

## TECHNIKA ROLNICZA A GMO (BIOTECHNOLOGIE – BIOINŻYNIERIA – ROŚLINY TRANSGENICZNE)

Andrzej Roszkowski

*Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie*

**Streszczenie.** Znaczenie GMO dla rolnictwa. Biotechnologie, bioinżynieria i bioreaktory a inżynieria rolnicza. Uwarunkowania aplikacyjne technologii GMO – środowiskowe, zdrowotne, prawne, ekonomiczne. Systemy zamknięte i otwarte. Aktualne rozwiązania legislacyjne w UE, Polsce i USA.

**Słowa kluczowe:** GMO, rolnictwo, inżynieria rolnicza, biotechnologia, systemy zamknięte i otwarte, bioinżynieria, stan prawny

### Wstęp

Do głównych kierunków prac badawczych w produkcji roślinnej w rolnictwie tak światowym jak i europejskim zalicza się: genetyczne ulepszanie nasion zwiększające odporność roślin na wyleganie, zwiększenie odporności na choroby i uszkodzenia ziarna podczas zbioru, doskonalenie mechanizmów fotosyntezy (elastyczność terminów siewu i zbioru, wczesność dojrzewania), ograniczenie reakcji abiotycznych na warunki wilgotnościowe, termiczne, zasolenie, pH i zawartość toksyn i wreszcie doskonalenie gospodarki wodą i zasobami pokarmowymi w celu lepszego wykorzystania tych czynników plonotwórczych [Roszkowski 2006]. Większość z tych postulowanych udoskonaleń, w tym zwłaszcza dwa pierwsze z nich, mogą być uzyskiwane przez doskonalenie roślin na drodze transformacji genetycznych. Odkrycie DNA i opracowanie technologii i technik ich wykorzystania umożliwia wzrost plonów i dochodów rolniczych w stopniu mierzalnym, polepszenie cech użytkowych i przydatnościowych, zwiększenie odporności na zachwaszczenie, choroby i szkodniki oraz stwarza realne możliwości wytwarzania nowych substancji leczniczych, szczepionek, polimerów roślinnych, paliw i smarów. Za istotne zagrożenia uważane są nieznane długotrwałe skutki dla zdrowia ludzi, możliwość niekorzystnego oddziaływania na środowisko (bioróżnorodność, superchwasty, superszkodniki) i wreszcie ujemne oddziaływanie gospodarczo-społeczne (globalizacja, możliwości ekonomiczne, koncentracja). Należy zwrócić uwagę, że dotychczas naukowo nie udowodniono ujemnych skutków stosowania GMO tak dla zdrowia ludzi jak i środowiska, ale też i nie wykluczono możliwości wystąpienia takich przypadków [Anioł 2005; Margolem 2003; Nap i wsp. 2003; Newell-McGloughin 2003; Scoones 2002].

Pod ogólnym pojęciem biotechnologii, zgodnie z definicją przyjętą w UE, uważa się każdy proces technologiczny wykorzystujący systemy biologiczne lub organizmy żywe i ich pochodne w celu uzyskania lub modyfikacji produktu dla określonego zastosowania. W USA za biotechnologie uważane są tylko procesy z użyciem technik modyfikacji gene-

tycznych wykorzystujących DNA, co odpowiada pojęciu inżynierii genetycznej. Różnice te spowodowały powstanie „kolorowych” pojęć („oznaczeń”) biotechnologii (zielona → rolnicza, czerwona → medyczna i farmaceutyczna, biała → chemiczna, szara → środowisko). Znakomita większość autorów publikacji, przez analogię do pojęcia inżynierii procesowej jako niezbędnej części każdej technologii, uznaje bioinżynierię jako integralny „składnik techniczny” każdej biotechnologii. Analogicznie stosowane są pojęcia np. bioinżynierii materiałowej, medycznej i klinicznej w biotechnologiach medycznych, a także i pojęcie bioinformatyki. Przy takim zdefiniowaniu technika czy inżynieria rolnicza (agroinżynieria) jest inżynierią procesową zielonych biotechnologii. W aktualnym nazewnictwie krajowym, usankcjonowanym przez Centralną Komisję, biotechnologia jako dyscyplina naukowa występuje w naukach biologicznych i chemicznych.

