOUNG i współaut. 1996);

- plecakowy aparat ssący Vortis do wyłapywania organizmów żerujących na chwastach;

- bezpośrednie obserwacje wizualne w polu (BROOKS i współaut. 2003).

Największa liczebność populacji biegaczowatych obserwowano w uprawach buraków. Tylko ok. połowy tej liczby obserwowano w uprawach kukurydzy, a 60% na polach rzepaku jarego. *Pterostichus melanarius* i *Pterostichus madidus* wyraźnie dominowały w ciągu sezonu wegetacyjnego w tych trzech uprawach, zajmując odpowiednio 58% i 20% ogólnej liczby biegaczowatych w uprawach buraków, 57% i 17% w kukurydzy i 53% i 14% w rzepaku jarym. Nie stwierdzono wpływu typu odmian GMHT i konwencjonalnych na ogólną liczebność biegaczowatych (Ryc. 4). Istniała jednak silna interakcja pomiędzy oddziaływaniem terminów odłowów a rośliną uprawną dla pewnych gatunków biegaczowatych rodzaju *Pterostichus*: liczebność *P. melanarius* w maju-czerwcu osiągnęła poziom 79% na kukurydzy GMHT w stosunku do odmiany konwencjonalnej ($p = 0,046$); liczebność *P. madidus* w lipcu w uprawie kukurydzy GMHT była o 63% większa niż w konwencjonalnej ($p = 0,038$). Jednocześnie całoroczna liczebność *P. niger* była o 43% większa w kukurydzy GMHT, ale osiągnęła tylko liczebność 66% w rzepaku GMHT, w stosunku do konwencjonalnej uprawy (BROOKS i współaut. 2003).



Ryc. 4. Liczebność różnych grup stawonogów w próbach zbieranych plecakowym aparatem ssącym Vortis na polach uprawnych z odmianą buraków GMHT i konwencjonalną.

Pluskwiaki różnoskrzydłe (Heteroptera) * – różnice istotne przy $P < 0,05$; pozostałe grupy stawonogów – brak istotnych różnic: a – odmiana konwencjonalna; b – odmiana GMHT (wg DEWARA i współaut. 2005, zmodyfikowana).

Wśród badanych grup organizmów wiele wykazywało silną reakcję na obie kombinacje: uprawę odmian GMHT i konwencjonalnych, przynajmniej w jednej uprawie w danym okresie. Dla większości organizmów, dla których obserwowano istotny wpływ gatunku rośliny uprawnej i jej fenologii, wystąpiło takie samo prawdopodobieństwo kierunku oddziaływania: istotnie wyższa liczebność na odmianach GMHT występowała równie często na odmianach konwencjonalnych. Z reguły obserwowane efekty były wynikiem oddziaływań pośrednich jak np. zabiegi herbicydami przeciwko chwastom, wyrażone takimi zmiennymi jak biomasa chwastów w czasie zbioru i produkcja nasion. Większość określonych pozytywnych oddziaływań mierzonych ilością odłowionych osobników w uprawach GMHT obserwowano na polach kukurydzy, podczas gdy mniejsze ilości odławiano w uprawie buraków i rzepaku jarego.

Jednak należy ostrożnie podchodzić do ekstrapolacji wyników tych doświadczeń o wpływie upraw GMHT na badane grupy bezkręgowców w agrocenozach, w przypadku ich powszechnego wprowadzenia do uprawy. Obserwowane zmiany w populacjach bezkręgowców wydają się odpowiadać zmianom, które obserwujemy przy zmianie gatunku rośliny uprawnej na danym polu. Głównym czynnikiem odpowiedzialnym za zmiany w populacjach bezkręgowców wynikają z programu zwalczania chwastów, zabiegów agrotechnicznych, płodozmianu i prawdopodobnych wieloletnich interakcji pomiędzy chwastami a bezkręgowcami. Wszystkie te potencjalne oddziaływania zależą w dużym stopniu od danego systemu uprawy, płodozmianu i całego krajobrazu otaczającego dane gospodarstwo.

