

# Genetycznie zmodyfikowane rośliny – z laboratorium do praktycznego wykorzystania w europejskim rolnictwie. Część I

Anna LINKIEWICZ – Laboratorium Kontroli Genetycznie Modyfikowanych Organizmów, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Państwowy Instytut Badawczy, Radzików; Zbigniew T. DĄBROWSKI – Katedra Entomologii Stosowanej, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa; Sławomir SOWA – Laboratorium Kontroli Genetycznie Modyfikowanych Organizmów, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Państwowy Instytut Badawczy, Radzików

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, 66, 8, 843-855

## Wprowadzenie

W marcu 2012 r. koncern agrochemiczny BASF ogłosił zaprzestanie swoich doświadczeń hodowlanych nad genetycznie zmodyfikowanymi ziemniakami dostosowanymi do warunków uprawy w Europie. Firma zamyka swoje europejskie siedziby odpowiedzialne za biotechnologię, zwalniając pracowników i przenosząc oddziały do Ameryki i Azji. Jest to wyraźny sygnał wpływu bardzo restrykcyjnej polityki EU w odniesieniu do genetycznie zmodyfikowanych organizmów, co w połączeniu z niesprzyjającą atmosferą polityczną i rynkową wpływa na ograniczenie innowacyjności w badaniach i zastosowaniach dla europejskiego rolnictwa [1].

Biotechnologia daje unikalną możliwość wprowadzenia nowych właściwości do gatunków roślin uprawnych. Według definicji Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD), biotechnologia jest to świadczenie dóbr i usług z wykorzystaniem metod biologicznych. Rozwój biotechnologii obserwujemy głównie w trzech obszarach: 1) w rolnictwie z przetwórstwem rolno-spożywczym, 2) w przemyśle, 3) w farmacji z medycyną i weterynarią. Biotechnologia nie tylko może wspomóc tradycyjną hodowlę, ale pozwala na ulepszanie roślin z pominięciem bariery krzyżowania, będącego podstawą generowania zmienności w hodowli konwencjonalnej. Wahania klimatyczne powodują zmiany w biocenozach, których przykładem może być pojawienie się nowych szkodników upraw oraz anomalie pogodowe, których efektem są długotrwałe susze lub powodzie. Producenci są zainteresowani technologiami, które zapewnią im większe plony poprzez zmniejszenie szkód powodowanych przez choroby i szkodniki oraz ograniczą wrażliwość rośliny na niekorzystne czynniki zewnętrzne. Ponadto biotechnologia dostarcza hodowli roślin innych technik, takich jak: podwojone haploidy, zmienność somaklonalna, selekcja oparta o markery molekularne, mikropropagacja, regeneracja *in vitro*. Genetycznie zmodyfikowane rośliny uprawne odporne na stresy biotyczne i abiotyczne mogą być pomocne w ograniczaniu ważnych problemów wynikających ze zmian środowiska. Uważa się, że właśnie odmiany roślin odporne na stresy abiotyczne (suszę, zalewanie, niskie temperatury, lepiej wykorzystujące związki mineralne) będą miały istotne znaczenie dla zwiększonej produkcji żywności. Z drugiej strony, producenci europejscy podchodzą sceptycznie do rozwiązań oferowanych przez biotechnologię, z powodu braku akceptacji ze strony rynku i konsumentów oraz niekorzystnych rozwiązań prawnych [2].

## Czym jest genetycznie zmodyfikowany organizm roślinny?

Roślina, podobnie jak inne organizmy wyższe, zawiera w komórkach kwas dezoksyrybonukleinowy, z którego zbudowane są geny. Roślina transgeniczna (genetycznie zmodyfikowana) zawiera gen lub geny, które zostały zmienione metodami inżynierii genetycznej w wy-

niku działania człowieka. Zmiany te mogą dotyczyć genów już obecnych w roślinie, np. wyciszenia lub wzmocnienia ich ekspresji, lub być związane z wprowadzeniem nowego genu. Różnica, w porównaniu do klasycznej hodowli, sprowadza się do metody, którą wprowadza się zmiany w genach roślin. W rzeczywistości bowiem wszystkie rośliny uprawne przeszły długotrwałe procesy zmian w genach, od stanu dzikiego do udomowienia. Wykorzystanie roślin przez człowieka wiąże się z procesem udomawiania, ukierunkowanej selekcji, a później hodowli, które to procesy powodowały zmiany w puli genowej populacji, prowadząc do uzyskania przez roślinę nowych cech i właściwości. Zmiany wprowadzone metodami hodowli klasycznej, często wspieranej osiągnięciami biotechnologii – jak np. kultury *in vitro* czy selekcja wspomagana markerami molekularnymi, pozwoliły na znaczny postęp w tworzeniu nowych odmian. Metoda inżynierii genetycznej została zastosowana po raz pierwszy w 1973 r. do wytworzenia zrekombinowanego organizmu – bakterii [3]. W 1979 r. Bedbrook i współpracownicy z uniwersytetu w Cambridge pokazali, że roślinne DNA może być także klonowane i replikowane w bakterii, tak samo jak każde inne DNA [4]. Era klonowania genów roślinnych została zapoczątkowana sukcesem w klonowaniu rybosomalnego DNA i sekwencji powtórzeń telomerowych u pszenicy, zrewolucjonizowała oblicze dzisiejszej hodowli roślin. Dała możliwość przeniesienia dowolnego genu pomiędzy gatunkami, także tymi, które nie mogą się krzyżować. Kwas dezoksyrybonukleinowy jest częścią uniwersalną dla świata organizmów żywych, ale niektóre cechy są właściwe wyłącznie dla pewnych gatunków. Jeśli więc chcemy, żeby kukurydza nie była uszkodzana przez omacnicę prosowiankę, zamiast oprysków preparatami zawierającymi bakterie pałeczki turyngskiej (*Bacillus truringiensis*), gen z tej bakterii może być metodami inżynierii genetycznej wprowadzony do genomu kukurydzy. Taka odmiana będzie sama produkowała białko CryIAb zapewniające jej ochronę przed szkodnikiem.

Organizm, w którym materiał genetyczny zmieniono w sposób niezachodzący w warunkach naturalnych (krzyżowanie lub naturalna rekombinacja), lecz technikami inżynierii genetycznej, nazywany jest organizmem genetycznie zmodyfikowanym (Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o organizmach genetycznie zmodyfikowanych (Dz. U. 2001, nr 76, poz. 811 [5])).

## Jakie cechy są zmieniane w roślinach metodami inżynierii genetycznej i w jaki sposób wprowadza się takie zmiany?

Tworzenie nowych odmian tradycyjnymi metodami hodowli, to długi i żmudny proces łączenia najlepszych genów. Zależnie od przyszłego zastosowania nowej odmiany, wprowadzane geny mogą odpowiadać za odporność na choroby czy szkodniki, zwiększenie plonu, tolerancję na chłód, suszę czy inne niekorzystne warunki środowiska.

