

ANDRZEJ ANIOŁ¹, STANISŁAW BIELECKI², TOMASZ TWARDOWSKI^{3,2}

Genetycznie zmodyfikowane organizmy – szanse i zagrożenia dla Polski *

Rozwój biotechnologii (podobnie jak innych innowacyjnych technologii) uwarunkowany jest postępowaniem w zakresie:

- nauk podstawowych,
- postępu technicznego i biologicznego,
- legislacji,
- relacji międzynarodowych.

Celem podstawowym nas wszystkich jest stworzenie biogospodarki – czyli przekształcenie wiedzy nauk przyrodniczych w nowe jakościowo produkty przyjazne dla środowiska, innymi słowy stworzenie gospodarki opartej na wiedzy i odnawialnych zasobach. Dlatego możemy uznać, że rozwój agrobiotechnologii ma krytyczne znaczenie.

Ogromne możliwości i nowe perspektywy, jakie są związane z wykorzystaniem biotechnologii, stały się jednocześnie powodem wielu obaw, które legły u podstaw tworzonych przepisów i regulacji prawnych, mających na celu zminimalizowanie zagrożenia związanego z gospodarczym wykorzystywaniem organizmów genetycznie zmodyfikowanych określanych skrótem GMO.

AGROBIOTECHNOLOGIA, CZYLI ZIELONA BIOTECHNOLOGIA

Zawartym w tytule terminem określa się zastosowania technologii opartych na metodach biologii molekularnej w rolnictwie, leśnictwie i gospodarce żywnościowej. Najpowszechniejszą i jednocześnie najbardziej kontrowersyjną formą zastosowania biotechnologii w rolnictwie jest uprawa nowych odmian roślin wytworzonych przy użyciu metod biologii molekularnej zwanych odmianami genetycznie zmodyfikowanymi lub odmianami transgenicznymi, a proces ich uzyskiwania transgenezą.

W porównaniu z dotychczasowymi metodami hodowlanymi, transgeneza pozwala na znaczne uproszczenie i skrócenie całego procesu hodowli nowej odmiany, wynikają-

¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Błonie, ² Instytut Biochemii Technicznej, Politechnika Łódzka, ³ Instytut Chemii Bioorganicznej PAN, Poznań (adres do korespondencji)

* tekst napisany na podstawie referatów wygłoszonych podczas Zgromadzenia Ogólnego PAN, 11 XII 2007 r.

ce z faktu że hodowca-biotechnolog nie musi operować całymi kompletami informacji genetycznej dwóch organizmów i mozolnie wyszukiwać pożądaných form wśród licznego potomstwa pochodzącego ze skrzyżowania różnych linii lub rodów, a może bezpośrednio wprowadzić do danego organizmu jeden lub kilka genów warunkujących pożądaną cechę np. odporność na szkodnika. Transgeneza pozwala na wprowadzanie cech teoretycznie z dowolnego organizmu, otwierając przed hodowcami-biotechnologami nowe możliwości tworzenia kombinacji genów warunkujących cechy dotąd niemożliwe do osiągnięcia i tworzenia odmian o zupełnie nowym użytkowaniu, również niezwiązanym z wyżywieniem ludzi czy zwierząt, jak bioenergetyka i biomateriały.

Dotychczasowa hodowla roślin a zielona biotechnologia

Wiele wątpliwości i obaw wobec wykorzystywania GMO w rolnictwie i produkcji żywności wynika z braku wiadomości o istocie nowych technologii i ich relacji z dotychczas stosowanymi technikami w hodowli roślin uprawnych. Najczęściej spotykanym nieporozumieniem, niestety intensywnie propagowanym przez część mediów, jest utrwalanie poglądu, że wprowadzanie zmian w genetycznym kodzie organizmów stało się możliwe dopiero dzięki metodom biologii molekularnej i że zmiany zapisu genetycznego są czymś nowym, dotychczas niestosowanym. To nieporozumienie utrwalone jest nawet w powszechnie przyjętym określeniu organizmów uzyskiwanych za pomocą inżynierii genetycznej – GMO – jest to akronim angielskiego określenia organizmów genetycznie zmodyfikowanych (pochodzi od angielskiego terminu *Genetically Modified Organisms* – organizmy genetycznie zmodyfikowane), co sugeruje, że modyfikacje genetyczne są możliwe tylko przy użyciu metod biologii molekularnej. W rzeczywistości, od zarania dziejów modyfikacje genetyczne były podstawą udomawiania roślin i nie ma w tej chwili ani jednego gatunku uprawnego, który nie byłby zmodyfikowany genetycznie. Nowością metod inżynierii genetycznej jest sposób wprowadzania zmian w zapisie genetycznym organizmów, a nie sam fakt dokonywania tych zmian. Z punktu widzenia hodowcy roślin, nowoczesna biotechnologia stwarza tylko dodatkowe możliwości tworzenia zmienności genetycznej, z której korzysta on w procesie selekcji i hodowli nowych odmian roślin uprawnych. Zatem wprowadzenie nowego genu do rośliny metodami biologii molekularnej i uzyskanie pożądaney cechy stanowi dla hodowcy źródło nowej zmienności, które w wyniku dalszej pracy może być wykorzystane do tworzenia nowej odmiany.

Czy odmiany transgeniczne są potrzebne?

W krajach rozwiniętych wydaje się, że problemem rolnictwa są raczej nadwyżki żywności, sensowność stosowania nowych technologii jest często kwestionowana, choć owa nadprodukcja żywności jest często iluzją, jak pokazał to ostatni rok, kiedy susza obniżyła plony w Europie, a jednocześnie na rynku światowym pojawiły się nowe wielkie kraje czyniące duże zakupy (Chiny), powodując gwałtowny wzrost cen produktów rolnych,

głównie zbóż. Kierowanie coraz większej ilości zbóż na produkcję biopaliw wymaga zwiększenia wydajności produkcji. W krajach rozwijających się, cierpiących na niedobory żywności, konieczność intensyfikacji produkcji żywności jest oczywistością.

Już w XVIII w. pastor Thomas Malthus analizował relacje między wzrostem populacji ludzi i możliwościami produkcji żywności. Z tych badań wyłonił się ponury obraz historii gospodarczej ludzkości skazanej na permanentne niedobory żywności, wynikające z faktu, że możliwości wzrostu liczebności populacji ludzi znacznie przekraczają potencjał rolnictwa do odpowiedniego zwiększenia produkcji żywności. Jednak historia gospodarcza Europy i Ameryki ostatnich dwustu lat zdaje się dowodzić, że teoria Malthusa nie jest prawdziwa – wzrost produkcji żywności był proporcjonalny do populacji, a w pewnych okresach i krajach był nawet istotnie większy. Dzięki zatem rozwojowi nauk przyrodniczych i rolniczych udawało się w krajach rozwiniętych wymknąć z tzw. pułapki Malthusa. W pierwszym okresie, do początków XX w., odbywało się to głównie dzięki objęciu uprawą nowych terenów w obu Amerykach, Australii i Afryce. Pierwsza wojna światowa pozostawiła w krajach w niej uczestniczących rozwinięty przemysł materiałów wybuchowych, który po nieznacznych modyfikacjach mógł być wykorzystany do produkcji sztucznych nawozów azotowych. Ich zastosowanie wraz z pojawiającą się mechanizacją znacznie zwiększyło produktywność rolnictwa.