Analiza zmienności gatunkowej badanych grup taksonomicznych wykazała, że operowanie sumą liczebności wyższych grup taksonomicznych maskuje oddziaływanie zabiegów na poszczególne gatunki. Dlatego sugeruje się, aby dokonywać analizy zmian na poziomie wybranych gatunków wskaźnikowych.

Stały wzrost liczebności wyłapywanych osobników gatunków saprofagicznych z rzędu Collembola i niektórych gatunków drapieżców żerujących na nich, obserwowano we wszystkich uprawach GMHT. Na poziomie analizy zmian gatunkowych, różnice w liczebności gatunków Collembola, odżywiających się nasionami chwastów,

obserwowano dla wszystkich badanych gatunków upraw. Dlatego też gatunki Collembola i Carabidae, odżywiające się nasionami chwastów, mogą być wykorzystywane jako bioindykatory w przyszłych badaniach nad systemami upraw odmian GMHT. Wyniki te, odnoszące się do rolnictwa brytyjskiego, można wykorzystać również w modelach matematycznych przewidujących prawdopodobny, długoletni wpływ odmian GMHT po ich powszechnym wprowadzeniu do praktyki.

Najniższą liczebność Staphylinidae obserwowano w uprawach kukurydzy i rzepaku jarego. Nie stwierdzono istotnego wpływu uprawy odmian GMHT na liczebność odławianych kózkowatych dla każdego z trzech badanych gatunków roślin uprawnych. Zagęszczenie pajaków (Araneae) było najwyższe w uprawie buraków, a najniższe w uprawach rzepaku jarego. Również dla tej grupy nie stwierdzono istotnego oddziaływania zabiegu w żadnej z badanych upraw. Liczebność Collembola była najwyższa w uprawach kukurydzy, a najniższa w rzepaku jarym (HAUGHTON i współaut. 2003).

Oddzielną analizę wpływu upraw odmian GMHT wykonano dla otaczających dane pole obrzeży. Ponieważ miedze stanowią ważny rezerwuar różnorodności gatunkowej roślin i zwierząt (włącznie z wrogami naturalnymi szkodników roślin) w agrocenozach, stąd zmiana reżimu stosowania herbicydów w uprawach GMHT może też oddziaływać na faunę miedz.

Zanikająca różnorodność gatunków zwierząt występujących w otoczeniu pól uprawnych jest przedmiotem troski naukowców i grup społecznych zajmujących się ochroną przyrody. Wykazano, że w Wielkiej Brytanii w ciągu ostatnich 20 lat spadła różnorodność gatunkowa roślin na miedzach, na rzecz konkurencyjnych wysokich gatunków, związanych z dużą zasobnością gleb w składniki mineralne (WILSON i współaut. 1999).

Skład gatunkowy roślin w różnych strefach badanych agrocenoz określano pobierając próby z 3 z 12 transektów, sięgających do 10 m w głąb pola. Stosując wymienione powyżej techniki i metody pomiarów analizowano skład ilościowy i jakościowy pszczołowatych, motyli i ślimaków. Zmiany w populacjach innych grup bezkręgowców określano na podstawie prób pobieranych plecakowym aparatem ssącym Vortis.

Wprowadzenie systemu uprawy i ochrony odmian GMHT miało istotny wpływ na florę i faunę obrzeży pól (ROY i współaut. 2003). Główne oddziaływania zaobserwowano w strefie do 0,9 m nieobsianego pasa w ramach pola, który wyodrębniono pomiędzy roślinami uprawnymi a miedzą. Mniejsze wpływy przenosiły się też w tych samych kombinacjach upraw na miedze i otoczenie pola. Skład ilościowy i jakościowy populacji chwastów, intensywność ich kwitnienia i wytwarzanie nasion podlegały wpływom typu upraw i stosowanych zabiegów herbicydami, ale skala tych wpływów różniła się pomiędzy badanymi odmianami GMHT. Mniejsze zagęszczenie chwastów, a tym samym mniejsze intensywność kwitnienia i produkcji nasion, wystąpiło w tej strefie na połowie pól z odmianą GMHT rzepaku jarego w ciągu całego sezonu wegetacyjnego. Uprawiana część pola z burakami GMHT również miała mniej roślin kwitnących i wytwarzających nasiona, chociaż wyraźny ten efekt zaobserwowano tylko w lipcu i sierpniu. Odmienne zmiany wystąpiły na połowie pól z kukurydzą GMHT, gdzie znajdowało się więcej kwitnących chwastów, niż na połowach z rosnącymi konwencjonalnymi odmianami kukurydzy.