### **Definicja i techniki GM (inżynieria genetyczna)**

Odcinki DNA, określane mianem genów albo plazmidów, są właściwymi nośnikami informacji genetycznych stanowiąc element (składnik) chromosomów albo cytoplazmy. Technika GM polega na rekonwersji części DNA, wytworzonej poza organizmem biorcy i nie występującej w warunkach naturalnych oraz włączeniem ich do organizmu biorcy w taki sposób, aby były zdolne do samopowieliania. Bezpośrednie wprowadzenie wyizolowanego odcinka DNA do komórek roślinnych z reguły wymaga usunięcia ściany i błony komórkowej i może odbywać się różnymi metodami jak elektroporacja, wstrzeliwanie urządzeniem zwanym strzelbą genetyczną mikrokulek ( $\varnothing = 0,5\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$ ) ze złota lub wolframu pokrytych fragmentami DNA, mikroinjekcja, chemiczne i in. W odniesieniu do roślin dwuliściennych stosuje się metodę pośrednią polegającą na wykorzystaniu jako nośnika plazmidu pochodzącego z agrobakterii (*Rhizobium*) i cechującego się zdolnością do wprowadzania swojego DNA do roślin. Po wymianie fragmentów DNA agrobakterii na gen o żądanych cechach (zazwyczaj rodzaje wytwarzanych aminokwasów) następuje jego integracja z materiałem genetycznym komórki.

### **Uwarunkowania i stan rozwoju technik GM**

Wspomniane powyżej potencjalne zagrożenia wprowadzania na dużą skalę upraw roślin transgenicznych jak i pozyskiwania z nich wszelkiego rodzaju produktów, zwłaszcza żywnościowych, spowodowało powstanie rygorystycznych przepisów prawnych ograniczających lub utrudniających, a w wielu przypadkach wręcz uniemożliwiających, nie tylko stosowanie tego rodzaju produktów, ale nawet prowadzenie prac badawczych [Głowka 2002; Kershen 2004; Newell 2002]. Transgeniczne odmiany roślin należą do najskrupulatniej badanych odmian w całej, liczącej dziesięć tysięcy lat, historii hodowli roślin. Badania prowadzone są przez wyspecjalizowane agencje rządowe jak przez EFSA (Urząd Bezpieczeństwa Żywności w EU), a w USA przez Ministerstwo Rolnictwa i FDA (Urząd Żywności i Leków). W 2006 r. roku powierzchnia uprawy roślin GM na świecie wynosiła około 100 ml ha przy średniorocznym wzroście o ok. 10-11%. W ogólnej powierzchni upraw roślin GM największy udział mają USA (przeszło 50%) i Argentyna (ok. 20%), przy czym najbardziej rozpowszechnione uprawy to soja, kukurydza, bawełna i rzepak. Najczęstszym rodzajem modyfikacji genetycznej jest nadanie odporności na herbicydy (ok. 70% areалу) i na szkodniki owadzie. Szacuje się, że we wspomnianych USA około 75% żywności zawiera składniki otrzymane z roślin GM (mąka, fruktoza i olej z kukurydzy i soi, mleko

sojowe, witaminy C i lecytyna). W warunkach europejskich istotne znaczenie ulepszeń genetycznych może odnosić się także do rzepaku (odporność na herbicydy, modyfikacje składu kwasów), buraki (odporność na herbicydy i szkodniki, dłuższe przechowywanie), pszenica (wzrost zawartości glutenu). W UE podstawowym dokumentem prawnym dotyczącym GMO jest dyrektywa 2001/18/EC, na podstawie której wydano wytyczne stosowania produktów zawierających lub pochodzących z wytworów GM. Podstawowe ustalenia zawarte są w rozporządzeniach EC 1829/2003 i 1830/2003 przewidujących m.in. konieczność jednoznacznego oznaczania (etykietowania) tych produktów, przy czym oznaczenie musi być udokumentowane pełnym opisem metod badawczych stosowanych przez uprawnione laboratoria z certyfikatem UE (Community Reference Laboratory for GM Food and Feed) [Langrell 2005]. Z kolei w dyrektywie EC 641/2004 określono warunki wydania atestu przez uprawnione laboratoria CRL (opis metod walidacji, metody określenia DNA, metody walidacji użyte przez zgłaszającego produkt do badań, nadzór nad pobieraniem prób, dokładność, wrażliwość i powtarzalność metod, dopuszczalny poziom wraz z granicami wykrywalności). W Polsce o akredytację przez UE takiego Laboratorium stara się IHAR. Współczesne metody badawcze wg zaleceń UE, pozwalają na określenie poziomu wykrywalności zmian genetycznych na  $> 0,9\%$  i  $< 0,5\%$  (Szwajcaria  $< 0,1\%$ )