Począwszy od lat 50. XX w. dzięki dalszej chemizacji rolnictwa i dopływowi energii spoza rolnictwa (mechaniczna uprawa, nawożenie, chemiczna walka z chorobami i chwastami, nawadnianie) oraz rozwojowi z wykorzystaniem genetyki nowoczesnej hodowli odmian roślin rolniczych, nastąpił znaczny wzrost wydajności produkcji rolniczej zwany często „zieloną rewolucją”. Dzięki tym procesom udało się utrzymać zwiększenie produkcji żywności zaspokajające, a nawet niekiedy wyprzedzające, wzrost liczebności populacji ludzkiej w tempie 1,8% rocznie w skali globu. Skalę tych osiągnięć można zilustrować następująco: gdyby wydajność z ha „zamrozić” na poziomie pól z roku 1961, wówczas wyprodukowanie żywności wystarczającej do wykarmienia 6-miliardowej populacji z roku 2000 wymagałoby dodatkowych 850 mln ha dobrej ziemi ornej, którą należałoby uzyskać kosztem środowiska naturalnego. Jednak osiągnięcia „zielonej rewolucji” miały również swoją cenę. Rozpowszechnienie uprawy wydajnych nowoczesnych odmian spowodowało znaczne zubożenie różnorodności biologicznej głównych gatunków uprawnych, szczególnie dotkliwe w centrach ich pochodzenia. Stosowanie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin powodowało akumulację ich pozostałości w glebie i wodzie, nawadnianie prowadziło do zasolenia itd. Wielu ekspertów obecnie skłania się do wniosku, że dalszy wzrost wydajności i produkcji rolniczej na tej drodze nie jest możliwy, a w niektórych krajach Europy Zachodniej postulowane jest zmniejszenie dotychczas stosowanych nakładów na produkcję. Równocześnie aktualne dane wskazują, że „zielona rewolucja” pozwoliła tylko na ograniczone w czasie „wymknięcie” się z mal-

tuzjańskiej pułapki. Prognozy FAO przewidują dalszy wzrost populacji ludzkiej o około 2 miliardy do roku 2040, co oznacza, że każdego roku ludzkość będzie się powiększała o populację Filipin, czyli około 70 mln ludzi. Wyżywienie takiej populacji będzie wymagało wzrostu produkcji ziarna zbóż o prawie 40% i jest to praktycznie możliwe tylko przez wzrost plonów, ponieważ rezerwy ziemi ornej są bardzo ograniczone. Dalsza ekspansja rolnictwa mogłaby się dokonać tylko kosztem lasów, w tym tropikalnych. Jest to scenariusz nie do zaakceptowania. Z drugiej strony podstawowe potrzeby życiowe ludzi takie, jak: żywność, odzież czy schronienie są i będą priorytetami i trudno będzie znaleźć rząd, który zgodzi się na wprowadzenie reżimów ochrony środowiska kosztem biedy i niedożywienia własnego społeczeństwa. Wyzwania, jakie stawia wiek XXI przed producentami żywności oraz innych produktów rolniczych przy wyczerpaniu się możliwości dotychczasowych sposobów intensyfikacji produkcji, ilustrują poniższe dane:

Wzrost liczebności populacji:

z 6 mld w 1999 r. do 9 mld w 2050 r.,

(w 2050 r. 90% ludzi będzie zamieszkiwało kraje rozwijającego się Południa).

Ilość ziemi ornej/mieszkańców świata:

1966 r. – 0,45 ha, 1998 r. – 0,25 ha, 2050 r. – 0,15 ha.

Spadek przyrostu plonów zbóż

z 2,1% rocznie w latach 80. do mniej niż 1% rocznie w latach 90. ubiegłego wieku.

Cel: Co najmniej podwojenie produkcji żywności do 2050 r. na tym samym areale gruntów ornych (1,5 mld ha).

Nadzieja na odpowiednie do przyrostu populacji zwiększenie produkcji rolnej na cele żywnościowe, energetyczne i biomateriały tkwi we wzroście wydajności z jednostki powierzchni. Dotychczasowy mechanizm podnoszenia plonów, oparty w połowie na nakładach energetycznych, a w połowie na postępie biologicznym, w dużej mierze się wyczerpał; dalszy wzrost produktywności roślin winien przede wszystkim wynikać z lepszego wykorzystania potencjału biologicznego. Osiągnięcia i perspektywy inżynierii genetycznej otwierają takie możliwości. A są one duże, szacuje się, że różnica między tzw. plonem potencjalnym obecnych odmian roślin uprawnych, tzn. uzyskiwanym w optymalnych warunkach środowiska, a plonem realnym, obniżanym przez choroby, szkodniki i chwasty, a także złe warunki klimatyczne (susza, mróz), sięga 70%. Zatem poprawa na drodze inżynierii genetycznej odporności roślin na agrofagi i abiotyczne czynniki środowiska otwiera duże możliwości zwiększenia wydajności produkcji roślinnej bez dodatkowych nakładów energetycznych i powiększania areалу uprawy.

Zielona biotechnologia a korzyści i ryzyko

W odniesieniu do biotechnologii, którą w praktyce i w potocznym rozumieniu zawężamy do inżynierii genetycznej, można jasno i precyzyjnie sformułować kilka podsta-

wowych faktów. Przede wszystkim należy stwierdzić, że nie ma dotychczas żadnego udokumentowanego tragicznego w skutkach wydarzenia związanego z nowoczesną biotechnologią. Drugi istotny fakt to efektywność ekonomiczna odmian transgenicznych; ich uprawa ma tylko wówczas sens, gdy obniża koszty produkcji na tyle, aby dać przewagę konkurencyjną w stosunku do uprawy odmian konwencjonalnych. Jest to warunek podstawowy, inaczej ponoszenie wyższych kosztów nasion odmian GM obciążonych tzw. opłatą technologiczną nie ma sensu. Dynamiczny rozwój upraw transgenicznych w ostatnim dziesięcioleciu świadczy o tym, że taka opłacalność jest faktem. Z pewnością producenci nowych jakościowo odmian odnotowali korzyści, natomiast ci, którzy utracili rynek – ponieśli straty. Również oczywista wydaje się ocena, że biotechnologia przyczynia się do pogłębienia procesów globalizacyjnych. W ocenie wpływów biotechnologii, a zwłaszcza agrobiotechnologii na środowisko można z całą stanowczością stwierdzić, że do dzisiaj nie ma udokumentowanych efektów negatywnych. Trzeba jednak zgodzić się z opiniami przeciwników zielonej biotechnologii, że nie są znane efekty wielopokoleniowe. Ale w tych kategoriach to należy podkreślić brak znajomości takich efektów w odniesieniu do jakiegokolwiek innowacyjnej technologii, w szczególności, gdy rozszerzymy nasze oceny na aspekty środowiska społecznego.

Aktualne możliwości i osiągnięcia zielonej biotechnologii

Transgeneza otwiera duże i kuszące badaczy perspektywy wprowadzania i wykorzystywania w roślinach genów kontrolujących pojawianie się cech i właściwości pożądaných przez producentów, przemysł przetwórczy i konsumentów. Jakkolwiek teoretyczne możliwości manipulowania materiałem genetycznym są nieomal nieograniczone, praktyczne wykorzystanie tych możliwości jest znacznie zawężone ze względu na szereg ograniczeń, wynikających z ułomności dotychczas opracowanych i stosowanych metod wprowadzania odpowiednich fragmentów DNA i kontroli jego ekspresji w nowym organizmie, tzn. kontroli nad pojawieniem się pożądaných cechy.

Pod względem typu transformacji zastosowanej w uprawianych odmianach wyraźnie dominuje cecha odporności na herbicyd – 80% upraw GMO, następnie w kolejności to odmiany z wprowadzonym genem odporności na owady, czyli z tzw. genem Bt (z *Bacillus thuringiensis*) – 12% arealu, następnie 8% powierzchni zajmują odmiany zawierające jednocześnie geny odporności na herbicyd i geny Bt.

Cechy, jakie zostały dotychczas wprowadzone do uprawianych odmian GM, przede wszystkim poprawiają ich zdolność do rozwoju w warunkach uprawy polowej, w konsekwencji bezpośrednim beneficjentem tej technologii jest producent-rolnik (i oczywiście właściciel odmiany).

Soja i kukurydza to dwa gatunki uprawne, w których produkcji i użytkowaniu, bądź to jako pasze, bądź też jako produkty żywnościowe, również w formie przetworzonej,

odmiany GMO odgrywają znaczącą rolę w wielu krajach (USA, Brazylia, Argentyna). Główną zaletą odmian transgenicznych soi jest możliwość stosowania totalnych herbicydów, jakimi są Roundup czy Basta, pozwalających na tańsze i bardziej skuteczne zwalczanie niepożądanego rośliności.

W praktyce rolniczej mają znaczenie jak dotąd tylko dwa rodzaje odmian transgenicznych: z wprowadzonymi genami odporności na herbicydy ogólnego działania oraz geny odporności na szkodniki owadzie z *Bacillus thuringensis*. W różnych stadiach badań i doświadczeń jest natomiast wiele różnorodnych form z genami kontrolującymi cechy jakości plonu, odporności na stresy itp. Oznacza to, że dyskutując nad odmianami transgenicznymi i ich oddziaływaniem na zdrowie człowieka oraz środowisko musimy rozpatrywać każdy przypadek oddzielnie, ponieważ charakter wprowadzonego genu jest decydujący o tym oddziaływaniu, a nie metoda jego wprowadzenia.