Do czasu opracowania technik transformacji roślin i regeneracji komórek w kulturach *in vitro*, niemożliwe było przeniesienie genu z bakterii warunkującego np. odporność na owady do kukurydzy. Techniki biotechnologiczne umożliwiają hodowcy połączenie wielu korzystnych cech z różnych organizmów. Metodami inżynierii genetycznej, do roślin może być wprowadzona teoretycznie każda cecha. Donorem genu może być dowolny organizm. Zaletą tej technologii jest fakt, że to nie cały zestaw genów trafia do organizmu potomnego, tylko ściśle określony gen lub kilka genów, które będą odpowiadały za produkcję oczekiwanego białka.

Pierwsze transgeniczne rośliny – tytoń i petunia odporne na kanamycynę – zostały wyprodukowane w laboratoriach w 1983 r. [6, 7]. Upłynęło 10 lat, zanim pierwsza roślina GM – pomidor z zablokowanym genem poligalaktouronazy, trafił na rynek w Stanach Zjednoczonych i jeszcze dwa lata, zanim pierwszy produkt z genetycznie zmodyfikowanej rośliny – pasta pomidorowa – pojawił się na półkach sklepowych w Europie. W tym samym 1996 r. soja Roundup Ready, odporna na glifosat – substancję aktywną m.in. herbicydu Roundup, została autoryzowana do stosowania w żywności i paszach w Europie. Od tego czasu, co roku, nowe modyfikacje genetyczne są rejestrowane na świecie. Zarejestrowane do tej pory rośliny genetycznie zmodyfikowane charakteryzują się najczęściej jedną lub jednocześnie kilkoma z następujących cech: tolerancja na herbicydy, odporność na szkodniki, zmieniony skład aminokwasów lub tłuszczów, męska sterylność, zmieniony kolor, opóźnione dojrzewanie, wprowadzenie markera selekcyjnego czy odporność na wirusy.

Transgeniczne rośliny uzyskuje się w procesie transformacji genetycznej, w którym na skutek wprowadzenia egzogenego materiału genetycznego do komórki roślinnej następuje jego włączenie do genomu i pojawienie się nowej, dziedziczonej właściwości [8]. U podstaw metod transformacji roślin leży uniwersalność kwasu dezoksyrybonukleinowego (DNA), który jest materiałem zawierającym informację genetyczną u większości organizmów żywych. Informacja genetyczna zakodowana w układzie 4 zasad jest uniwersalna i może z równym skutkiem być odczytana w komórkach bakterii i w roślinie. Geny są określonymi fragmentami DNA kodującymi informację o białku. Nawet organizmy oddalone od siebie ewolucyjnie mają podobne mechanizmy konwertowania informacji genetycznej na informację aminokwasów białek, które pełnią funkcje strukturalne i funkcjonalne w komórce. Z tego względu, fragment DNA z bakterii jest właściwie odczytywany i interpretowany, kiedy trafi do komórki roślinnej.

Zanim jednak gen, np. z bakterii, trafi do komórki roślinnej, musi przejść serię procesów i adaptacji. Po pierwsze musi zostać znaleziony i wyizolowany z komórki bakteryjnej. Dalej sklonowany, czyli włączony i namnożony w wektorze, najczęściej bakteryjnym. Aby gen mógł ulec ekspresji w komórce roślinnej, konieczne jest sporządzenie konstrukcji genowej, która będzie miała dołączone sekwencje regulatorowe, zanim zostanie wprowadzona do rośliny. Do genu dodawana jest sekwencja promotorowa, kontrolująca kiedy i gdzie gen ulegnie ekspresji. W dotychczas wykorzystywanych roślinach GM najczęściej znajduje się konstytutywny promotor wirusa mozaiki kalafiora CaMV35S. Jego główną zaletą jest zapewnienie stałej ekspresji genu, niezależnej od typu tkanki, warunków zewnętrznych czy wieku rośliny. Obecnie do transformacji roślin wykorzystywane są coraz częściej bardziej specyficzne promotory, które włączają działanie genów w określonych organach roślinnych, np. w korzeniu, na określonym etapie życia rośliny, lub na skutek zadziałania konkretnego bodźca, np. światła.

Zdarza się, że wprowadzany gen jest tak zmieniany, by uzyskać w roślinie jego podwyższoną ekspresję. Tak stało się w przypadku genu Bt z *Bacillus thuringiensis*, w którym zmniejszono zawartość par zasad A-T, dopasowując proporcje do bardziej typowych dla genów roślinnych – bogatych w pary G-C, a jednocześnie nie zmieniając istotnie składu aminokwasowego powstającego białka. Powstająca konstrukcja genetyczna powinna zawierać, poza promotorem, sekwencję termi-

natorową, która jest sygnałem końca sekwencji kodującej. Dodawane są też często sekwencje markerowe, żeby w łatwy sposób można było identyfikować te komórki roślinne, które pozytywnie przeszły proces transformacji. Jest to praktyczne, ze względu na wciąż niską efektywność procesu transformacji, wynoszącą maksymalnie kilka procent. Geny markerowe, to często sekwencje warunkujące odporność na czynniki selekcyjne, jak antybiotyki czy substancje aktywne herbicydów, niekiedy warunkują też powstanie w komórce barwnego produktu jak białka fluorescencji GFP, lucyferazy czy -galaktozydazy. W każdym wypadku umożliwiają odróżnienie komórek, które pozytywnie przeszły proces transformacji, od reszty komórek. Kiedy sekwencja DNA w postaci konstrukcji do transformacji jest gotowa, należy go wprowadzić do komórki roślinnej.

Wykorzystywane praktycznie rośliny GM powstały głównie przy użyciu jednej z poniższych metod służących do wprowadzenia transgeny do komórki roślinnej:

1. Wykorzystując mechanizm podpatrzony w naturze, gdzie bakterie *Agrobacterium tumefaciens* lub *Agrobacterium rhizogenes* infekują komórki roślinne przenosząc swój DNA [9]. Bakterie te przekazują roślinie fragment T-DNA kolistej cząsteczki – plazmidu Ti (ang. *tumor inducing*) lub Ri (ang. *root inducing*), który ulega integracji z roślinnym DNA. W naturze geny na plazmidzie Ti/Ri, zmuszając komórkę roślinną do produkcji substancji potrzebnych do rozwoju bakterii, indukują rozwój na roślinie guzowatych narosli lub korzeni. Zmieniając skład genów na plazmidzie na korzystne dla ludzi, można użyć *Agrobacterium* jako wektora przenoszącego ważne geny z punktu widzenia biotechnologa. Przez długi czas metoda ta mogła być stosowana tylko do transformacji roślin dwuliściennych, które są naturalnymi gospodarzami *Agrobacterium*, ale od 1994 r. z powodzeniem jest wykorzystywana do transformacji jednoliściennych – przede wszystkim zbóż [10]. Proces transformacji przy wykorzystaniu *Agrobacterium* zawiera następujące etapy:
  - izolacja interesującego genu z organizmu dawcy
  - wprowadzenie genu do plazmidu Ti/Ri
  - wprowadzenie plazmidu zawierającego T-DNA do *Agrobacterium*
  - doprowadzenie do połączenia komórki roślinnej z bakteryjną
  - wycięcie T-DNA i integracja do genomu roślinnego [11].
2. Druga metoda przenoszenia DNA do komórki roślinnej określana jest jako mikrowstrzeliwanie, metoda biolistyczna lub metoda strzelby genowej. Na mikroosłoniczkach ze złota lub wolframu o średnicy 0,6-4  $\mu\text{m}$  opłaszczane jest wcześniej przygotowane DNA, a następnie wstrzeliwane pod podciśnieniem do eksplantatu roślinnego. Ta metoda transformacji była i jest z powodzeniem wykorzystywana do transformacji roślin jednoliściennych. Między innymi tą drogą uzyskano popularną modyfikację kukurydzy MON810 [12].
3. Inna metoda transformacji polega na dostarczeniu DNA do protoplastów. Roślinne komórki pozbawione ściany komórkowej i potraktowane substancjami jak glikol polietylenowy, łatwiej przyjmują DNA i integrują je do swojego chromosomalnego DNA [13]. Wprowadzenie DNA może odbywać się także dzięki pulsom elektrycznym, które powodują powstanie mikroporów w membranach komórki roślinnej, przez które może wnikać DNA. Dzięki selekcji komórek i następującej dalej regeneracji komórek z protoplastu, możliwy jest wzrost i rozwój całej rośliny.