Odrębnym zagadnieniem, obecnie pozostawionym do regulacji krajowych, jest kwestia wyznaczenia obszarów stanowiących strefy bezpieczeństwa w przypadku uprawy roślin GM. Jako przykład dużych różnic w poglądach poszczególnych krajów można podać przykład Szwajcarii, o restrykcyjnej polityce w stosunku do produktów GM, ale jednocześnie dopuszczającej przy uprawie roślin GM i innych upraw na cele badawcze dystans (odległość) 0,05-1 km dla kukurydzy, 0,05-0,6 km dla rzepaku i 0,1 km dla pszenic. W USA na podstawie kilkuletnich badań za wymiar wielkości (szerokości) bariery uznaje się 200 m dla kukurydzy, a we Francji ok. 400 m [Delanoy 2006; Benetrix i wsp. 2005; Nielsen 2003]. Problematyka wielkości stref ochronnych jest także powodem kontrowersji legislacyjnych dotyczących dopuszczalności lub wykluczenia uprawy roślin transgenicznych w powszechnie preferowanym rolnictwie zrównoważonym. W USA pojawiły się doniesienia o opracowaniu odmian ziemniaków GMO uprawianych (bez nawozów i pestycydów) w rolnictwie organicznym (!)

### **Ustawodawstwo krajowe**

Podstawowym dokumentem prawnym w Polsce ma być ustawa „Prawo o organizmach genetycznie zmodyfikowanych” której projekt w lipcu 2006 r. został skierowany do uzgodnień międzyresortowych. Obecnie obowiązujące w Polsce przepisy dotyczące uprawy odmian roślin GM i obrotu materiałem siewnym tych odmian zostały opublikowane w D.U. nr 92 poz. 692 z 01.06.2006 pod nazwą „o zmianie Ustawy o nasiennictwie...”. Dotychczasowe stanowisko rządu wobec organizmów modyfikowanych genetycznie jest bardzo negatywne. Pod koniec lutego 2006 roku MR i RW podjęło nawet próby administracyjnego zakazu badań nad GM, z których wycofało się po protestach nauki. Zgodnie z tymi założeniami Polska dąży do tego, aby być krajem wolnym od GMO, przy czym obecne regulacje prawne w UE nie są w pełni precyzyjne. Ustawa w obecnej postaci uniemożliwia zakup i uprawę w Polsce roślin modyfikowanych genetycznie, nawet w celach doświadczalnych. Ustawa zakazuje dostarczania lub udostępniania osobom trzecim, odpłatnie lub nieodpłatnie, w tym wprowadzania na rynek w ramach obrotu handlowego na

terytorium kraju, materiału siewnego GM, bowiem oznaczałoby to zamierzone uwalnianie do środowiska elementów GM.

Ustawa dopuszcza natomiast tzw. zamknięte użycie rozumiane jako działanie polegające na genetycznej modyfikacji organizmów lub prowadzeniu kultur organizmów genetycznie zmodyfikowanych oraz na ich magazynowaniu, transporcie w obrębie zakładu inżynierii genetycznej, niszczeniu, usuwaniu lub wykorzystywaniu tych organizmów w inny sposób, podczas którego są stosowane zabezpieczenia, w szczególności w postaci zamkniętej instalacji, zamkniętego pomieszczenia lub innej fizycznej bariery, w celu efektywnego ograniczenia kontaktu organizmów z ludźmi i środowiskiem. W praktyce oznacza to możliwość wytwarzania takich produktów jak niektóre biopaliwa, biopolimery, farmaceutyki i in. Prowadzenie prac przy zamkniętym użyciu GM musi być zgodne z warunkami określonymi w przepisach prawa.