Z punktu widzenia hodowcy roślin, nowoczesna biotechnologia stwarza tylko dodatkowe możliwości tworzenia zmienności genetycznej, z której korzysta on w procesie selekcji i hodowli nowych odmian roślin uprawnych. Zatem wprowadzenie nowego genu do rośliny metodami biologii molekularnej i uzyskanie w niej pożądanego cechy stanowi dla hodowcy źródło nowej zmienności, które w wyniku dalszej pracy może być wykorzystane do tworzenia nowej odmiany.

Co się więc stało, że wprowadzanie do uprawy transgenicznych odmian roślin rolniczych napotyka na taki duży opór, szczególnie w Europie? Dlaczego uprawa odmian uzyskiwanych na drodze hodowli mutacyjnej, począwszy od lat 60. ubiegłego wieku, nie budziła oporów, mimo że metoda indukowania mutacji przez napromienianie nasion dużymi dawkami promieniowania gamma było techniką znacznie bardziej „inwazyjną” niż transgeneza?

Odpowiedź na te pytania nie jest łatwa. Być może porównanie sytuacji społecznej i politycznej między okresem wprowadzania tzw. zielonej rewolucji w latach 60. ubiegłego wieku a początkami „rewolucji genowej”, jak nazwano wprowadzanie do uprawy odmian transgenicznych, pomoże w zdefiniowaniu przyczyn tej zmiany w nastawieniu społeczeństw do nowych technologii, głównie w krajach bogatych.

Ciągłe powtarzanie litanii zagrożeń dla środowiska wraz z przesadnym opisem ich skutków ma poważne konsekwencje. Powoduje zastraszanie społeczeństwa i skłania je do akceptowania wydawania środków na rozwiązywanie wymyślonych problemów kosztem prawdziwych. Gro Harlem Brundland, premier Norwegii, sformułowała to w czasopiśmie „Science”: *Polityka ignorująca wiedzę i wyniki badań nie może być skuteczną na dłuższą metę. Każda zasadna decyzja polityczna musi być oparta na najlepszej ekspertyzynie naukowej, szczególnie w dziedzinie gospodarki surowcami i ochronie środowiska.*

Powszechna akceptacja zagrożeń środowiska propagowanych przez „proroków z głady” z jednej strony oraz sukcesów „zielonej rewolucji” w produkcji żywności, z dru-

giej, w latach 60. ubiegłego wieku w wielu krajach rozwiniętych sprzyjały powstaniu sytuacji politycznej, ułatwiającej redukcję wydatków publicznych na rolnicze badania naukowe.

Powstające w tym czasie możliwości zastosowania metod biologii molekularnej w hodowli roślin zostały wykorzystane prawie wyłącznie przez firmy i konsorcja prywatne, często o zasięgu międzynarodowym. Fakt ten w znacznym stopniu zadecydował o negatywnym nastawieniu do tej technologii wpływowych i lewicowych środowisk anty-korporacyjnych i antyglobalistycznych.

Publicznej dyskusji nad GMO w mediach towarzyszy ogromny „szum informacyjny” wymieszanie argumentów racjonalnych z uprzedzeniami, co utrudnia, lub wręcz uniemożliwia, osobom bezpośrednio niezwiązanym z zagadnieniem wyrobienie sobie poglądu i zajęcie własnego stanowiska w tej sprawie. Z kolei, wypowiedzi osób obeznanych z merytorycznymi i technicznymi aspektami GMO są traktowane z nieufnością ze względu na podejrzenia o stronniczość, wynikającą z bezpośredniego zaangażowania w badania i wytwarzanie GMO.

Transgeniczne odmiany roślin uprawnych, czyli rośliny GM, są najskrupulatniej badanymi odmianami w całej historii hodowli roślin. Badania te prowadzi rządowe, wyspecjalizowane agendy takie, jak: FDA, USDA w USA czy EFTA i EFSA w Unii Europejskiej oraz urzędy odpowiedzialne za rejestrację odmian. Tak skrupulatnie nie badano dotąd odmian uzyskiwanych przy pomocy znacznie bardziej „inwazyjnych” niż transgeneza technik, takich jak hodowla mutacyjna przy wykorzystywaniu silnych dawek promieniowania jonizującego czy poliploidyzacja z udziałem kolchicyny, substancji niszczącej podziały komórkowe.

Teza, że żywności jest „dość”, a jedynie tylko szwankuje dystrybucja, jest fałszywa z arytmetycznego punktu widzenia, ale bardzo nośna propagandowo: paskudni bogaci nie chcą się dzielić z głodującymi biedakami. Polemika z tym twierdzeniem wymagałaby całego artykułu. Zainteresowanych należy odesłać do wypowiedzi dra Normana Borlauga, laureata Pokojowej Nagrody Nobla za uratowanie od śmierci głodowej miliarda ludzi w tzw. trzecim świecie dzięki „zielonej rewolucji”. Greenpeace oczywiście krytykuje „zieloną rewolucję”, bo rozwarstwiła społecznie wieś i nie uratowała wszystkich.

Perspektywy zielonej biotechnologii

Wprowadzanie do produkcji odmian transgenicznych, podobnie jak wprowadzanie wszelkich innych technologii w rolnictwie, wiąże się oczywiście z pewnymi zagrożeniami, z których pewne można przewidzieć, innych nie. Jak już wspomniano, starając się przewidzieć (i tym samym im zaradzić) ewentualne zagrożenia związane z wprowadzeniem do uprawy transgenicznych odmian roślin, należy zidentyfikować te z nich, które bezpośrednio wiążą się z transgenicznym charakterem tych odmian i oddzielić od tych,

które towarzyszą wprowadzaniu do uprawy każdej nowej odmiany wyhodowanej w „konwencjonalny” sposób.

Na zamówienie Ministerstwa Rolnictwa USA Amerykańska Akademia Nauk opublikowała w 2002 r. raport o wpływie roślin transgenicznych na środowisko (*Environmental Effects of Transgenic Plants*), koncentrujący się na ocenie, w jaki sposób istniejące regulacje prawne pozwalają przewidywać potencjalne zagrożenia związane z tą technologią. Najważniejsze konkluzje tego opracowania można przedstawić następująco (ACAB: Report 2001. www.usda.gov).

- 1) Rolnictwo w swojej istocie jest aktywnością w świadomy sposób ograniczającą bioróżnorodność; jest ona eliminowana w celu uzyskania produktywności upraw, w miarę jak rolnictwo zwiększa swoją produktywność, staje się działalnością w coraz większym stopniu zunifikowaną i prowadzoną na coraz większą skalę.
- 2) Potencjalny wpływ upraw transgenicznych należy rozpatrywać w kontekście oddziaływania na środowisko innych technologii i praktyk rolniczych.
- 3) Proces transgenezy nie wiąże się z innym rodzajem ryzyka niż to związane z tradycyjnymi metodami tworzenia zmienności genetycznej (oddalone krzyżowanie, mutageniza).
- 4) Teoretycznie nie ma zasadniczej różnicy pod względem potencjalnych zagrożeń dla środowiska między odmianami transgenicznymi a introdukcją nowych gatunków z odmiennych ekosystemów, jednak w przypadku roślin transgenicznych ich znaczny stopień udomowienia i tym samym ograniczone możliwości utrzymania się w środowisku znacznie zmniejszają ryzyko tych zagrożeń w porównaniu z tzw. gatunkami inwazyjnymi.
- 5) Procedury stosowane w procesie uwalniania do środowiska roślinnych GMO, zakładające, że potencjalne zagrożenia są analogiczne jak w przypadku gatunków inwazyjnych, są nadmiernie restrykcyjne, ale ich stosowanie przy wprowadzaniu tej nowej technologii wydaje się uzasadnione społecznie.

Inny rodzaj zagrożeń może wynikać z nieprawidłowego wykorzystywania odmian transgenicznych, podobnie jak inne zagrożenia spowodowane błędnym stosowaniem innych technologii w rolnictwie (np. BSE, skażenia pestycydami). Szczególnym przykładem mogą być odmiany soi odporne na herbicyd Roundup; atrakcyjne jest stosowanie tych odmian w systemie bezorkowej uprawy. Niewątpliwą korzyścią stosowania obu tych technologii jest znaczne zmniejszenie erozji gleb, szczególnie na terenach pofałdowanych, ale z drugiej strony istnieje niebezpieczeństwo nadmiernego stosowania herbicydu w układzie wieloletniej monokultury. Wstępne badania wskazują, że ciągłe stosowanie Roundupu powoduje ograniczenie w rozwoju systemu korzeniowego i zdolności symbiotycznego wiązania azotu, co w oczywisty sposób rzutuje negatywnie na plonowanie. Należy się spodziewać, że podobnie jak w przypadku innych herbicydów, z czasem

powstaną ekotypy chwastów odpornych na ten herbicyd. Jest oczywiste, że korzyści ze stosowania tej technologii są ograniczone w czasie, analogicznie jak w przypadku konwencjonalnych odmian z odpornością na choroby, których komercyjny żywot jest ograniczony do czasu wytworzenia się ras patogenów niewrażliwych na dany gen odporności.