### Modyfikacje genetyczne roślin w praktyce – sytuacja w Unii Europejskiej i na świecie

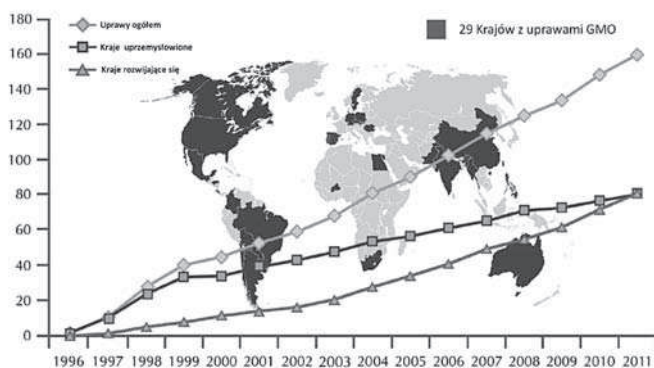
Rośliny są w stanie wyprodukować prawie każde białko, jeśli zostanie im przekazana odpowiednia informacja genetyczna. Największymi wyzwaniem dla współczesnego rolnictwa są ograniczone zasoby ziemi rolnej przy zwiększającym się zapotrzebowaniu na żywność, oraz

zmiany klimatyczne [14]. Dzięki osiągnięciom biotechnologii możliwa jest lepsza gospodarka zasobami poprzez bardziej wydajną ochronę roślin, zmniejszone dawki nawożenia i nawadniania. Nowe odmiany roślin o zwiększonej tolerancji na suszę i inne niekorzystne czynniki, jak zasolenie czy niska lub wysoka temperatura, mogą doprowadzić do poszerzenia rejonów produkcji i lepiej odpowiadać na zmiany klimatu, dzięki podwyższonej tolerancji, zdrowotności i bardziej wydajnej gospodarce mineralnej.

Do najważniejszych celów współczesnych modyfikacji genetycznych roślin wciąż należy ochrona przed szkodnikami, tolerancja na herbicydy i odporność na choroby. Coraz większe znaczenie będą zdobywały odmiany lepiej wykorzystujące substancje pokarmowe, ograniczające emisję CO<sub>2</sub>, o zmienionym składzie skrobi, tłuszczowców i aminokwasów, tolerujące zasolenie, tolerujące inne stresy środowiskowe. Rośliny będą wykorzystywane jako biofabryki, do produkcji substancji stosowanych w medycynie, biodegradowalnych plastików i biopaliw, do usuwania zanieczyszczeń ze środowiska poprzez fitoremediację.

### Modyfikacje genetyczne roślin obecne na rynku i w środowisku

Dr Clive James, przewodniczący Rady Nadzorczej International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Application (ISAAA) corocznie przygotowuje raport dotyczący stanu upraw roślin GM w świecie. W sprawozdaniu za 2011 r. podkreślił on 16. rocznicę wprowadzenia komercyjnych odmian roślin GM do uprawy [15]. Według danych ISAAA, do 2011 r. wydano 1045 zezwoleń na stosowanie 196 modyfikacji genetycznych roślin jako żywność i pasze, dla przetwórstwa i do stosowania w środowisku w 60. krajach na świecie. Najwięcej zezwoleń dotyczyło modyfikacji kukurydzy (65), bawełny (39), rzepaku (15), ziemniaka (14) i soi (14). Najszerzej stosowana jest soja GTS-40 3-2 odporna na herbicyd Roundup – 25 zezwoleń (Unia Europejska liczona jako 1), dalej kukurydza MON810 odporna na szkodniki – 23 zezwolenia, kukurydza NK603 tolerancyjna na herbicyd Roundup – 22 zezwolenia, oraz bawełna MON531 odporna na szkodniki – 14 zezwoleń na świecie. Według Europejskiego rejestru autoryzowanych GMO, znacznie więcej modyfikacji genetycznych roślin znajduje się na rynku UE jako żywność, pasze lub do przetwórstwa niż może znaleźć się w środowisku: UE – 26 modyfikacji kukurydzy, 8 bawełny, 6 soi, 3 rzepaku, 1 ziemniaka, 1 buraka cukrowego ([http://ec.europa.eu/food/dyna/gm\\_register/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm)) [16].



Rys. 1. Uprawy roślin GM na świecie w latach 1996-2011 (mln ha)  
Źródło: Clive James, 2012

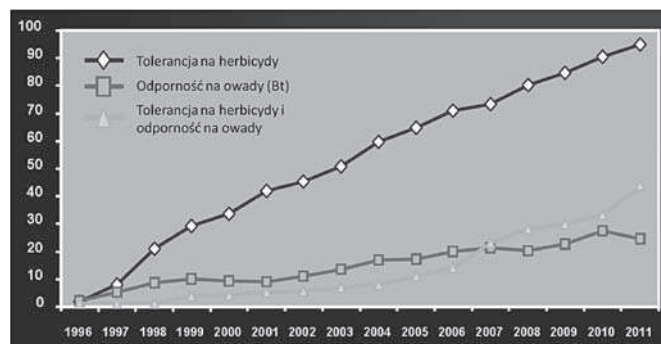
Uprawiane obecnie rośliny zmodyfikowane genetycznie charakteryzują się tolerancją na herbicydy (soja, bawełna, rzepak, kukurydza, burak cukrowy i lucerna), odpornością na wybrane grupy szkodników (kukurydza, bawełna) i lepszymi cechami użytkowymi (ziemniak). Od 1999 r. obserwuje się stały wzrost areалу upraw odmian zmodyfikowanych genetycznie, osiągający powierzchnię 160 mln ha w 2011 r. (Rys. 1) [15]. Był to 94-krotny wzrost w sto-

sunku do 1999 r.! W Stanach Zjednoczonych odmiany GM zajęły powierzchnię 96 mln ha; Brazylii – 30,3 mln; Argentynie – 23,7 mln; Indiach – 10,6 mln; Kanadzie – 10,4 mln; Chinach – 3,9 mln; Paragwaju – 2,8 mln i Afryce Południowej – 2,3 mln ha. W 19. innych krajach również zwiększono areal upraw odmian GM. Na uwagę zasługuje fakt, że w krajach rozwijających się, uprawiano blisko 50% odmian GM, w tym na 14,5 mln ha przez 15 mln małych rolników. Pięcioma wiodącymi krajami uprawiającymi odmiany GM, łącznie na powierzchni 71,4 mln ha, były: Chiny, Indie w Azji; Brazylia i Argentyna w Ameryce Łacińskiej i Południowa Afryka w Afryce.

