

**Raport na temat badań naukowych
nad makroekonomicznym wpływem biotechnologii roślin
na rolnictwo i ochronę środowiska naturalnego**

Wydano staraniem Polskiej Federacji Biotechnologii
www.pfb.edu.pl

Marzec 2005 r.

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Biotechnologia roślin: potencjał dla poprawy metod ochrony roślin w rolnictwie europejskim. Analiza dziewięciu przypadków	8
3. Środowiskowe i zdrowotne efekty uprawy genetycznie zmodyfikowanego buraka cukrowego, odpornego na herbicydy nieselektywne: ocena w pełnym cyklu życia	20
4. Kukurydza Bt w Niemczech. Doświadczenia z uprawą w latach 1998 do 2002. „Mais” 2.2003	26
5. Efekty uprawy kukurydzy Bt w gospodarstwach rolnych w Hiszpanii	32
6. Biotechnologia roślin: obecny i potencjalny wpływ na poprawę ochrony roślin uprawnych w Stanach Zjednoczonych. Analiza 40 przypadków	36
7. Efekty wykorzystania soi Roundup Ready® w gospodarstwach rolnych w Rumunii	42

Tomasz Twardowski

Instytut Chemii Bioorganicznej PAN
i Politechnika Łódzka
adres korespondencyjny:
ul. Noskowskiego 12/14, 61-704 Poznań
tel: (061) 852-85-03 w. 133
e-mail: twardows@ibch.poznan.pl

1. Wstęp

W 2004 r. uprawiano na świecie ok. 81 mln ha roślin GM (genetycznie zmodyfikowanych), ale w krajach Unii nie więcej niż 100 000 ha, a zatem my Europejczycy jesteśmy konsumentami, natomiast nie producentami (czyli nie uczestniczymy w zyskach). Do 70% artykułów żywnościowych obecnie dostępnych na rynku unijnym zawiera jakąś (choćby minimalną) frakcję produktów nowoczesnej biotechnologii. Jednakże nie więcej niż jedna trzecia konsumentów wie o tym, a znacznie mniejszy odsetek konsumentów rozumie co to znaczy. Jednoznaczna konkluzja z tych informacji, jak się wydaje, jest oczywista: powszechna edukacja i komunikacja ze społeczeństwem – to są zadania podstawowe.

Temu celowi ma służyć ten zbiór ekspertyz, których omówienie przedstawiamy. Obrazują one potencjalny wpływ roślin ulepszonych dzięki biotechnologii na makroekonomię, ale także na poszczególne działy gospodarki – przede wszystkim rolnictwo i ochronę środowiska, a pośrednio również na zdrowie i samopoczucie konsumenta. Prezentowane analizy i badania dotyczą głównie Europy; przede wszystkim krajów starej „piętnastki” (4 badania), ale także państw mniej zaawansowanych technologicznie – jak Rumunia (1 badanie). Dla kontrastu przedstawiona jest także sytuacja w USA, kraju najbardziej zaawansowanym i mającym wymierne korzyści z rozwoju innowacyjnych technologii biologicznych. Na podstawie takiego zestawienia, poprzez porównanie można też lepiej wnioskować o kierunkach rozwojowych, także w Polsce.

W większości przypadków badania opierają się na już zarejestrowanych i używanych odmianach ulepszonych przy pomocy inżynierii genetycznej. W przypadku niektórych badań analizie podlegają również nowe cechy i gatunki uprawne, które są na różnym etapie dopuszczania do komercjalizacji.

Stanowisko Prezydium Komitetu Biotechnologii przy Prezydium PAN nt. perspektyw rozwoju biotechnologii w Polsce (przedstawione 30.03.2004 r.) jasno i zwięźle zarysowuje sytuację obecną i perspektywy polskiej biotechnologii. Przedstawiam fragmenty tego dokumentu:

„(...)

Zgodnie ze strategią lizbońską rozwój nowoczesnej gospodarki w dużym stopniu zależy od wykorzystania osiągnięć naukowych. Jednym z szybko i ciągle rozwijających się obszarów nauki, techniki i gospodarki jest biotechnologia. Przewiduje się, że produkty wytworzone dzięki biotechnologii zdominują rynki światowe w tym stuleciu.

W Polsce istnieje znaczący potencjał badawczy w zakresie biotechnologii i powinien on zostać optymalnie wykorzystany dla rozwoju polskiej gospodarki. Według szacunkowych ocen (brak jest danych statystycznych) polski przemysł biotechnologiczny zajmujący się głównie konfekcjonowaniem i dystrybucją obcych produktów końcowych, jest na bardzo wstępnym etapie rozwoju. Niestety, mechanizmy gospodarcze sprzyjające wykorzystaniu własnych nowoczesnych technologii są wysoce niewystarczające. Nasz kraj ma jednak szansę, aby nie być wyłącznie odbiorcą bioproduktów, ale także wykreować własne technologie, produkty i miejsca pracy. Potrzebna jest jednak w tym celu intensyfikacja działań zmierzających do procesu komercjalizacji najbardziej zaawansowanych przedsięwzięć badawczo-wdrożeniowych.

Wg przyjętej przez OECD (jak i UE) klasyfikacji, wyróżnić można następujące umowne działy biotechnologii, często określane kolorami:

– **zielona biotechnologia** (green biotechnology), którą stanowią przede wszystkim biotechnologie związane z rolnictwem,

- **czerwona biotechnologia** (red biotechnology), to biotechnologia wykorzystywana w ochronie zdrowia,
- **biała biotechnologia** (white biotechnology), to biotechnologia przemysłowa wykorzystująca systemy biologiczne w produkcji przemysłowej i ochronie środowiska.

W Polsce występują wszystkie wymienione działy biotechnologii. Byłoby niecelowe wykluczenie któregośkolwiek z nich w planowanym rozwoju, potrzebna jest natomiast większa koncentracja na niektórych z nich.

(...)

Kraje Unii Europejskiej nie angażują się w rozwój własnej agrobiotechnologii. Podobnie jest w Polsce. Opinia publiczna zarówno w Europie, jak i w Polsce jest niezwykle krytyczna i przeciwna rozwojowi GMO w kontekście szeroko pojętej żywności. Stan ten w dużej mierze jest spowodowany decyzjami politycznymi, przed których skutkami uchronić powinien dalszy rozwój podstaw naukowych zielonej biotechnologii warunkujący powstawanie innowacyjnych technologii. Realną szansą dla zielonej biotechnologii jest jej wykorzystanie w produktach biotechnologii białej i czerwonej. Należy jednak identyfikować badania nad regulacją genetyczną procesów istotnych do rozwijania produkcji roślinnej „przyjaznej” dla środowiska, szczególnie w zakresie odporności na patogeny i szkodniki (...). Powinny być stymulowane prace nad wykorzystaniem mikroorganizmów do zwiększenia plonowania i zapewnienia wysokiej jakości produkcji przemysłu rolno-spożywczego. Ważnym kierunkiem badawczym jest także wprowadzanie transgenicznych roślin do produkcji szczepionek doustnych i rekombinowanych białek, a także wykorzystanie tychże roślin jako surowców odnawialnych w biorafineriach.

(...)"

W latach 1996-2004, łącznie uprawiano rośliny GM na świecie na nieco ponad 385 milionach hektarów. Uprawą zajmowało się tylko w 2004 r. aż 8.25 miliona rolników. W trakcie wieloletnich obserwacji konsumpcji produktów GM przez kilka miliardów ludzi oraz wielu tysięcy analiz nie stwierdzono żadnych negatywnych efektów. W latach 1985-2000 wykonano w krajach Unii Europejskiej łącznie 81 projektów badawczych realizowanych przez 400 międzynarodowych zespołów badawczych w zakresie biobezpieczeństwa genetycznie zmodyfikowanych organizmów. Zebrane dane stanowiły podstawę do sformułowania komunikatu Komisji Europejskiej, że rośliny GM oraz produkty pochodne nie stanowią żadnego nowego zagrożenia dla ludzkiego zdrowia lub środowiska innego niż „(...) normalny współczynnik niewiadomej związany z klasyczną hodowlą roślin (...)”. W kontekście tych informacji zupełnie zrozumiała – i w pełni uzasadniona – jest decyzja Komisji Europejskiej z 9 września 2004 r. o dopuszczeniu kukurydzy MON 810 do uprawy z przeznaczeniem na cele żywnościowe, a także przemysłowe. Z całą pewnością jest to decyzja przemyślana i oparta na solidnych danych eksperymentalnych, weryfikujących bezpieczeństwo ludzi i środowiska.

Jednoznacznie należy stwierdzić, że szanse i perspektywy rozwoju zielonej biotechnologii należy rozpatrywać w różnych kontekstach. Inaczej to zagadnienie wygląda w perspektywie naszego kraju, odmiennie w kontekście zjednoczonej Europy, a także inaczej w skali globalnej. To zrozumiałe, że inne są oczekiwania mieszkańców dostatniej UE, w której ceny i warunki produkcji rolnej i przetwórstwa są dotowane połową budżetu Unii, aniżeli w centralnej Afryce czy też Azji. Aczkolwiek trzeba podkreślić, że w polityce Komisji Europejskiej jednoznacznie formułowane są argumenty o naszej współodpowiedzialności za losy całej planety.

Fakty i mity mają istotne, wręcz zasadnicze, znaczenie dla rozwoju agrobiotechnologii: fakty są reproduktywne i podlegają weryfikacji, natomiast mity są niepowtarzalne, ale mają znaczenie społeczne, a przez to ekonomiczne.

W odniesieniu do biotechnologii, którą w praktyce – i w potocznym rozumieniu – zawiążamy do inżynierii genetycznej, możemy jasno i precyzyjnie sformułować kilka podstawowych opinii. Przede wszystkim należy stwierdzić, że nie ma żadnego udokumentowanego negatywnego wydarzenia związanego z nowoczesną biotechnologią. Druga bardzo istotna obserwacja to zyski materialne wynikające ze stosowania technik inżynierii genetycznej. Wzrost powierzchni upraw czy też produkcja nowych leków i środków diagnostycznych są bezsprzeczne i świadczą o korzyściach materialnych. Informacje te mają podstawowe znaczenie i „wymiar” globalny, a nie jednostkowy. Mniej

jednoznacznie możemy ocenić efekty społeczne oraz środowiskowe. W odniesieniu do oceny aspektów społecznych – to po pierwsze opinia ta jest subiektywna, po drugie musi upłynąć więcej czasu w użytkowaniu GMO, i po trzecie, takie oszacowanie wartości w zasadniczym stopniu jest uwarunkowane perspektywą dokonywanej oceny. Dla ilustracji tej tezy można podać przykład następujący: z pewnością producenci nowych jakościowo preparatów agrobiotechnologii, które zostały wprowadzone na rynek – zarobili, natomiast ci, którzy utracili zbyt swoich „klasycznych” produktów – ponieśli straty. Również oczywista, jak się wydaje, będzie ocena, że biotechnologia przyczynia się do pogłębienia procesów globalizacyjnych. W omówieniu wpływów biotechnologii, a zwłaszcza agrobiotechnologii, na środowisko można spokojnie stwierdzić, że do dzisiaj nie ma udokumentowanych efektów negatywnych, jednakże trzeba zgodzić się z opiniami „zielonych”, że nie są znane skutki długofalowe, wielopokoleniowe. W takich kategoriach należy jednak podkreślić brak znajomości efektów w odniesieniu do każdej innowacyjnej technologii, w szczególności gdy rozszerzymy nasze oceny na aspekty środowiska społecznego, a nie tylko zawężymy do przyrodniczego.

Oczywiście te wszystkie pozytywne fakty nie zmieniają jednej zasadniczej słusznej tezy: każda innowacyjna technologia wymaga ciągłej, wnikliwej, a przede wszystkim obiektywnej analizy i szczególnej obserwacji, aby nie nastąpiła jakaś awaria, brzemienna w skutkach.

W odniesieniu do mitów podkreślić należy ogromny zakres obaw społeczeństwa europejskiego. Celowo wyróżniam w tym przypadku mieszkańców Unii Europejskiej od obywateli Stanów Zjednoczonych, Kanady czy też Japonii lub Izraela. „Strachy” biotechnologiczne powstały na naszym kontynencie i są prawdziwymi mitami, które rozprzestrzeniają się z ogromnym hałasem i utrwalają się w ludzkiej świadomości. Odwoływanie ich i prostowanie następuje bardzo niechętnie, cicho, a nawet konspiracyjnie. Poważnie natomiast należy rozpatrywać zagrożenia społeczne, jak np. globalizacja, ale jest to zupełnie inna kategoria zagadnień.

Imponujący rozwój agrobiotechnologii na pozazachodnich kontynentach jest faktem o zasadniczym znaczeniu ekonomicznym dla krajów Unii Europejskiej (jak już wspomniano). Obecnie Europa jest konsumentem, a nie producentem efektów nauki i techniki, zwłaszcza w zakresie agrobiotechnologii. Mity związane z efektami biotechnologii w istotny sposób obniżają szanse sukcesów ekonomicznych, w tym tworzenia nowych miejsc pracy.

Przeciwnicy nowoczesnej biotechnologii, potocznie określani jako „zieloni”, podnoszą cały szereg potencjalnych zagrożeń. Lista zarzutów jest długa i ... pozbawiona udokumentowania oraz opiera się na niepowtarzalnych danych. Nie zmienia to faktu, że zarzuty bardzo mocno oddziałują na opinię społeczną i bardzo efektywnie obniżają zaufanie społeczne do współczesnej biotechnologii, a zwłaszcza agrobiotechnologii. Konkretnym efektem tych działań jest załamanie europejskiego rynku produktów GM. Obserwujemy istotne zahamowanie badań, emigrację wielu specjalistów, zwłaszcza wśród młodej kadry. Mamy zatem przykład bezpośredniej korelacji efektów społecznych, ekonomicznych oraz naukowych. Podkreślić raz jeszcze należy, że tylko kooperacja i koegzystencja różnych poglądów umożliwi i zapewni postęp i korzyści dla wszystkich zainteresowanych. Nasuwa się jedynie bardzo ważne pytanie: kto jest zainteresowany i kto zyska na wstrzymaniu postępu technicznego i wdrażaniu innowacyjnej technologii, w tym przypadku agrobiotechnologii?

Konieczne jest rozróżnienie odmiennych typów współczesnego rolnictwa: intensywne – oparte na chemii (drogie); ekologiczne – adresowane do elity finansowej; wykorzystujące efekty inżynierii genetycznej – zastępujące intensywne i adresowane do wszystkich konsumentów.

Jedyne rozwiązanie realne i korzystne dla wszystkich zaangażowanych stron – to koegzystencja różnych form współczesnego rolnictwa, a w konsekwencji także przemysłu rolno-spożywczego. Z całą pewnością we współczesnej Europie liczne będzie grono osób zainteresowanych produktami „eko”. Należy jednakże zauważyć, że jest to elitarna grupa społeczna, skłonna zapłacić drożej za produkty zgodne z poglądami ideologicznymi i życiową filozofią. Ta grupa społeczna z pewnością nie jest i nie będzie zainteresowana agrobiotechnologią. Masowa produkcja żywności związana z niską ceną, jest naturalnie przeznaczona dla najszerzej grupy społecznej, a jednym z celów jest obniżenie kosztów produkcji przy zachowaniu wysokiej jakości. Ta gałąź rolnictwa i przetwórstwa wykorzystuje postęp naukowy, głównie poprzez chemizację produkcji. Pozostaje najnowsza dziedzina, a zatem agrobiotechnologia, która w ocenie zwolenników jest proekologiczna i pozwala osiągnąć bardzo wysokie efekty produkcyjne i korzyści ekonomiczne, ale z przesłanek dogmatycznych nie jest

powszechnie akceptowana. Jednocześnie w przypadku produkcji masowej, czy też na terenach zniszczonych ekologicznie – te metody produkcji rolnej stwarzają największe szanse. Jednocześnie filozofia koegzystencji, obecnie (2005 r.) regulowana prawnie w UE – to koncepcja najbardziej popierana przez Komisję Europejską. Rozwiązaniem bezzasadnego sporu i pozornego konfliktu pomiędzy różnymi formami rolnictwa jest stworzenie równej szansy rozwoju dla odmiennych filozofii w zakresie rolnictwa i przemysłu przetwórczego.

Bawełna należy do najczęściej modyfikowanych roślin. Banknoty Unii Europejskiej produkowane są z Bt-bawełny, czyli bawełny do genomu której wprowadzono gen białka Bt. Ponieważ prawo unijne (w tym także polskie) nakazuje znakowanie artykułów zawierających produkty GM szwajcarski profesor Klaus Amman zaproponował oznakowanie banknotów. Cóż, jeżeli ktoś obawia się GMO – to nie powinien kolekcjonować eurobanknotów.

Konkluzje

Raport ten wpisuje się w zespół działań PFB propagujących rzetelną wiedzę o biotechnologii w celu postępu technologicznego i cywilizacyjnego w Polsce. Jest przeznaczony dla wszystkich zainteresowanych rozwojem gospodarczym kraju i wypracowaniem strategii polskiej biotechnologii.

Biotechnologia odgrywa istotną rolę w rozwoju przemysłu rolno-spożywczego już od wczesnych lat osiemdziesiątych. W tym samym okresie obserwujemy zasadniczy efekt biotechnologii także w zakresie medycyny, diagnostyki i farmacji, jak również ochrony środowiska. W obszarze produkcji żywności nowoczesna biotechnologia, utożsamiana najczęściej z inżynierią genetyczną, oferuje szeroki zakres możliwości poprawy jakości, właściwości odżywczych, zabezpieczenia trwałości żywności, jak i poprawy ekonomii produkcji rolniczej.

Pierwsze generacje genetycznie zmodyfikowanych roślin to przede wszystkim poprawa cech uprawowych, jak odporność na szkodniki i herbicydy (co jednocześnie wiąże się ze zmniejszeniem stosowania preparatów chemicznych, a zatem jest przyjazne dla środowiska). Jednakże modyfikacja cech mających znaczenie w uprawie roślin to dopiero początek komercjalizacji agrobiotechnologii. Następnym krokiem będzie z pewnością modyfikacja właściwości przetwórczych i odżywczych. W szczególności dużą wagę przywiązują producenci do żywności funkcjonalnej, w której podwyższona (lub obniżona – w zależności od potrzeb) będzie zawartość składników ważnych dla diety, co ma niebagatelne znaczenie dla wspomagania leczenia pewnych chorób. Rośliny mogą zawierać leki, szczepionki, czy też składniki egzogenne (nie występujące naturalnie w tych roślinach).