Ze wspomnianej powyżej dyrektywy EC 641/2004 z września 2004 r. wynika konieczność osobnego rozpatrywania każdego produktu GM, wprowadzanego do obrotu na terenie UE przez upoważnione do tego organy krajów stowarzyszonych. UE dopuszcza do obrotu produkty GM takie jak bawełna, kwiaty cięte, ryż. W przypadku tej grupy produktów nie ma możliwości ich uprawy na terytorium RP i nie ma możliwości spowodowania tym samym szkód w środowisku, zaś produkty te mogą być wykorzystywane w gospodarce. Druga grupa produktów dopuszczanych do obrotu w krajach UE takie jak kukurydza, rzepak, burak, ziemniak skrobiowy ma istotne znaczenie zarówno dla rolnictwa, przemysłu związanego z rolnictwem i innych branż (np. przemysł paliwowy, skrobiowy, włókienniczy), ale produkty te mogą też zakłócać funkcjonowanie ekosystemów. Zgodnie z traktatową zasadą swobodnego przepływu towarów Polska nie może zabronić na swoim terytorium obrotu produktami, w tym także żywnością i paszami GM, które zostały umieszczone na rynku UE zgodnie z decyzją Komisji Europejskiej. Oznacza to, że nawet gdyby Polska opowiadała się przeciwko wprowadzeniu do obrotu nowych produktów GM, to zgodnie z zasadą swobodnego przepływu towarów, produkty z zawartością GMO, które znajdują się w Rejestrze UE mogą znajdować się na polskim rynku. W odniesieniu do produktów żywnościowych i pasz z zawartością GMO aktualny stan prawny w kraju dopuszcza możliwość importu żywności GM z krajów członkowskich UE i sprowadzania jej spoza Unii Europejskiej pod warunkiem wyraźnego oznakowania i bez możliwości dalszego jej przetwarzania w Polsce. Natomiast w stosunku do takich odmian roślin GM, jak kukurydza, ziemniak, burak cukrowy i rzepak, które zostały dopuszczone do obrotu na terenie Unii Europejskiej lub mogą w perspektywie kilku lat, po przejściu procedury uzyskania zgody na uprawę, stać się dostępne i przydatne dla Polski, obecne uwarunkowania są zróżnicowane. Brak zgody Polski na uprawę odmian GM ww roślin oraz dopuszczaniu do obrotu pasz GM oznacza stosowanie restrykcji w granicach obowiązującego prawa wspólnotowego i każdorazowy sprzeciw dla prób wprowadzania lub dopuszczania przez UE na rynek krajowy upraw roślin bądź pasz GM.

W odniesieniu do kukurydzy Polska uznaje obecnie za niedopuszczalną uprawę mieszańców MON 810 (odmiana odporna na omacnicę) i MON 863 (odporna na owady). W przypadku występowania omacnicy prosowianki na odmianach tradycyjnych (nie modyfikowanych genetycznie) proponuje się stosowanie rozdrabniania i przyorywania resztek łodyg i liści bezpośrednio po zbiorze. Omacnica prosowianka obecnie występuje na 60-70% powierzchni upraw kukurydzy, a średnie straty szacowane są na 10-15%.

W stosunku do odmian GM rzepaku GT 73 i RT 73 dopuszczonego do importu na rynki krajów UE z przeznaczeniem na przetwórstwo przemysłowe i na pasze dla zwierząt

Polska nie zezwala na uprawy rzepaków GM ze względu na duże niebezpieczeństwo pojawienia się samosiewów (odmiany wysokoerukowe). Różnice pomiędzy plonami rzepaków z odmian GMO i tradycyjnych szacowane są na 15-17% ( w warunkach kraju).

W odniesieniu do buraków cukrowych i ziemniaków Polska nie zezwala na uprawę odmian GM ze względu na potencjalną wrażliwość buraków i gatunkowo zbliżonych roślin na transgeny i niewielkie efekty ekonomiczne uprawy ziemniaków o specyficznym składzie skrobi przy jednoczesnym niebezpieczeństwie przeniesienia transgenów do łańcucha pokarmowego.

Aktualne ustawodawstwo krajowe wprowadzając zakaz obrotu materiałem siewnym roślin GM, zdaniem wielu ekspertów jest sprzeczne z dyrektywami UE 2001/18 i 2002/53 i prawdopodobnie spowoduje osłabienie konkurencyjności krajowych firm nasiennych oraz wydatnie utrudni produkcję biopaliw w Polsce. Przeprowadzone szacunki wykazują, że obecne ograniczenia powodowane aktualnym stanem prawnym stosowania technik GMO spowodują spadek dochodów rolnictwa krajowego o 70-120 mil € rocznie, uniemożliwią zmniejszenie stosowania pestycydów o 35-45% i spowodują relatywny wzrost kosztów produkcji o 6-10% w ciągu trzech lat.

## Podsumowanie i wnioski

Pomimo wielu negatywnych ocen wydaje się, że zalety i przydatność użytkowa technologii GMO w istotnym stopniu przewyższają ich wady i zagrożenia dla środowiska. Z tego względu należy liczyć się z ich rozwojem oraz powolnym wdrażaniem i przystosowywaniem do warunków krajowych. Taki kierunek działań jest zasadniczo zgodny ze strategią lizbońską oraz uwarunkowaniami makroekonomicznymi dla Polski (zbyt mały udział sfery usługowo-badawczej w tworzeniu dochodu narodowego).