W 6. krajach Unii Europejskiej: Hiszpanii, Portugalii, Czechach, Polsce, Słowacji i Rumunii uprawiano kukurydzę GM odporną na szkodniki na obszarze 114,49 tys. ha w 2011 r. (wzrost o 26% do 2010 r.), a w 3. ziemniak GM – „Amflora”, w celach przemysłowych i paszowych. W Polsce uprawiano kukurydzę z cechą MON810 (odporną na omacnicę prosowiankę i zatwierdzoną do uprawy na terenie UE) w ostatnich 2 latach na tym samym poziomie – ok. 3 tys. ha.

W Hiszpanii, gdzie w niektórych regionach dwa szkodniki: omacnicę prosowianka (*Pyrausta nubilalis* [Hbn]) i inny gatunek drążący żdźbła i atakujący kolby – gąsienice sówki (*Sesamia nonagrioides* [Lef]) powodowały znaczne straty ekonomiczne, uprawiano kukurydzę z ekspresją białka CryIAb na powierzchni ponad 50 tys. ha [17]. Do 2010 r. tylko odmiany z jedną cechą (MON810) były dopuszczone do uprawy w Unii Europejskiej. W marcu 2010 r. lista odmian GM dopuszczonych do uprawy została poszerzona o odmiany ziemniaka „Amflora”, zawierające konstrukt genowy zwiększający zawartość amylopektyny, w celu wykorzystania dla celów przemysłowych i paszowych.

Obecnie jest rozpatrywane udzielenie zgody na uprawę odmiany ziemniaka „Fortuna”, odpornej na zarzę ziemniaczaną, najgroźniejszą chorobę ziemniaka, która powoduje roczne straty do 1,5 mld USD w Unii Europejskiej, a do 7,5 mld USD w globalnie.



Rys. 2. Powierzchnia upraw roślin GM w latach 1996-2011 (mln ha) z podziałem na wprowadzoną cechę  
Źródło: Clive James, 2012

W skali światowej, odmiany kukurydzy, soi i rzepaku tolerujące herbicydy dominują w ogólnej powierzchni upraw zmodyfikowanych genetycznie, zajmując w 2011 r. 59% lub 93,9 mln ha. Na uwagę zasługuje fakt istotnego wzrostu – z 28,7 mln ha w 2009 r. do 42,2 mln ha w 2011 r., tj. 22% globalnej uprawy odmian GM o dwóch lub trzech zmienionych cechach (transgeniczność wielokrotna), podczas gdy odmiany GM tylko z cechą odporności na owady uprawiano na obszarze 23,9 mln ha (15% ogólnej powierzchni roślin GM) (Rys. 2) [15]. Procentowy wzrost uprawy odmian z transgenicznością wielokrotną wyniósł 31% pomiędzy 2010 a 2011 r. W tym samym czasie wyniósł on tylko 5% dla odmian tolerujących herbicydy. Zanotowano 10% spadek upraw odmian o wyłącznej cesze odporności na szkodniki. Szczególny wzrost upraw GM nastąpił w 12. krajach (w tym 8 określanych jako rozwijające się). W USA nastąpił stosunkowo największy wzrost uprawy odmiany kukurydzy z 3 cechami warunkującymi odporność na 2 gatunki szkodników (omacnicę prosowiankę i zachodnią kukurydzianą stonkę korzeniową) i tolerancją na herbicydy w stosunku do innych

odmian GM. Odmiany kukurydzy z 2 cechami: odporności na szkodniki i tolerancji na herbicydy uprawiano na Filipinach na 411 tys. ha w 2010 r., przy 22% wzroście w stosunku do 2009 r.

### Modyfikacje genetyczne roślin gotowe do rejestracji oraz oczekiwane w przyszłości

Trudno oszacować, jak wiele nowych odmian GM zostanie skomercjalizowanych, szczególnie jeśli chodzi o zastosowania na rynku Wspólnoty Europejskiej. Coraz więcej roślin GM jest tworzonych i rejestrowanych w krajach azjatyckich dla zastosowań na wewnętrznych rynkach. Fundacja Gatesa sponsoruje prace nad maniakiem jadalnym odpornym na wirusy w projekcie VIRCA (*Virus Resistant Cassava for Africa*). Prace prowadzone są też nad roślinami GM z rodziny bobowatych odpornymi na szkodniki i choroby grzybowe, tolerancyjnymi na suszę oraz wzbogaconymi w składniki pokarmowe, np. witaminę A, z myślą o zastosowaniach na terenie krajów afrykańskich i niektórych azjatyckich. Według szacunków Stein i Rodriguez-Cerezo [18], w 2015 r. ok. 120 różnych modyfikacji genetycznych powinno być zarejestrowanych na świecie. Mają to być przede wszystkim odmiany odporne na szkodniki, tolerujące herbicydy – w tym nowe odmiany odporne na dikambę, o zmienionych cechach jakościowych, odporne na wirusy i lepiej tolerujące stresy abiotyczne. Uważa się, że w przyszłości transgeniczność wielokrotna będzie dominowała w nowych odmianach GM, łącząc odporność na szkodniki, tolerancję na herbicydy i suszę, ale też takie cechy jakościowe, jak wysoka zawartość oleju omega-3 czy podwyższona zawartość pro-witaminy A. Duże znaczenie przypisuje się nowym odmianom, które byłyby odporne na szkodniki o aparacie gębowym kująco-ssącym, np. tasznikowate (Miridae). Ważne jest dostarczenie rolnikom odmian odpornych na patogeny, takie jak: *Fusarium*, *Verticillium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* czy wirusy.

Ważne stało się korzystanie z odmian bardziej tolerujących stresy biotyczne, w tym przede wszystkim suszę. Od 2010 r. w Kanadzie i od 2011 r. w USA w uprawie znajdują się odmiany kukurydzy o zwiększonej tolerancji na suszę, a pierwsze takie komercyjne odmiany dla regionów podzwrotnikowych w Afryce zostaną prawdopodobnie wprowadzone do uprawy w 2017 r. W Australii uzyskano odmiany pszenicy tolerujące suszę, dające plon o 22% wyższy w stosunku do obecnych odmian. Będzie to znaczny sukces, biorąc pod uwagę spadek zasobów wodnych w świecie, nieekonomiczne metody nawadniania powierzchniowego w większości regionów w świecie związane z intensywnym parowaniem i zasoleniem gleby (poza Izraelem, gdzie dominuje podlewanie kropelkowe w warunkach polowych), i o czym zapominamy w Europie – wzrost zachorowań na malarię i bilharcję powodowaną przez pasożytnicze przywry.

