

**PODSUMOWANIE:**  
***Rośliny transgeniczne i środowisko w dziesięciolecie komercjalizacji***

## **1. Wprowadzenie**

Obecnie można mówić o pierwszej dekadzie komercjalizacji roślin transgenicznych, bowiem genetycznie zmodyfikowane pomidory FlavrSavr były dostępne na rynku USA w 1995 r. Pytanie bardzo złożone i równie istotne: jaki jest sumaryczny bilans tej technologicznej ewolucji [ale nie rewolucji] w rolnictwie oraz przemyśle rolno-spożywczym włącznie ze środowiskiem biologicznym jak również w aspekcie społecznym. Niezmiernie ważne jest kompleksowe rozpatrywanie efektów inżynierii genetycznej, z uwzględnieniem jako równorzędnych czynników aspektów ekonomicznych, społecznych i środowiskowych oraz naukowych. Zadanie takie jest po prostu trudne, zwłaszcza, że relatywnie krótki okres [10 lat] zaowocował ogromną mnogością doniesień literaturowych, ale jest to zbyt krótki czas aby mieć pełną perspektywę i właściwie zróżnicowany, kompleksowy obraz.

## **2. Aspekty ekonomiczne**

W latach 1996-2003 miał miejsce 40-krotny wzrost zakresu upraw transgenicznych, osiągając 67,7 mln ha w 2003 r. Trzeba podkreślić, że praktycznie cały areał roślin transgenicznych zlokalizowany jest w 6 krajach (Stany Zjednoczone 63%, Argentyna 21%, Kanada 6%, Brazylia 4%, Chiny 4%, Afryka Południowa 1%), z tego jedna trzecia w grupie krajów zaliczanych do rozwijających się. Areał ten stanowią tylko 4 rośliny [soja – 61%, bawełna – 11%, kukurydza – 23% i rzepak – 5%), o trzech zmienionych cechach odporności na: herbicydy uniwersalne, szkodniki oraz wirusy. Można stwierdzić, że jest to bardzo niewiele, jednakże trzeba uwzględnić, że obecnie w USA – 4/5 upraw soi, 2/3 bawełny i ponad 1/3 kukurydzy – to odmiany transgeniczne. Podkreślenia wymaga raz jeszcze stwierdzenie, że przemiany i wprowadzenie tych nowych odmian zostały zrealizowane w okresie krótszym niż 10 lat.

Trzy cechy wprowadzone do roślin można scharakteryzować pokrótce następująco:

- Odporność na herbicydy [*herbicide-tolerant traits*, rośliny *Ht*] stanowią trzy czwarte upraw. Ta cecha umożliwia traktowanie roślin w dowolnym etapie rozwoju przeciwko każdemu chwastowi; rolnik oszczędza w ten sposób liczbę stosowanych preparatów jak również stosuje optymalne dawki i terminy agrotechniczne.

- Wprowadzenie genu konkretnego białka, toksycznego dla szkodników z bakterii *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), umożliwia zabezpieczenia roślin przed szkodnikami, jak np. stonką.
- Obecnie najmniejsze znaczenie, jak dotąd, mają rośliny z wprowadzonymi genami odporności przeciwko chorobom wirusowym roślin.

Należy raz jeszcze podkreślić, że obecnie komercjalizacja obejmuje bardzo niewiele roślin tylko o kilku cechach. Natomiast na etapie zaawansowanych badań polowych są praktycznie wszystkie rośliny mające znaczenie ekonomiczne, zarówno o cechach uprawowych jak i technologicznych, istotnych z ekonomicznego punktu widzenia.

### 3. Aspekty społeczne

Wszystkie kraje członkowskie OECD i Unii Europejskiej (jak również wiele innych) opracowały i wprowadziły w życie systemy prawne umożliwiające pełen nadzór i kontrolę prac doświadczalnych i komercjalizacji roślin GM. W ramach tych systemów opracowane zostały schematy postępowania, oceny biobezpieczeństwa oraz zagrożenia w odniesieniu do prac laboratoryjnych w warunkach zamkniętych, izolowanych doświadczeń polowych w otwartym środowisku, hodowli produkcyjnej roślin, jak i wykorzystywania produktów transgenicznych dla celów żywnościowych i paszowych. Systemy oceny są w sposób ciągły oceniane i weryfikowane przez poszczególne kraje jak i organizacje międzynarodowe (np. OECD i Komisję Europejską) dla zapewnienia pełnego biobezpieczeństwa środowiska przyrodniczego i społecznego, na podstawie reprodukcyjnych danych eksperymentalnych. Tego typu prace realizowane są już od 1985 r., a zatem od momentu rozpoczęcia doświadczalnych prac polowych.