W stosunku do zmian składu gatunkowego chwastów zaobserwowanych w ramach uprawnej strefy brzegu pól, istotnych zmian wywołanych uprawą odmian GMHT w stosunku do odmian konwencjonalnych nie stwierdzono dla innych stref otoczenia pól.

Efekty wpływu typu uprawy na populacje chwastów w pasie brzeżnym pola przenosiły się na populacje bezkręgowców w tej strefie. Najwyraźniej uwidoczniła to analiza występowania motyli (Lepidoptera) na terenie pól z rzepakiem jarym, gdzie występowały one najliczniej w stosunku do badanych dwóch innych upraw. Liczebność motyli była systematycznie niższa średnio o 24% w pasie brzeżnym upraw rzepaku GMHT w ciągu całego sezonu wegetacyjnego (ROY i współaut. 2003). Dane te odzwierciedlały również różnice w zagęszczeniu motyli w wewnętrznej strefie pola uprawnego, gdzie istotnie mniejsze zagęszczenie o 22% występowało na połowie z odmianą GMHT (Ryc. 5) (DEWAR i współaut. 2003). Zmienne wpływy odmian GMHT na populacje motyli stwierdzono również na obrzeżach pól buraków w ciągu sezonu wegetacyjnego. Mniej motyli obserwowano



Ryc. 5. Liczebność motyli obserwowana na polach: buraków, kukurydzy i rzepaku jarego: różnice istotne przy $P < 0,05$: a – odmiany konwencjonalne; b – odmiany GMHT (wg DEWARA i współaut. 2005, zmodyfikowana).

na tych stanowiskach w lipcu, ale nie w pierwszych okresach rozwoju roślin wiosną. Jednak wewnątrz pola buraków mniejsza liczebność motyli wystąpiła w sierpniu na połowie pola z odmianami GMHT (HAUGHTON i współaut. 2003). Również dla populacji pszczołowatych stwierdzono istotne oddziaływania uprawy i ochrony odmian GMHT, pokrywające się z wpływem tych odmian na skład gatunkowy roślin kwitnących (produkujących pyłek i nektar) w różnych strefach pól i ich obrzeży.

Nie stwierdzono istotnego wpływu uprawy odmian GMHT na populacje ślimaków i szeregu innych grup bezkręgowców, występujących na obrzeżach pól uprawnych. Istotne oddziaływania stwierdzono na grupy taksonomiczne bezkręgowców, które żerują na chwastach, jak np. pluskwiaki różnoskrzydłe (Heteroptera), lub wykorzystujące chwasty, jako podpory do wytwarzania sieci pajęczyn (np. pająki). Stąd mniejsza liczebność gatunków pajaków przędzących sieci na obrzeżach pól rzepaku GMHT była odzwierciedleniem różnic w składzie gatunkowym roślin na obrzeżach pól. Mniejsze zagęszczenie wyższych roślin nie zapewniało odpowiednich podpór pod budowę sieci przez te gatunki pajaków (ROY i współaut. 2003).

Porównując reakcje populacji badanych grup bezkręgowców na uprawę odmian GMHT opryskiwanych herbicydami, wydaje się, że motyle są grupą najsilniej reagującą na zmiany w składzie gatunkowym roślin, a tym samym powinny być wykorzystywane, jako grupa gatunków wskaźnikowych w przyszłych badaniach nad zmianami w agrocenozach.