Te potencjalne zagrożenia są przedmiotem szczegółowej analizy we wszystkich procedurach oceny ryzyka niezbędnej we wszelkich regulacjach prawnych związanych z uzyskaniem zgody na wprowadzenie danego GMO do środowiska, zarówno w celach doświadczalnych, jak i produkcyjnych. Potencjalne zagrożenia związane z uprawą odmian transgenicznych należy jednak rozpatrywać wraz z korzyściami, jakie wynikają z ich użytkowania.

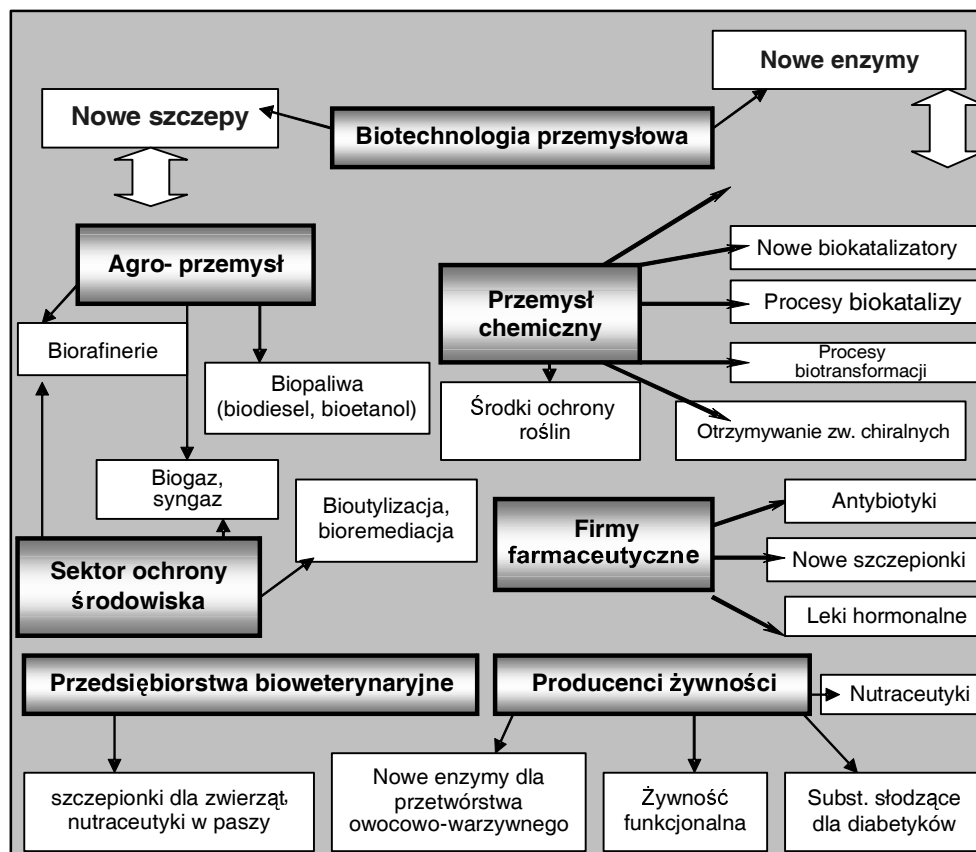
BIOTECHNOLOGIA PRZEMYSŁOWA

Zastosowanie biotechnologii w przemyśle nie ogranicza się do zmiany sposobu wytwarzania czy też ulepszenia już istniejących produktów, lecz umożliwia tworzenie zupełnie nowych. Atrakcyjność biotechnologii przemysłowej dla przedsiębiorców przejawia się w tym, że zastosowanie jej jest jednoznaczne z obniżeniem kosztów, otwiera drogę do nowych rynków zbytu dla innowacyjnych produktów, które mają szansę trafić na rynek znacznie szybciej. Biotechnologia przemysłowa, nazywana niekiedy „trzecią falą w biotechnologii”, może wywrzeć większy wpływ na świat niż dwie poprzednie „fale” (biotechnologia medyczna i agrobiotechnologia), jeśli tylko udałoby się rozwinąć w pełni jej potencjał.

Firmy biotechnologiczne stosują coraz doskonalsze techniki w celu odkrycia i ulepszenia enzymów obecnych w naturze. Nikt nie jest w stanie oszacować, ile nieznanymi jeszcze aktywnościami enzymatycznymi kryje się w słabo poznanych ekosystemach, takich jak lasy tropikalne, gorące źródła, okolice podbiegunowe. Wysoce prawdopodobne jest, że przynajmniej niektóre z tych aktywności mogłyby skierować przemysł biotechnologiczny na nowe tory, prowadząc do innowacyjnych produktów, a także dając początek zupełnie nowym gałęziom przemysłu. Coraz częściej uwidacznia się tzw. luka technologiczna, polegająca na opóźnieniu między dostępnością technologii i jej wykorzystaniem na szeroką skalę. Przyczyna tego zjawiska leży w niezmiernie szybkim tempie rozwoju nowoczesnej biotechnologii przemysłowej. Wyeliminowanie tej luki przez integrację nowych technologii do procesów przemysłowych przyspieszyłoby osiągnięcie nadrzędnego celu: zrównoważonego rozwoju. Przemysł chemiczny intensywnie poszukiwał drogi do zrównoważonego rozwoju przez ostatnie kilkadziesiąt lat.

Wartość dodana biotechnologii przemysłowej

Przemysł chemiczny jest jednym z największych sektorów przemysłowych, ma on również liczne powiązania z innymi sektorami (ryc. 1) oraz spełnia ważną rolę w rozwoju technologicznym i organizacyjnym.



Ryc. 1. Powiązania między różnymi sektorami przemysłu

Przemysł ten rozwija się bardzo dynamicznie i szybciej niż pozostałe sektory. Produkcja przemysłu chemicznego stanowi 6% produkcji całego przemysłu w 2004 r.^{*}, utrzymując się na podobnym poziomie przez ostatnie dziesięć lat. Przemysł chemiczny zatrudnia 1,3% osób pracujących. Biotechnologia przemysłowa pozwala na ukierunkowanie produkcji przemysłu chemicznego na nowe produkty bądź na zmianę procesów technologicznych, gdyż część działów przemysłu chemicznego i biotechnologicznego jest wspólnych, a ponadto zarówno przemysł chemiczny, jak i biotechnologiczny, pozostają ściśle związane, przeznaczają dużą część swoich produktów/półproduktów na wzajemne potrzeby. Oszacowano, iż wpływ biotechnologii na przemysł chemiczny wzrośnie do 2010 r. z poziomu 10% do 20%^{**}. Rozwój przemysłu biotechnologicznego wpływa na

* Dane GUS

** Szacunek McKinsey and Company, dostępne na stronie: www.europabio.org

rozwój przemysłu chemicznego i może spowodować wzrost zatrudnienia w sektorze przemysłowym.

Przemysł papierniczy: Biotechnologia przemysłowa pozwala na usprawnienie procesu produkcji poprzez zastosowanie enzymów obniżających poziom szkodliwych substancji ubocznych, pozwalając na rozwój przemysłu i obniżenie jego szkodliwości.

Przemysł włókienniczy: Enzymy pozwalają na wzrost skuteczności detergentów, co umożliwi zmianę procesów produkcji (w tym znaczne obniżenie kosztów) i wytwarzanie nowych produktów, m.in. są stosowane mniej szkodliwe substancje w procesie farbowania i obróbki tekstyliów.

Przemysł energetyczny: Zastosowanie nowych procesów i odnawialnych surowców pozwoli na zmniejszenie zanieczyszczeń i obciążenia dla środowiska spowodowanych wydobywaniem kopalin i produkcją energii.

Przemysł informatyczny: Rozwój bioinformatyki (biochipy do identyfikacji, badania nad genomem, tworzenie baz danych) może zaowocować nowymi miejscami pracy i innowacyjnymi produktami wdrażanymi na całym świecie.