Wspomniałem już, że żywność pochodząca z roślin genetycznie zmodyfikowanych w krajach Unii Europejskiej napotyka na sprzeciw społeczeństwa. Obserwujemy w tym przypadku zasadniczo odmienny stosunek do produktów powstałych w wyniku zastosowania inżynierii genetycznej aniżeli w przypadku medycyny i farmacji. Można sądzić, że niezbędność produktów farmaceutycznych czy też metod diagnostycznych determinuje lub wręcz wymusza pozytywny stosunek społeczeństwa do tych produktów. Natomiast nadmiar żywności na rynku europejskim powoduje dosłownie sceptyczny stosunek do nowinek na rynku produktów spożywczych. Można sądzić, że wprowadzenie do oferty dla konsumentów żywności transgenicznej o specyficznych właściwościach, niemożliwych do otrzymania w inny sposób, a jednocześnie ważny dla naszej diety – spowoduje również zmianę stosunku społeczeństwa do agrobiotechnologii.

Zapewne żywność GM w swej najprostszej formie (zmodyfikowane pomidory, soja, rzepak), w bliskiej przyszłości nie będzie miała większego znaczenia w konsekwencji zasadniczego oporu społecznego i braku akceptacji opinii publicznej. Natomiast zastosowanie roślin genetycznie zmodyfikowanych do produkcji pasz (tańszych niż tradycyjne, o wyższych wartościach odżywczych), w celach energetycznych (biopaliwa) czy też jako źródła szczególnie ważnych składników odżywczych (witaminy, wyższa lub niższa zawartość skrobi lub tłuszczu) oraz składników leczniczych (np. szczepionki lub inne leki) – powinno spotkać się z większą przychylnością europejskich konsumentów.

Trzeba również zwrócić uwagę na legalność produktów masowych (ziemniaki, soja, kukurydza) na innych rynkach europejskich, jak Bułgaria, Rumunia, Ukraina, Rosja. Kraje te są związane

porozumieniami tylko w ograniczonym zakresie z Unią Europejską, a w korelacji ze znacznymi kłopotami ekonomicznymi i zacofaniem technologicznym rolnictwa, oferta współpracy koncernów amerykańskich w dziedzinie nowych i efektywnych agrotechnologii, może być szczególnie atrakcyjna. Trzeba także odnotować znaczącą przewagę osiągnięć w zakresie agrobiotechnologii dokonywanych w Ameryce Północnej, gdzie akceptacja produktów genetycznie zmodyfikowanych na rynku w znaczący sposób przyczyniła się do rozwoju naukowego.

Dla Polski, jak i dla innych krajów Unii, zasadnicze znaczenie mają oczekiwane efekty społeczne. Obecnie (i w najbliższej przyszłości) jesteśmy i będziemy konsumentami, ale nie producentami. W konsekwencji importujemy bardzo znaczne ilości produktów inżynierii genetycznej. W tym imporcie zawarta jest nie tylko opłata za konkretny produkt (jak np. śruta sojowa na pasze), ale także wartość dodana wynikająca z opłat patentowych czy też kosztów badań naukowych. Taka sytuacja ma miejsce obecnie i naszym obowiązkiem jest to zmienić. W ścisłej korelacji z tymi procesami pozostaje szeroko komentowane zjawisko drenażu „mózgów”, które ma miejsce w całej Europie, nie tylko w Polsce, na dużą skalę.

Niedopuszczalna jest sytuacja, że kształcimy fachowców, dla których nie mamy miejsc pracy, a importujemy produkty, których produkcja jest w pełni możliwa przez tych właśnie fachowców. Dlatego nasza legislacja winna wspierać rozwój polskiej biotechnologii, a zwłaszcza agrobiotechnologii, a nie stwarzać bariery: tworzyć miejsca pracy, przyczynić się do wzrostu dochodu narodowego i dobrobytu społeczeństwa.

**

We wstępie wykorzystano materiały z wcześniejszych prac autora.

W trosce o komunikatywność raportu, w opracowaniu zastosowano omówienia i pewne skróty analiz oraz podano adres strony internetowej Polskiej Federacji Biotechnologii, gdzie można znaleźć opracowania oryginalne.

Literatura:

www.mos.gov.pl
www.minrol.gov.pl
www.pfb.edu.pl
www.isaaa.org

G. Brookes, A. Anioł, The farm level impact of using GM agronomic traits in Polish arable crops, *Biotechnologia*, 1, 13-47, 2005.

Dutch Ministry of Economic Affairs, Life Sciences, A Pillar for the Dutch Knowledge Economy, July 2003 (<http://www.minez.nl/publicaties/pdfs/03142.pdf>)

European Union: Action Plan to boost research efforts in Europe, April 2003, IP/03/584 (<http://europa.eu.int/comm/research/era/3pct/pdf/press-rel-en.pdf>)

EuropaBio, White Biotechnology: Gateway to a More Sustainable Future, April 2003 (http://www.europabio.org/upload/documents/wb_100403/Innenseiten_final_screen.pdf)

Kwapich E., Twardowski T., (2003), *Biotechnologia a prawo*; zbiór przepisów, Wyd. Agencja Edytor, Poznań.

OECD, Report: „The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability” (2001) (<http://www1.oecd.org/publications/e-book/9301061e.pdf>)

Twardowski T., Zimny J., Twardowska A. (2003), *Biobezpieczeństwo biotechnologii*”, Wyd. Edytor, Poznań.

Twardowski T., (2003), Polish Biotech Federation Founded, *European Biotechnology News*, 2, 28-31.

Twardowski T., Twardowska A., (2004), Protecting Biotech Invention Rights, *European Biotechnology News*, 3, 27-29.

Twardowski T., Bielecki S., (2004), White Biotech Future, *Euro Biotech News*, nr 3, vol. 3, 24-28.

Twardowski T., (2003), *Biotechnologia i inżynieria genetyczna – zagadnienia wstępne*, rozdział książki *Biotechnologia żywności*, red. W. Bednarski, A. Reys, WNT, Warszawa.

Twardowski T., (2001), *Regulacje prawne i ochrona własności intelektualnej*, rozdział książki *Biotechnologia roślin*, red. S. Malepszy, 529-548, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.

2. Biotechnologia roślin: potencjał dla poprawy metod ochrony roślin w rolnictwie europejskim. Analiza dziewięciu przypadków
(Grudzień 2003)

Leonard Gianessi, Sujatha Sankula, Nathan Reigner

National Center for Food and Agricultural Policy
1616 P Street, NW Washington, DC 20036
Tel: (202) 328-5048
Fax: (202) 328-5133
E-mail: ncfap@ncfap.org
Website: www.ncfap.org

Zastosowane przeliczniki:

2,47 akr	=	1 hektar
2,2 funt	=	1 kilogram

Wprowadzenie

Miniona dekada stała pod znakiem dyskusji dotyczącej biotechnologii w rolnictwie. W czasie, gdy w Stanach Zjednoczonych obsiewa się corocznie miliony akrów genetycznie zmodyfikowanymi nasionami, w Europie Zachodniej jedynie Hiszpania posiada znaczące arealty biotechnologicznie ulepszonej kukurydzy uprawianej na skalę komercyjną. Unia Europejska oraz poszczególne kraje rozważają różne warianty regulacji kwestii biotechnologii, wciąż jednak obowiązującym status quo jest moratorium na powszechną uprawę nowych odmian roślin zmodyfikowanych genetycznie. W dalszym ciągu pozostaje otwarta kwestia potencjalnego wpływu na produkcję rolną gatunków roślin zmodyfikowanych, po ich ewentualnym komercyjnym upowszechnieniu w Europie. Mimo że szereg naukowców opublikowało wyniki badań nad potencjalnym wpływem wybranych zmodyfikowanych gatunków w pojedynczych państwach, to jednak nie istnieje ani jedna praca, którą oparto by na jednolitej metodologii oceny wprowadzenia wielu gatunków biotechnologicznych w większej liczbie krajów Europy.

W 2002 roku, Narodowe Centrum Polityki Żywnościowej i Rolnej (The National Center for Food and Agricultural Policy – NCFAP) opracowało analizę z oceną bieżącego i potencjalnego wpływu biotechnologii na rolnictwo w Stanach Zjednoczonych. Ujęto w nim wyniki dla 40 przypadków, w celu oszacowania rezultatów ekonomicznych dla 47 stanów. Skupiono się na ocenie roślin ulepszonych dzięki biotechnologii, które polepszyłyby możliwości skutecznej ochrony roślin przeciwko chwastom, szkodnikom oraz chorobom roślin. W trakcie programu badawczego stwierdzono w NCFAP, że wiele spośród analizowanych agrofagów (tzn. chorób, szkodników i chwastów) występuje również w Europie. Europejscy naukowcy także badali zmodyfikowane rośliny pod kątem ich skuteczności w ochronie roślin. W czerwcu 2003 NCFAP opublikował pierwsze z trzech europejskich przypadków (ang. case studies), omawiających potencjalny wpływ biotechnologii na rolnictwo Zachodniej Europy. Wszystkie wymienione wyniki analiz zostały zamieszczone w niniejszym dokumencie wraz z uzupełniającymi wynikami sześciu innych prac ukończonych ostatnio przez naukowców z NCFAP.

Metodologia

W analizie przeprowadzonej w Europie wykorzystano taką samą metodologię, jaką zastosowali naukowcy z NCFAP w USA. Przypadki wybrano w oparciu o informacje o udanych transformacjach roślin, dla których istniały przynajmniej wstępne rezultaty badań nad ich skutecznością w ochronie roślin w warunkach europejskich. W każdym przypadku dokonywano w NCFAP przeglądu literatury przedmiotu, stron internetowych i danych pochodzących z uniwersytetów oraz rządowych ośrodków badawczych; przeprowadzono wywiady wśród naukowców w Europie, zajmujących się testowaniem zmodyfikowanych gatunków, którzy przedstawili podsumowania własnych badań. Dla kilku krajów określono ilościowy poziom aktualnego stosowania pestycydów, skali strat plonów i kosztu zabiegów ochronnych w odniesieniu do każdego rodzaju szkodliwego czynnika (agrofaga). Autorzy ocenili potencjalny areal biotechnologicznie zmodyfikowanych upraw w oparciu o porównanie kosztów ponoszonych przez rolników.

Analiza efektu ekonomicznego obejmowała trzy kategorie: (1) ocenę zmian wydajności plonowania; (2) ocenę zmian w wartości produkcji oraz (3) ocenę zmian kosztów produkcji, by w konsekwencji umożliwić wyliczenie różnicy w dochodzie netto. Wyliczono także różnicę w zużyciu pestycydów. Wyniki analiz przesłano niezależnym recenzentom do oceny, a ich uwagi włączano do końcowego raportu.

1. Rzepak ulepszony pod kątem odporności na herbicydy nieselektywne.

Na terenie Zjednoczonego Królestwa przeprowadzono trzyletni program Oceny w Skali Gospodarstwa (Farm Scale Evaluations, FSE), w celu porównania rzepaku genetycznie zmodyfikowanego pod kątem odporności na herbicyd o substancji aktywnej: glufosinat (oznaczone jako GMHT) z odmianami tradycyjnymi. W ostatnio opublikowanych opracowaniach przewiduje się możliwe zastosowanie zmodyfikowanego rzepaku na 25% ogólnego arealu rzepaku w UE, z uwagi na korzyści ekonomiczne wynikające z lepszej ochrony przeciw chwastom, wyższego plonu i/lub niższego kosztu zwalczania chwastów.

2. Kukurydza ulepszona pod kątem odporności na herbicydy nieselektywne.

Istnieją dwie cechy odporności na herbicydy (glufosinat i glifosat), wprowadzone dzięki metodom inżynierii genetycznej do kukurydzy. W Wielkiej Brytanii doświadczenia z odporną na glufosinat kukurydzą pastewną prowadzi się od 1995 roku, natomiast odporne na glifosat odmiany są testowane w Republice Czech i Niemczech. Z ocen wynika, że odporne na herbicydy gatunki kukurydzy mogłyby

znaleźć zastosowanie na 40% areалу kukurydzy w UE, z uwagi na lepszą skuteczność i niższy koszt zwalczania chwastów, w porównaniu do tradycyjnych programów herbicydowych.

3. Ryż ulepszony pod kątem odporności na herbicydy nieselektywne.

Obecnie rozwijane są dwa rodzaje transgenicznego ryżu odpornego na herbicydy: jeden z tolerancją na glufosinat i drugi – na glifosat. Tego rodzaju odmiany nie były jeszcze przedmiotem testów polowych w Europie. Przyjęto, iż ryż odporny na herbicydy byłby korzystny ekonomicznie na 35% całego areалу uprawy ryżu w Unii Europejskiej, ze względu na lepszą skuteczność w zwalczaniu chwastów oraz niższy koszt zabiegów.

4. Pszenica ulepszona pod kątem odporności na glifosat.

Żadne badania polowe z odpornymi na herbicyd nieselektywny odmianami pszenicy, nie były prowadzone do tej pory w UE. Jak wynika z ostatnio przeprowadzonych analiz, 20 % areálu upraw w Unii mogłoby być nimi obsiane, z uwagi na korzyści ekonomiczne wynikające z lepszych możliwości radzenia sobie z chwastami (szczególnie w kontekście chwastów, które wykształciły odporność na standardowe metody ich zwalczania) i w konsekwencji wyższych plonów i/lub niższych kosztów środków chwastobójczych.

5. Drzewa pestkowe odporne na wirusa szarki śliw.

Próby uzyskania odpornych na wirusa szarki drzew owoców pestkowych, z wykorzystaniem metod biotechnologii, uwieńczone zostały sukcesem w Stanach Zjednoczonych, Austrii i Francji. Wspólny wysiłek naukowców z Francji i Stanów Zjednoczonych doprowadził do wyhodowania genetycznie zmodyfikowanych, odpornych drzew śliwy w 1997. Transgeniczne drzewa śliwy były poddawane testom polowym w Polsce, Rumunii i Hiszpanii w celu określenia długoterminowej ekspresji odporności w różnorodnych warunkach klimatycznych, zagrożenia infekcyjnego i pod wpływem różnych szczepów wirusa. Próby polowe przeprowadzane w Europie potwierdziły wysoką odporność ulepszonych linii na wirusa szarki.

6. Pomidory odporne na wirusy żółtej kędzierzawki pomidora (TYLCV) i mozaiki ogórka (CMV).

Oba wirusy mogą doprowadzić do utraty od 15 do 100% plonów pomidora w zależności od regionu. Naukowcy z Uniwersytetu Floryda dokonali transformacji pomidorów w celu rozwinięcia odporności na TYLCV. We Włoszech także udało się wprowadzić gen kodujący odporność na TYLCV do roślin pomidorów i tak zmodyfikowane krzewy uzyskały odporność na tę chorobę. W badaniu przyjęto założenie, iż odporne odmiany mogłyby zostać zasadzone na 53% areálu produkcyjnego Hiszpanii, Włoch, Grecji oraz Portugalii. Ograniczyłoby to zużycie pestycydów i siatek ochronnych oraz zapobiegłoby spadkom plonów z powodu tej choroby. W 1992 roku, Włoski Instytut Badawczy Chorób Roślin (The Italian Plant Pathology Research Institute) zainicjował projekt zmierzający do uzyskania zmodyfikowanych pomidorów odpornych na CMV. Siedem lat prób polowych pokazało, że zmodyfikowane pomidory są niewrażliwe na CMV. Zasadzenie odpornych na te chorobę odmian, w niektórych regionach Europy mogłoby zapobiec całkowitej utracie produkcji pomidorów (na przykład pomidorów San Marzano w Kampanii).

7. Kukurydza Bt odporna na szkodniki.

W Europie, spośród szkodników atakujących kukurydzę szczególnie istotne są dwa gatunki omacnicy prosowianki: omacnica prosowianka europejska i śródziemnomorska. Żerujący szkodnik powoduje zmniejszenie wzrostu kukurydzy, redukcję rozmiaru ziarna i utratę plonów spowodowaną łamaniem się roślin. Z wystąpieniem tego szkodnika związane jest ryzyko wtórnych infekcji przez bakterie i pleśnie. Dla potrzeb niniejszej analizy przyjęto sumaryczny areal z tylko 4 krajów europejskich – głównych producentów kukurydzy (Francji, Niemczech, Włoch i Hiszpanii), na ok. 1,6 miliona ha, co stanowi tylko 41 % ogólnego areálu kukurydzy w Unii Europejskiej.

8. Buraki cukrowe odporne na glifosat.

Analizowane buraki cukrowe zostały genetycznie uodpornione na glifosat, substancję aktywną herbicydów o szerokim spektrum działania. Próby polowe przeprowadzone na terenie głównych producentów buraków cukrowych w Europie wskazały wysoką efektywność dwukrotnych oprysków glifosatem w zwalczaniu chwastów, bez negatywnego wpływu na wzrost roślin buraka. W raporcie założono wykorzystanie odmian ulepszonych na 100% areálu.

9. Ziemiaki odporne za zarazę ziemniaka.

Chorobą grzybową nr 1 w uprawie ziemniaka w Europie jest zaraza ziemniaczana (*Phytophthora infestans*). Naukowcy zajmujący się biotechnologią koncentrują uwagę na dzikich odmianach roślin pokrewnych ziemniakowi, które wykazują całkowitą odporność na zarazę. Techniki inżynierii

genetycznej pozwoliły na przeniesienie genu odpowiedzialnego za rozwinięcie odporności do odmian ziemniaków uprawianych komercyjnie. Odmiany po transformacji okazały się uodpornione na zarazę ziemniaczaną. W raporcie przyjęto do kalkulacji 100% areалу uprawy ziemniaka na terenie Europy Zachodniej.

Zestawienie najważniejszych wyników

Rozpowszechnienie się osiągnięć biotechnologii w produkcji roślinnej obejmującej uprawę kukurydzy, rzepaku, pszenicy, ryżu, pomidorów oraz owoców pestkowych w Europie mogłoby przynieść znaczące zwiększenie plonów połączone z oszczędnościami producentów oraz redukcję zużycia pestycydów. **W sumie dziewięć zmodyfikowanych gatunków uprawnych przyniosłoby zwiększenie plonów o 8,5 miliona ton rocznie, przychodu netto producentów o 1,6 miliarda euro i zmniejszenie zużycia pestycydów o 14,4 tysięcy ton, w porównaniu do stosowanych obecnie metod ochrony roślin.** Z objętych analizą przypadków wynika, że największe korzyści związane z wprowadzeniem gatunków zmodyfikowanych odnieśliby hodowcy pomidorów z uwagi na największy przyrost plonów i największy wzrost dochodów netto. Natomiast odporne na herbicydy odmiany kukurydzy pozwalają na największą redukcję zużycia środków ochrony roślin.

Tabela 1. Potencjalny efekt ekonomiczny analizowanych cech w wybranych roślinach uprawnych w krajach Unii Europejskiej przed rozszerzeniem w 2004 r.