DECYZJE MINISTERSTWA ŚRODOWISKA, ŻYWNOŚCI I TERENÓW WIEJSKICH (DEFRA)

Badania naukowe przeprowadzone w Wielkiej Brytanii wykazały pewne ujemne wpływy na wybrane grupy organizmów roślinnych i zwierzęcych w ramach pola uprawnego z roślinami GM i jego otoczeniu. Jeden z ważniejszych wniosków wynikających z tych doświadczeń odnosił się do znacznej efektywności w zwalczaniu chwastów w uprawach GM tolerujących herbicydy, a tym samym spadku produkcji nasion chwastów. Zaniepokoiło to poważnie towarzystwa związane z ochroną motyli, odżywiających się kwitnącymi chwastami, i ptaków, niemających jesienią i zimą wystarczającej ilości nasion chwastów jako pokarmu. Obiektywnym wskaźnikiem spadku produkcji nasion przez chwasty był tzw. wskaźnik banku nasion w glebie.

Decyzja Ministerstwa DEFRA (ang. Department for the Environment, Food and Rural Affairs) była następująca: „Uprawa konwencjonalnych odmian buraków i rzepaku ozimego jest korzystniejsza dla wielu grup naturalnej flory i fauny („wildlife” w oryginale nie oznacza „dzikich zwierząt” w powszechnym rozumieniu w Polsce – ZTD) niż uprawianie odmian tolerujących herbicydy (GMTH), gwarantując występowanie większej różnorodności owadów na polach i w otoczeniu odmian GMHT, ze względu na większą obecność chwastów” (DEFRA 2005). A więc zdaniem decydentów brytyjskich zrównoważone podejście (ang. sustainability) do roli chwastów na polach uprawnych powinno zabezpieczać istnienie bioróżnorodności w agrocenozach.

MOŻLIWOŚCI POŁĄCZENIA RÓŻNYCH PRIORYTETÓW

Ponieważ tak ważna okazała się ochrona bioróżnorodności roślin w agrocenozach Wielkiej Brytanii, dlatego grupa badaczy z Brown's Barn Research Station, Higham, postanowiła sprostować temu wyzwaniu i porównać różne programy zwalczania chwastów w uprawie buraka cukrowego (Tabela 1). Założyli oni, że herbicyd glifosat można wykorzystać w różny sposób w uprawach buraków GMHT w regulowaniu populacji chwastów, z myślą o korzyściach dla środowiska (DEWAR i współaut. 2005). Przede wszystkim wprowadzając odmiany GMHT do uprawy należy porównać je z odmianami konwencjonalnymi. W Wielkiej Brytanii w 2003 r. było zarejestrowanych 22 substan-

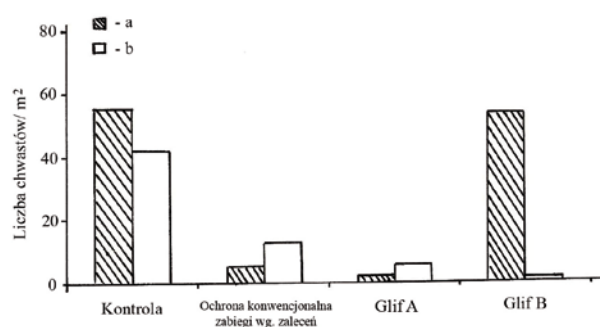
cji biologicznie czynnych, będących składnikami ponad 200 komercyjnie dostępnych herbicydów. Stosowano przeciętnie 4 opryskiwania w ciągu sezonu wegetacyjnego, w tym 44% pól opryskiwano jesienią, aby wyeliminować wcześniej kiełkujące chwasty na polu buraków w roku następnym.

Zespół dr A. Dewara wprowadził następujące zmienne w programie stosowania glifosatu na polach buraków GMHT: (i) opryskiwania pasowe w rzędach roślin buraków, a nie na całej powierzchni oraz (ii) opóźnienie terminu zabiegu w celu zapewnienia optymalnych warunków dla ptaków gniazdujących na ziemi. Zauważono również, że na ok. 25% pól rolnicy wyko-

Tabela 1. Wpływ terminu stosowania herbicydu glifosatu na plon buraków cukrowych odmiany konwencjonalnej i GMHT.