W dłuższej perspektywie oczekiwane są odmiany charakteryzujące się lepszą produktywnością, dzięki zakumulowanym wielu cechom, w tym zwiększonej efektywności podstawowych ścieżek metabolicznych, np. na szlaku fotosyntezy.

Ustawodawstwo europejskie i polskie dotyczące uwalniania GMO do środowiska i wykorzystania genetycznie zmodyfikowanych roślin

Podstawę wielu szczegółowych aktów prawnych związanych z GMO, a wydanych przez Unię Europejską i Polskę, stanowią ważne akty prawa międzynarodowego – Konwencja o różnorodności biologicznej z Rio de Janeiro wraz z dołączonym do niej Protokołem kartażeńskim o bezpieczeństwie biologicznym [19].

Celem Konwencji z Rio de Janeiro z 5 czerwca 1992 r. jest: „ochrona różnorodności biologicznej, zrównoważone użytkowanie jej elementów oraz uczciwy i sprawiedliwy podział korzyści wynikających z wykorzystywania zasobów genetycznych, w tym przez odpowiedni dostęp do zasobów genetycznych i odpowiedni transfer właściwych technologii, z uwzględnieniem wszystkich praw do tych zasobów i technologii, a także odpowiednie finansowanie”. Strony zobowiązane są do wprowadzenia instrumentów, które ograniczą szkody w środowisku innych państw lub na obszarach znajdujących się poza

jurysdykcją krajową. Strony są zobowiązane do współpracy między sobą w tym zakresie, do opracowywania planów i strategii w celu ochrony przyrody oraz do włączania w miarę możliwości i potrzeb, ochrony i zrównoważonego wykorzystania różnorodności biologicznej do odpowiednich planów i polityk. Strony zobowiązane są również do identyfikacji oraz monitorowania elementów różnorodności biologicznej oraz ich ochrony, zarówno w naturalnych siedliskach jak i poza nimi. Konwencja wprowadza również obowiązki prowadzenia badań nad różnorodnością biologiczną w celu jej ochrony, edukowania i podnoszenia świadomości społecznej oraz identyfikację i ograniczenie negatywnych oddziaływań na środowisko. Ponadto postanowienia Konwencji zakładają poszanowanie zasobów genetycznych znajdujących się na terenie stron, wymianę informacji dotyczących ochrony i zrównoważonego użytkowania różnorodności biologicznej, a także współpracę naukową i techniczną, również w zakresie biotechnologii oraz sprawiedliwy podział korzyści wyływających z wykorzystywania zasobów genowych.

Wprowadzony do polskiego porządku prawnego w 2004 r. protokół kartażeński, ma na celu „przyczynienie się do zapewnienia odpowiedniego poziomu ochrony w dziedzinie bezpiecznego przemieszczenia, przekazywania i wykorzystania żywych organizmów zmodyfikowanych genetycznie (LMO, od ang. *Living Modified Organism*), stanowiących wynik prac nowoczesnej biotechnologii, które mogą mieć negatywny wpływ na zachowanie i zrównoważone użytkowanie różnorodności biologicznej, z uwzględnieniem również zagrożeń dla ludzkiego zdrowia, i ze szczególnym uwzględnieniem transgranicznego przemieszczenia”. Regulacje dotyczą głównie „transzytu, przekazywania i wykorzystania wszystkich żywych zmodyfikowanych organizmów, które mogą mieć negatywny wpływ na zachowanie i zrównoważone użytkowanie różnorodności biologicznej, z uwzględnieniem także zagrożeń dla ludzkiego zdrowia”.

Zastosowanie technologii GM jest ściśle regulowane w Unii Europejskiej od początku lat 90. XX w. Prawo zostało skonstruowane w ten sposób, by ochronie podlegały zdrowie człowieka, zwierząt i środowisko. Genetycznie zmodyfikowany organizm, produkt żywnościowy lub pasza, mogą znaleźć się na rynku lub w środowisku tylko wtedy, gdy zostały autoryzowane, czyli zezwolono na ich wykorzystanie w konkretny sposób. Druga zasada, u podstaw której sformułowano prawo europejskie, zakłada swobodny przepływ towarów, w tym bezpiecznych i zdrowych produktów GM. Raz autoryzowane, mogą znajdować się na całym rynku UE. Większość europejskiego prawa dotyczącego GMO znalazło swój obecny kształt w latach 2000-2003, kiedy to powstały najważniejsze dyrektywy i rozporządzenia regulujące kwestie GMO. Najważniejszymi dokumentami są:

**Dyrektywa 2001/18 WE** w sprawie zamierzonego uwalniania do środowiska organizmów zmodyfikowanych genetycznie [20]. Dokument ten reguluje zamierzone uwolnienie do środowiska genetycznie zmodyfikowanych organizmów w celach eksperymentalnych, np. doświadczenia polowe nad GMO – część B Dyrektywy, oraz w celu wprowadzenia do obrotu, np. nasion GM do celów komercyjnej uprawy na terenie UE – co jest regulowane przez część C Dyrektywy. W Dyrektywie zawarta jest definicja GMO, podane są techniki, które prowadzą do uzyskania GMO oraz te, których stosowanie nie prowadzi do otrzymania organizmu transgenicznego w rozumieniu prawa. W Dyrektywie podane są również informacje i metodologia oceny ryzyka środowiskowego, która powinna być przeprowadzona przed wprowadzeniem GMO do środowiska. Zawarte są tu również wymagania znakowania i śledzenia produktu GMO (ang. *traceability*) na wszystkich etapach jego wprowadzenia i obecności na rynku. Znajdują się tu także zapisy dotyczące obowiązkowego monitorowania GMO po wprowadzeniu na rynek, włączając w to obserwacje długofalowych efektów GMO na środowisko. Dyrektywa nakłada też obowiązek prowadzenia publicznych rejestrów informacji o uwolnieniu do środowiska GMO.

**Rozporządzenie 1829/2003** w sprawie genetycznie zmodyfikowanej żywności i paszy, które reguluje wprowadzenie na rynek żywności i pasz składających się, zawierających lub wyprodukowanych z użyciem GMO [21]. Ten akt prawny ustala zasady pojedynczej, zharmonizowanej i regulowanej na poziomie unijnym procedury dopuszczenia na rynek europejski genetycznie zmodyfikowanej żywności i pasz, wraz z obowiązkiem znakowania takich produktów. Zgodnie z tym Rozporządzeniem, znakowaniu podlegają żywność, składniki żywności, dodatki do żywności, pasze, dodatki do paszy, czy substancje smakowe używane do produkcji żywności. Próg znakowania w UE został ustalony na 0,9% składnika zmodyfikowanego genetycznie. Nie podlega znakowaniu produkt, którego genetycznie zmodyfikowane składniki, rozpatrywane odrębnie (soja, kukurydza) zawierają mniej niż 0,9% GMO, jeśli zawartość ta jest niezamierzona lub technicznie nieunikniona.