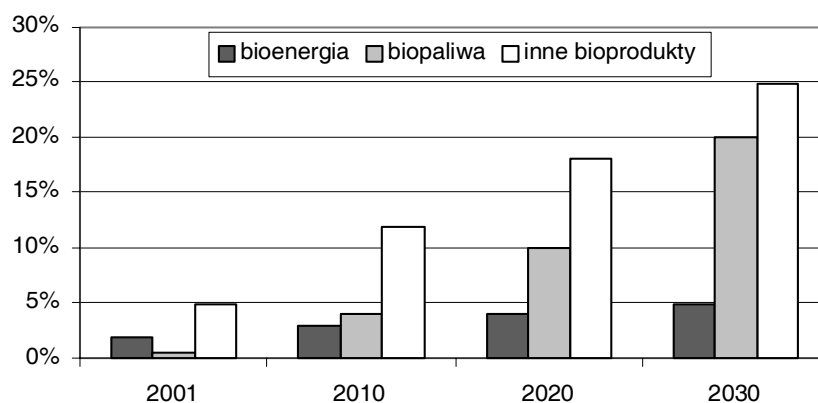
Poza rozwojem poszczególnych branż przemysłu, biotechnologia przemysłowa wpływa na stan gospodarki krajowej przez obniżenie kosztów w związku z ulepszeniem/tworzeniem nowych surowców oraz obniżanie kosztów procesów przemysłowych. Kolejne źródło dochodów generowanych przez biotechnologię przemysłową stanowią nowe, innowacyjne produkty i poprawione procesy technologiczne. Dynamicznie rozwijająca się dziedzina pozwala na utworzenie nowych miejsc pracy w obszarach związanych z biotechnologią przemysłową.

Biotechnologia występuje w drugim z dziewięciu priorytetów 7. Programu Ramowego związana bezpośrednio z biotechnologią przemysłową: „Bioekonomia oparta na wiedzy” (*knowledge-based bio-economy*). Jest to wizja społeczeństwa przyszłości, które przykładowo wyzwoli się z uzależnienia od paliw kopalnych – energię i surowce dla przemysłu czerpać będzie z biomasy. Miejsce rafinerii opartych na ropie naftowej zajmą biorafinerie, gdzie w harmonii ze środowiskiem naturalnym wytwarzane będą z coraz wyższą wydajnością biochemikalia, biomateriały, biopaliwa i bioenergia, zaś wachlarz dostępnych produktów poszerzy się znacznie, gdyż bioprocessy to jedna z najpotężniejszych sił napędowych innowacji. Według danych Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD)* obecnie wydajność produkcji aminokwasów jest ponad 15-krotnie większa niż w pierwszym tego rodzaju bioprocessie. Zastąpienie syntezy chemicznej biosyntezą zdecydowanie upraszcza proces, co przekłada się na znaczną redukcję kosztów, np. witamina B₂, niegdyś otrzymywana na drodze sześćoetapowej syntezy chemicznej, dziś powstaje w jednostopniowym procesie fermentacji. Dalsza redukcja kosztów

* <http://www.bio-economy.net/centre6fig.html> (10 XI 2005)

wynika ze zmniejszenia zużycia energii; np. akrylamid (surowiec do produkcji polimerów) o wyższym stopniu czystości jest wytwarzany w bioprocesie o pięciokrotnie niższym zapotrzebowaniu na energię w stosunku do pierwotnej metody syntezy chemicznej.

Zgodnie z koncepcją zintegrowanych biorafinerii biomasa wykorzystywana będzie nie tylko do produkcji energii i paliwa, ale również jako materiał wyjściowy do otrzymywania szerokiej gamy innych bioproduktów* (biodegradowalne polimery, pasze, żywność). Warto odnotować, że według krótko- i długoterminowych prognoz obserwowany będzie ciągły wzrost udziału biomasy jako surowca dla przemysłu energetycznego i chemicznego (ryc. 2).



Ryc. 2. Udział biomasy w produkcji energii, paliw i innych bioproduktów w USA

Według opublikowanej przez Komisję Europejską długoterminowej prognozy dotyczącej światowych zasobów i zużycia energii, a także technologii i zmian klimatycznych, zużycie energii w skali światowej będzie rosło o 1,8%/rok (dla UE: 1,4%/rok). W krajach UE obserwuje się ciągły wzrost udziału energii odnawialnej w ogólnej puli zużywanej energii. „Biofuels barometer” (2005 r.) podał, że na obszarze UE odnotowano wzrost produkcji biopaliw o 25,7%**.

Strategiczne cele

Biotechnologia przemysłowa jest dziedziną multidyscyplinarną, wykorzystującą wiedzę z zakresu biologii, mikrobiologii, biochemii, biologii molekularnej, chemii,

* <http://www.bio-economy.net> (10 XII 2005)

** *Biofuels barometer*, „Observer”, 2005

inżynierii procesowej, itp. Strategiczny plan badań (SRA), który został opublikowany przez Komisję Europejską 6 listopada 2005 r., obejmuje następujące obszary badawcze:

- **nowoczesne enzymy i mikroorganizmy** – poszukiwanie nowych enzymów i mikroorganizmów w specyficznych lub ekstremalnych środowiskach, czy to przez bezpośrednią izolację, czy też przez badania metagenomu, pozwoli rozszerzyć zakres procesów biologicznych, które będzie można wykorzystać w przemyśle;
- **genomika mikrobiologiczna i bioinformatyka** – zrozumienie procesów życiowych mikroorganizmów wymaga wiedzy z zakresu ich genetyki. Opracowanie dokładnych map genomowych drobnoustrojów pozwoli na zidentyfikowanie pożądaných lub bardziej efektywnych szlaków metabolicznych, a następnie wykorzystanie ich w procesach przemysłowych;
- **inżynieria i modelowanie metaboliczne** – postępy w zrozumieniu metabolizmu mikroorganizmów dają możliwości do takiego modyfikowania szczepów bakterii, drożdży i innych grzybów, aby produkowały one nowe substancje lub z większą wydajnością można było otrzymywać dotychczasowe produkty;
- **optymalizacja działania enzymów** – takie techniki, jak inżynieria białek, tasowanie genów, ukierunkowana ewolucja dają szansę na konstruowanie/otrzymywanie enzymów ściśle przystosowanych do określonych warunków procesu przemysłowego. Stwarza to zatem szansę na syntezę nowoczesnych biokatalizatorów dla całkowicie nowych zastosowań;
- **projektowanie procesów biokatalitycznych** – wykorzystanie procesów biotechnologii przemysłowej/biokatalizy stosowanej dla określonych zastosowań przemysłowych, w tym procesów zintegrowanych z konwencjonalnymi przemianami chemicznymi, wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na projektowanie procesów biokatalitycznych. Inżynierskie podejście do danego problemu jest wstępnym warunkiem do udanego wprowadzenia biotechnologii przemysłowej do różnych gałęzi przemysłu;
- **innowacyjna inżynieria fermentacyjna** – wykorzystanie wiedzy z zakresu fizjologii wzrostu mikroorganizmów i sposobów ich hodowli oraz lepsze zrozumienie metod konstrukcji bioreaktorów i ich wyposażenia/oprzyrządowania będzie skutkowało opracowaniem nowoczesnych procesów możliwych do wykorzystania w przemyśle;
- **innowacyjne procesy wyodrębniania i oczyszczania produktów** – opracowanie efektywnych, korzystnych ekonomicznie metod wyodrębniania i oczyszczania produktu ze środowiska hodowlanego jest kolejnym niezbędnym warunkiem pomyślnego zastosowania bioprocessu w cyklu produkcyjnym.

Źródła finansowania

Potencjalnie ważnym źródłem finansowania biotechnologii przemysłowej * są fundusze *venture capital* (VC), których co prawda nadal mało znajduje się w Polsce, lecz powstaje ich coraz więcej. Alternatywą jest kredyt bankowy, lecz wymaga on posiadania wysokich zabezpieczeń i obciąża firmę koniecznością regularnych spłat, co z kolei wymaga systematycznej i wysokiej płynności. Trudno go uzyskać firmie młodej lub inwestującej głównie w badania naukowe, które w początkowych etapach nie pozwalają przedsiębiorstwu na czerpanie zysków z nowej technologii czy też produktu. Natomiast inwestor branżowy z reguły przejmuje kontrolę nad nabywaną spółką, włącza ją w swoje struktury i wymaga dostosowania jej działalności do swoich celów. To zaś oznacza zwykle utratę niezależności firmy i jej zarządu. VC inwestują w branże związane z nowymi technologiami (telekomunikacja, informatyka, elektronika, jak również biotechnologia), którym trudno jest pozyskać fundusze z sektora bankowego ze względu na podwyższone ryzyko inwestycyjne i często niemożliwość zaproponowania zastawu w formie majątku trwałego, gdyż w dużej mierze firmy te opierają się na wartościach niematerialnych (patenty, know-how itd.). Zainteresowanie funduszy VC biotechnologią (w tym przemysłową) wzrasta z roku na rok**. W 2002 r. inwestycje funduszy VC i *private equity* w sektor biotechnologii wyniósł ok. 2 mln zł ***, którego część mogła zostać przeznaczona na projekty związane z rozwojem biotechnologii przemysłowej. Biotechnologia przemysłowa często wymaga bardzo wysokich nakładów finansowych na etapie przygotowania technologii produkcji i wiąże się z dużym ryzykiem, a więc fundusze VC interesują się głównie tymi przedsiębiorstwami biotechnologicznymi, które przeszły wstępny etap przygotowania produktu/procesu i poszukują środków finansowych na jego komercjalizację.