Stacja doświadczalna Broom's Barn, Higham, 2001–2002 (średnie z 4 powtórzeń) (wg DEWARA i współaut. 2005, zmodyfikowana).

Kombinacja	Plon t/ha	Plon w stosunku do zalecanych zabiegów (w %)	Liczebność nasion chwastów/m ²
Bez chemicznego zwalczania	4,17	68	37 404
Odmiana konwencjonalna: zabiegi herbicydami wg zaleceń	6,18	100	252
Odmiana GMHT:			
2 x Glifosat w czasie 300 i 800°C/dni	6,94	111	58
1 x Glifosat przy 200°C/dni	6,43	104	4261
1 x Glifosat przy 300°C	6,68	108	1918

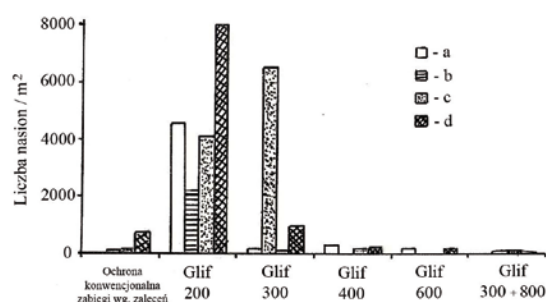


Ryc. 6. Porównanie oddziaływania różnych terminów opryskiwań herbicydami na zagęszczenie chwastów, pod kątem wymagań siedliskowych: kulona właściwego (*Oedicnemus crepitans* Tem.) i skowronka polnego (*Alauda arvensis* L.).

Glifosat A – opryskiwanie wczesną wiosną i w lipcu całego pola dla zapewnienia preferowanej otwartej przestrzeni dla piskląt kulona; Glifosat B – opryskiwanie wczesną wiosną całego pola a następnie w czerwcu tylko w rzędach buraków dla zapewnienia schronienia pisklątom skowronka. Należy zwrócić uwagę na fakt, że zalecane metoda ochrony buraków w Wielkiej Brytanii metodami konwencjonalnymi (kultywowanie i 3–4 opryskiwania herbicydami) nie zapewnia ochrony dla tych dwóch gatunków ptaków. Wykonanie zabiegu herbicydami: a – 30 czerwca; b – 14 lipca (wg DEWARA i współaut. 2005, zmodyfikowana).

nują wczesną wiosną przynajmniej 1-krotne mechaniczne zwalczanie chwastów przy pomocy ciężkich kultywatorów, co często niszczy gniazda ptaków zakładających je na ziemi.

Opóźnienie wykonania zabiegu na całej powierzchni pola lub pasowo w rzędach buraków, jako pierwszego opryskiwania, pozwoliło na zachowanie chwastów pomiędzy rzędami, co zwiększyło pokrycie pola roślinami i ochronę gniazd ptasich. Z tym, że kulon właściwy (piaskowy) preferuje tereny suche, otwarte i dlatego należy opryskiwać całą powierzchnię pola wiosną. Z kolei, optymalnym środowiskiem dla piskląt skowronków jest pokrywa roślinna, stąd korzystniejsze jest opryskiwanie tylko rzędów (Ryc. 6). Zwiększona populacja roślin stworzyła też lepsze warunki do rozwoju chrząszczy z rodziny biegaczowatych i kusakowatych. Owady te są ważnym źródłem pokarmu dla piskląt gatunków gnieź-



Ryc. 7. Wpływ terminu stosowania herbicydu Glifosat w różnych terminach na produkcję jesienią nasion chwastów, będących wyłącznym pokarmem zięb w tym czasie (wg DEWARA i współaut. 2005, zmodyfikowana).

dzących się na ziemi, w krytycznym okresie ich rozwoju, gdy wysoko białkowa dieta decyduje o przeżywalności potomstwa.