Roślina uprawna	Wprowadzona cecha	Zakładany areal w tys.	Zużycie pestycydów	Zwyżka plonu w tys. ton	Zysk w mln €
Kukurydza	Odporność na herbicydy	1 571	-1 702	0	+24
Rzepak	Odporność na herbicydy	668	-118	+125	+43
Pszenica	Odporność na herbicydy	2 750	-1 474	0	+90
Ryż	Odporność na herbicydy	132	-1 252	0	+14
Pomidor	Odporność na wirusy	125	-60	+443	+305
Owoce pestkowe	Odporność na szarękę	22	0,00	+168	+78
Kukurydza	Odporność na szkodniki	1 599	-53	+1 899	+249
Burak cukrowy	Odporność na herbicydy	1 688	-2 208	+5 050	+390
Ziemniaki	Odporność na zarazę z.	1 164	-7 513	+858	+417
Ogółem		9 719	-14 380	+8 543	+1 610

Tabela 2. Potencjalny efekt ekonomiczny analizowanych cech w wybranych roślinach uprawnych dla poszczególnych krajów Unii Europejskiej.

Kraj	Zakładany areał w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Austria	24	-110	+16	+8
Belgia	160	-751	+351	+60
Dania	98	-386	+181	+29
Finlandia	30	-114	+15	+8
Francja	3 358	-3 208	+2 632	+332
Niemcy	1 867	- 2923	+1 792	+278
Grecja	29	-97	+40	+29
Irlandia	14	-108	+9	+5
Włochy	1 924	-1 942	+1 665	+474
Holandia	272	- 1362	+490	+114
Portugalia	17	-123	+6	+5
Hiszpania	1 127	-1 189	+730	+127
Szwecja	32	- 154	+18	+12
Wielka Brytania	776	-1 883	+598	+129
Ogółem	9 728	- 4 380	+8 543	+1 610

Tabela 3. Potencjalne efekty uprawy rzepaku odpornego na glufosinat.

Kraj	Zakładany areal w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Francja	271	-98	+44	+16,8
Niemcy	284	-18	+63	+20,8
Wielka Brytania	113	-2	+18	+4,8
Ogółem	668	-118	+125	+42,4

Zastąpienie aktualnie wykorzystywanych herbicydów dwoma opryskami glufosinatem w uprawie rzepaku zmniejszyłoby użycie herbicydów o 12% procent. Wprowadzenie roślin odpornych na glufosinat przyniosłoby 25% redukcję aktualnie ponoszonych kosztów. Plon rzepaku chronionego glufosinatem wzrósłby o około 6% z uwagi na lepszą ochronę przed chwastami.

Tabela 4. Potencjalne efekty uprawy kukurydzy odpornej na glifosat i glufosinat.

Kraj	Zakładany areal w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Francja	766	-689	0	+11,5
Niemcy	159	-134	0	+2,4
Włochy	444	-710	0	+6,6
Hiszpania	202	-169	0	+3,0
Ogółem	1 571	-1 702	0	+23,5

Dwukrotne zastosowanie glufosinatu zamiast aktualnie stosowanych herbicydów w uprawie kukurydzy zmniejszyłoby zużycie herbicydów o 55%. Wprowadzenie odmian odpornych na glufosinat przyniosłoby obniżenie średnich wydatków o €15/ha lub inaczej: o 12% w stosunku do wydatków ponoszonych obecnie.

Tabela 5. Potencjalne efekty uprawy ryżu odpornego na glifosat i glufosinat.

Kraj	Zakładany areal w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Grecja	7	-88	0	+0,6
Włochy	76	-502	0	+8,8
Portugalia	9	-120	0	+0,7
Hiszpania	40	-542	0	+3,4
Ogółem	132	-1 252	0	+13,5

Zaniechanie zwalczania chemicznego chwastów zmniejszyłoby plony ryżu w Europie o 55 do 60%. W wyniku ciągłego stosowania ograniczonej liczby dostępnych herbicydów, wiele chwastów wykształciło odporność. Producenci ryżu zazwyczaj wydają od €200 do €220 na hektar w przypadku zwalczania chwastów odpornych na tradycyjnie stosowane herbicydy. Dwukrotne zastosowanie glifosatu zamiast aktualnie stosowanych herbicydów w uprawie ryżu zmniejszyłoby wolumen środków chwastobójczych o 83%. W Grecji, Hiszpanii oraz Portugalii dwukrotne zastosowanie glifosatu zmniejszyłoby koszt ochrony przed chwastami o 50%, natomiast w przypadku Włoch redukcja kosztów wyniosłaby 58%. Ponieważ w Europie nie przeprowadzono doświadczeń z gatunkami ryżu odpornego na herbicydy nieselektywne, przyjęto że plon ryżu nie uległby zmianie, choć należy zakładać istotny wzrost plonów z racji lepszego zwalczania chwastów.

Tabela 6. Potencjalne efekty uprawy pszenicy odpornej na glifosat.

Kraj	Zakładany areal w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Francja	954	-801	0	+28,6
Niemcy	579	+12	0	+24,4
Włochy	458	-151	0	+2,0
Hiszpania	441	-145	0	+19,8
Wielka Brytania	327	-389	0	+14,8
Ogółem	2 759	-1 474	0	+89,6

Udział Unii Europejskiej w światowej produkcji pszenicy wynosi 8% areалу i 16% ogólnej produkcji. 35% globalnej sprzedaży herbicydów stosowanych w uprawie pszenicy przypada na kraje Europy.

Brak chemicznej ochrony przeciw chwastom w Europie spowodowałby straty w plonie między 20 a 25%. Pomimo stosowania środków chwastobójczych straty w plonie z tytułu zachwaszczenia ocenia się na 8%. Osiem gatunków chwastów z rodziny traw wytworzyło odporność na herbicydy różnego rodzaju, które stosowane są w uprawie pszenicy. Eliminacja uodpornionych gatunków z upraw pszenicy wymaga stosowania dodatkowych herbicydów i zabiegów mechanicznych, a pomimo to występuje utrata plonów. Związane z tym koszty i straty mogą wynieść nawet £143/ha. Dwukrotne zastosowanie glifosatu zamiast tradycyjnych zabiegów, zmniejszyłoby zużycie herbicydów o 32%. Wprowadzenia odmian pszenicy odpornych na glifosat przyniosłoby 47% redukcję kosztów ponoszonych obecnie. Przyjęto, że zastosowanie glifosatu zamiast aktualnie stosowanych substancji nie pociągnęłoby za sobą zmian w plonowaniu.

Tabela 7. Potencjalne efekty wprowadzenia odporności na szarkę śliw do uprawy niektórych pestkowych drzew owocowych.

Kraj	Zakładany areal w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Austria	0,4	0	+2,3	+1,5
Francja	2,8	0	+8,9	+8,8
Niemcy	3,5	0	+17,9	+12,5
Grecja	2,9	0	+30,5	+20,3
Włochy	6,0	0	+60,7	+24,6
Portugalia	0,5	0	+0,9	+0,8
Hiszpania	5,7	0	+46,6	+8,6
Ogółem	21,8	0	+167,8	+77,1

Choroba o nazwie szarka powoduje przebarwienie liści, powstawanie pierścieni i plam na owocach. Dochodzi do przedwczesnego spadania owoców z drzew, deformacji, przebarwienia skórki i miąższu. Wirus tak silnie atakuje owoce drzew zarażonych, że stają się one niezdatne tak do bezpośredniej konsumpcji, jak i do przerobu przemysłowego. Zarażonych drzew nie można wyleczyć, większość trzeba usunąć w celu hamowania rozprzestrzeniania się choroby. W badaniu przyjęto, iż uodpornienie na szarkę drzew owocowych zapobiegłoby stratom w poszczególnych krajach: Austria/Niemcy (4%), Włochy/Grecja/Hiszpania (3%), Portugalia i Francja (1%). Szacunek obejmuje bieżące straty wynikające ze zmniejszenia się produktywności drzew i straty wynikające z konieczności usuwania zarażonych drzew.

Tabela 8. Potencjalne efekty odporności pomidorów na wirusa żółtej kędzierzawki liści pomidora wirusa mozaiki ogórka.

Kraj	Zakładany areał w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Grecja	19	-9	+10	+8
Włochy	66	-32	+408	+276
Portugalia	7	-3	+5	+3
Hiszpania	33	-16	+20	+18
Ogółem	125	-60	+443	+305

Wirus żółtej kędzierzawki pomidora (Tomato Yellow Leaf Curl Virus – TYLCV) pojawił się po raz pierwszy na plantacjach pomidorów europejskich w 1988 roku. Jest roznoszony przez mączlika szklarniowego. Pomimo szerokiego rozpowszechnienia w Europie insektycydów zwalczających mączlika, do ochrony plantacji pomidorów, jego całkowite zlikwidowanie nie jest możliwe. Szacunkowo 1% produkcji pomidora jest tracone w Grecji, Włoszech, Portugalii i Hiszpanii. Ten sam wirus pojawił się w Stanach Zjednoczonych w 1989 roku i spowodował zmniejszenie produkcji pomidorów na Florydzie o 20%. Siedem lat badań polowych nad pomidorem uodpornionym na wirusa mozaiki ogórka (CMV), dowiodły jego całkowitej odporności na porażenie tym patogenem. Uprawa transgenicznych pomidorów odpornych na CMV, zapobiegłaby całkowicie stratom plantatorów pomidorów San Marzano w regionie Kampanii.

Tabela 9. Potencjalne efekty uprawy kukurydzy odpornej na omacnicę prosowiankę.

Kraj	Zakładany areał w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Francja	765	-6	+857	+101
Włochy	554	-1	+607	+107
Hiszpania	181	-45	+254	+28
Niemcy	99	-1	+181	+13
Ogółem	1 599	-53	+1 899	+249

Europejscy farmerzy produkują 40 milionów ton kukurydzy na 4,0 milionach hektarów (*). Wartość produkcji wynosi €5,3 miliarda rocznie. 88% produkcji skoncentrowanej jest w czterech krajach (Włochy, Francja, Hiszpania i Niemcy). Z badań przeprowadzonych we Francji wynika, że straty plonów spowodowane przez omacnicę prosowiankę mogą dochodzić do 15 procent zbiorów, przy

czym w Hiszpanii mogą one wzrastać nawet do 30%. Ochrona przed tym szkodnikiem jest niesłychanie trudna. Aktualnie zabiegi owadobójcze w Europie są przeprowadzane zaledwie na 32% obszaru areалу kukurydzy dotkniętej występowaniem szkodnika. Europa traci około 5% produkcji kukurydzy rocznie z uwagi na niekontrolowane rozpowszechnianie się omacnicy prosowianki.

Dzięki inżynierii genetycznej udało się uzyskać kukurydzę Bt, która zwalcza szkodniki żywiące się na niej. Efekt udało się uzyskać przy pomocy genu pochodzącego z bakterii glebowej: *Bacillus turingiensis*. Badania europejskie wykazały, że plony kukurydzy Bt są wyższe o 15% w stosunku do plonów zwykłej kukurydzy chronionej przez oprysk insektycydami. Kukurydza Bt, uprawiana na 41% powierzchni, pozwoliłaby zmniejszyć zużycie środków owadobójczych o 53 tony, przy jednoczesnym wzroście wydajności o 1,9 miliona ton. Przewidywany przychód netto wzrósłby o 249 milionów euro, dzięki wzrostowi produkcji pomniejszonemu o koszty wprowadzenia technologii.

(*) Dane dla 15 krajów UE, przed rozszerzeniem 1 maja 2004.

Tabela 10. Potencjalne efekty uprawy buraków cukrowych odpornych na glifosat.

Kraj	Zakładany areal w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Wielka Brytania	171	-222	+450	+41
Francja	437	-350	+1 600	+98
Niemcy	461	-921	+1 300	+116
Holandia	110	-66	+350	+34
Belgia	98	-255	+300	+25
Włochy	242	-218	+550	+35
Hiszpania	109	-98	+350	+29
Dania	60	-78	+150	+12
Ogółem	1 628	-2 208	+5 050	+390

Buraki cukrowe uprawiane są w Europie na obszarze 1,6 milionów hektarów. Plantatorzy europejscy produkują 115 milionów ton buraków, które po przerobieniu pozwalają uzyskać 15 milionów ton cukru rafinowanego. Burak cukrowy przedstawia dla plantatorów wartość około €4,7 miliarda rocznie. Zachwaszczenie pól buraka cukrowego we wszystkich krajach europejskich może prowadzić do utraty plonów od 26 do 100%. Aktualnie nie jest dostępny pojedynczy preparat chwastobójczy, który pozwalałby na kontrolę zachwaszczenia spotykanego na europejskich polach. W rezultacie przeważnie stosuje się od czterech do pięciu zabiegów, za cenę €197 na hektar, przy zużyciu 3,2 kilograma substancji aktywnej (s.a.) na ha. Niektóre z substancji aktywnych mogą negatywnie wpływać na rozwój roślin buraka i przez to na jego plony. Szacuje się, że produkcja buraków cukrowych jest umniejszona o 5% z uwagi stres wywołany przez herbicydy na roślinach buraka. Wprowadzenie odmian odpornych na glifosat obniżyłoby średnie zużycie s.a. herbicydów o ok. 1,9 kilograma na hektar, a koszt programu zwalczania chwastów spadłby do średnio €86 na hektar. Wprowadzenie buraka cukrowego odpornego na herbicydy na 100% areалу plantacji w Unii Europejskiej spowodowałoby spadek zapotrzebowania na herbicydy w ilości 2,2 tysiąca ton s.a.,

przy wzroście produkcji buraków o pięć milionów ton, dzięki mniejszym stratom w plonach. Przychód netto plantatorów wzrósłby o €390 milionów.

Tabela 11. Potencjalny wpływ ziemniaków odpornych na zarazę ziemniaczaną.

Kraj	Zakładany areal w tys. ha	Zużycie pestycydów w tonach	Zwyżka plonów w tys. ton	Zysk w mln €
Austria	23	-110	+14	+6
Belgia	62	-496	+51	+35
Dania	38	-308	+31	+17
Finlandia	30	-114	+15	+8
Francja	162	-1 264	+122	+66
Niemcy	282	-1 861	+230	+90
Irlandia	14	-108	+9	+5
Włochy	78	-328	+39	+13
Holandia	162	-1 296	+140	+80
Hiszpania	116	-174	+59	+17
Szwecja	32	-154	+18	+12
Wielka Brytania	165	-1 270	+130	+68
Ogółem	1 164	-7 513	+858	+417

Rolnicy w Europie Zachodniej produkują na 1,6 milionach hektarów, 44 miliony ton ziemniaków o wartości €5 miliardów. Zaraza ziemniaczana jest uważana za główną chorobę atakującą ziemniaki. Plantatorzy europejscy stosują chemiczne środki grzybobójcze (fungicydy) od ośmiu do dwunastu razy rocznie przy średnim koszcie €322 na hektar, by uporać się z zarazą. Pomimo tych zabiegów zaraza niszczy około 2% plonu ziemniaka.

Wprowadzenie biotechnologicznych odmian ziemniaka odpornego na zarazę ziemniaczaną na 100% areалу upraw w Europie pozwoliłoby wyeliminować 7,5 tysiąca ton fungicydów, przy równoczesnym wzroście produkcji o 858 tysięcy ton. Przychód netto plantatorów wzrósłby o €417 milionów.

Wnioski

Zwalczanie chwastów w uprawach jest konieczne w celu utrzymania wysokich plonów. Stosowanie niedoskonałych zabiegów przynosi straty i wymusza zwiększanie areálu przeznaczanego pod uprawy. Aktualnie w Europie zwalczanie chwastów oparte jest o regularne stosowanie herbicydów w uprawie

buraka cukrowego, pszenicy, rzepaku, kukurydzy i ryżu, skutecznie ratujących plon, lecz kosztownych. Biotechnologicznie uodpornione na herbicydy gatunki uprawne pozwoliłyby plantatorom na zmniejszenie zużycia substancji aktywnej na ha i obniżenie wydatków z tym związanych, przy jednoczesnym utrzymaniu (kukurydza, pszenica, ryż) poziomu plonowania lub jej zwiększeniu (burak cukrowy, rzepak).

Chwasty stanowią poważne wyzwanie lecz także choroby i owady przyczyniają się do zmniejszenia plonów. Europejscy plantatorzy kukurydzy nie przeprowadzają regularnych zabiegów owadobójczych przeciwko omacnicy prosowiance, co pociąga za sobą straty w plonie kukurydzy rzędu 5 % całkowitych plonów rocznie. Wdrożenie odpornych na owady odmian kukurydzy zapobiegłoby tym stratom.

Wirusy roślinne roznoszone przez owady wywierają znaczny wpływ na produkcję pomidorów i owoców pestkowych. W niektórych regionach niemożliwa jest uprawa moreli, a porażenie wirusem powoduje że pomidory San Marzano znikają z rejonu Kampanii we Włoszech. W europejskich jednostkach badawczych opracowano biotechnologicznie zmodyfikowane gatunki owoców pestkowych i pomidorów odznaczające się wysoką odpornością na wirusy. Ich zaadoptowanie w rolnictwie mogłoby przyczynić się do wyeliminowania strat i pozwoliłoby plantatorom pomidorów na obniżenie zużycia środków owadobójczych.

Plantatorzy w Stanach Zjednoczonych korzystają z odpornych na herbicydy odmian rzepaku jarego, kukurydzy oraz z odmian odpornej na szkodniki kukurydzy. Z powodu niepewności rynkowej plantatorzy w Ameryce nie sieją odpornych na herbicydy buraków cukrowych, pomimo ich dopuszczenia do obrotu. Europejskie moratorium na dopuszczenie do obrotu nowych zmodyfikowanych biotechnologicznie gatunków uprawnych, uniemożliwiło dostęp rolnikom europejskim do zmodyfikowanych buraków cukrowych, zmuszając do polegania na drogich programach ochrony przed chwastami. Jedynym zmodyfikowanym gatunkiem uprawnym obecnym w Europie jest kukurydza Bt, którą sieją rolnicy w Hiszpanii. Pozwala ona tamtejszym plantatorom na zwiększenie opłacalności produkcji.

Od stu lat naukowcy szukali skutecznego sposobu zwalczania zarazy ziemniaczanej, choroby która przyczyniła się do śmierci głodowej milionów obywateli Irlandii, w czasie słynnej „Irlandzkiej Plagi Ziemniaczanej”. Plantacje ziemniaka mogą istnieć w Europie i Stanach Zjednoczonych, ponieważ plantatorzy przeprowadzają od 8 do 12 zabiegów ochronnych rocznie, polegających na opryskiwaniu fungycydami każdego akra plantacji. Naukowcom udało się wyhodować zmodyfikowany gatunek ziemniaka odpornego na tę chorobę, dzięki wprowadzeniu genu pochodzącego z innego gatunku. Tym samym wypracowano jeszcze jeden sposób radzenia sobie z chorobą.

Z niniejszej pracy jednoznacznie wynika, że możliwości zwalczania agrofagów (tj. chorób, szkodników i chwastów) przy pomocy zmodyfikowanych gatunków, które uprawiano by w Europie, niosą w sobie ogromny potencjał. Większość tych gatunków jest testowanych na polach europejskich i dobrze się sprawdza w panujących na nich warunkach. Kilka z nich powstało w europejskich instytutach i teraz czekają na dopuszczenie do obrotu.