W realizowanych pracach zasadnicze znaczenie mają porozumienia międzynarodowe, a zwłaszcza „Protokół Biobezpieczeństwa” (*Cartagena Protocol on Biosafety*), który jest podstawowym instrumentem prawnym w skali globalnej w odniesieniu do „żywych zmodyfikowanych organizmów” [*living modified organisms*, (LMOs)], a zatem zdolnych do samodzielnej reprodukcji.

Uważa się obecnie, że rośliny transgeniczne będą źródłem podobnego skoku ekonomicznego w krajach afrykańskich i azjatyckich jak miało to miejsce w przypadku „zielonej rewolucji Borlauga”, w latach 1960-1980. Przede wszystkim zakłada się zwiększenie produktywności połączone ze zmniejszeniem zużycia środków chemicznych, a zatem obniżenie zanieczyszczenia środowiska z równoległym podwyższeniem rentowności gospodarstw rolnych. Sprawą niezmiernie wagi w kategoriach społecznych jest odniesienie tego aspektu do małych gospodarstw rolnych, a nie tylko do gospodarstw wielkotowarowych.

Przy wyższej wydajności i mniejszym zużyciu środków chemicznych wbrew pozorom nie wszyscy będą zadowoleni. Przecież zmaleje zużycie, a przez to produkcja środków chemicznych ochrony roślin. Wyższa wydajność z hektara również może spowodować niezadowolenie pewnych grup społecznych. Jednakże tego typu efekty społeczne zawsze towarzyszą nowym, niekonwencjonalnym rozwiązaniom, które związane są z innowacjami technicznymi.

Niezależnie od obserwowanych i oczekiwanych pozytywnych efektów społecznych należy pamiętać o potocznej opinii, która obecnie jest w większości sytuacji wysoce sceptyczna odnośnie do korzystnych skutków produkcji GMO. Prawem i przywilejem społeczeństwa jest żądanie znakowania wyrobów GMO, a zatem przywilej wyboru co jest zagwarantowane obecnymi uregulowaniami UE. W opinii wielu ekspertów społeczeństwo po prostu nie dba o to, czy dany artykuł jest lub nie jest oznakowany czy też jest lub nie GMO, a podstawowym kryterium wyboru jest cena. Pośrednim potwierdzeniem tego rozumowania jest niski współczynnik wykształcenia społeczeństwa i potwierdzone w badaniach opinii publicznej stwierdzenie, że nie więcej niż jedna piąta społeczeństwa rozumie, co znaczy termin „GMO”, a zatem można przypuszczać, że zakres świadomej analizy jest wysoce ograniczony. Jednakże prawo do wyboru i informacji jest niezbywalne i musi być w pełni honorowane.

#### 4. Aspekty środowiskowe

Podstawowym czynnikiem, który spowodował dosłownie błyskawiczne rozprzestrzenienie się roślin transgenicznych były czynniki rynkowe. Jednakże zasadnicze znaczenie dla nas wszystkich mają elementy środowiskowe, które w perspektywie wielu lat są wręcz najważniejsze. W sposób bardzo zwięzły aspekty te podsumowane są w tabeli 1. W bardziej ogólnym sensie należy stwierdzić, że rośliny transgeniczne stwarzają nam możliwość kontroli stosowania agrochemikaliów i dają możliwość kontroli nad zarówno stosowanymi chemikaliami jak i chwastami czy też szkodnikami.