Innym zaproponowanym rozwiązaniem jest opóźnienie stosowania glifosatu wiosną na całej powierzchni pola, dopiero przy sumie temperatur efektywnych równej 200–300°C (ilość dni z temperaturą dobową ponad wartość progową 3°C), co w warunkach Anglii odpowiadało stadium 2–4 liści buraków. Pozwala to na późniejszy rozwój chwastów wolniej kiełkujących w sezonie wegetacyjnym i wytworzenie przez nie nasion będących pokarmem dla gatunków odżywiających się nasionami (Ryc. 7). Zabieg ten zwiększa dostępność nasion 16-krotnie w porównaniu z dotychczasową metodą stosowania herbicydów w uprawach odmian konwencjonalnych. Dlatego chcąc zapewnić dostępność nasion ziębom w okresie jesieni, należy opóźnić termin stosowania glifosatu na burakach, co tolerują odmiany GMHT. Takie zagęszczenie chwastów uzyskuje się w uprawie odmian konwencjonalnych tylko w przypadku niewłaściwego zabiegu zwalczania chwastów.

Oba systemy można stosować bez obawy o istotny spadek plonu w stosunku do obecnego systemu uprawy i ochrony odmian konwencjonalnych przed chwastami.

Przedstawione wyniki wskazują, że technologie związane z uprawą buraków GMHT mogą być elastyczne i można je dostosować do różnych programów ochrony naturalnie występującej flory i fauny, jednocześnie zapewniając rolnikom ekonomiczną produkcję rolną.

UWAGI KOŃCOWE

Program badawczy w Wielkiej Brytanii wykazał istotny wpływ uprawy odmian GMHT na wybrane grupy bezkręgowców w stosunku do odmian konwencjonalnych, z tym, że różnice te były znacznie mniejsze niż pomiędzy uprawami odmian konwencjonalnych trzech badanych grup roślin uprawnych: burakami, rzepakiem jarym i kukurydzą. Szersza interpretacja uzyskanych wyników musi odbywać się na poziomie systemów produkcji roślinnej: rolnictwa precyzyjnego czy bardziej ekstensywnego. Część naukowców, jak i reakcja firm nasiennych wytwarzających odmiany GMHT na opublikowane doniesienia prasowe uważa, że można pogodzić priorytety efektywnej produkcji roślinnej z wartościami środowiska naturalnego. Na przykład zmniejszenie zagęszczenia populacji chwastów, a tym samym wytwarzanych nasion, które stanowią pożywienie dla ptaków, można łatwo zrekompensować w uprawach GMHT poprzez różne działania (np. pozostawienie zagonu nieopryskiwanego herbicydami; przeznaczenie części pól uprawnych, jako ostoje ekologiczne).

Jeżeli chodzi o zmiany w populacjach bezkręgowców wewnątrz pola z odmianami GMHT, to wyższa efektywność stosowanych herbicydów nie wpływała istotnie na wiele grup taksonomicznych. Prawdopodobnie przystosowały się one do regularnych zaburzeń powodowanych przez stosowane zabie-

gi uprawowo-higieniczne, w tym najbardziej destrukcyjnego zabiegu orki, którego negatywne konsekwencje są znacznie większe niż stosowanie herbicydów o szerokim spektrum działania.

Wydaje się, że należałoby znacznie więcej uwagi poświęcić pracom nad integracją zalecanych praktyk w intensywnej produkcji rolniczej z zachowaniem refugium dla roślin zielnych (w tym gatunków chwastów), owadów i innych organizmów dla stworzenia równowagi pomiędzy priorytetami rolnictwa i środowiska.

Nie powinno się też przeoczyć, obok wielu korzyści wynikających z uprawy odmian GMHT (np. ekonomiczne, ale i ekologiczne wynikające z oszczędności w ilości stosowanych herbicydów) pod wpływem przedstawionych wyżej danych uzyskanych w Wielkiej Brytanii, także danych o pewnych, raczej niewielkich, ujemnych wpływach ich uprawy na populacje chwastów i wytwarzanych przez nie nasion. Efekty te można w agrozach stosunkowo łatwo zrekompensować, a istniejące dyrektywy Unii Europejskiej, wspomagające tworzenie i utrzymanie użytków śródpolnych, gwarantują ten proces.