Dokonany skrótowo przegląd wybranych zagadnień GMO wykazuje, że pomimo obecnie bardzo ograniczających legislacyjnych uwarunkowań krajowych, należy zintensyfikować prace nad:

- Istotnym zwiększeniem współdziału inżynierii rolniczej w doskonaleniu procesów i budowie bioreaktorów stosowanych w biotechnologiach w systemach zamkniętych (zakłady inżynierii genetycznej) przy wytwarzaniu biopaliw, biopolimerów, biofarmaceutyków i in.
- Współdziałem techniki rolniczej w opracowaniu technologii ograniczających stosowanie pestycydów, a zwłaszcza herbicydów i insektycydów.
- Doskonaleniem techniki i kontroli znakowania (traceability) w całym cyklu życiowym produktów rolniczych, ze szczególnym uwzględnieniem produktów z udziałem GMO i opracowaniem zasad pracy certyfikowanych laboratoriów w Polsce.
- W dalszej perspektywie, w miarę dopuszczania odmian i wzrostu powierzchni upraw, konieczne będą prace dotyczące wyznaczania i kontroli stref bezpieczeństwa w uprawie różnych gatunków i odmian roślin GM.

## Bibliografia

- Aniol A. 2005. Mityczne zagrożenia. Zagroda. nr.4(31), s. 12-13.
- Benetrix F., Foueillassar X., Poeydomenge C. 2005. Coexistence OGM, non OGM des outils operationnels pour gerer les productions. Perspectives Agricoles nr. 317 s. 8-11.

- Delanoy L.** 2006. Schaupmeyer C., Hollinger J. Potato - Organic and Pesticide Free Production. Wyd. Western Potato Council s. 1-6.
- Głowka L.** 2002. The Role of Law in Realising the Potential and Avoiding the Risks of Modern Biotechnology Selected Issues of Relevance to Food and Agriculture. Background Study Paper, No. 19. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Kershen D.L.** 2004. Legal Liability Issues in Agricultural Biotechnology. Wyd. Crop Science. s. 456-463.
- Langrell S.** 2005. The role of the JRC in GMO authorisation in the European Union. Referat, Zagrzeb.
- Margoles D.** 2003. Risk of Genetically Modified Organisms /www.horticulture.coafes.umn.edu/
- Nap J.-P., Metz P.L.J., Escaler M., and Conner A.J.** 2003. The Release of Genetically Modified Crops into the Environment. Part I. Overview of Current Status and Regulations. Plant Journal, 33. s. 1-18.
- Newell P.** 2002. Biotechnology and the Politics of Regulation. Working Paper No. 146. Brighton, Sussex, UK: Institute of Development Studies.
- Newell-McGloughlin M.** 2006. Political battles over biotech crops. [dostęp 04.19.06] <http://www.oregonstate.edu/dept/nsc>.
- Nielsen R.L.** 2003. Protecting Your Non-GMO Grain From Contamination.[dostęp 04.19.06] <http://www.agry.purdue.edu/ext/ppt>.
- Roszkowski A.** 2006. Przemiany inżynierii rolniczej w perspektywie reform wspólnej polityki rolnej i WTO 2007-2013. Inżynieria Rolnicza. Nr 11(86). s. 393-400.
- Scoones I.** 2002. Agricultural Biotechnology and Food Security: Exploring the Debate. Biotechnology Policy Series, No. 1. Working Paper No. 145. Brighton, Sussex, UK: Institute of Development Studies.

## **AGRICULTURAL TECHNIQUE AND GMO (AGRICULTURAL ENGINEERING - BIOENGINEERING - TRANSGENIC PLANTS)**

**Summary.** The meaning of GMO for the agriculture. Biotechnologies, bioengineering and bioreactors and the agricultural engineering. Conditions of application of the GMO technologies - environmental, health, legal and , economic aspects. Closed and open systems. Current legislative solutions in EU, Poland and U.S.A..

**Key words:** GMO, agriculture, agricultural engineering, biotechnology, closed and open systems, bioengineering, legislative solutions.

### **Adres do korespondencji:**

Andrzej Roszkowski; e-mail: [roszan@ibmer.waw.pl](mailto:roszan@ibmer.waw.pl)  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
ul. Rakowiecka 32  
02-532 Warszawa