Realne możliwości rozwoju biotechnologii przemysłowej w kraju

Rozwiązania biotechnologiczne stosowane powszechnie w takich branżach, jak: przemysł chemiczny, farmaceutyczny, tekstylny, celulozowo-papierniczy czy spożywczy pozwoliły znacznie zredukować bądź wyeliminować szkodliwość produkcji, ograniczyły generowanie odpadów i zmniejszyły energochłonność procesów, poprawiając jednocześnie ich charakterystykę ekonomiczną.

Poszukiwania biotechnologicznej alternatywy dla tradycyjnych procesów koncentrują się zasadniczo na zastąpieniu surowców kopalnych odnawialnymi materiałami (bio-

* Wg BioWorld w USA ok. 25% funduszy na biotechnologię pochodzi z funduszy VC.

** Zob. P. Tamowicz, P. Rot, *Fundusze Venture Capital w Polsce*, PARP, Warszawa 2002.

*** Zob. Polskie Stowarzyszenie Inwestorów Kapitałowych, *Rocznik 2004*, Warszawa 2004.

masą) przy jednoczesnym wprowadzeniu biokatalizy (opartej na mikroorganizmach bądź wyizolowanych enzymach) w miejsce tradycyjnie stosowanych przemian chemicznych.

Baza surowcowa

Tabela poniżej przedstawia wybrane elementy ze struktury zasiewów w Polsce według spisu rolnego z 2002 r., badań GUS za 2004 r. i oficjalnych danych statystycznych dotyczących wcześniejszych lat.

Tabela 1. Procentowy udział wybranych upraw w ogólnej strukturze zasiewów w Polsce od roku 1990 do 2004. Ogólna powierzchnia zasiewów w danym roku = 100%.

	1990	1996	2002	2003	2004
Zboża razem	59,9%	70,9%	77,1%	71,4%	70,1%
<i>w tym:</i>					
zboża podstawowe	51,0%	59,7%	61,1%	68,6%	69,9%
<i>w tym:</i>					
pszenica	16,0%	20,2%	22,4%	21,0%	20,4%
żyto	16,3%	19,6%	14,5%	14,1%	13,7%
kukurydza na ziarno	0,4%	0,6%	3,0%	3,2%	3,6%
Strączkowe jadalne	0,3%	0,4%	0,4%	0,6%	0,7%
Ziemniaki	12,9%	10,9%	7,5%	7,0%	6,3%
Buraki cukrowe	3,1%	3,7%	2,8%	2,6%	2,6%
Rzepak i rzepik	3,5%	2,3%	4,1%	3,9%	4,8%

Surowce skrobiowe

Dominująca pozycja zbóż w strukturze zasiewów krajowych w sposób jednoznaczny wskazuje te rośliny jako podstawowe, potencjalne źródło biomasy. Takie stwierdzenie znajduje potwierdzenie w faktycznym obrazie aktualnie funkcjonujących odgałęzień biotechnologii przemysłowej. Zboża stanowią ponad 80% surowców wykorzystywanych do produkcji etanolu, tak na potrzeby spożywcze, jak i techniczne (głównie paliwowe). Spośród nich w produkcji przemysłowej rolę dominującą odgrywa żyto i coraz częściej pszenżyto oraz kukurydza. Powodów takiego stanu rzeczy można wymienić kilka. Przede wszystkim żyto jest zbożem najlepiej przystosowanym do polskich warunków klimatycznych, charakteryzujących się stosunkowo krótkim okresem wegetacji, niską sumą opadów rocznych i niekorzystnym ich rozłożeniem. Również warunki glebowe panujące w Polsce (dość słabe gleby o kwaśnym odczynie) w sposób wyraźny predysponują rośliny o niskich wymaganiach, takie właśnie jak żyto. Jednocześnie w sposób ciągły obserwuje się wzrost plonowania podstawowych zbóż, w tym żyta.

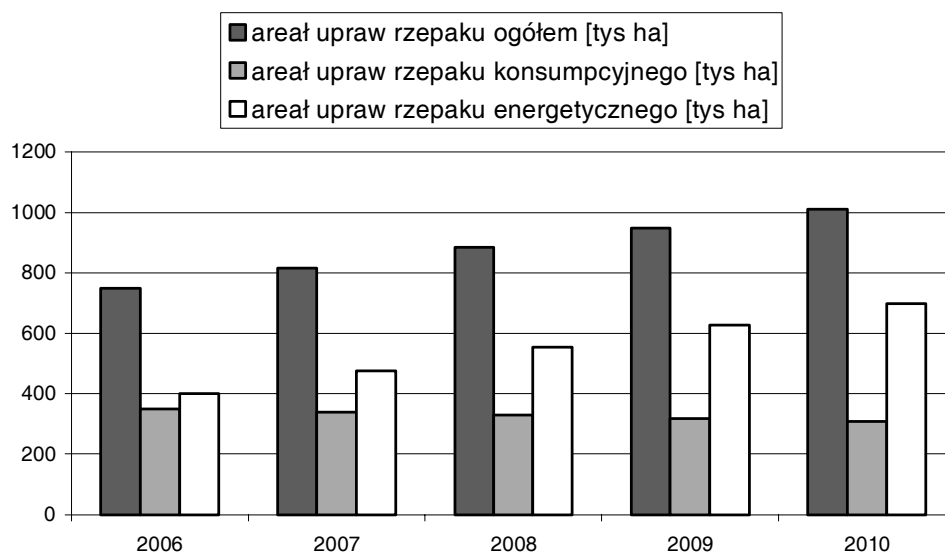
Obok tych dwóch podstawowych i powszechnie stosowanych na potrzeby przemysłu zbóż, coraz większą uwagę skupia się na kukurydzy. Nowe odmiany kukurydzy przewyższają wszystkie inne zboża uprawiane w Polsce pod względem wysokości plonów, skrobiowości czy łatwości przerobu w różnego rodzaju procesach przemysłowych. Wykorzystanie kukurydzy na potrzeby produkcji etanolu do produkcji biopaliw wzrosło znacznie w ostatnich latach.

Surowce ligno-celulozowe

Jednym z dominujących trendów w światowej biotechnologii jest obróbka i wykorzystanie materiałów ligno-celulozowych. Produkcji dowolnego zboża na ziarno towarzyszy poboczna produkcja znacznej ilości słomy, która może stanowić znakomity surowiec celulozowy dla procesów biotechnologicznych. Stosunek plonu słomy do plonu ziarna dla żyta wynosi średnio ok. 1,45. Dla pszenżyta od 1,13 do 1,18, a dla pszenicy ok. 0,9. Przy polskiej charakterystyce upraw co roku produkuje się około 30 mln ton słomy. Znaczna jej część (aczkolwiek wciąż malejąca) wykorzystywana jest na cele produkcji zwierzęcej, część wraca do gleby w postaci nawozu organicznego. Razem na te cele zagospodarowuje się około 50% słomy.

Surowce oleiste

Jako podstawowy surowiec oleisty możliwy do wykorzystania i produkcji w warunkach polskich wskazuje się rzepak. W Polsce występują jednak pewne ograniczenia klimatyczno-przyrodnicze związane z produkcją rzepaku. Można go uprawiać na ok. 50% gruntów ornych Polski.



Ryc. 3. Wzrost areału upraw rzepaku z podziałem na grupy zastosowań

Na areal tej rośliny znaczny wpływ będzie mieć bez wątpienia potencjalny rozwój rynku biodiesla. Wykres (ryc. 3) obrazuje przemiany w podstawowych parametrach dotyczących produkcji rzepaku w Polsce według Krajowej Izby Biopaliw.