PODZIĘKOWANIA

Autor pragnie podziękować dr Alanowi Dewar za udostępnienie publikacji i wyników własnych badań nad GMO.

IS CONCILIATION POSSIBLE OF NEW TECHNOLOGIES IN FARMING AND BIODIVERSITY CONSERVATION: HERBICIDE TOLERANT CROPS IN THE GREAT BRITAIN EXPERIENCE

Summary

Public discussions as well official conferences with participation of representatives of the Polish Parliament and Senate, ministries, industry, farmers, local governments, pro-ecological NGOs and scientists revealed a deep and emotional division in opinions on approving growing GM crops in Poland. Both supporters as well critics expressed needs for objective evaluation of collected scientific data on the effect of GM crops on non-target organisms, preferably from research projects carried out in our region. During recent international meetings (e.g. IOBC, EFSA) the methodology, data collection and interpretation of result of the three year DEFRA – funded study on the environmental impact of GM herbicide – tolerant GMHT crops, published by the Royal Society in October 2003, were cited as the model. In this review, selected data are presented to show that the type of a crop and field management

has much greater influence than growing GMHT or conventional cultivars of maize, beet and spring rape on various groups of wildlife. The British media and NGOs responses are cited as a strong impact on the Department of Environment, Food and Rural Affairs – DEFRA, decision to give higher priorities to sustainability of arable weeds than to farmer's gains. Further experiments carried out by scientists on the Broom's Barn experimental station demonstrated that managing period of herbicide treatment and a row or overall application may lead to wildlife conservation, especially various species of birds.

ACKNOWLEDGEMENTS

The Author wish to thank dr Alan Dewar for sharing relevant documents and his original research data on GMHT crops.