**Rozporządzenie 1830/2003** z dnia 22 września 2003 r. w sprawie identyfikacji i oznakowania organizmów genetycznie zmodyfikowanych oraz identyfikacji produktów żywnościowych i paszowych wytworzonych z organizmów genetycznie zmodyfikowanych [22]. Prawo europejskie wprowadza również obowiązek śledzenia produktu GMO (ang. *traceability*). W Polsce, podobnie jak we wszystkich krajach członkowskich UE, podstawowymi dokumentami, które regulują wszelkie kwestie związane z GMO, są rozporządzenia i dyrektywy unijne. Dodatkowo kwestie GMO roślinnych regulowane są przez ustawę z dnia 22 czerwca 2001 r. o organizmach genetycznie zmodyfikowanych, ustawę o paszach oraz ustawę nasienną. Poza tym, w 2006 r. Rząd RP ogłosił dokument, nazywany Ramowym Stanowiskiem Polski dotyczącym GMO, który jest wyznacznikiem polityki państwa w tych sprawach.

**Ustawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych z dnia 22 czerwca 2001 r.** jest najważniejszym dokumentem w prawie polskim regulującym kwestie GMO [5]. Dotyczy takich zagadnień, jak: zamknięte użycie GMO, zamierzone uwolnienie GMO do środowiska w celach innych niż wprowadzenie do obrotu, wprowadzanie do obrotu GMO, tranzyt i wywóz za granicę GMO, określa też rolę poszczególnych organów państwa w sprawach GMO.

Według zapisów ustawy, to minister właściwy do spraw środowiska, po zapoznaniu się z opinią Komisji ds. GMO, podejmuje decyzje w sprawach GMO, prac prowadzonych z GMO w laboratoriach i odnośnie do GMO uwalnianych do środowiska w Polsce. Poza ministrem właściwym ds. środowiska, za kontrolę przestrzegania przepisów ustawy odpowiadają organy administracji celnej i szereg inspekcji, jak np. Inspekcja Weterynaryjna, Państwowa Inspekcja Sanitarna, Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa.

Rząd RP w marcu 2006 r. zajął stanowisko dotyczące GMO, w którym poparł prowadzenie prac zamkniętego użycia GMO zgodnie z warunkami określonymi w przepisach prawa oraz opowiedział się przeciwko prowadzeniu zamierzonego uwolnienia GMO do środowiska w celach doświadczalnych na terytorium Polski, wprowadzaniu do obrotu produktów GM dopuszczonych do obrotu w UE na podstawie Dyrektywy 2001/18 [20], wprowadzaniu do obrotu pasz GM, wprowadzaniu do uprawy genetycznie zmodyfikowanej kukurydzy, soi, ziemniaków, rzepaku i buraka cukrowego. Rząd Polski dopuszcza jedynie możliwość importu żywności GM spoza Unii Europejskiej oraz sprowadzania jej z krajów członkowskich UE, pod warunkiem wyraźnego jej znakowania i bez dalszej możliwości jej przetwarzania w Polsce.

Wdrażając Ramowe stanowisko Rządu RP dotyczące GMO, Parlament RP uchwalił **nowelizację ustawy o nasiennictwie oraz ustawy o ochronie roślin z dnia 27 kwietnia 2006 r.**, w której wprowadzono zapis, że odmian GM nie wpisuje się do krajowego rejestru oraz że materiał siewny odmian genetycznie zmodyfikowanych nie może być dopuszczony do obrotu na terytorium Polski [23]. Komisja Europejska zakwestionowała tę ustawę jako niezgodną z prawem Unii

Europejskiej. Obecnie Prezydent, po zażetowaniu uchwalonej w lipcu 2011 r. ustawy o nasiennictwie, prowadzi prace nad własnym projektem. Na początku marca br. rząd zaopiniował pozytywnie prezydencki projekt, z wyjątkiem przepisów zakazujących m.in. rejestracji roślin genetycznie modyfikowanych.

**Ustawa o paszach z dnia 22 lipca 2006 r.** wprowadziła zakaz wytwarzania, wprowadzania do obrotu i stosowania w żywieniu zwierząt pasz genetycznie zmodyfikowanych oraz organizmów genetycznie zmodyfikowanych przeznaczonych do użytku paszowego [24]. Od 2008 r. wprowadzono moratorium, którego termin upływa w grudniu 2012 r. Uchwalona przez Sejm w połowie lipca br. nowelizacja ustawy o paszach wydłuża okres stosowania pasz GMO do grudnia 2016 r.

### Współistnienie upraw GM i innych typów produkcji

Koegzystencja, to współistnienie na tym samym obszarze różnych typów upraw czy produktów. Koegzystencja nie jest możliwa, jeśli nie zaakceptuje się możliwości śladowych domieszek jednego materiału w drugim, tak jak np. istnieją progi domieszek biologicznych w materiale siewnym. Wprowadzenie zasad koegzystencji ma zapewnić rolnikom praktyczną możliwość wyboru pomiędzy uprawami tradycyjnymi, ekologicznymi i genetycznie zmodyfikowanymi. Konsumentom mają możliwość wyboru produktów dzięki oznakowaniu zgodnym z wymaganiami prawnymi zawartymi w Rozporządzeniu 1830/2003/WE, dotyczącym możliwości śledzenia i etykietowania organizmów zmodyfikowanych genetycznie oraz możliwości śledzenia żywności i produktów paszowych. Koegzystencja nie dotyczy aspektów bezpieczeństwa stosowania GMO, ponieważ te kwestie były przedmiotem oceny przed dopuszczeniem genetycznie zmodyfikowanych odmian do obrotu, zgodnie z Dyrektywą 2001/18/WE. Zalecenia odnośnie do koegzystencji dotyczą potencjalnych strat ekonomicznych powstających w wyniku zamieszania materiału GMO w produktach nie-GMO.

Zalecenie Komisji Europejskiej 2003/556/WE [25] i obowiązujące zalecenie 2010/C 200/01 [26] w sprawie wskazówek na temat opracowania narodowych strategii i najlepszych praktyk na rzecz współistnienia upraw, wyraźnie mówi, że żaden typ rolnictwa: konwencjonalny, ekologiczny czy też wykorzystujący GMO, nie może być wykluczony z użytkowania w Unii Europejskiej. Państwa członkowskie nie mogą zakazywać, ograniczać ani utrudniać wprowadzenia do obrotu zatwierdzonych organizmów GMO; dodatkowo powinny opracować krajowe przepisy w zakresie współistnienia upraw, które pozwolą uniknąć niezamierzonego wystąpienia GMO w innych produktach (art. 26a Dyrektywy 2001/18/WE). Przepisy koegzystencji powinny uwzględniać warunki przyrodnicze i ekonomiczne, różne w krajach członkowskich. Działania powinny być spójne z dotychczasowymi działaniami, nie dyskryminować żadnego z użytkowników, być oparte na analizie potencjalnych zysków i strat podjętych działań lub ich zaniechania, oparte na analizie ekonomicznej i poddawane rewizji w świetle nowych danych naukowych. Opracowany system powinien zapewnić maksymalną możliwość wyboru konsumentom oraz zapewnić praktyczną możliwość wyboru producentom. Zgodnie z zasadą proporcjonalności, która jest jedną z podstawowych zasad prawodawstwa wspólnotowego, środki w zakresie współistnienia upraw nie powinny wykraczać poza to, co niezbędne, aby zagwarantować, że przypadkowe występowanie śladowych ilości GMO nie przekracza progów określonych w rozporządzeniu (WE) nr 1829/2003 i Dyrektywie 2001/18/WE, co pozwoli na uniknięcie niepotrzebnych obciążeń dla zainteresowanych stron.