Tabela 1

Charakterystyka roślin transgenicznych

Charakterystyka	Zasadność	Przykład
wzrost produktywności	wyższa wydajność z ha	ryż i kukurydza
tolerancja na herbicydy	bardziej efektywne i bezpieczne stosowanie herbicydów	soja, kukurydza, rzepak odporne na glifosat i glifosynat
odporność na insekty i choroby wirusowe	obniżenie stosowania pestycydów	Bt kukurydza, ziemniaki, pomidory,

tolerancja na stres biologiczny	zwiększona tolerancja roślin na suszę, zasolenie, itp.	rośliny odporne na stres biotyczny i abiotyczny
---------------------------------	--	---

Na podstawie 4

## 5. Aspekty naukowe

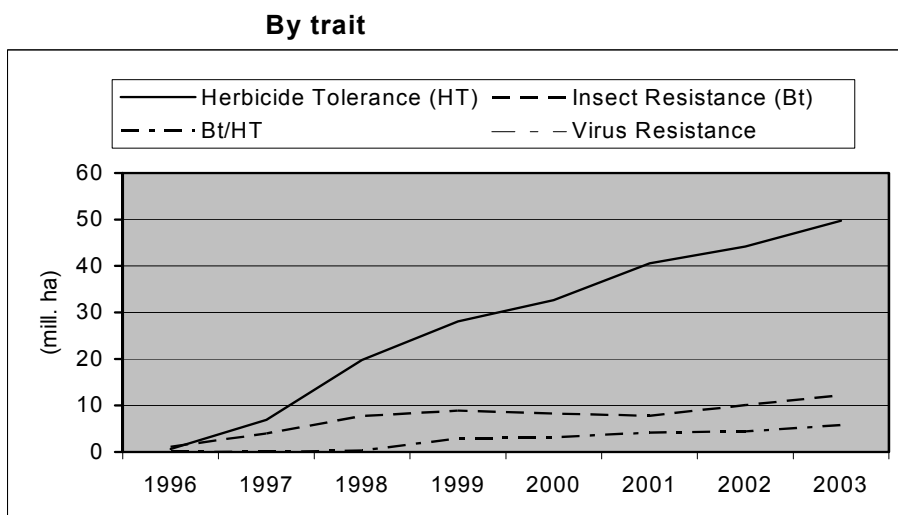
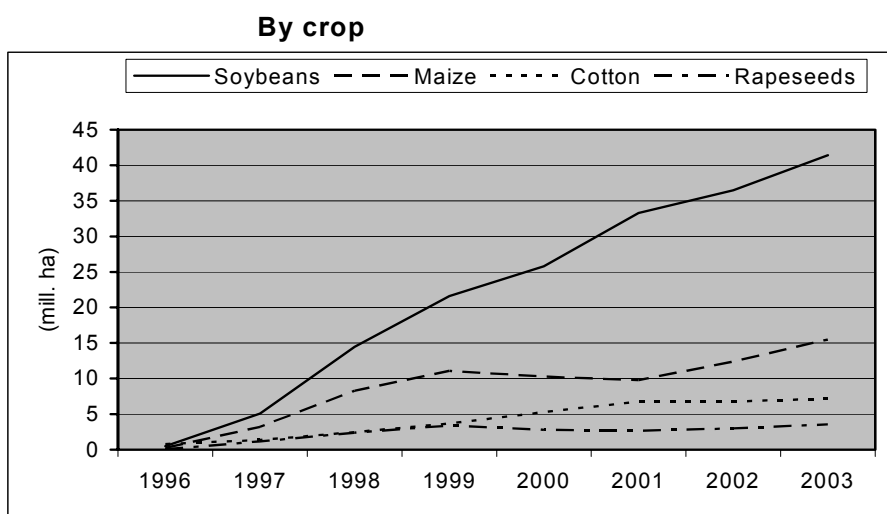
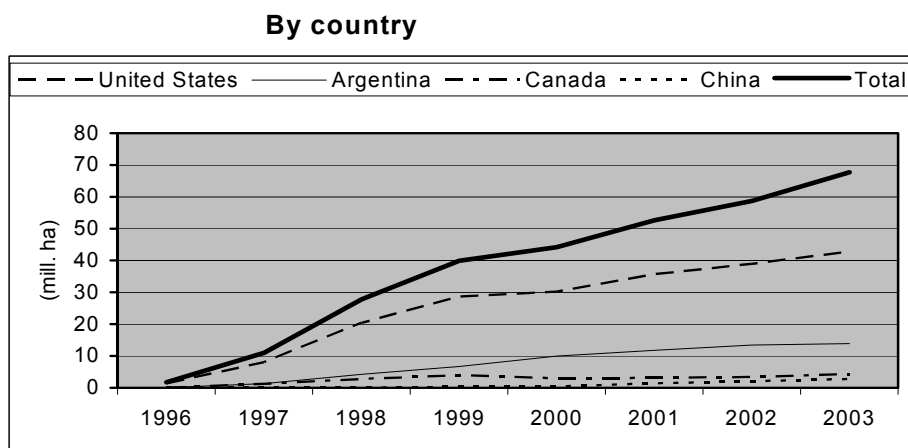
W przypadku każdej oceny genetycznie zmodyfikowanego organizmu oceniane są właściwości biologiczne organizmu macierzystego, źródła i cechy genów stosowanych do modyfikacji, produktów ekspresji tych genów i nowe właściwości transgenicznych organizmów. W tym kontekście analizowany jest efekt danego organizmu na środowisko, do którego wprowadzony jest dany zmodyfikowany organizm. Przykładowo potencjalne cechy toksyczne badane są w relacji do innych żywych organizmów w danym ekosystemie jak również wpływ na bioróżnorodność (przykładowo: efekt toksycznych genów na inne owady niż planowane i docelowe). Zasadnicze znaczenie przy takiej ocenie ma ogólne doświadczenie związane z pracą z „klasycznymi” organizmami. Ogólnie można kryteria oceny sformułować następująco: transfer genów, nowe cechy, różnorodność genotypowa i fenotypowa, niezamierzone i nieoczekiwane efekty, wpływ patogenów i na patogeny, oraz wiele innych.