Plantatorzy zaczynają interesować się nowymi technologiami wtedy, kiedy pozwalają im one na poprawę ekonomii produkcji. Plantatorzy amerykańscy obsiewają 80 milionów akrów (2003 r.) gatunkami biotechnologicznie zmodyfikowanymi z uwagi na lepsze możliwości zwalczania szkodników przy obniżonych kosztach, co w konsekwencji wpływa pozytywnie na bilans końcowy. W Europie rolnicy muszą radzić sobie z tymi samymi szkodnikami, dlatego i oni mogliby skorzystać z lepszych technologii ochrony przed szkodnikami oraz odnieść korzyści finansowe dzięki obniżeniu kosztów produkcji rolnej.

3. Środowiskowe i zdrowotne efekty uprawy genetycznie zmodyfikowanego buraka cukrowego, odpornego na herbicydy nieselektywne: ocena w pełnym cyklu życia

Richard Bennett, Richard Phipps, Alison Strange, Peter Grey

School of Agriculture, Policy and Development, The University of Reading, UK

Streszczenie

Trwa nieustająca debata odnosząca się do możliwych skutków dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi upraw gatunków genetycznie zmodyfikowanych (GM). W pracy przedstawiono wyniki oceny dotyczącej okresu życia buraka cukrowego (a life-cycle-assessment – LCA), porównujące wpływ na środowisko i aspekt zdrowotny konwencjonalnych upraw na terenie Wielkiej Brytanii i Niemiec z tymi, jakich należałoby się spodziewać po komercyjnym upowszechnieniu się genetycznie zmodyfikowanych, odpornych na herbicydy (glifosat) odmian buraka cukrowego. Wyniki przedstawione z uwzględnieniem kilku kategorii środowiskowych i zdrowotnych sugerują, że uprawa tego rodzaju odmian buraka cukrowego mogłaby być obciążona nawet mniejszym stopniem ryzyka wystąpienia negatywnych skutków dla środowiska i zdrowia ludzi, od upraw konwencjonalnych. Jest to związane z mniejszą emisją szkodliwych substancji w procesie produkcji herbicydów, transportu i zabiegów polowych. Taka emisja jest jednym z czynników składających się na globalne ocieplenie, zanikanie warstwy ozonowej, ekotoksyczność wody oraz zakwaszenie i nutryfikacja (przenawożenie) tak gleby jak i wody. W przypadku genetycznie zmodyfikowanych (GM) upraw jest ona znacznie mniejsza niż w przypadku upraw konwencjonalnych. Emisja składająca się na smog, toksyczne mikrocząsteczki i kancerogenność, mająca negatywny wpływ na zdrowie ludzi, w przypadku upraw uodpornionych na herbicydy była także w znaczącym stopniu mniejsza. Wpływ na środowisko i zdrowie ludzi upraw GM musi być szacowany w oparciu o analizę poszczególnych przypadków, jednak przyjmując podejście całościowe (holistyczne). LCA jest wartościową techniką, pomocną w tego rodzaju przedsięwzięciu.

Wprowadzenie

W całej historii pojawienie się nowych technologii zawsze budziło kontrowersje. Na przykład ruch przeciw szczepionkom aktywnie sprzeciwiał się wprowadzeniu szczepionki na ospę Jennera. Podobnie pasteryzacja mleka napotykała na zdecydowany opór. Wprowadzenie genetycznie zmodyfikowanych gatunków upraw jest ostatnim przykładem nowej i budzącej kontrowersję technologii w rolnictwie. Pomimo że tylko w 2003 uprawiano na świecie roku 67 milionów hektarów GM roślin uprawnych (James, 2003), co wskazuje na istotną wagę rozwijającej się technologii, nie ustaje debata wokół możliwych skutków w wymiarze środowiskowym i dla zdrowia ludzkiego (Conner et al., 2003; UK Government, 2003a). Międzynarodowa Rada d/s Nauki (The International Council of Science) (Persley, 2003) wezwała do przeprowadzonej w sposób naukowy szacunkowej oceny wpływu na środowisko, porównującej technologię upraw GM z aktualnymi praktykami w rolnictwie. Podobnie, ostatni UK GM Science Review (UK Government, 2003b) określił kilka obszarów potencjalnych korzyści i ryzyka związanych z uprawą GM roślin, włączając aspekty środowiskowe. Raport przyznaje istnienie niepewności naukowej i zwraca uwagę, iż, wprowadzając uprawy typu GM, należy analizować przypadek po przypadku. Pomimo że ostatnio publikowane wyniki trzyletniego programu badawczego w skali gospodarstwa rolnego (3-year Farm Scale Evaluation) posłużyły do oceny efektów wprowadzenia upraw GM na różnorodność i obfitość przyrodniczą rejonów rolniczych, nie podjęto próby rozważenia wpływu na środowisko i ludzkie zdrowie na podstawie cało-systemowej analizy „od kolebki po grób”, takiej jak analiza cyklu życia, LCA (Life Cycle Assessment). Jest to uznana metoda szacowania skutków dla środowiska naturalnego i zdrowia człowieka, związanych z produktem lub procesem, zgodna z uznanymi międzynarodowymi standardami (International Organization for Standardization ISO 14040; Guinee, 2002). Jest ona definiowana jako „obiektywny proces oceny obciążeń środowiska związanych z produktem, procesem lub aktywnością poprzez identyfikację energii i użytych materiałów oraz uwalnianych odpadów oraz oceny i wykorzystania możliwości do poprawy stanu środowiska” (SETAC, 1991) oraz jako „kompilacja i ocena wkładów, rezultatów i potencjalnego wpływu na środowisko produktów lub systemów w całym życiowym cyklu” (ISO, 1997). Pomimo że metoda LCA jest wykorzystywana w analizie procesów industrialnych i ich produktów, dopiero niedawno analizę tę zastosowano w rolnictwie (Audsley et al., 1997; Renner et al., 2001; Wightman et al., 1999).

Wcześniejsze badania wykazały, że wprowadzenie upraw GM prowadzi do wyraźnej redukcji zużycia pestycydów (Carpenter et al., 2002; Gianessi et al., 2003; Phipps and Park, 2002). W wypadku buraka cukrowego ocenia się, że już samo wprowadzenie odmian odpornych na herbicydy (ang. Ht- herbicide tolerant) doprowadziłoby do znacznego zmniejszenia zużycia pestycydów (patrz: Coyette et al., 2002). Jednak w żadnej z wymienionych prac nie poświęcono uwagi ocenie możliwego wpływu na środowisko i ludzkie zdrowie upraw GM, przy użyciu metody takiej jak LCA. Oferowałaby ona systematyczny i obiektywny sposób podejścia do całościowego zidentyfikowania i wyliczenia obciążeń środowiskowych oraz analizy ich wpływu, z uwzględnieniem wagi w odniesieniu do środowiska lub ludzkiego zdrowia.

Stosując się do zatwierdzonych wskazań, wykorzystano LCA do oszacowania obciążeń środowiskowych związanych z uprawą odpornych na herbicydy, GM odmian buraka cukrowego z jednej strony i konwencjonalnych odmian z drugiej. Ocenę oparto o badania w Wielkiej Brytanii i Niemczech. Analizę skoncentrowano na aspektach związanych z systemem produkcyjnym, które odróżniają odmiany GM od tradycyjnych. Niniejsza praca prezentuje otrzymane wyniki i kreśli zarys metod analitycznych LCA. W celu zastosowania metody, systemy produkcyjne odmian konwencjonalnych i genetycznie zmodyfikowanych stosowane w Wielkiej Brytanii i Niemczech, zostały zdefiniowane, by móc ująć je w postaci modelu z wykorzystaniem Pira Environmental Management System (PEMS) oprogramowania LCA (PIRA, 1998).

Wyniki

Zwalczanie chwastów w uprawie buraka cukrowego

Ponieważ uprawy buraka cukrowego są wrażliwe na konkurencyjną vegetację chwastów, opracowano i stosuje się skomplikowany system ochrony, obejmujący 120 herbicydów, opartych na 19 aktywnych składnikach dopuszczonych do obrotu (maj, 2001). Tradycyjnie do zwalczania chwastów wykorzystuje się kolejno mieszanki herbicydów złożonych z kilku (nawet do pięciu) aktywnych składników. Dodatkowo przeprowadzane są mechaniczne zabiegi odchwaszczania obejmujące do 50% areалу upraw. Popularnymi substancjami aktywnymi herbicydów selektywnych (tzn. nie niszczących rośliny

uprawnej) są: phenmedipham, metamitron, ethofumesate, desmedipham, triflusalphuron- methyl, lenacil i chloridazon.

Zmodyfikowana odmiana buraka cukrowego została ulepszona w celu uzyskania tolerancji na herbicyd oparty o glifosat, nieselektywny środek chwastobójczy o szerokim spektrum działania, oddziałujący na roślinę poprzez wiązanie enzymu EPSPS, co uniemożliwia produkcję podstawowych aminokwasów. Dzięki modyfikacji możliwe jest zwalczanie chwastów na polu takich buraków, przy pomocy glifosatu w zastępstwie gamy substancji, których listę podano powyżej.

W tabeli 1 przedstawiono typowe schematy oprysku stosowane w Wielkiej Brytanii i Niemczech w uprawach konwencjonalnych odmian buraka cukrowego oraz odmian GM odpornych na herbicydy oparte na glifosacie (Coyette et al., 2002; May, 2001,2003; Rouchouze, 2001). Można zauważyć, że odporne na herbicydy zmodyfikowane odmiany wymagają mniejszej liczby oprysków, mniejszej ilości herbicydów i w ich przypadku nie zachodzi potrzeba przeprowadzania mechanicznych zabiegów odchwaszczania.

Analiza LCA

Wyniki analizy LCA zostały zaprezentowane na wykresach 1-3. Funkcjonalną jednostką w przypadku tej analizy LCA jest 50 tys. kg świeżej masy buraka cukrowego. Schematy zabiegów ochronnych dla odmian GM buraka w Wielkiej Brytanii i Niemczech w dużym stopniu pokrywają się jeśli chodzi o zastosowanie herbicydów i zabiegów uprawowych, dlatego przedstawiono jedynie jeden wynik. Na wykresie nr 1 porównano wpływ różnych technologii uprawy buraka cukrowego na poziom zużycia energii (uzyskiwanej z paliw) w MJ, potencjalny wpływ na efekt cieplarniany [ekwiwalent dwutlenku węgla [CO₂ w kg] oraz zmniejszenie się warstwy ozonowej [ekwiwalent chlorofluorocarbonu (CFC11) w kg]. Jak dowiedziono, zużycie energii pozyskiwanej z paliw kopalnych jest najmniejsze dla systemu upraw odmian GM (około 50% niższe od systemu uprawy UKB). Warto podkreślić, że w systemie uprawy GM większość zapotrzebowania na energię związane jest z produkcją i transportem herbicydu (glifosatu), podczas gdy w wypadku upraw innych odmian energia zużywana jest w większej proporcji na prace polowe, jazdę traktorem itp. Uwzględniając potencjalny aspekt globalnego ocieplenia i zmniejszania się warstwy ozonowej, interakcja systemu GM także jest najmniejsza: o około 50% niższa od systemu UKB jeśli chodzi o zmniejszenie warstwy ozonowej i o 19%, biorąc pod uwagę globalne ocieplenie.

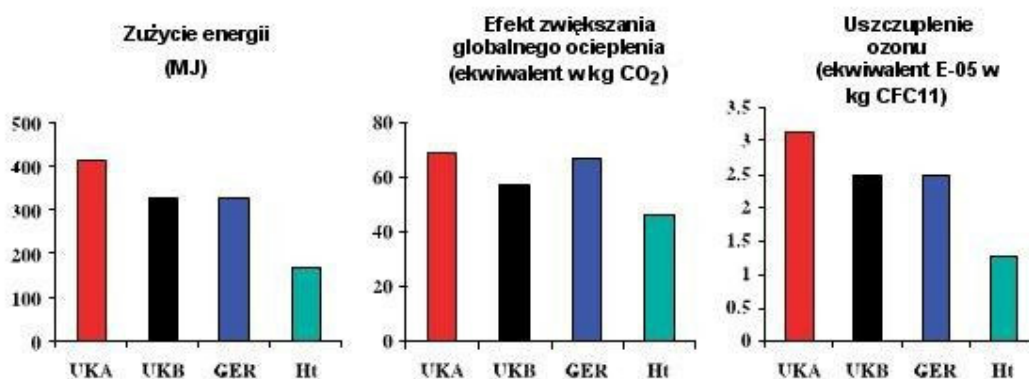
Na wykresie nr 2, przedstawiono względny efekt ekotoksyczny [ekwiwalent kg chromu (Cr) w wodzie], wpływ na poziom zakwaszenia [w kg ekwiwalentu dwutlenku siarki (SO₂)] i na poziom nitrifikacji (przenawożenia) [ekwiwalent fosforanów (PO₄) w kg]. Efekt ekotoksyczny systemów GM jest znacznie słabszy w porównaniu z konwencjonalnymi sposobami uprawy, wynosząc około 11% efektu powodowanego przez system UKB. Wielkość ta związana jest niemal całkowicie z toksycznością aktywnych składników herbicydów wypryskiwanych w ramach zabiegów polowych i w niewielkim stopniu z toksycznym efektem wynikającym z produkcji i transportu herbicydów lub emisji związanych z pracą urządzeń i silników wysokoprężnych użytych do prac polowych. Systemy GM znacznie mniejszym stopniu zakwaszają środowisko od konwencjonalnej uprawy w Wielkiej Brytanii (UKA) i Niemczech oraz nieco (7%) mniej niż system uprawy UKB. Zakwaszenie w tym wypadku związane jest z mniejszą emisją przy produkcji i podczas transportu herbicydów oraz prac polowych. Nitrifikacja (przenawożenie) wody i gleby jest również mniejsze dla upraw GM i znów ma ono związek z produkcją, transportem i pracami polowymi, a nie z substancjami aktywnymi herbicydów wykorzystywanych do oprysku.

Na wykresie nr 3 przedstawiono relatywny wpływ systemów ochrony przed chwastami na trzy różne kategorie istotne dla ludzkiego zdrowia oraz dla środowiska: produkcję smogu letniego [wyrażanego jako ekwiwalent tlenku azotu (NO_x) w kg] i toksycznych cząstek stałych [ekwiwalent cząstek 10 μm lub mniejszych (PM10)] – jako czynników mogących powodować kłopoty oddechowe oraz dodatkowo kancerogenną naturę emisji [ekwiwalent policyklicznych węglowodorów aromatycznych (PAH) w kg]. W każdym przypadku zaznacza się przewagę upraw GM nad uprawami konwencjonalnymi.

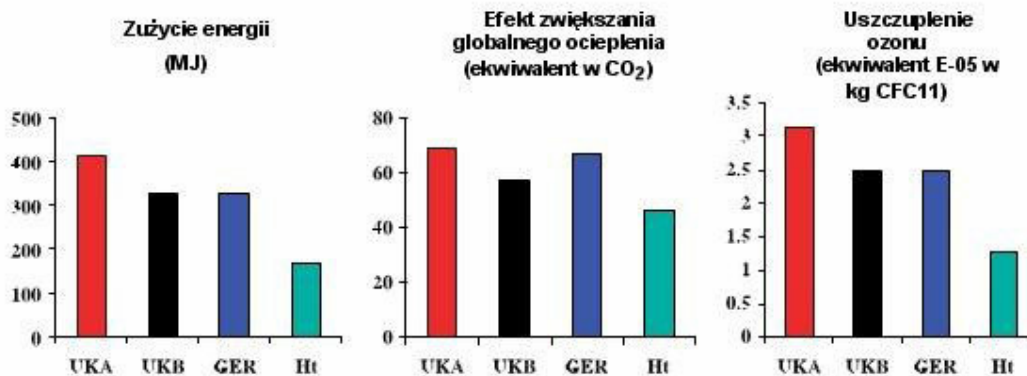
Tabela 1. Typowe systemy zwalczania chwastów w konwencjonalnych odmianach buraka cukrowego w Wielkiej Brytanii i Niemczech, w porównaniu z systemem dla odpornych na glifosat (*Ht) odmian zmodyfikowanych.

System zwalczania chwastów	Dawka herbicydu w kg/ha w zabiegach przedwiosennych (Pre) i wiosennych (Post 1-3)					
	Herbicyd	Pre	Post 1	Post 2	Post 3	Ogólnie kg/ha
Wielka Brytania – A	Chloridazon FL	3				3
	Phenmedipham EC		1.75	2.5		4.25
	Goltix WB		1.25			1.25
	Venzar Flo			0.4		0.4
	Mix					2
Wielka Brytania -B	Betanal Progress OF		0.75	0.5	0.75	2
	Debut		0.03	0.03	0.03	0.09
	Goltix WG		1.25			1.25
	Venzar Flo			0.4	0.4	0.8
Wielka Brytania Ht *	Glifosat		2.34	2.34		4.68
Niemcy	Rebell		1	1	1	3
	Goltix WG		1	1	1	3
	Betanal Progress OF		0.8	0.8	0.8	2.4
Niemcy Ht*	Glifosat		2.34	2.34		4.68

Environmental impact of herbicide-tolerant sugar beet 3

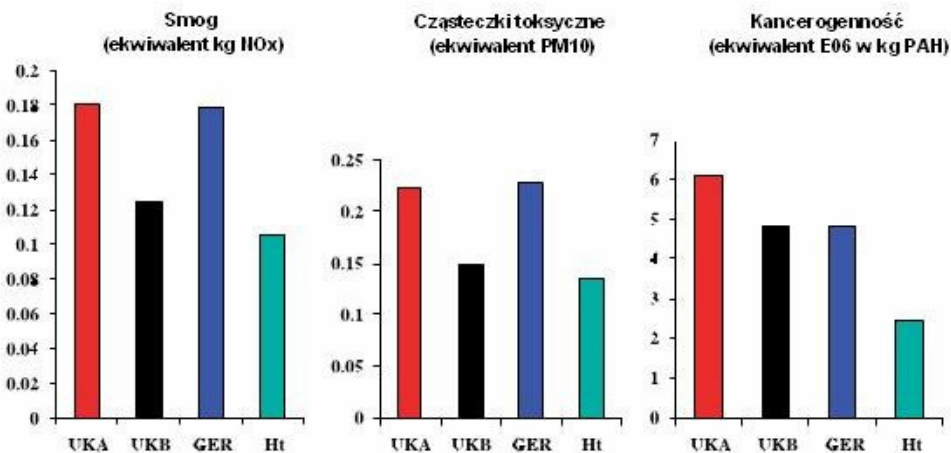


Wykres 1. Wpływ typowego systemu zwalczania chwastów dla konwencjonalnych i genetycznie zmodyfikowanych (Ht) odmian buraka cukrowego w Wielkiej Brytanii i Niemczech, z uwzględnieniem zużytej energii (MJ), potencjalnego wpływu na globalne ocieplenie [ekwiwalent dwutlenku węgla (CO₂) w kg] i uszczuplenia warstwy ozonowej [ekwiwalent chlorofluorocarbonu (CFC 11) w kg] na jednostkę funkcjonalną.