LITERATURA

- ANGEVIN F., COLBACH N., MESSÉAN A., LAVIGNE C., 2007. *Relevance of modelling for assessing spatial and temporal effects of GMOs upscaling*. Referat przedstawiony w czasie: EFSA Scientific Colloquium 8 – „Environmental risk assessment of Genetically modified Plants – Challenges and Approaches”, 20–21 czerwca 2007, Tabiano, Italy.
- BROOKS D. R., BOHAN D. A., CHAMPION G. T. i 30 dalszych autorów, 2003. *Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. I. Soil-surface-active invertebrates*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 358, 1847–1862.
- CHAMBARLAIN D. E., FULLER R. J., BUNE R. G. H., DUCHWORTH J. C., SHRUBB M., 2000. *Changes in abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales*. J. Appl. Ecol. 37, 771–788.
- CHAMPION G. T., MAY M. J., BENNET S. i 15 dalszych autorów, 2003. *Crop management and agronomic context of the Farm Scale Evaluation of genetically modified herbicide-tolerant crops*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 358, 1801–1818.
- DĄBROWSKI Z. T., 2002. *Advantage versus risk of using GMOs in agriculture: What we learn from the experience in plant protection*. European Society for New Methods in Agricultural Research. XXXII Annual Meeting, 10–14 września 2002, Warsaw, Poland. Book of Abstracts and Plenary Lectures, 9–13.
- DEPARTMENT OF ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS (DEFRA), <http://www.defra.gov.uk>
- DEWAR A. M., 2003. *Effects of treatments on invertebrates within the field and field margin*. Referat przedstawiony w czasie: IOBC/wprs working group meeting – „Ecological impact of genetically modified organisms”, Praha, 26–29 października 2003.
- DEWAR A. M., CHAMPION G., MAY M., PIDGEON J., 2003. *The farm scale evaluation of GMHT crops: what do the results mean for sugar beet*. British Sugar Beet Review 71, 15–22.
- DEWAR A. M., HAYLOCK L. A., GARNER B. H., CHAMPION G. T., PIDGEON J. D., MAY M. J., 2005. *Management of weeds to enhance biodiversity in GMHT sugar beet*. Materiały konferencyjne „Ecological impact of genetically modified organisms”. Lleida, Catalonia, Spain, 1–3 czerwca 2005, 56.
- ESA (ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA), 1999. *ESA position statement on transgenic insect-resistant crops: potential benefits and hazards*. <http://www.entsoc.org/publicaffairs/position_papers/gm_crops.htm>
- GATEHOUSE A. M. R., 2004. *Plant transformation: methodology, applications and the potential for unintended effects*. IOBC/wprs Bull. 27, 1–5.
- HAUGHTON A. J., CHAMPION G. T., HAWES C. i 24 dalszych autorów, 2003. *Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. II. Within-field epigeal and aerial arthropods*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 358, 1863–1878.
- HEARD M. S., 2003. *Effects of treatments (conventional and GMHT herbicides) on weed numbers, biomass and seed rain both within the field and field margin*. Referat wygłoszony w czasie: IOBC/wprs working group meeting „Ecological impact of genetically modified organisms”, Praha, 26–29 października 2003.
- HEARD M. S., HAWES C., CHAMPION G. T. i 10 dalszych autorów, 2003a. *Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. I. Effects on abundance and diversity*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 358, 1819–1832.
- HEARD M. S., HAWES C., CHAMPION G. T. i 11 dalszych autorów, 2003b. *Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. II. Effects on individual species*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 358, 1833–1846.
- JAMES C., 2006. *Global status of commercialized biotech/GM crops*. ISAAA 35, 1–11.
- MAY M., 2003. *Economic consequence for UK farms of growing GM herbicide tolerant sugar beet*. Ann. Appl. Biol. 142, 41–48.
- PERRY J. N., ROTHERY P., CLARK S. J., HEARD M. S., HAWES C., 2003. *Design, analysis and statistical power of the Farm Scale Evaluation of genetically modified herbicide-tolerant crops*. J. Appl. Ecol. 40, 17–31.
- POLLOCK C., 2007. *Managing the footprint of agriculture: Towards a comparative assessment of risk and benefits for novel agricultural systems*. Referat przedstawiony w czasie: EFSA Scientific Colloquium 8 – „Environmental risk assessment of Genetically modified Plants – Challenges and Approaches”, 20–21 czerwca 2007, Tabiano, Italy.
- ROY D. B., BOHAN D. A., HAUGHTON A. J. i 11 dalszych autorów, 2003. *Invertebrates and vegetation of field margins adjacent to crops subject to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 358, 1879–1898.
- SANVIDO O., STARK M., ROMEIS J., BIGLER F., 2007. *Ecological impacts of genetically modified crops: experience from ten years of experimental field research and commercial cultivation*. Referat przedstawiony w czasie: IOBC/wprs working group meeting – „Ecological impact of genetically modified organisms”, Warszawa, 23–25 maja 2007 r.
- SWEET J., 2007. *Application of ERA to different environments*. Referat wygłoszony w czasie: IOBC/wprs working group meeting – „Ecological impact of genetically modified organisms”, Warszawa, 23–25 maja 2007 r.
- SQUIRE G. R., BROOKS D. R., BOHAN D. A. i 12 dalszych autorów, 2003. *On the rationale and interpretation of the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 358, 1779–1800.
- TWARDOWSKI T., MICHALSKA A., 1998. *Genetycznie zmodyfikowane organizmy (GMO) a środowisko*. Agencja EDYTOR, Poznań.
- WILSON J. D., MORRIS A. J., ARRAYO B. E., CLARK S. C., BRADBURY R. B., 1999. *A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change*. Agric. Ecosyst. Environ. 75, 13–30.
- YOUNG A. G., PORT G. R., JAMES D., GREEN T., 1996. *The use of refuge traps in assessing the risk of slug damage: a comparison of trap material and bait*. [W:] *Slug and snail pests in agriculture*. HENDERSON I. F. (red.). BCPC Symposium proceedings. British Crop Protection Council. Croydon, UK, 133–140.
- ZEKI S., 2003. *The Farm Scale Evaluations of spring-sown genetically modified crops*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 358, 1913.
- ZIMNY J., MACIEREWICZ J., 2003. *Rośliny zmodyfikowane genetycznie w poszerzonej Europie*. Wieś Jutra 7, 3–5.