Wprowadzając zasady koegzystencji, trzeba brać pod uwagę nie tylko czynniki biologiczne związane z możliwością przenoszenia genów między uprawami, ale także uwarunkowania wynikające z upowszechnienia uprawy, wielkości pól i ich rozmieszczenia. Należy uwzględnić różnice pomiędzy gatunkami i rodzajami produkcji. Wskazane jest wykorzystywanie znanych i stosowanych w praktyce metod segregacji.

Przyczyną najczęstszych problemów są zamieszanie materiału siewnego, przekrzyżowanie się roślin, samosiewy, sposób zbioru i magazynowania. Opracowane przepisy muszą być adekwatne do potrzeb zagadnienia (nie powinny być przesadnym obciążeniem dla rolników). Prowadzone działania mają służyć koordynacji nie tylko pomiędzy sąsiednimi gospodarstwami, ale również ustaleniom o zasięgu regionalnym, dlatego powinny być wprowadzone w odpowiedniej skali.

Zasady koegzystencji zostały ustalone w większości państw Unii Europejskiej [27]. Obecnie w Polsce nie ma obowiązujących zasad koegzystencji. Trwają prace nad opracowaniem takich zasad; będą one zawarte w nowej ustawie o GMO opracowywanej przez Ministerstwo Środowiska.

### Podsumowanie

Jednym z ważniejszych praktycznych osiągnięć biotechnologii są organizmy genetycznie zmodyfikowane (GMO). Wprowadzone prawie 20 lat temu do uprawy, zyskują coraz większe znaczenie w powszechnym systemie żywnościowym. Modyfikacjom genetycznym poddawane są takie rośliny, które mają istotne znaczenie w rolnictwie, jak kukurydza, soja, rzepak, ale także rośliny modelowe w genetyce (np. rzodkiewnik), wykorzystywane w badaniach naukowych. Spośród wielu metod transformacji genetycznej roślin, dwie znalazły szerokie zastosowanie w praktyce – metoda transformacji przy użyciu mikrowstrzeliwania DNA do komórek roślinnych lub z wykorzystaniem bakterii z rodzaju *Agrobacterium*. Dzięki zastosowaniu tych metod, otrzymano wiele nowych odmian roślin charakteryzujących się nowymi cechami, które nie były możliwe do osiągnięcia wyłącznie przy zastosowaniu metod klasycznej hodowli. Najbardziej powszechne modyfikacje roślin stosowane na świecie dotyczą cech takich, jak odporność na szkodniki, tolerancja na herbicydy, zmieniony skład substancji. Powierzchnia upraw GMO rokrocznie zwiększa się, osiągając w 2011 r. 160 mln ha.

Uregulowania prawne dotyczące wprowadzania do obrotu lub uwolnienia do środowiska GMO różnią się zakresem i wymaganiami w poszczególnych krajach. Unia Europejska ma jeden z bardziej restrykcyjnych systemów prawnych dotyczących tych kwestii. Silny nacisk położony został na ochronę życia i zdrowia ludzi oraz ochronę środowiska. Przepisy wymagają szczegółowego badania każdego GMO na poszczególnych etapach uzyskiwania zgody na użycie takich organizmów. Wymagają też monitorowania GMO po wprowadzeniu do obrotu. Zasada przezorności, leżąca u podstaw regulacji wspólnotowych jasno wyraża, że działania w zakresie GMO mają zapobiegać negatywnym skutkom stosowania technologii m.in. w rolnictwie, i nie można ich podejmować dopiero po zaobserwowaniu takich efektów. Prawo UE stanowi podstawę dla uregulowań prawnych związanych z GMO, obowiązujących w Polsce.

Publikacja powstała w ramach realizacji tematu wieloletniego MRiRW na lata 2008 – 2013 pt. „Ulepszanie Roślin dla Zrównoważonych AgroEkoSystemów, Wysokiej Jakości Żywności i Produkcji Roślinnej na Cele Nieżywnościowe”.

### Literatura

4. Callaway E.: *BASF abandons GM crop market in Europe*. Nature news blog. 2012. <http://blogs.nature.com/news/2012/01/basf-abandons-gm-crop-market-in-europe.html>
5. Mulvaney D.R., Krupnik T.J., Koffler K.B.: *Transgenic rice evaluated for risks to marketability*. *Cal Ag* 2011, **65**, (3), 161-167.
6. Cohen S.N., Chang A.C., Boyer H.W., Helling R.B.: *Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids In Vitro*. *Proc Natl Acad Sci USA* 1973, **70**, 3240-3244.
7. Bedbrook J., Gerlach W., Thompson R., Flavell R.B.: *W: Genetic improvement of crops: emergent techniques*. Minneapolis (USA), University of Minnesota Press 1980, s. 93-114.
8. Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o organizmach genetycznie zmodyfikowanych. *Dz. U.* 2001, nr 76, poz. 811.
9. Schell J., van Montagu M., Holsters M., Zambryski P., Joos H., Inze D., Herrera-Estrella L., Depicker A., de Block M., Caplan A., Dhaese P., Van Haute