Branże przemysłowe o realnych szansach rozwoju do roku 2013

Biopaliwa

Spośród gałęzi produkcji biotechnologicznej wydaje się, że właśnie produkcja biopaliw płynnych ma największe szanse szybkiego rozwoju. Etanol w postaci czystej bądź w formie eterów dodawany był do paliw w Polsce od roku 1993. W roku 1997 ilość tego biokomponentu w benzynach sprzedawanych w kraju osiągnęła wartość 111 mln litrów. Od tamtej pory udział etanolu w benzynach w Polsce spada z roku na rok i w roku 2004 na potrzeby paliwowe wykorzystano tylko ok. 48 mln litrów. Liczba ta przekłada się na udział energetyczny etanolu w benzynach zużytych w transporcie w wysokości 0,3%. Jest to wartość bardzo niska, zdecydowanie poniżej krajowych potrzeb i możliwości. Przyczyn takiego spadku jest wiele. Od ekonomicznych, przez technologiczne, aż po uwarunkowania polityczne. Istotnym jednak jest, że przemysł Polski już dzisiaj dysponuje infrastrukturą i zapleczem surowcowym, które pozwalają co najmniej podwoić poziom produkcji etanolu na potrzeby paliwowe. Sytuacja wygląda inaczej w przypadku produkcji estrów wyższych kwasów tłuszczowych (biodiesla). Ten sektor w Polsce jest branżą znajdującą się praktycznie w fazie badawczo-rozwojowej. Pojawiają się dopiero pierwsi producenci i dlatego brak jest dokładnych danych dotyczących wykorzystania biodiesla w krajowej produkcji olejów napędowych. Zdolności produkcyjne zlokalizowane u krajowych wytwórców biodiesla pod koniec 2004 r. wynosiły około 100 do 120 tys. ton/rok, z czego 80% miała Rafineria Trzebinia, wchodząca w skład grupy Orlen, która uruchomiła produkcję dopiero w grudniu 2004.

Produkcja enzymów

Enzymy stosowane są powszechnie w takich branżach, jak: przemysł tekstylny (bioprodukcja wyrobów z tkanin i dzianin celulozowych i białkowych – np. wełna), przemysł detergentów i środków do prania, produkcja etanolu (tak spożywczego, jak i paliwowego oczywiście), przemysł paszowy, owocowo-warzywny, piwowarski czy drzewno-papierniczy. Wiele branż czeka na opracowanie biokatalizatorów mogących zastąpić dotychczas stosowane procesy chemiczne. Praktycznie całość zapotrzebowania na produkty enzymatyczne jest zaspokajana przez globalnych producentów.

Biomateriały/biopolimery

Zagadnienia biotechnologiczne dotyczące produkcji biomateriałów/biopolimerów podzielić można na dwie zasadnicze podgrupy na podstawie docelowego wykorzystania

produktów. Są to biomateriały/biopolimery wykorzystywane w praktyce medycznej oraz przemysłowej. Obie te branże ze względu na swą innowacyjność i potencjał rozwojowy wymagają szczególnej uwagi. Polskie osiągnięcia w dziedzinie funkcjonalnych biopolimerów koncentrują się przede wszystkim w pierwszej wspomnianej grupie – praktyki medycznej. Celuloza bakteryjna stosowana docelowo jako materiał opatrunkowy jest tematem badawczym o bardzo dużym potencjale. Wyniki, którymi polska nauka dysponuje w tej chwili, są bardzo obiecujące, dlatego też wyznaczenie konkretnych kierunków działania może zagwarantować dynamiczny rozwój.

Biotechnologia w farmacji

Podstawową przeszkodą stojącą na drodze inkorporowania nowoczesnych metod biotechnologicznych w produkcji farmaceutycznej jest słaba pozycja finansowa poszczególnych przedsiębiorstw i związany z tym brak środków inwestycyjnych. Bez wątplenia można znaleźć wiele elementów i procesów, gdzie tradycyjne metody syntezy chemicznej mogłyby zostać zastąpione prostszymi, mniej szkodliwymi oraz tańszymi metodami biotechnologicznymi. Jednocześnie wspomnieć należy cenne doświadczenia krajowego przemysłu farmaceutycznego, które dowodzą jego gotowości do absorbowania metod z zakresu biotechnologii. Są to choćby prężnie działające działy biosyntezy funkcjonujące w ramach zakładów Polfy Tarchomin (jeden z czołowych producentów erytromycyny). Za kolejny znakomity przykład posłużyć może firma Bioton, której spektakularny sukces dowodzi potencjału polskiej branży biotechnologicznej. Firma ta jest doskonałą ilustracją budowania przedsięwzięcia rynkowego wokół pojedynczego, konkretnego wynalazku. Rekombinowana insulina ludzka produkowana przez Bioton podbija nie tylko polski rynek, ale i rynki zagraniczne, a władze firmy myślą o dynamicznym rozwoju. Widać na tym przykładzie, że można z powodzeniem konkurować na rynku, wydawać by się mogło opanowanym i podzielonym między dużych, globalnych producentów.

Perspektywy białej biotechnologii

Rozwój biotechnologii przemysłowej w Polsce zależy od wielu czynników. Niezmiernie istotna jest polityka państwa dotycząca biotechnologii. Koniecznie musi nastąpić poprawienie sytuacji w obszarze finansowania badań naukowych, w tym również stworzenie warunków, które wytworzą większe zainteresowanie modernizacją procesów technologicznych przez przedsiębiorstwa prywatne, a ponadto umożliwienie dofinansowania w zakresie aparatury i diagnostyki oraz stymulowanie tworzenia zespołów badawczych. W tym celu niezbędne jest w stworzenie jednolitego programu rozwoju biotechnologii przemysłowej w Polsce, także zdefiniowanie strategicznych obszarów badań z odpowiednim wsparciem finansowym oraz otoczeniem prawnym.

FIOLETOWA BIOTECHNOLOGIA, CZYLI ASPEKTY SPOŁECZNE I PRAWNE BIOTECHNOLOGII

Podstawowym aktem prawnym normującym zagadnienia organizmów genetycznie zmodyfikowanych w Polsce jest ustawa z 22 czerwca 2001 r. O organizmach genetycznie zmodyfikowanych (Dz.U., nr 76, poz. 811 z późn. zm.), która weszła w życie 26 października 2001 r.; ustawa została nowelizowana w roku 2003 (nowelizacja weszła w życie 8 sierpnia 2003 r.).

Zakres przedmiotowy ustawy obejmuje:

- zamknięte użycie organizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMO),
- zamierzone uwalnianie GMO do środowiska,
- wprowadzanie do obrotu produktów GMO,
- wywóz za granicę i tranzyt produktów GMO,
- właściwość organów administracji rządowej w sprawach GMO.

Z uregulowań tej ustawy wyłączony jest cały szereg ważnych zagadnień, a w szczególności:

- ustawy nie stosuje się do modyfikacji genetycznych genomu ludzkiego;
- w sprawach dotyczących żywności i środków farmaceutycznych stosuje się przepisy o bezpieczeństwie żywności i żywienia oraz przepisy o środkach farmaceutycznych, o ile nie są sprzeczne z przepisami tej ustawy.

Szczególnie istotne i ważne dla naszej gospodarki są obecnie dwie ustawy:

1) O nasiennictwie:

w ustawie z 26 czerwca 2003 r. O nasiennictwie (w brzmieniu nadanym ustawą nowelizującą z 27 kwietnia 2006 r.) przepisy art. 5 ust. 4 i art. 57 ust. 3 ustanawiają **zakaz rejestracji odmian genetycznie zmodyfikowanych oraz zakaz wprowadzania do obrotu materiału siewnego odmian genetycznie zmodyfikowanych**.

W tym kontekście prawnym Polski Związek Producentów Kukurydzy poinformował (30.09.2007 r.) o produkcyjnych uprawach kukurydzy MON 810 [Bt] w naszym kraju: W 2006 r. – 100 ha, natomiast w 2007 r. – 340 ha. Łącznie w 2007 r. uprawiano w krajach Unii Europejskiej ponad 100 000 ha.; natomiast w skali świata w 2006 r. łączny obszar upraw roślin GM wynosił 102 mln ha.

2) O paszach:

w ustawie z 22 lipca 2006 r. O paszach przepis art. 15 ust. 1 pkt 4 ustanawia **zakaz wytwarzania, wprowadzania do obrotu i stosowania w żywieniu zwierząt pasz genetycznie zmodyfikowanych**. Przepis, o którym mowa, będzie obowiązywał od sierpnia 2008 r.