## 6. Konkluzje i perspektywy

Bardzo ważne jest zwrócenie uwagi, że „Protokół Biobezpieczeństwa” ustanawia system wzajemnego informowania krajów poprzez specjalną procedurę [*Advance Informed Agreement (AIA)*] oraz ustanawia system tworzenia baz danych ogólnie dostępnych dla społeczeństwa [*Biosafety Clearing-House (BCH)*], co stanowi o istocie współpracy i ewentualnemu zapobieganiu kłopotom.

Jednocześnie często przeciwstawia się rolnictwo organiczne (zwane też ekologicznym) nowoczesnej agrobiotechnologii. Stanowisko to, jak się wydaje, jest całkowicie błędne, bowiem przyszłość wymaga koegzystencji rolnictwa organicznego, intensywnego [opartego na stosowaniu nowoczesnych środków agrotechnicznych] oraz najnowszych innowacji technologicznych wynikających z rozwoju inżynierii genetycznej.

Rys. 1. Uprawy roślin transgenicznych, 1996-2003 [wg 1]



źródło: James (2003).

### **Box 2.1. The effects of transgenic maize on biodiversity in Mexico**

An important issue for risk safety assessors is the possibility that genes may be transferred by pollen to populations of the same crop species or wild relatives in the surrounding area. This is an especially important issue when considering the impact of a transgenic crop in its centre of origin and diversity, which can be considered as the geographic region where the crop has its largest diversity and where a close relationship exists with its wild relatives.

Mexico is located within the region considered as the centre of origin and diversity for maize. For some time, there has been a strong interest in the potential impact of transgenic maize within Mexico. Many of these issues were explored at an OECD Conference, *LMOS and the Environment*, which was held in the United States in 2001. A special session at the Conference considered the preliminary evidence of gene flow from transgenic maize to local varieties in Mexico, as well as issues related to the conservation of maize diversity given the possibility of gene flow from transgenic maize.

Subsequently, in October 2002, the Secretariat of the Commission for Environmental Cooperation (CEC) of North America, an organization established to implement the environmental side agreement to NAFTA, appointed a 17-member international advisory group to undertake an independent report on *Maize and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maize in Mexico*. The purpose of the report is to examine issues related to gene flow from transgenic varieties of maize to Mexican land races of maize and their wild relatives. The report will include an identification of potential risks and benefits of transgenic maize; an assessment of genetic diversity and natural ecosystem effects; health effects; social and cultural effects; biological effects in agriculture; and mechanisms for public consultation. The report will include formal recommendations to the CEC's Council—composed of the environment ministers, or equivalent, for Canada, Mexico and the United States. It is due to be released in June 2004. (Further details can be found at <http://www.cec.org/maize>).