Wykres 2. Wpływ typowego systemu zwalczania chwastów dla konwencjonalnych i genetycznie zmodyfikowanych (Ht) odmian buraka cukrowego w Wielkiej Brytanii i Niemczech, z uwzględnieniem ekotoksyczności [ekwiwalent chromu (Cr) w kg], zakwaszania [ekwiwalent dwutlenku siarki (SO₂) w kg] i nityfikacji [ekwiwalent fosforanów (PO₄) w kg] na jednostkę funkcjonalną.

4 Richard Bennet et.al.



Wykres 3. Wpływ typowego systemu zwalczania chwastów dla konwencjonalnych i genetycznie zmodyfikowanych (Ht) odmian buraka cukrowego w Wielkiej Brytanii i Niemczech, z uwzględnieniem wpływu na letni smog [ekwiwalent tlenu azotu (NO_x) w kg], produkcji cząstek toksycznych [ekwiwalent cząstek o rozmiarach 10 μm lub mniejszych (PM10)] oraz kancerogenności [ekwiwalent policyklicznych węglowodorów aromatycznych (PAH) w kg] na jednostkę funkcjonalną.

Dyskusja wyników

Potencjalny wpływ upraw GM na środowisko i ludzkie zdrowie w porównaniu do upraw konwencjonalnych jest kluczowym tematem debaty nad genetycznie modyfikowanymi odmianami. W przypadku odpornych na herbicydy nieselektywne (Ht) odmian buraka cukrowego wyniki analizy LCA sugerują, że schematy oprysku herbicydami i metody uprawy stosowane dla odmian Ht pozwoliłyby na zmniejszenie emisji substancji szkodliwych tak dla środowiska, jak i dla zdrowia ludzkiego, w porównaniu do konwencjonalnych upraw i typowych schematów oprysku, jakie są stosowane na terenie Wielkiej Brytanii i Niemiec. Wyniki, co oczywiste, zależą od liczby oprysków herbicydami w każdym z przyjętych systemów uprawy. Istotny jest także rodzaj użytych substancji. Analiza wrażliwości rzeczywiście ujawnia, że założenia odnoszące się do liczby zabiegów i ilości

herbicydów użytych do ochrony upraw w największym stopniu określają wypadkowy skutek. Na przykład przy założeniu dodatkowego powszodowego zabiegu glifosatem, w odmianie GM, wynikający z tego poziomu emisji w większym stopniu odbije się na warunkach środowiskowych i zdrowotnych niż upraw konwencjonalnego buraka, w aspekcie globalnego ocieplenia, zakwaszenia, nutryfikacji, smogu i toksycznych cząsteczek. Jednakże nawet przy takim założeniu negatywny wpływ upraw GM będzie mniejszy od konwencjonalnych upraw stosowanych w Niemczech lub systemu UKA w Wielkiej Brytanii, a w sensie zapotrzebowania na energię, niszczenia powłoki ozonowej, ekotoksyczności i słabszej kancerogenności, nawet mniejszy od systemu UKB.

Należy zaznaczyć, że zaprezentowana analiza nie obejmuje możliwego ryzyka i efektów związanych z transferem genów w obrębie środowiska naturalnego.

Metoda LCA nie jest wolna od ograniczeń. Po pierwsze: jasnym jest, że skupia się ona na skutkach w środowisku i aspekcie związanym ze zdrowiem ludzi, natomiast nie dotyczy aspektów ekonomicznych, społecznych i innych. Po drugie: LCA oparta jest o system założeń (dotyczących na przykład rodzaju schematów oprysków) i „doboru wartości” (na przykład kategorii skutku). Ważne jest, aby system założeń był transparentny, z jasnym umotywowaniem takiego, a nie innego doboru. W niniejszej pracy zadaliśmy sobie trud, aby właśnie tak postępować. Wyniki dla kategorii skutków przedstawiane w niniejszej pracy są reprezentatywne dla wyników otrzymywanych dla szerokiej gamy kluczowych kategorii środowiskowych i ważnych dla ludzkiego zdrowia, uznanych za część LCA. Po trzecie: tak jak to jest w przypadku każdej analizy, mamy i tutaj do czynienia z ograniczeniem w sferze danych. Guinee (2002) zwraca uwagę, że w dla każdej analizy LCA „dane są w praktyce przestarzałe lub niepewnej jakości”. W analizie LCA opublikowanej w niniejszym opracowaniu, niektóre z danych były względnie stare (na przykład dane o produkcji składników herbicydów) jednak możliwe do porównania (na przykład nowe dane dotyczące produkcji glifosatu były dostępne, jednak nie powołano się na nie, ponieważ prowadziłyby to przechylenia szali analizy LCA na korzyść upraw opartych o zastosowania glifosatu). Niektóre dane były o „nieznanej jakości” ,jednak wykorzystano je w innych analizach LCA i należały do najlepszych dostępnych w momencie kompletowania analizy.

Mamy nadzieję, że wstępna analiza LCA opisana w niniejszej pracy, chociaż związana tylko z jednym przypadkiem badawczym dla upraw GM w dwóch europejskich krajach, pobudzi zainteresowanie tego rodzaju analizą, sprawiając, że obok innych metod przyczyni się ona do lepszego szacowania potencjalnych skutków dla środowiska oraz zdrowie ludzi upraw GM, przyczyniając się do współczesnej debaty nad uprawami genetycznie zmodyfikowanymi. Porównawcze wpływy środowiskowe i na zdrowie ludzi związane z uprawami genetycznie zmodyfikowanymi muszą być oszacowane w oparciu o analizę poszczególnych przypadków. Należy uwzględnić znaczenie zwiększającej się skali upraw GM na całym świecie na środowisko i zdrowie człowieka.

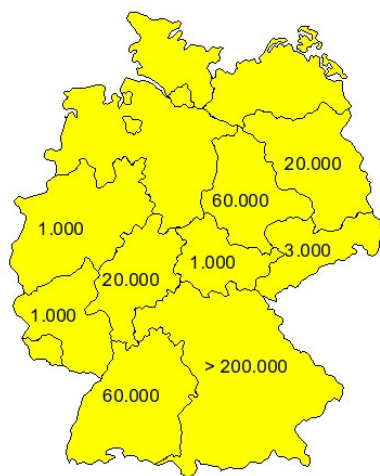
4. Kukurydza Bt w Niemczech. Doświadczenia z uprawą w latach 1998 do 2002. „Mais” 02.2003

Dr Heinz Degenhardt, Friedbert Horstmann, dr Norbert Mülleder (1)

Omacnica prosowianka (*Ostrinia nubilalis*) jest szkodnikiem powodującym miliardowe straty w skali ogólnoświatowej. Także w Europie odpowiada on za ogromne straty plonów i to zarówno jakościowe, jak i ilościowe. Genetycznie zmodyfikowane odmiany kukurydzy tzw. Bt, pozwalają na kontrolowanie populacji omacnicy prosowianki na europejskich polach w sposób bezpieczny. Mimo że w Niemczech zasiewy genetycznie zmodyfikowanych upraw kukurydzy są aktualnie możliwe tylko na małą skalę, autorzy podjęli się przedstawić efektywność technologii Bt, na podstawie wieloletnich badań porównawczych z innymi metodami zwalczania tego podstawowego szkodnika kukurydzy.

Zasięg omacnicy prosowianki w Europie powiększa się nieustannie. Początkowo spotykana jedynie na południe od linii rzeki Men i w pewnych sprzyjających lokalizacjach we Wschodnich Niemczech (na przykład w rejonie Oderbruch), obecnie zasiedla coraz większe obszary, a ostatnio zaobserwowano jej obecność w rejonach Północnej Nadrenii Westfalii, Turyngii, Saksonii, Saksonii Anhalt i Brandenburgii. Aktualnie szkodnik ten występuje na areale 300 tys. hektarów kukurydzy (ryc. 1).

Ryc. 1. Występowanie omacnicy prosowianki na terenie Niemiec. Szacunkowy areal (w ha) występowania dla każdego z państw federalnych.



Larwy omacnicy prosowianki mogą drążyć tunele w łodygach kukurydzy od kolby po korzeń, uszkadzając tkanki przewodzące. Powoduje to gorsze wypełnianie kolb ziarnem i rozwój chorób grzybowych. W najgorszych przypadkach może to prowadzić do wylegania łanu na masową skalę.

Finansowe straty z powodu żerowania omacnicy prosowianki różnią się w poszczególnych regionach i są zmienne z roku na rok. Biorąc pod uwagę areal 100 tys. hektarów i przyjmując 5% straty plonu, co odpowiada 40 tys. ton ziarna kukurydzy, straty ekonomiczne należy ocenić w wysokości 4,4 mln euro. 20% utrata plonu to strata w wysokości 17,6 mln euro. Kukurydza uprawiana na kiszonkę jest uszkadzana w podobnym stopniu, ale straty są trudniej policzalne.

W każdym przypadku (uprawa na ziarno czy kiszonkę), obecność omacnicy prosowianki odbija się na plonie upraw kukurydzy, obniżając ich wartość pastewną. Dodatkowo, w wyniku żerowania larw omacnicy na kukurydzy rozwijają się grzyby pleśniowe (gł. fuzariozy) wydzielające toksyczne i rakotwórcze związki – mykotoksyny. Zatem skuteczne zwalczanie szkodnika przynosi dodatkowe korzyści w postaci ograniczenia skażenia kukurydzy pleśnią.

Komercyjna uprawa kukurydzy Bt

Od czasu wprowadzenia kukurydzy Bt na rynek, areal kukurydzy Bt co roku dynamicznie przyrastał, osiągając 20 milionów hektarów w 2002 roku. Areal zasiewów w Niemczech jest stosunkowo skromny. W latach od 1998 do 2002, co roku uprawiano kilkaset hektarów, przeznaczając plon na paszę. W tym okresie autorzy podjęli badania porównawcze na dużych poletkach na terenie Badenii Wirtembergii (Dolina Renu) i Brandenburgii (region Oderbruch), w ramach wspólnego projektu pomiędzy przedsiębiorstwami Syngenta Seeds, Pioneer Hi-Bred Northern Europe GmbH i Monsanto Agrar Deutschland GmbH oraz przy częściowej współpracy państwowych służb rolnych. Na poletkach wysiewano odmiany kukurydzy Bt i ich niezmodyfikowane odpowiedniki (odmiany wyjściowe). W identycznych warunkach środowiskowych porównywano 3 metody zwalczania omacnicy stosowane w Europie: metodę chemiczną (oprysk insektycydem), metodę biologiczną (użycie naturalnego wroga omacnicy: *Trichogramma*) oraz ochronę kukurydzy przy pomocy odmian Bt. Odmiany kukurydzy Bt wykorzystane w badaniach zostały dopuszczone do uprawy w krajach Unii Europejskiej. Komercyjna uprawa w Niemczech była prowadzona z odmianami aktualnie przechodzącymi oficjalne testy lub takimi, które już zostały dopuszczone do uprawy w innych krajach UE.

Warunki badania

Badania prowadzono na dużych poletkach o powierzchni przynajmniej 0,5 hektara, w kombinacjach:

- kukurydza Bt /bez oprysku /,
- kukurydza konwencjonalna – jeden oprysk insektycydem,
- kukurydza konwencjonalna – dwukrotne użycie dostępnej w handlu *Trichogramma*.

Próbki zbierane były przez państwowe służby ochrony roślin.

Ocenę porażenia szkodnikiem dla każdej kombinacji wykonywano poprzez nacinanie reprezentatywnej liczby łodyg kukurydzy (od 50 do 100 na doświadczenie).

Oceniano również wielkość plonu i wilgotność, a następnie wynik ekonomiczny dla każdej kombinacji.

Zabiegi ochronne

A) Konwencjonalne zabiegi owadobójcze.

Pojaw omacnicy w uprawie kukurydzy zależy silnie od warunków pogodowych – co roku może przebiegać inaczej. Powoduje to trudność z ustaleniem optymalnego terminu oprysku. Ponadto większość insektycydów jest dopuszczona do jednokrotnego zastosowania w czasie wegetacji, ich działanie owadobójcze jest krótkie, a jednocześnie zabójcze dla wielu owadów pożytecznych. Zastosowanie zabiegu chemicznego w łanie rosnącej kukurydzy jest nader trudne. W związku z wygaśnięciem rejestracji insektycydów dostępnych do zwalczania omacnicy prosowianki, prawdopodobnie rolnicy zostaną pozbawieni tej metody ochrony po roku 2004.

B) Biologicznie zwalczanie z wykorzystaniem *Trichogramma*.

System dobrze wypraktykowany, jednak kosztowny, trudny w stosowaniu i wysoce wrażliwy na warunki pogodowe.

C) Kukurydza Bt (*Bacillus thuringiensis*).

Odporność na szkodniki powstaje dzięki produkcji przez kukurydzę białka Bt, które po raz pierwszy udało się wyizolować z bakterii *Bacillus thuringiensis*. Białko Bt odkryto w 1901 i opryski Bt stosowane były w rolnictwie, także organicznym, od 1927 roku. Wprowadzenie genu warunkującego powstanie białka Bt w kukurydzy zapewnia całkowitą ochronę przez cały okres wegetacji. Efekt pełnej ochrony jest całkowicie niezależny od warunków pogodowych. W krajach Unii Europejskiej dopuszczono do obrotu kukurydzę z genem Bt176 (1997) oraz MON810 (1998).

Poziom zagrożenia omacnicą i efektywność zabiegów ochronnych

W próbie kontrolnej w dolinie Renu, omacnica prosowianka występowała w poszczególnych latach w nasileniu od 0,11 do 0,42 larwy na jedną roślinę kukurydzy. W rejonie Oderbruch występowanie szkodnika było znacznie wyższe. Tam zarejestrowano od 0,68 do aż 1,18 (!) larwy prosowianki na roślinę (wykres 1).

Zabiegi owadobójcze spowodowały znaczące zmniejszenie występowania szkodnika (wykres 2). Z uwagi na dużą liczebność szkodnika w rejonie Oderbruch, pomimo zastosowanych insektycydów, uzyskano spadek liczebności i porażenia kukurydzy zaledwie do poziomu spotykanego na kontroli w dolinie Renu. Przy zastosowaniu metody biologicznej (pasożytniczej muchówki *Trichogramma*), w rejonie Oderbruch, średnio 70% kukurydzy było nadal porażone przez szkodnika. Praktycznie na

żadnym z poletek kukurydzy Bt nie znaleziono larw omacnicy prosowianki, jedynymi nielicznymi wyjątkami były mieszanek zawierające niewielką domieszkę ziaren pozbawioną genu odporności. Biologiczna skuteczność zabiegów nie podlega wątpliwości, co jasno wynika z wykresu 2, gdzie 0% efektywności odpowiada poziomowi niechronionych poletek kontrolnych.

Środki ochrony roślin zapewniały 80% zmniejszenie populacji szkodnika na tych samych kombinacjach w obu regionach. Skuteczność metody biologicznej została oceniona na 59% (dolina Renu) i 29% (Oderbruch). Dla porównania, kukurydza Bt całkowicie zapobiegła porażeniu przez szkodnika.

Wysokość plonów

Wysokość plonów uzyskana przez poszczególne odmiany kukurydzy w danych kombinacjach, jak należało się tego spodziewać, zależała od zmiennych warunków uprawy w danym regionie, jednak z jednoznacznym trendem: wyższa skuteczność przyjętej metody ochrony odpowiadała wyższemu plonowi ziarna. Dla obu badanych regionów różnica pomiędzy niechronionymi poletkami kontrolnymi a poletkami z kukurydzą Bt odpowiadała szacunkowo 1 tonie ziarna kukurydzy (tabela 1). W dolinie Renu kukurydza była mniej wilgotna w chwili zbioru w porównaniu do regionu Oderbruch. Wbrew wcześniejszym przewidywaniom, kukurydza Bt – całkowicie odporna na szkodnika i stąd przez czas dłuższy zdolna do fizjologicznej aktywności – nie była wilgotniejsza w chwili żniw od kukurydzy z poletek kontrolnych. Maksymalna różnica średniej wilgotności wyniosła około 1%. Względne zwiększenie plonów (100% przyjęto dla niechronionych grup kontrolnych) wyniosło 2 do 3% dla grup chronionych *Trichogramma* (wykres 3). Zastosowanie insektycydów przyniosło zwiększenie plonów w porównaniu do kontroli o 7% dla doliny Renu i 10% dla regionu Oderbruch. Ze względu na doskonałą odporność na omacnicę prosowiankę kukurydzy Bt, największy przyrost plonów autorzy stwierdzili dla kombinacji z odmianami Bt (wzrost o 14% i 15% stosownie do regionu).

Kalkulacja opłacalności

Zdobyta wiedza pozwala na przeprowadzenie szacunków ekonomicznych poszczególnych rodzajów zabiegów ochrony przeciw szkodnikom, przy następujących założeniach:

- rolnicy otrzymują mniej więcej €110 za tonę ziarna kukurydzy (suchy produkt),
- koszt zastosowania *Trichogrammy* na hektar wynosi około €60. Koszt dwukrotnego ręcznego zastosowania skalkulowano na €15 / ha,
- koszt insektycydu i jego jednokrotnego zastosowania wynosi około €40 na hektar,
- cena materiału siewnego kukurydzy Bt jest około €35 na hektar wyższa od odmiany konwencjonalnej.

Nie uwzględniając regionalnych subsydiów (na przykład dla *Trichogrammy* w Badenii-Wirtembergii) i biorąc pod uwagę, że koszty związane z suszeniem są obojętne dla kalkulacji, (jak pokazano w tabeli 1), można porównać i ocenić różne sposoby ochrony przeciw szkodnikom (wykres 4).

Z uwagi na ograniczoną skuteczność *Trichogrammy* w zwalczaniu omacnicy prosowianki i stosunkowo wysokie koszty zabiegów, zastosowanie tej metody wiąże się ze stratą finansową w porównaniu z obszarami niechronionymi w wysokości €52 na hektar w dolinie Renu i €57 na hektar dla regionu Oderbruch.