Nowelizacje tych dwóch ustaw są sprzeczne ze stanem prawnym Unii Europejskiej. Dlatego ma miejsce procedura notyfikacji. Przepisy dotyczące (np. koegzystencji,

zakazu pasz GM) podlegają notyfikacji na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów z 23 grudnia 2002 r. w sprawie sposobu funkcjonowania krajowego systemu notyfikacji norm i aktów prawnych (Dz.U., nr 239, poz. 2039 z późn. zm.), które wykonuje dyrektywę 98/34/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 22 czerwca 1998 r. ustanawiającą procedurę udzielania informacji w zakresie norm i przepisów technicznych. Przykładowo: przepisy art. 111 ust. 2 pkt 5 i 6 oraz art. 172 ust. 1 (zakaz prowadzenia upraw GM), jako przepisy wprowadzające odstępstwa od dyrektywy 2001/18/WE, wymagają notyfikacji na podstawie art. 95 ust. 5 traktatu Wspólnoty Europejskiej.

Inne ważne normy prawne dotyczące bezpośrednio nowoczesnej biotechnologii to:

- Ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia. Określa wymagania i procedury niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa żywności i żywienia, a przepisy tej ustawy dotyczą również żywności genetycznie zmodyfikowanej. Ustawa precyzuje także organy urzędowej kontroli żywności: Główny Inspektor Sanitarny, Państwowa Inspekcja Sanitarna i Państwowa Inspekcja Weterynaryjna.
- Ustawa prawo własności przemysłowej regulująca zagadnienie własności intelektualnej.

13 lutego 2007 r. został przyjęty przez Radę Ministrów, kierowaną przez premiera J. Kaczyńskiego projekt Ustawy prawo o GMO. Projekt tej ustawy zgodny jest z ramowym stanowiskiem rządu RP w sprawie GMO opublikowanym 7.03.2006 r. W podstawowym zarysie zasadnicze tezy ramowego stanowiska rządu premiera J. Kaczyńskiego można sformułować następująco:

- 1) Zamknięte użycie GMO – jest dopuszczalne.
- 2) Uwolnienie doświadczalne GMO – nie jest dopuszczalne.
- 3) Produkty GM inne niż żywność i pasze – nie jest dopuszczalne.
- 4) Żywność GM – tak, ale wyłącznie produkowana i paczkowana poza Polską.
- 5) Pasze – niedopuszczalne.
- 6) Uprawa roślin GM – niedopuszczalne.

Celem projektu tej ustawy było, aby Polska była krajem wolnym od GMO. Podobne stanowisko przyjmują rządy: Austrii, Grecji, Węgier. W przypadku naszego kraju rząd premiera J. Kaczyńskiego podkreślał znaczenie deklaracji wszystkich [oprócz jednego] samorządów regionalnych oraz fakt, że 70-80% społeczeństwa jest przeciwna GMO. Warto również podkreślić, że 90% ekspertów to zwolennicy GMO.

Rozwiązania legislacyjne, które będą sprzeczne z legislacją Unii Europejskiej staną się podstawą konfliktu z Komisją UE (efektem takiej sytuacji będą nakładane kary umowne). W dalszej kolejności będzie miał miejsce konflikt ze Światową Organizacją Handlu (WTO); także w tym przypadku będzie miało miejsce nakładanie kar umownych. Pozwy z przemysłu, których efektem będą odszkodowania, to kolejna kwestia. Należy również oczekiwać zablokowania rozwoju i postępu nauki oraz edukacji, a w dalszej

konsekwencji także nastąpi obniżenie bezpieczeństwa kraju z powodu braku kadry oraz zaplecza badawczego. Legislacja zgodna z UE w zasadniczym stopniu zapewnia stymulację biogospodarki i zrównoważony rozwój.

Zespoły eksperckie Komitetu Biotechnologii przy Prezydium PAN oraz Polskiej Federacji Biotechnologii uważają, że konieczna jest aktualizacja polskiego prawa, ale projekt nowej polskiej legislacji „Prawo o GMO” przedłożony Komisji Europejskiej 13 kwietnia 2007 r. nie spełnia wymogów prawa unijnego. Zasadniczym celem rządu polskiego jest doprowadzenie do stanu prawnego uzasadniającego określenie Polski jako „kraju wolnego od GMO”. Jednakże realizacja tego celu i wprowadzenie bezzasadnie restrykcyjnego prawa jest w naszej ocenie sprzeczne z interesami gospodarki narodowej. Podstawą tego stanowiska rządu polskiego oraz proponowanej legislacji są przesłanki społeczne i polityczne, a nie dane merytoryczne oparte na badaniach naukowych. W szczególności:

1. Art. 172 ust. 1 i ust. 2 w zasadzie wprowadzają całkowity zakaz upraw roślin GM. Rząd polski nie przedstawia żadnych argumentów opartych na przesłankach naukowych wykazujących szkodliwość i zagrożenie roślin GM dla ludzi i (lub) środowiska. Prawo UE (Dyrektywa 2001/18/WE art. 3(b)) dopuszcza utworzenie rejestru odmian roślin GM i produkcję roślin GM. Ma zatem miejsce rozbieżność projektu legislacji polskiej z prawem UE, która jest dopuszczalna tylko w przypadku przedłożenia argumentacji naukowej uzasadniającej taką rozbieżność.
2. Projekt wymaga przedstawienia oceny zagrożenia (Art. 111 ust. 2 pkt 1) – przygotowanie takiej oceny zagrożenia jest nierealne do wykonania bez możliwości prowadzenia upraw roślin GM w otwartej przestrzeni, co jest niemożliwe w świetle art. 172 ust. 1 i ust. 2.
3. Projekt wymaga (art. 111 ust. 2 pkt 5) przedstawienia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego; jednakże takie plany nie istnieją dla większości regionów Polski.
4. Art. 22 Dyrektywy 2001/18/WE stanowi, że „państwa członkowskie nie mogą zakazywać, ograniczać ani utrudniać wprowadzenia do obrotu GMO w charakterze lub w składzie produktów, które są zgodne z wymaganiami ustanowionymi przez przepisy niniejszej dyrektywy”. Przedłożony projekt aktu prawnego „Prawo o GMO” nie spełnia wymogów tej normy prawnej, a rząd polski nie przedstawił żadnych argumentów merytorycznych uzasadniających restrykcyjność i sprzeczność z legislacją unijną.

Wielorakie obawy związane z użytkowaniem GMO w rolnictwie, które legły u podstaw abolicyjnych klauzul zawartych w polskich ustawach o paszach i nasiennictwie, uzyskały najkrótszą i najbardziej rzeczową odpowiedź w stanowisku Komisji Europejskiej odrzucającej koncepcje nowych polskich uregulowań prawnych („Decyzja”

Komisji Europejskiej opublikowana 19 stycznia 2008 r.). Komisja uznała że rząd polski nie przedstawił **żadnych danych merytorycznych** uzasadniających obawy przed GMO i żywnością GM dopuszczonych do uprawy i obrotu przez kompetentne organy UE zgodnie z odpowiednimi regulacjami prawnymi.

Należy podkreślić, że przepisy UE regulujące użytkowanie GMO, a szczególnie roślin GM w rolnictwie, są bardzo restrykcyjne, a zasada przezorności stosowana jest rygorystycznie.

Konkluzje

Oczywiście, te wszystkie pozytywne fakty nie zmieniają jednej zasadniczej słusznej tezy: każda innowacyjna technologia wymaga ciągłej, czujnej i obiektywnej analizy i szczególnej obserwacji, aby nie wystąpiły efekty uboczne, potencjalnie o nieznanym skutkach.

W odniesieniu do mitów podkreślić należy ogromny zakres obaw społeczeństwa europejskiego. „Strachy” biotechnologiczne powstały na naszym kontynencie i są mitami, które tworzą się z ogromnym hałasem, utrwalają się w ludzkiej świadomości, a odwoływane i prostowane są bardzo niechętnie i cicho.

Komercjalizacja biotechnologii wymaga długich terminów i inwestycji o wysokim ryzyku. Dlatego konieczne są regulacje prawne zgodne z normami międzynarodowymi oraz interesem gospodarki narodowej.

Genetically modified organisms – benefits and hazards for Poland

In his paper perspective and conditions for the development of biotechnology is presented within the context of legislation, public opinion as well as present situation in Poland, EU and in the World. Formation of bioeconomy in Poland Leeds industrial biotechnology in all sectors: agriculture, industry and medicine.

Key words: Poland, biotechnology, bioeconomy