### **Box 2.2. What does the empirical evidence show?**

Several studies have attempted to assess non-market benefits and impacts associated with transgenic crops. However, they are non-conclusive, partly because of the novelty of such crops, because some of these crops have been grown for a short period and there are different approaches as to what should be the benchmark of comparison. Overall, available empirical evidence tends to suggest that yields are somewhat higher with transgenic crops than with their conventional counterparts, although there is significant variation by crop, location and year. Mara, Pardey and Alston (2002) provide a compilation of farm-level evidence in **Australia**, **Canada** and the **United States** of the impacts of transgenic field crops. They found that compared to their conventional counterparts, Bt cotton in the **United States** is characterized with lower pesticide use and higher yields. For Bt maize, yields in the United States were on average 1.8 tonne/ha higher, while for herbicide-tolerant soybeans were mostly lower. For herbicide

tolerant rapeseeds, yields were 6.8 tonne/ha higher in **Australia**, but in **Canada** were lower (-0.5 tonne/ha).

The National Center for Food and Agricultural Policy, which estimated the impacts of nine transgenic crops in the **European Union**, found that collectively the nine transgenic crops have the potential to increase yields by 8.5 million tones per year, increase grower net income by USD 1.6 billion per year and reduce pesticide use by 0.014 million tones per year. Transgenic tomato would offer the greatest yield and grower income increase, while herbicide tolerant maize would have the largest reduction in pesticide use. The largest increase in yields is estimated for transgenic sugarbeet, whereas for herbicide maize, wheat and rice yields would be unchanged (Gianessi, Sankula and Reigner, 2003). Traxler (2003) found that yields of herbicide-tolerant soybeans are not significantly different from yields of conventional soybeans in either the **United States** or Argentina. A study by USDA (1999a) reports that while herbicide resistance soybeans appear to have low yields, in some US Midwest regions, farmers planting *Bt* maize had yields 26% higher than conventional, non-modified crops. Brookes (2003) found that *Bt* insect-resistant maize in **Spain** on yields varies depending, *inter alia*, on location, climatic factors, timing of planting and on whether insecticides are used or not, with a country average yield benefit 6.3%. In **Australia**, the yield advantage of GM rapeseed offers over non-GM varieties is estimated to be 12.7% (Foster, 2003), while in **Canada** is estimated at 10% (Serecon *et al.*, 2001).

The evidence also suggests that changes in pesticide use rates have been variable (van den Bergh and Holley, 2001). For example, USDA studies found that, in the aggregate, as more farmers adopted transgenic crops, insecticidal treatments have been reduced on maize, whereas, the use of glyphosate herbicides, such as Roundup®, on maize and soybeans has increased (USDA, 1999a and 1999b). However, the use of other, more toxic, chemical decreased. The situation varies by crop and by region.

Studies published so far on the effects of transgenic plants on agricultural biodiversity indicate that there is lack of consensus of the consequences of gene flow and conclude that more data and new models are needed to analyze the possible long-term unexpected effects of transgenes (Ervin and Welsh, 2004). The Farm-Scale Evaluation study initiated by the **United Kingdom** government compared biodiversity in fields of herbicide-tolerant sugar beet, maize and rapeseed with that in comparable plots of equivalent non-transgenic varieties in adjoining fields (DEFRA, 2003). The findings showed significant impact on wildlife. The study showed that weed-killers used with transgenic crops harmed more farmland wildlife than herbicides used in conventional agriculture. For transgenic rapeseed, the test showed a fivefold decrease in flora and a 25% reduction in butterflies. There were also fewer seeds for wildlife. For transgenic sugar beet, there was a reduction in wild plants growing in fields and 40% fewer flowers at field margins. However, with transgenic maize, the reverse trend was true, with more biodiversity left in transgenic fields. There was an 82% rise in seeds and more insects were present. But there are doubts about the weed-killer used.

Instytut Chemii Bioorganicznej PAN,  
ul. Noskowskiego 12/14, 61-704 Poznań  
i Politechnika Łódzka, Łódź