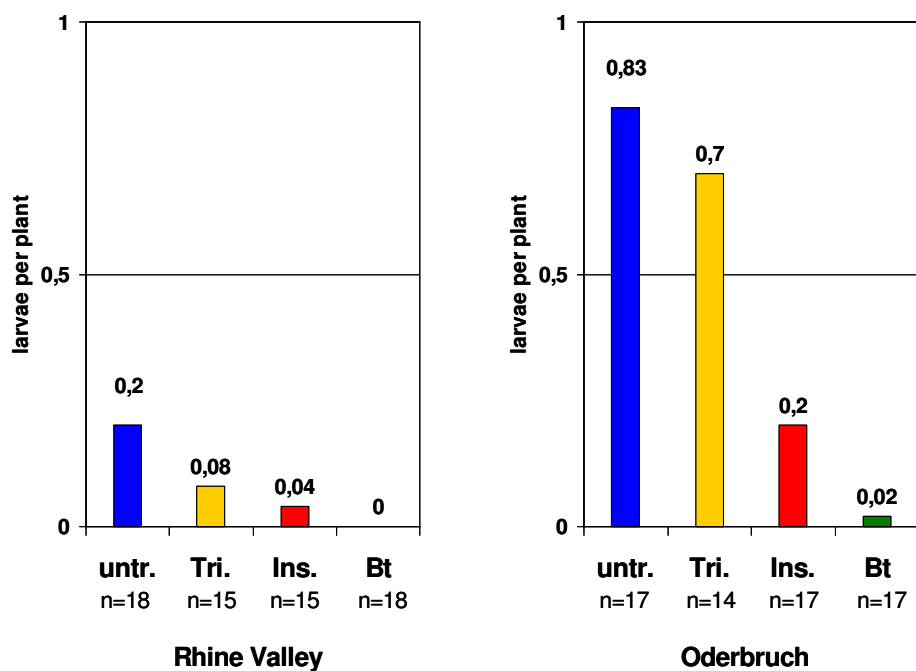
Zastosowanie środków owadobójczych zwiększyło zyskowność zbiorów o €18 na hektar w dolinie Renu i €55 dla regionu Oderbruch.

Dzięki umiarkowanym kosztom produkcji i wysokiej skuteczności ochrony biologicznej przeciwko omacnicy prosowiance, średni zysk z zastosowania kukurydzy Bt dla rolnika był wyższy o €84 i €93 na hektar, odpowiednio dla regionów.

Dodatkową zaletą kukurydzy Bt jest to, że oddziałuje wyłącznie na szkodnika docelowego, nie wpływając na inne pożyteczne stowonogi. Kukurydza Bt pozwala na skuteczną ochronę przeciw omacnicy prosowiance w ciągu całego okresu uprawy, bez względu na warunki pogodowe. Jest łatwa w zastosowaniu; zbędne stają się czasochłonne czynności monitorowania stopnia zasiedlenia i oprysk upraw. Kukurydza Bt, dzięki odporności na działanie szkodnika, może w pełni wykorzystać potencjał plonotwórczy na wybranych stanowiskach.

Wykres 1. Średnia liczebność larw omacnicy prosowianki na 1 roślinę kukurydzy, na 4 kombinacjach doświadczalnych w dolinie Renu (1982-2002) i w regionie Oderbruch (2000-2002). (n – liczba doświadczeń).

untr. – kontrola, **Tri** – metoda biologiczna, **Ins**- metoda chemiczna, **Bt** – kukurydza Bt.



Wykres 2. Średnia skuteczność zabiegów ochronnych przeciwko omacnicy prosowiance (0% skuteczność przyjęto dla kontroli).

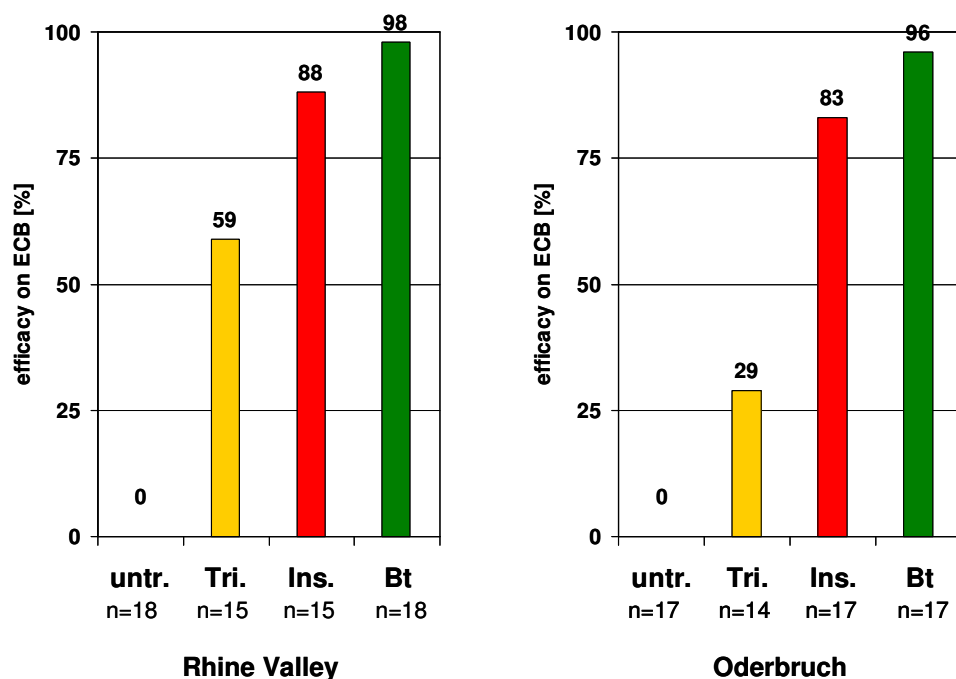
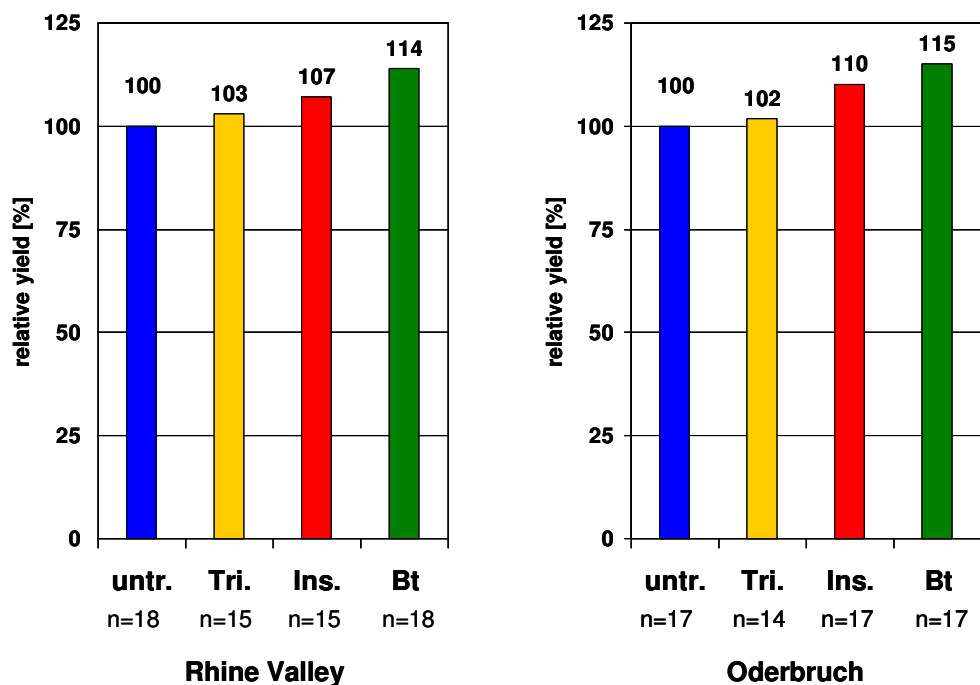


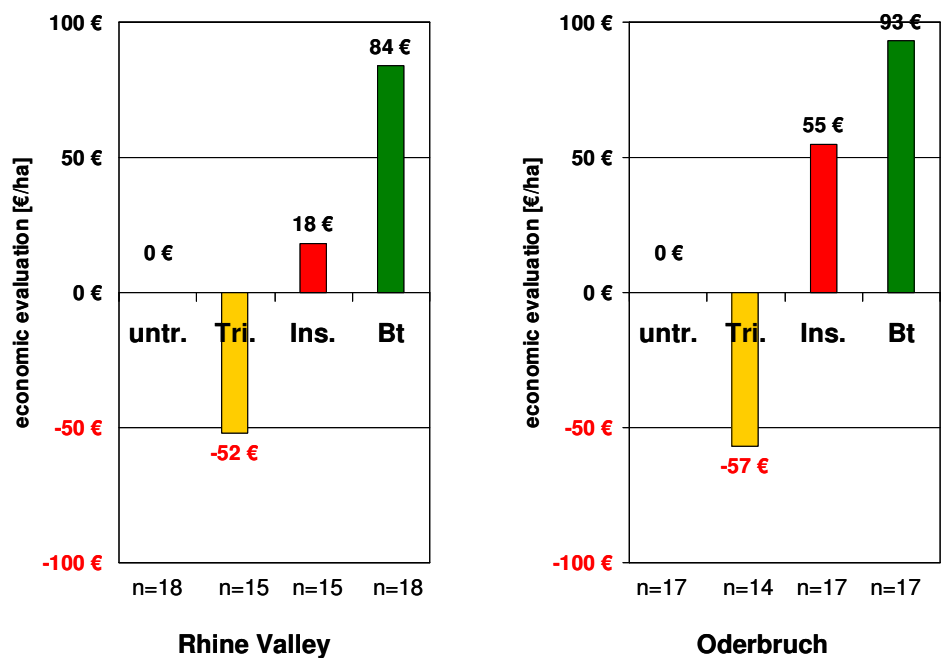
Tabela 1. Średni plon ziarna kukurydzy (15% wilgotność) dla poszczególnych zabiegów ochronnych w dolinie Renu (1998 – 2002 r.) i w regionie Oderbruch (2000-2002 r.)

	Dolina Renu		Region Oderbruch	
	wilgotność ziarna (%)	plon (t/ha)	wilgotność ziarna (%)	plon (t/ha)
Kontrola	27,1	8,63	32,3	8,88
<i>Trichogramma</i>	25,5	9,01	32,5	9,04
Insektycyd	25,7	9,34	32,9	9,75
Kukurydza Bt	28,2	9,71	33,4	10,04

Wykres 3. Względna wydajność ziarna (niechronione grupy kontrolne przyjęto za 100%) w dolinie Renu (1998-2002 r.) i regionie Oderbruch (2000-2002 r.).



Wykres 4. Szacunek ekonomiczny kosztów zwalczania omacnicy prosowianki (w € na hektar) w dolinie Renu (1998-2002 r.) i regionie Oderbruch (2000-2002 r.).



(1) Dr Heinz Degenhart jest menedżerem produktu w niemieckim oddziale Pioneer Hi-Bred Europe GmbH; Friedrich Hortsmann jest menedżerem produktu w niemieckim oddziale NK-Maize, Syngenta Seeds GmbH; dr.Muellereder kieruje projektem biotechnologii kukurydzy w Monsanto Agrar Germany GmbH.

5. Efekty uprawy kukurydzy Bt w gospodarstwach rolnych w Hiszpanii (16 września 2002 r.)

Graham Brookes¹

Wprowadzenie

Prowadzenie komercyjnych upraw genetycznie zmodyfikowanych roślin w Unii Europejskiej jest obecnie bardzo ograniczone. Zahamowanie rozpowszechnienia upraw roślin ulepszonych dzięki inżynierii genetycznej, w dużej mierze wynika z moratorium wprowadzonego przez Radę Ministrów UE, w 1999 r., a dotyczącego zezwoleń na komercjalizację nowych gatunków roślin GM (genetycznie zmodyfikowanych). W 1998 r. (przed wprowadzeniem moratorium), wydano zgodę na uprawę jednej odmiany kukurydzy odpornej na owady (odmiana Compa CB z Syngenta Seeds), która jednakże komercyjnie dostępna jest jedynie w Hiszpanii.

W artykule tym przeanalizowany został wpływ wykorzystania kukurydzy Bt odpornej na owady szkodliwe z poziomu gospodarstw w Hiszpanii oraz porównano dane z Hiszpanii z analogicznymi danymi dotyczącymi tej samej technologii w Stanach Zjednoczonych (państwem, w którym do chwili obecnej uprawiany jest największy obszar kukurydzy odpornej na szkodniki).

W badaniach, których podjęto się w ramach opracowania tego artykułu, wykorzystano połączone badania/analizy oraz doświadczenia polowe przeprowadzone w regionie Huesca w Hiszpanii (w rejonie, gdzie uprawiana jest znacząca ilość kukurydzy Bt). Badania polowe wykonano w lipcu 2002 r.

¹ Autor dziękuje za finansowanie badań przez Agricultural Biotechnology in Europe (ABE). Równocześnie treść zawarta w tym artykule jest obiektywna i bezstronna, a na treść niniejszego artykułu nie miał wpływu żaden z członków ABE – stanowiło to warunek podjęcia badań prac autora.

Produkcja kukurydzy w Hiszpanii, problemy z omacnicą prosowianką i konwencjonalne sposoby jej zwalczania

W sezonach 2001/2002 w Hiszpanii uprawiano 485 000 hektarów kukurydzy na ziarno (11% całkowitej powierzchni obszarów w UE). Przeszło 90% z tego arealu jest nawadniana. Kukurydza Bt była uprawiana na powierzchni 20 000-25 000 hektarów (od roku 1998 nie następował dalszy wzrost tego arealu z powodu dobrowolnego zobowiązania producenta nasion: firmy Syngenta). Głównymi obszarami, gdzie uprawiana jest kukurydza Bt w Hiszpanii są prowincje Huesca, Saragosa i Lleida (regiony Aragonii i Katalonii).

Wszystkie gł. regiony gdzie uprawia się kukurydzę Bt należą do obszarów dużej lub średniej presji omacnicy. Ogólnie można stwierdzić, że około jednej czwartej kukurydzy w Hiszpanii jest uprawiana na obszarach silnie zaatakowanych przez omacnicę prosowianką, a dalsze 40% na obszarach średniej presji omacnicy.

W przypadku około 6-20% upraw kukurydzy w Hiszpanii stosuje się insektycydy w celu zwalczania omacnicy prosowianki. Stosuje się je zarówno poprzez dostarczenie do roślin wraz z wodą nawadniającą pola (stosowane jedynie w przypadku chloropirifosu), jak i poprzez opryskiwanie pól z samolotu. Przeciętne koszty takiego zabiegu wynoszą €18-24 na ha w przypadku nawadniania oraz €36-42 na ha przy opryskiwaniu z powietrza.

Tabela 1. Zużycie insektycydów stosowanych do zwalczania omacnicy prosowianki w Hiszpanii w latach 1999 – 2001.

	Średnia roczna 1999-2001: obszar potraktowany (ha)	Średnia roczna 1999-2001: ilość substancji aktywnej (kg)
Chloropirifos	49 000-86 000	35 000-56 400
Syntetyczne pyretroidy	10 000 -12 000	120-140
Ogólnie	59 000-98 000	35 120-56 540

Źródło: AMIS Global and Produce Studies Research, UK

35-54% kukurydzy uprawianej na obszarach o wysokim i średnim poziomie występowania omacnicy prosowianki oraz 25% całego arealu kukurydzy na obszarach o niskim poziomie występowania przez omacnicę prosowianką (przy czym na tych terenach nie wykorzystuje się nasion Bt), nie jest aktywnie chroniona przed tym szkodnikiem. Jest tak przede wszystkim ze względu na zróżnicowany przebieg pojawu omacnicy z roku na rok, zależnie od lokalizacji. Istnieje konieczność zastosowania oprysku dokładnie w określonym czasie, tak aby był on skuteczny (2-3 dni po wylęgnięciu się larw), a termin jest trudny do ustalenia, bowiem wyląg jaj następuje przez okres około 3 tygodni. Natomiast działanie insektycydu trwa zaledwie kilka dni. Równocześnie działanie insektycydu na omacnicę prosowianką, która już wwierciała się w łodygę, jest bardzo ograniczone. Czynniki te zdecydowanie ograniczają skuteczność zabiegów oraz są przyczyną wysokich kosztów zwalczania omacnicy.

Szacuje się, że omacnica prosowianka powoduje przeciętnie 15% utraty plonów w rejonach silnie zaatakowanych przez tego szkodnika, w przypadku gdy nie stosuje się żadnych środków owadobójczych. Natomiast w przypadku regionów, gdzie stosuje się insektycydy, ale pod warunkiem stosowania ich w optymalnych terminach, straty wynoszą około 10%. **Średnio dla całej Hiszpanii, straty plonów są prawdopodobnie przeciętnie mniejsze, w granicach 5-7%.**

Wpływ wykorzystania kukurydzy Bt

Kosztu nasion kukurydzy Bt w porównaniu do wyjściowej odmiany nieulepszonej, jest wyższy o €18-31 na ha, aczkolwiek dla większości użytkowników, zaopatrywanych przez spółdzielnie, dolny zakres wartości tego przedziału jest właściwszy.

Ze względu na to, że straty, które może spowodować omacnica prosowianka różnią się w danym roku i dla danej lokalizacji, także z tytułu zastosowania środków owadobójczych i ich skuteczności, pozytywny wpływ na koszty uprawy kukurydzy Bt waha się. W regionie Huesca, w którym regularnie

występują wysokie straty spowodowane żerowaniem omacnicy, korzyści z zastosowania kukurydzy Bt mogą sięgnąć przeciętnie 10% plonów (tj. 1 t/ha przy plonie ok. 10 t/ha), w przypadku obszarów, gdzie wcześniej były stosowane środki owadobójcze i 15% tam, gdzie nie stosowano insektycydów. Inne badania, z roku 1997, wskazują na poprawę plonów przeciętnie o 6,3% (w zakresie od 2,9 do 12,9%). Natomiast w przypadku obszarów charakteryzujących się niskim i średnim poziomem występowania omacnicy, średnio przez ostatnie cztery lata zwyżka plonu wynosiła ok. 1%.

Zastosowanie kukurydzy Bt oznacza wzrost kosztów nasion o około €18,5 na 1 ha i redukcję kosztów w trakcie uprawy od €24 do €102 /ha, poprzez oszczędności na zabiegach owadobójczych, a także w niektórych przypadkach brak konieczności opryskiwania szkodliwych pajęczaków (ang. spider mites). Część rolników zaobserwowała, że opryskiwanie insektycydami przeznaczonymi do zwalczania omacnicy prosowianki powoduje zniszczenie niektórych pożytecznych owadów, które ograniczają populacje pajęczaków.

Wpływ zastosowania kukurydzy Bt na rentowność gospodarstw w regionie Huesca w Hiszpanii jest następujący:

– w rejonie Sarinena (obszar o wysokich rocznych zniszczeniach spowodowanych przez omacnicę prosowiankę), pozytywny bilans wynikający z zastosowania kukurydzy Bt zawarty jest w przedziale od €67 do €329,5 / ha (przeciętnie €146,5 / ha),

– w rejonie Barbastro (obszar o niskim i średnim występowaniu omacnicy prosowianki), zyski netto z zastosowania kukurydzy Bt, pokrywały dodatkowe koszty,

W sensie pokrycia kosztów inwestycji oszczędności wynikające z technologii Bt pokrywają zawiązką wyższy koszt nasion w rejonie Sarinena. W przypadku rolników, którzy zazwyczaj nie zwalczają omacnicy prosowianki poprzez opryski, zwrot inwestycji z tytułu zakupu nasion Bt, występuje już od 0,15 t/ha (zwyżka plonu o 1,5% w odniesieniu do przeciętnych plonów uzyskanych w 2001 r. w Hiszpanii i cenie €123/t ziarna kukurydzy).

Pozostałe kwestie

Dla niektórych rolników ważnym czynnikiem przemawiającym za stosowaniem kukurydzy Bt jest prewencyjne zabezpieczenie się i gwarancja ochrony plonów – w przypadku dużego pojawu omacnicy prosowianki. Jest dla nich znacznym udogodnieniem i oszczędnością czasu, brak konieczności monitorowania pól i/lub rezygnacja ze stosowania insektycydów.

Kolejną zaletą jest polepszenie jakości ziarna – plony kukurydzy Bt charakteryzują się niższym poziomem mykotoksyn w porównaniu z kukurydzą konwencjonalną.

Ważne są też korzyści dotyczące ludzkiego zdrowia (rolników i ich pracowników) – ograniczenie zagrożenia w wyniku wypadków i ekspozycji na działanie insektycydów.

Występują też korzyści dla środowiska naturalnego z tytułu zaprzestania dalszego stosowania insektycydów (por. dalej).

Brak jest barier i ograniczeń w stosowaniu technologii – tę samą technologię mogą stosować zarówno rolnicy posiadający duże gospodarstwa, jak i małe (przeciętny rozmiar gospodarstwa, w którym rolnik używa Bt wynosi 50 hektarów lub poniżej).

Cała kukurydza Bt jest sprzedawana typowymi kanałami rynkowymi do użytkowników w sektorze paszowym i nie jest wymagana segregacja kukurydzy GM od kukurydzy nie-GM.

Możliwy udział kukurydzy Bt w rolnictwie Hiszpanii

Przyjmując, że technologia Bt będzie dostępna komercyjnie we wszystkich głównych odmianach kukurydzy, bez dodatkowych restrykcji i ograniczeń ilości dostępnych nasion, szacuje się, że około 36% (173 000 hektary) całkowitej ilości kukurydzy uprawianej w Hiszpanii stanowiłaby kukurydza Bt.

Zakładając, że kukurydza Bt uzyska od 5 do 7% zwyżki plonu ponad odmianami konwencjonalnymi, możliwy wpływ na produkcję kukurydzy w Hiszpanii na tym poziomie upraw, będzie oznaczał dodatkową produkcję od 88 000 do 123 000 ton (1,8-2,5% zwyżki ogólnego plonu). **Wartość ta wyrażona kwotowo (na poziomie gospodarstw) jest równoznaczna z dodatkowymi 10,82 do 15,22 milionami euro dochodu dla rolników.**

Wpływ na środowisko

Bazując na danych od rolników z regionu Huesca, jeżeli kukurydza Bt zostałaby szeroko zaakceptowana i przyjęta, zgodnie z założeniami zawartymi powyżej, wówczas prawdopodobnie wyeliminowano by całkowicie potrzebę stosowania insektycydów do zwalczania omacnicy prosowianki w uprawach kukurydzy w Hiszpanii. **Oznaczałoby to ograniczenie oprysków na powierzchni**

59 000-98 000 hektarów oraz redukcję wykorzystania aktywnych składników o 35 000-54 000 kg rocznie. Odpowiednio do całkowitego wykorzystania insektycydów w odniesieniu do kukurydzy uprawianej w Hiszpanii (uwzględniając insektycydy doglebowe), oznacza to ograniczenie całkowitego obszaru opryskiwanego o 27-45% i redukcję masy stosowania substancji aktywnych insektycydów o 26-35%.

Zważywszy, iż te same insektycydy mogą być wykorzystywane czasami do zwalczania także innych szkodników kukurydzy (takich jak ang. heliothis oraz ang. cut worms rolnica gwoździówka), oszczędność insektycydów może być mniejsza, prawdopodobnie do 2/3 (mianowicie, ewentualne zmniejszenie obszaru opryskiwanego do 15 000-32 000 ha i substancji aktywnych do 12 000-19 000 kg).

6. Biotechnologia roślin: obecny i potencjalny wpływ na poprawę ochrony roślin uprawnych w Stanach Zjednoczonych. Analiza 40 przypadków (Czerwiec 2002 r.)

Leonard P. Gianessi, Cressida S. Silvers, Sujatha Sankula, Janet E. Carpenter.

National Center for Food and Agricultural Policy
1616 P Street, NW Washington, DC 20036
Tel: (202) 328-5048
Fax: (202) 328-5133
E-mail: ncfap@ncfap.org
Website: www.ncfap.org

Rodzaje studium przypadku

Raport ograniczony jest do wybranych stanów USA oraz do roślin transgenicznych ulepszonych pod kątem cech mających znaczenie dla ochrony roślin. W analizie omawia się 40 przykładów, w przypadku których dokonano skutecznej transformacji oraz są dostępne przynajmniej wstępne wyniki badań dotyczących skuteczności w walce z agrofagami (tj. szkodnikami, chorobami i chwastami). W konsekwencji liczne projekty dotyczące roślin transgenicznych zostały wyłączone z niniejszego raportu, ze względu na to, że badania nie były wystarczająco zaawansowane w momencie dokonywania selekcji przypadków omówionych w tej analizie. Na potrzeby raportu przyjęto poziom stosowania upraw transgenicznych na poziomie arealu w 2001 r.

Przedstawione wnioski, są sformułowane przez niezależnych zewnętrznych ekspertów, znających się na problemach dotyczących konkretnych agrofagów oraz na badaniach i wprowadzaniu upraw transgenicznych.

Raport ten dotyczy około 40 indywidualnych analiz omówionych jako studium przypadku, dla których określono ilościowo potencjalny oraz faktycznie realizowany wpływ wprowadzonych upraw biotechnologicznych w warunkach Stanów Zjednoczonych.

40 przypadków zostało sklasyfikowanych w sześciu kategoriach. Są to rośliny transgeniczne:

- odporne na owady (IR) – 11,
- odporne na herbicydy (HT) – 14,

oraz cztery rodzaje transgenicznych roślin uprawnych odpornych na patogenny:

- odporne na nicienie (NR) – 1,
- odporne na bakterie (BR) – 3;
- odporne na wirusy (VR) – 9,
- odporne na grzyby (FR) – 3,

Jeden przypadek obejmował rośliny odporne zarówno na wirusy, jak i na owady.

A. Odporność na owady (ang. Insect Resistance (IR)).

W roślinach odpornych na owady uzyskiwanych przy zastosowaniu metod biotechnologicznych następuje ekspresja cech otrzymanych ze szczepu bakterii glebowych *Bacillus thuringiensis* (Bt). Wraz ze sporami Bt zawarte są kryształki białek [1].

Z chwilą, gdy spory są trawione przez owady, zasadowe warunki w jelicie owada rozpuszczają krystaliczne białko, uwalniające protoksyny, które następnie ulegają aktywacji dzięki działaniu specyficznych enzymów w jelicie. Aktywowane toksyny wiążą się do komórek nabłonkowych jelita owada i zakłócają tym samym wewnątrzkomórkową równowagę jonową, poprzez stworzenie por membranowych. Z chwilą, gdy komórki ulegają przerwanemu w nabłonku jelita, tworzy się dziura. W takim przypadku owad może doznać paraliżu jelita bądź całego organizmu, co powoduje zaprzestanie żerowania i w konsekwencji prowadzi do śmierci. Jeżeli paraliż nie nastąpi, owad zginie poprzez systemiczną infekcję po germinacji (rozwinęciu się) spor Bt i zapoczątkowaniu wegetatywnego rozwoju w jego organizmie.

Występuje kilka rodzajów białek Bt, a każde spośród nich wytwarza jedno lub więcej krystalicznych (Cry) białek i protoksyn. Każda toksyna Bt charakteryzuje się specyficzną aktywnością owadobójczą skierowaną przeciwko określonym grupom owadów.

Ta specyficzność oparta jest na charakterystyce toksyny Bt samej w sobie, takiej jak jej struktura chemiczna oraz na sposobie działania na owada (wiązanie się do określonych obszarów w jelicie, poziom pH oraz obecność enzymów trawiennych). Stosuje się następujące odmiany Bt: Bt odm. *kurstaki* i odm. *morrisoni*, o aktywności skierowanej przeciwko larwom luskoskrzydłych (motyli); Bt odm. *israelensis*, specyficznej względem larw komarów oraz ang. blackflies; Bt odm. *aizawai*, o aktywności skierowanej przeciwko larwom ang. wax moth; oraz Bt odm. *tenebrionis*, specyficznej względem larw szkodliwych chrząszczy.[2].

Białka Bt zostały skomercjalizowane i są stosowane jako insektycydy nalistne od przeszło 40 lat. Dominują one na rynku biopesticydów i są szeroko wykorzystywane w Stanach Zjednoczonych, zwłaszcza w przypadku tzw. „produkcji organicznej”. W 1981 r. gen Bt kodujący białko Cry został sklonowany i z sukcesem udało się go poddać transferowi do innego organizmu (bakterii *Escherichia coli*)[3] i następnie uległ w nim ekspresji.

W ciągu 10 lat rośliny pomidora i tytoniu zostały poddane transformacji w celu ekspresji białek Bt Cry [4, 5, 6], a wkrótce wyhodowano kukurydzę Bt oraz ziemniaki Bt [7, 8].

Z chwilą, gdy podatne owady nadgryzą roślinę z uprawy transgenicznej, w której następuje ekspresja białka Bt, owad przestaje żerować i wkrótce potem umiera w wyniku wiązania toksyny Bt do ściany jego jelita.

B. Odporność na herbicydy (ang. Herbicid Tolerance (HT)).

Podstawowym czynnikiem limitującym skuteczną walkę z chwastami występującymi w uprawach, jest brak tanich herbicydów o szerokim spektrum działania, które nie niszczyłyby równocześnie roślin uprawnych. W konsekwencji konieczne jest stosowanie wielu herbicydów pojedynczo i w mieszankach, w celu ochrony upraw przed różnymi chwastami atakującymi uprawy. Ochrona przed chwastami opiera się przede wszystkim na stosowaniu herbicydów przed wschodami rośliny uprawnej (ang. preemergence (PRE)), tak by chwasty w ogóle nie wzeszły oraz na zastosowaniu herbicydów powstychodowych – już po wzejściu rośliny uprawnej (ang. postemergence (POST)). Preferowane jest to pierwsze podejście. Możliwe jest także mieszanie różnych herbicydów. Mechaniczna walka z chwastami oraz odchwaszczanie ręczne są często również konieczne jako dodatkowa forma walki z chwastami, zwłaszcza w przypadku plantacji, na których nie stosuje się herbicydów ze względu na wysoką wartość plonu.

Uprawy transgeniczne, charakteryzujące się odpornością na herbicydy powstychodowe (POST) o szerokim spektrum działania, zapewniają możliwość znacznego uproszczenia ochrony przed chwastami, przy pomocy jednego herbicydu zwalczającego bardzo szerokie spektrum chwastów, przy równoczesnym pełnym bezpieczeństwie dla roślin uprawnych. Potencjalne korzyści ze stosowania tak uproszczonej technologii obejmują: redukcję liczby składników aktywnych herbicydów wykorzystywanych w zwalczaniu chwastów, redukcję liczby oprysków w czasie sezonu, wzrost plonów poprzez lepsze zwalczanie chwastów oraz mniejszą fitotoksyczność herbicydów wobec roślin uprawnych. Uprawy transgeniczne uodporniono na działanie jednego z trzech nieselektywnych herbicydów powstychodowych, opartych na: glifosacie, glufosinacie i bromoksynilu. Dzięki modyfikacjom genetycznym transgeniczne rośliny uprawne, mogą być bezpiecznie opryskiwane tymi herbicydami, przy równoczesnym zniszczeniu wszystkich chwastów. W przypadku roślin, które nie są zmodyfikowane genetycznie, herbicydy te spowodują ich zniszczenie.

Glifosat jest nalistnym, nieselektywnym, herbicydem systemicznym (tzn. krąży w roślinie po wniknięciu do niej). Jest skuteczny zarówno w przypadku chwastów jednorocznych, jak i wieloletnich. Fitotoksyczna aktywność glifosatu wynika z działania inhibującego enzymu syntazy 5-enolopiruwyl-shikimate-3-fosforanu (EPSPS), podstawowego enzymu biorącego udział w syntezie aromatycznych aminokwasów. Aminokwasy te stanowią podstawę kilku najistotniejszych procesów, takich jak tworzenie ścian komórkowych, produkcja hormonów czy też transdukcję energii. Inhibicja EPSPS poprzez zastosowanie glifosatu wywołuje w roślinie brak równowagi chemicznej, prowadząc do zamierania rośliny.

Istnieje wiele organizmów charakteryzujących się naturalną odpornością względem glifosatu, które mogą służyć jako źródło dla transgenicznych cech odporności na glifosat. Gen dla jednej takiej cechy, formy EPSPS, która nie jest podatna na inhibicję glifosatu, został wyizolowany z bakterii glebowych *Agrobacterium sp.* szczep CP4 i był wykorzystany do tworzenia upraw odpornych na glifosat.

Glufosinat jest innym herbicydem o szerokim spektrum działania, który inhibuje syntetazę glutaminianu, enzymu występującego w roślinach, a odpowiedzialnego za przetwarzanie zgromadzonego amoniaku do form azotu, które roślina może dalej wykorzystywać. Zakłócanie aktywności syntetazy glutaminianu prowadzi do toksycznego gromadzenia komórkowego amoniaku. Inhibicja syntetazy glutaminianu pośrednio hamuje wiązanie węgla, przy kaskadowym rozprzestrzenianiu się skutków niszczących, które w szybkim tempie powodują zamieranie rośliny. Glufosinat jest zmodyfikowaną, syntetyczną wersją występującego w naturze związku – bialafosu (ang. bialaphos), który jest wytwarzany przez bakterie glebowe *Streptomyces*. Bakterie *Streptomyces*, po to by uniknąć samozatrucia przez wytwarzany przez siebie związek bialafos, wytwarzają równocześnie enzym, który powoduje detoksykację bialafosu. Enzym detoksyfikujący: acetylotransferaza fosfotricyny (PAT), detoksyfikuje glufosinat. W przypadku *Streptomyces hygroscopicus*, enzym PAT jest kodowany przez gen: bar. Gen bar został wyizolowany i jest wykorzystywany przy tworzeniu roślin uprawnych odpornych na glufosinat [10].

Bromoksynil, związek benzonitrylowy, charakteryzujący się aktywnością chwastobójczą w stosunku do chwastów dwuliściennych, wiąże się z białkiem na membranie tylakoidalnej chloroplastów roślinnych, gdzie ma miejsce transfer energii, który prowadzi do wiązania węgla w procesie fotosyntezy. Poprzez wiązanie do membrany tylakoidalnej białka, bromoksynil zakłóca jego funkcjonowanie i uniemożliwia kontynuację procesu fotosyntezy. W glebie, która jest zanieczyszczona bromoksynilem, wykryto że bakterie, *Klebsiella ozaenae*, wykorzystują bromoksynil jako jedyne źródło azotu. Bakterie produkują enzym nitylazę, który w specyficzny sposób rozbija bromoksynil. Gen kodujący enzym nitylazy specyficzny względem bromoksynilu został wyizolowany z *Klebsiella ozaenae* i wykorzystany do wytworzenia odpornej na bromoksynil bawełny [11].

C. Odporność na wirusy (ang. Virus Resistance (VR)).

Największym postępowaniem w hodowanych przy zastosowaniu biotechnologii roślinach odpornych na określone czynniki, jest uzyskanie odporności na wirusy roślinne. Otrzymana odporność na te patogeny, ogólnie bazuje na założeniu, że istnieją określone funkcje biochemiczne związane wyłącznie z patogenami, od których zależy przeżycie patogenu, ale nie gospodarza [12]. Poprzez transformowanie organizmu – rośliny gospodarza z integralnym genem względem jednej z podstawowych i wyłącznych funkcji patogenów, ekspresja tego genu w roślinie gospodarza spowoduje interwencję wobec podstawowego procesu patogenna, poprzez zaburzenie równowagi powiązanych ze sobą związków. Wynikiem jest to, że wirus nie rozprzestrzenia się w roślinie.

Do tej pory najczęściej stosowano dla uzyskania odporności na wirusy geny białek płaszczka wirusów, aczkolwiek wykorzystanie częściowych bądź kompletnych genów replikazy wirusów wzrasta i jest coraz częściej wykorzystywane w tworzeniu nowych odmian roślin odpornych na wirusy [13]. Specyficzny mechanizm charakterystyczny dla białek płaszczka o regulowanej odporności nie jest jeszcze poznany, jednak dokumentacja eksperymentalna wskazuje, na to, że może być kilka białek, które ingerują w sposób istotny w proces wirusa, w tym: opłaszczenie wirusa i jego odpłaszczenie, replikację, ekspresję genu posttranskrypcyjnego oraz transport międzykomórkowy [14, 15].

D. Odporność na bakterie (ang. Bacterial Resistance (BR)).

Transformacja genetyczna jest wykorzystywana do tworzenia roślin odpornych na bakterie, choć nie zostały jeszcze skomercjalizowane. Różne rodzaje białek obronnych, zarówno antybakteryjnych i antytoksycznych, zostały zidentyfikowane w roślinach, zwierzętach i mikroorganizmach. Postęp w genetyce i technikach transformacji sprawia, że możliwe jest wykorzystywanie niektórych, spośród tych naturalnie występujących mechanizmów samoobronnych i wprowadzenie ich do roślin uprawnych, pozbawionych tych mechanizmów. Dla przykładu, dwie klasy białek antymikrobowych (antybakteryjnych), jedno otrzymane z owadów, a drugie z białka jajek kurzych, udało się z sukcesem poddać ekspresji w jabłoniach, umożliwiając im ochronę przed infekcjami bakteryjnymi [16]. Wprowadzone białko antybakteryjne w roślinie, oblepia atakujące komórki bakteryjne i powoduje ich śmierć.

E. Odporność na choroby grzybowe (ang. Fungal Resistance (FR)).

Biotechnologia jest także wykorzystywana do tworzenia upraw odpornych na patogeniczne grzyby (ang. fungal resistance (FR)), z oczekiwaniem polepszenia produkcji i zdecydowanego zmniejszenia stosowania chemicznej dezynfekcji gleby i fungicydów nalistnych. Dla przykładu gen lucerny kodujący białko grzybobójcze został wykorzystany do transformowania ziemniaków w celu uzyskania odporności względem werciliozy (*Verticillium dahliae*) – grzybów, które powodują wielkie straty w produkcji ziemniaków w Stanach Zjednoczonych [17]. Geny pszenicy kodujące enzym antytoksyny:

oksydazy szczawianu, zostały wprowadzone do słonecznika, w celu uzyskania odporności względem grzyba zgnilizny twardzikowej: *Sclerotinia sclerotiorum* [18].

W przypadku podejmowanych prób dotyczących walki z niektórymi chorobami fuzaryjnymi pszenicy i jęczmienia, odmiany odporne uzyskiwane są poprzez transfer genów zawierających antytoksyny z innych odmian *Fusarium* i z drożdży: *Saccharomyces cerevisiae* [19]. Antytoksyny grzybowe (mechanizmy obronne roślin) to wysoce stabilne cząsteczki, które są produkowane w komórkach roślinnych, zarówno w sposób ciągły, jak i jedynie wówczas, gdy zostaną indukowane poprzez zaatakowanie komórek roślinnych przez patogena. Antytoksyny grzybowe roślin wiążą się z rozwijającymi się komórkami grzybowymi patogenna i hamują wzrost grzybów, poprzez przenikanie do membran komórek grzybowych.

F. Odporność na nicienie (ang. Nematode Resistance (NR)).

Techniki inżynierii genetycznej wykorzystywane są także do uzyskiwania odporności roślin uprawnych na nicienie. Dziki ryż naturalnie produkuje cystatynę, inhibitor proteiny, która zakłóca odżywianie się i trawienie nicieni [20]. Komercyjne odmiany ananasa zostały poddane transformacji z otrzymanym z dzikiego ryżu transgenem cystatyny, odpowiedzialnym za odporność względem nicieni *Rotylenchulus reniformis*, który jest głównym pasożytem ananasów, a obecnie zwalczany jest poprzez dezynfekowanie gleby [21]. Jeżeli nicienie odżywiają się korzeniami rośliny, to cystatyna przyjmowana w niewielkich ilościach wraz z pokarmem powoduje zatrzymanie ich odżywiania i śmierć.

Tabela 1. Studium przypadku dla 40 upraw biotechnologicznych.

#	Uprawa	Rodzaj	Obszar geograficzny	Status
1	Papaja	Odporność na wirusy	Hawaje	A
2	Dynia	Odporność na wirusy	Floryda/Georgia	A
3	Orzeszki ziemne	Odporność na wirusy	Georgia	UDCP
4	Orzeszki ziemne	Odporność na owady	Georgia	UDCP
5	Pomidor	Odporność na wirusy	Floryda	UDCP
6	Pomidor	Odporność na herbicydy	Kalifornia	UDCP
7	Salata	Odporność na herbicydy	Kalifornia	UDCP
8	Truskawki	Odporność na herbicydy	Północny Wschód (19 stanów)	UDCP
9	Ananas	Odporność na nicienie	Hawaje	UDCP
10	Brokuły	Odporność na owady	Kalifornia	UDCP
11	Cytrus	Odporność na wirusy	Teksas	UDFP
12	Cytrus	Odporność na bakterie	Floryda	UDFP
13	Słodka kukurydza	Odporność na owady	Floryda	AA
14	Słodka kukurydza	Odporność na herbicydy	Wisconsin	AA
15	Owoce pestkowe (ang. stone fruit)	Odporność na wirusy	Pensylwania	UDFP
16	Malina	Odporność na wirusy	OR/WA	UDCP
17	Ziemniaki	Odporność na wirusy Odporność na owady	OR/WA/ID	AA
18	Ziemniaki	Odporność na grzyby	OR/WA/ID	UDCP
19	Ziemniaki	Odporność na herbicydy	OR/WA/ID	UDCP
20	Buraki cukrowe	Odporność na herbicydy	US (11 stanów)	AA
21	Winogrono	Odporność na bakterie	Kalifornia	UDFP
22	Jabłko	Odporność na bakterie	USA (15 stanów)	UDCP
23	Słonecznik	Odporność na grzyby	ND/KS/MN/SD	UDCP
24	Rzepak	Odporność na herbicydy	Północna Dakota	A

25	Soja	Odporność na owady	ND/KS/MN/SD	UDCP
26	Soja	Odporność na herbicydy	USA (31 stanów)	A
27	Ryż	Odporność na herbicydy	USA (6 stanów)	UDCP
28	Kukurydza uprawna	Odporność na owady (1)	USA (36 stanów)	A
29	Kukurydza uprawna	Odporność na owady (2)	USA (10 stanów)	UDCP
30	Kukurydza uprawna	Odporność na owady (3)	USA (18 stanów)	UDCP
31	Kukurydza uprawna	Odporność na herbicydy	USA (33 stanów)	A
32	Bawełna	Odporność na owady (1)	USA (16 stanów)	A
33	Bawełna	Odporność na owady (2)	USA (16 stanów)	UDCP
34	Bawełna	Odporność na herbicydy	USA (15 stanów)	A
35	Lucerna siewna	Odporność na herbicydy	Kalifornia	UDCP
36	Jęczmień	Odporność na grzyby	Północna Dakota	UDCP
37	Pszenica	Odporność na herbicydy	ND/SD/MN/MT	UDCP
38	Pszenica	Odporność na wirusy	OR/WA/ID	UDCP
39	Bakłażan	Odporność na owady	New Jersey	UDCP
40	Trzcina cukrowa	Odporność na herbicydy	Louisiana	UDCP

A: zatwierdzona (ang. approved)

AA: zatwierdzona, ale niewprowadzona do obrotu (ang. approved but not adopted)

UDCP: w trakcie opracowywania dla zwalczania obecnych agrofagów (ang. under development for current pest problems)

UDFP: w trakcie opracowywania dla zwalczania przyszłych problemów z agrofagami (ang. under development for future pest problems)

Wnioski

W studium 40 przypadków biotechnologicznej walki z agrofagami w rolnictwie wykazano, że biotechnologia ma znaczący wpływ na poprawę wydajności upraw, obniżenie kosztów produkcji oraz ograniczenie ilości stosowanych pestycydów.

Jeżeli producenci rolni przyjmą wszystkie odmiany przeanalizowane w tym badaniu, całkowity ekonomiczny zysk netto wyniesie 2.5 miliarda USD na rok, roczna produkcja wzrośnie o 7 milionów ton, natomiast ilość stosowanych pestycydów ulegnie ograniczeniu o 80 milionów kilogramów na rok.

Osiem ulepszonych gatunków roślin uprawnych obecnie stosowanych w uprawie, ma znaczący wpływ na ekonomię uprawy i wyżkę plonu. Łącznie przyczyniają się one do ograniczenia zastosowania pestycydów do 23 milionów kilogramów rocznie, powodują wzrost wydajności plonów o 2 miliony ton i zapewniają ekonomiczny zysk netto 1.5 miliarda USD na rok.

Trzydzieści dwie dodatkowe transformacje (roślina uprawna + nowa cecha), albo jeszcze nie do końca rozwinięte, albo jeszcze niewprowadzone do obrotu – przyniosą efekty w podobnej skali. Potencjalnie, przy ich zastosowaniu nastąpi: podwyższenie produkcji o 5 milionów ton na rok, zwiększenie zysku netto o 1 miliard USD rocznie i roczne ograniczenie stosowanych pestycydów o 57 tysięcy ton.

Obecne prace hodowlane ukierunkowane są przede wszystkim w stronę lepszej ochrony przed chwastami i szkodnikami. Następnym etapem będzie wykorzystanie biotechnologii do zabezpieczenia upraw przed chorobami i ich skutecznego zwalczania.

Każda uprawa, która została przebadana dla potrzeb tego raportu, charakteryzuje się istotnymi możliwościami polepszenia zwalczania agrofagów, poprzez redukcję ilości stosowanych pestycydów, podwyższenie plonów oraz obniżenie kosztów ochrony roślin. Każda spośród ulepszonych odmian z nowymi cechami, stanowi wartość porównywalną lub wyższą niż tradycyjna metoda ochrony upraw.

Każdy stan, w którym zajmowano się badaniami przeznaczonymi do tego Raportu, jednoznacznie prezentował ekonomiczne korzyści wynikające z przyjęcia jednej lub więcej odmian transgenicznych.

Tabela 2. Sumaryczny efekt uprawy roślin ulepszonych dzięki biotechnologii z uwzględnieniem rodzaju odporności.

Typ odporności	Produkcja (na rok)			Bilans (tys. \$)	Zużycie pestycydów (lbs. subst. aktywnej / rok)
	Ilość (tys. lbs.)	Wartość (tys. \$)	Koszty (tys. \$)		
Odporność na owady	+5,568,867	+352,132	-18,100	+370,232	-22,109,997
Odporność na herbicydy	+3,409,640	+136,200	-1,376,624	+1,512,824	-49,545,652
Odporność na wirusy	+2,005,920	+151,095	-7,153	+158,248	-518,400
Odporność na grzyby	+1,700,00	+117,200	-13,580	+130,780	-28,404,500
Odporność na bakterie	+1,811,000	+133,250	-164,494	+297,744	-60,659,800
Odporność na nicienie	0	0	-2,100	+2,100	-1,427,790
Ogółem	+14,495,427	+889,877	-1,582,051	+2,471,928	-162,666,139

7. Efekty wykorzystania soi Roundup Ready® w gospodarstwach rolnych w Rumunii (19 sierpień 2003 r.)

Graham Brookes

Wprowadzenie

Zezwolenie na komercyjną uprawę genetycznie zmodyfikowanej odpornej na glifosat soi (Roundup Ready®) wydano w Rumunii w 1999 r.

W opracowaniu tym przeanalizowano wpływ wykorzystania soi Roundup Ready w Rumunii w latach 1999-2003 oraz przeprowadzono porównanie z analogicznymi danymi dotyczącymi tej samej technologii w Ameryce Północnej i Południowej (USA, Kanada i Argentyna), czyli w rejonach o największej w chwili obecnej powierzchni uprawy tej transgenicznej rośliny.

W niniejszym badaniu wykorzystano kombinację dostępnych danych z badaniami polowymi przeprowadzonymi w Rumunii. Przeprowadzono także wywiady z dystrybutorami, pracownikami naukowymi oraz rolnikami. Szczególną uwagę poświęcono wywiadam wśród rolników, w dwóch głównych okręgach administracyjnych Rumunii, gdzie uprawia się soję (Calarasi i Ialomita). W sumie, w 2003 r., indagowani rolnicy uprawiali odpowiednio 13 i 24% całkowitej produkcji soi i soi Roundup Ready (RR) dla danego okręgu. Badania polowe miały miejsce w maju 2003 r.

Soja w Rumunii

Rumunia jest trzecim państwem pod względem powierzchni uprawy soi w Europie (75 000 ha w 2003 r.) po Włoszech oraz Serbii i Czarnogórze. W przybliżeniu areal soi w Rumunii jest porównywalnym z arealem soi we Francji. Główne obszary uprawy soi znajdują się na południu kraju. Soja Roundup Ready (RR) uprawiana jest komercyjnie od 1999 r. Do 2003 r. udział soi RR w stosunku do całkowitego arealu soi wzrósł do 55-60% (uwzględniając gospodarstwa, w których zachowuje się nasiona do następnego roku).

Tradycyjne sposoby zwalczania chwastów

Chwasty stanowią poważny problem w rolnictwie Rumunii, ponieważ są przyczyną bardzo znaczących strat plonów oraz obniżenia ich jakości. Problemy z chwastami wynikają z kompleksu przyczyn i warunków: od warunków klimatyczno-glebowych do ograniczonego stosowania herbicydów przez rolników, począwszy od 1990 r.. Wynikiem ograniczonego stosowania herbicydów (spowodowanego przede wszystkim załamaniem się starego socjalistycznego systemu gospodarki oraz przemianami ekonomicznymi rynku), jest ogromne zachwaszczenie pól i powstanie olbrzymiego „banku” nasion chwastów w glebie. Ponadto pojawiły się specyficzne trudności w zwalczaniu uciążliwych, wieloletnich chwastów takich jak trawa Johnsona (ang. Johnson grass), która z chwilą, gdy raz się pojawi, jest bardzo trudna do zniszczenia przez większość herbicydów. Pełne, mające sens, zalecane zwalczanie chwastów w przypadku soi, oznacza zastosowanie 3 lub 4 oprysków przy użyciu różnych herbicydów. Jedynie nieliczna grupa rolników stosuje takie metody zwalczania chwastów (co spowodowane jest brakiem środków finansowych oraz niską rentownością produkcji rolniczej).

Producenci soi RR

Przeciętna wielkość gospodarstw, w których uprawia się soję, wynosi 400 ha, natomiast przeciętna wielkość gospodarstw, w których uprawia się soję RR, wynosi około 500 ha (nie ma jednak zależności pomiędzy rozmiarem gospodarstwa a stosowaną technologią). W większości gospodarstw, w których uprawia się soję RR, zajmuje ona zdecydowaną większość lub całość arealu soi. Innymi słowy, jeżeli w tych gospodarstwach uprawiana jest soja konwencjonalna, to zajmuje ona jedynie niewielką powierzchnię uprawy. Związane jest to w znacznym stopniu z limitowaną możliwością nawadniania oraz ograniczoną dostępnością nasion soi RR (druga przyczyna stała się problemem w 2003 r.).

Koszty technologii

W Rumunii soja RR jest sprzedawana w pakiecie wraz z herbicydem Roundup®. Początkowa cena w 1999 r. była ustalona na poziomie 160 USD/ha jednakże została obniżona do 130 USD/ha w 2003 r. Jednakże cena płacona przez rolników różni się w zależności od tego, gdzie są nasiona kupowane i od możliwości negocjacji kosztów zakupu (w przypadku dużych odbiorców).

W początkowym okresie od wprowadzenia tej technologii, poziom cen herbicydów pozostał na tym samym poziomie, jednak w ostatnich 2-3 latach cena herbicydu Roundup® uległa obniżeniu o jedną trzecią, co spowodowane było pojawieniem się tańszych generycznych alternatyw herbicydu Roundup, dostępnych od niedawna w Rumunii.

Wpływ na plony

Przeciętny wpływ na plony wyniósł +31%, a waha się od 16 do 50% (plon referencyjny w tradycyjnej technologii wynosi 2-2,5 t/ha). Tak znaczący wzrost wydajności plonów wynika z poprawy skuteczności zwalczania chwastów, zwłaszcza chwastów trudnych do opanowania, takich jak trawa Johnsona. Wzrost plonu z ha w Rumunii jest nieporównywalny z niewielkim wpływem na plon uzyskiwanym w państwach takich jak Argentyna, USA i Kanada, gdzie jest wysoki standard ochrony roślin, a poziom zachwaszczenia stanowi zdecydowanie mniejszy problem niż w Rumunii.

Większość rolników odniosła także dodatkowe korzyści z tytułu wyższej ceny (o 2-3%) uzyskiwanej za oddawaną do skupu soję, ze względu na podwyższoną jakość plonu (mniejsza ilość zanieczyszczeń chwastami).

Wpływ na koszty i całkowite zyski

Rolnicy rumuńscy uprawiający soję RR w większości uzyskali olbrzymie oszczędności oraz powiększyli swe całkowite zyski. Przeciętnie wzrost całkowitych zysków wyniósł:

- +184% dla mniejszych gospodarstw wykorzystujących certyfikowane nasiona,
- +127% dla dużych gospodarstw wykorzystujących certyfikowane nasiona,
- +185% dla dużych gospodarstw wykorzystujących zachowane nasiona z własnej uprawy (tabela 1).

Rolnicy stosujący soję RR uznali, że jest ona najbardziej dochodową uprawą w warunkach Rumunii. Wynika to z uzyskanej wyżki plonów, poprawy jakości plonu w połączeniu z niższymi kosztami produkcji (oszczędność na kosztach związanych z zakupem oraz stosowaniem herbicydów).

Ten pozytywny wpływ technologii był zdecydowanie wyższy niż w innych państwach, gdzie uprawiana jest soja RR – wynika to ze zdecydowanej poprawy bilansu kosztów zwalczania chwastów.

Tabela 1. Wpływ zastosowania soi RR na całkowite zyski gospodarstw w Rumunii w latach 2002-2003.

	Całkowity zysk w przypadku upraw konwencjonalnych (€/ha)	Całkowity zysk w przypadku upraw RR (€/ha)	Różnica (€/ha)	% zmiany
Mniejsze gospodarstwa (poniżej 5000 ha)	109	309.5	200.5	+184
Większe gospodarstwa (ponad 5000 ha)	150.5	342	191.5	+ 127
Większe gospodarstwa wykorzystujące zachowane nasiona z własnej uprawy	130	371	241	+185

Pozostałe aspekty dotyczące stosowania soi RR

Niektórzy spośród rolników zwrócili uwagę, że korzyścią dla nich były udogodnienia oraz elastyczność w zwalczaniu chwastów, w tym wydłużenie czasu przeznaczonego na oprysk.

Rolnicy rumuńscy nie uzyskali dodatkowych korzyści ze stosowania uproszczonych systemów uprawy (np. siewu bezpośredniego) w połączeniu z technologią RR, które z kolei stanowiły istotny element w przypadku innych państw, jak na przykład w USA i Argentynie. Ten brak korzyści w przypadku Rumunii wynika z ograniczonych możliwości zakupu odpowiedniego sprzętu oraz występowania cięższych gleb gliniastych, które sprawiają trudności w „uprawie minimalnej”.

Niektórzy spośród rolników stwierdzili, że udało im się dokonać niewielkich oszczędności na kosztach zbiorów (mniejsza ilość czasu potrzebna na zbiór czystszej łąki).

Rolnicy wskazywali ponadto na fakt, iż zastosowanie soi RR w danym roku oczyszcza doskonale z chwastów uciążliwych stanowisko pod roślinę następczą (np. pod szczególnie wrażliwą na zachwaszczenie kukurydzę). Zatem efekt uprawy soi RR rozciąga się na dłuższy okres.

Cała zebrana soja RR była sprzedawana typowymi kanałami rynkowymi bez segregacji od soi odmian tradycyjnych.

Wpływ na środowisko

Trudno jest wykazać trendy zmian w stosowaniu herbicydów w odniesieniu do soi lub wyciągać wnioski dotyczące ich zużycia, ze względu na dynamikę przemian ekonomicznych i dokonywanej się restrukturyzacji sektora rolnego oraz brak wiarygodnych danych statystycznych. Jedynym pewnikiem jest informacja, że wzrosło zastosowanie glifosatu, który zastąpił inne herbicydy charakteryzujące się wyższą toksycznością w porównaniu z glifosatem. Jest to zgodne z obserwacjami w innych państwach, takich jak USA i Argentyna.

Wpływ na gospodarkę narodową

Uprawa soi RR przyczyniła się do wzrostu wartości produkcji soi w Rumunii o około 8,23-8,62 miliona euro. Odpowiada to wzrostowi wartości produkcji o około 14 do 19%.