- E., Hernalsteens J.-P., de Greve H., Leemans J., Deblaere R., Willmitzer L., Schroder J., Otten L.: *Ti plasmids as experimental gene vectors for plants*. *Advances in Gene Technology: Molecular Genetics of Plants and Animals*. Miami Winter Symposia 1983, **20**, 191-209.
10. Framond A.J., Bevan M.W., Barton K.A., Flavell F., Chilton M.D.: *Mini-Ti plasmid and a chimeric gene construct: new approaches to plant gene vector construction*. *Advances in Gene Technology: Molecular Genetics of Plants and Animals*. Miami Winter Symposia 1983, **20**, 159-170.
11. Jenes B., Helen M., Cao J., Zhang W., Wu R.: *Techniques for gene transfer*. In *Transgenic Plants* (Kung, S. D. and R. Wu, eds.), Academic Press 1993, **1**, 125-146.
12. Nester E.: *Agrobacterium: The Natural Genetic Engineer 100 Years Later*. Online. *APSnet Features* 2008. doi: 10.1094/APSnetFeatures-2008-0608.
13. Hei Y., Ohta S., Komari T., Kumashiro T.: *Efficient transformation of rice (Oryza Sativa L.) mediated by Agrobacterium and sequence analysis of the boundaries of TDNA*. *Plant J.* 1994, **6**, 271-282.
14. Bartlett J.D., Silvia C Alves S.C., Smedley M., W Snape J.W., Harwood W.A.: *High-throughput Agrobacterium – mediated barley transformation*. *Plant Methods* 2008, **4**:22 doi:10.1186/1746-4811-4-22.
15. Birch R.J.: *PLANT TRANSFORMATION: Problems and Strategies for Practical Application*. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 1997, **48**, 297-326.
16. Mathur J., Koncz C.: *PEG-mediated protoplast transformation with naked DNA*. In: *Arabidopsis Protocols*, Martinez-Zapater JM and Salinas J (eds.) Humana Press 1998, s. 267-276.
17. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_spm.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf)
18. James C.: *Executive summary*. 2012. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011. ISAAA Brief 43-2011 <<http://www.isaaa.org>>.
19. EU Register of authorised GMOs: [http://ec.europa.eu/food/dyna/gm\\_register/index\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm)
20. James C.: *Executive summary*. Global Status of Commercialized Biotech/ GM Crops: 2010. ISAAA Brief 42 2010 <<http://www.isaaa.org>>.
21. Stein A.J., Rodriguez-Cerezo E.: *International trade and the global pipeline of new GM crops*. *Nature Biotechnology* 2010, **28**, (1), 23-25.
22. Konwencja o różnorodności biologicznej z Rio de Janeiro 5 czerwca 1992 r., ratyfikowana przez Polskę w 1996 r. (*Dz. U.* z 2002 r. Nr 184, poz. 1532). [http://www.mos.gov.pl/arttykul/2498\\_konwencja\\_o\\_roznorodnosci\\_biologicznej/317\\_konwencja\\_o\\_roznorodnosci\\_biologicznej.html](http://www.mos.gov.pl/arttykul/2498_konwencja_o_roznorodnosci_biologicznej/317_konwencja_o_roznorodnosci_biologicznej.html)
23. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2001/18/WE z dnia 12 marca 2001 r. w sprawie zamierzonego uwalniania do środowiska organizmów zmodyfikowanych genetycznie i uchylająca dyrektywę Rady 90/220/EWG. *Dziennik Urzędowy L 106, 17/04/2001 P.0001 – 0039*. Polskie wydanie specjalne, Rozdział 15, Tom 06, s. 77-114.
24. Rozporządzenie (WE) nr 1829/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 września 2003 r. w sprawie genetycznie zmodyfikowanej żywności i paszy. Tekst mający znaczenie dla EOG. *Dziennik Urzędowy L 268, 18/10/2003 P.0001-0023*. Polskie wydanie specjalne Rozdział 13, Tom 32, P. 432- 454.
25. Rozporządzenie (WE) nr 1830/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 września 2003 r. dotyczące możliwości śledzenia i etykietowania organizmów zmodyfikowanych genetycznie oraz możliwości śledzenia żywności i produktów paszowych wyprodukowanych z organizmów zmodyfikowanych genetycznie i zmieniające dyrektywę 2001/18/WE. *Dziennik Urzędowy L 268, 18/10/2003 P.0024-0028*. Polskie wydanie specjalne Rozdział 13, Tom 32, P. 455- 459.
26. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2006 r. o zmianie ustawy o nasiennictwie oraz ustawy o ochronie roślin. *Dz. U.* 2006, nr 92, poz. 639.
27. Ustawa z dnia 22 lipca 2006 r. o paszach. *Dz. U.* 2006, nr 144, poz. 1045.
28. European Food Safety Authority (EFSA) 2010. *Guidance on the Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Plants*. *EFSA Journal* 2010; **8**(11):1879: s. 1111.
29. European Food Safety Authority (EFSA) 2009. *EFSA and GMO Risk Assessment for Human and Animal Health and the Environment*. *EFSA Meeting Summary Report 4*, s. 203.
30. Hilbeck A., Jänsch S., Meier M., Römbke J.: *Analysis and validation of present ecotoxicological test methods and strategies for the risk assessment of genetically modified plants*. *Federal Agency for Nature Conservation* 2008, Bonn, Germany, s. 116, 4 Appendices.
31. Zalecenie Komisji 2003/556/WE z dnia 23 lipca 2003 r. w sprawie wytycznych dla rozwoju narodowych strategii i najlepszych praktyk ma-

- jących na celu zapewnienie współistnienia upraw genetycznie zmodyfikowanych z produkcją konwencjonalną i ekologiczną. Dz. U. L 189 z 29.7.2003, s. 36.
32. Zalecenie Komisji (2010/C 200/01) z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie wytycznych w zakresie opracowywania krajowych środków dotyczących współistnienia upraw i mających na celu zapobieżenie niezamierzonemu występowaniu GMO w uprawach konwencjonalnych i ekologicznych.
33. Czarnak-Kłós M., Rodríguez-Cerezo E.: *European Coexistence Bureau (ECOB). Best Practice Documents for coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming – 1. Maize crop production*. The Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) Report 2010.

Dr Anna LINKIEWICZ jest absolwentką Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; specjalizacja biotechnologia roślin. Jest doktorem nauk rolniczych. W latach 2001-2003 odbywała staż na Uniwersytecie Kalifornijskim w Davis, USA (projekt: Structure and Function of the Expressed Portion of Wheat Genomem). W latach 2003-2004 pracowała jako adiunkt w Samodzielnej Pracowni Kultur Tkankowych Transformacji w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Od 2004 r. kierownik naukowy akredytowanego Laboratorium Kontroli Genetycznie Modyfikowanych Organizmów (IHAR, Radzików). Koordynator oraz wykonawca projektów krajowych i europejskich dotyczących GMO i ich wpływu na środowisko. Wykładowca w wielu szkoleniach i konferencjach dotyczących GMO i biotechnologii roślin. Odznaczona przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi honorową odznaką „Zasłużony dla rolnictwa”.

Prof. dr hab. Zbigniew T. DĄBROWSKI jest kierownikiem Katedry Entomologii Stosowanej SGGW w Warszawie. W latach 1969-1970 odbył staż w Katedrze Entomologii Uniwersytetu Kentucky w Lexington, USA. W 1979 r. został kierownikiem międzynarodowego zespołu, który opracował metody selekcji i badań nad mechanizmami odporności kukurydzy, sorga i wigny na szkodniki (program: Podstawy Odporności Roślin na Szkodniki; Międzynarodowe Centrum Fizjologii i Ekologii Owadów, ICIPE, Nairobi, Kenia). W latach 1993-1997 pracował w Międzynarodowym Instytucie Rolnictwa Tropikalnego (IITA, Ibadan, Nigeria) i pełnił funkcję eksperta FAO (Główny Doradca Rządu Sudanu – Program: Integrowana Ochrona Warzyw, Pszenicy i Bawełny, Wad Medani, Gezira, Sudan). Był konsultantem programów odpornościowych w Togo, Kamerunie, Zimbabwie, Zairze, Kenii. Od 2002 r. prowadzi w Polsce badania nad oddziaływaniem roślin GM na środowisko (szklarniowe i polowe we współpracy z IHAR, Radzików). Jest autorem podręcznika i ponad 200 publikacji. Obecnie pełni funkcję Przewodniczącego Komitetu Ochrony Roślin PAN.

Dr Sławomir SOWA jest absolwentem Wydziału Rolniczego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. W latach 1996-1997 stypendysta DAAD – Uniwersytet w Hamburgu. Kierownik krajowego referencyjnego Laboratorium Kontroli GMO. Członek Komitetu Sterującego Europejskiej Sieci Laboratoriów GMO (ENGL) działającej przy Komisji Europejskiej we Wspólnotowym Centrum Badawczym. Krajowy ekspert „Sieci GMO EFSA” Europejskiego Urzędu do Spraw Bezpieczeństwa Żywności. Członek komitetu technicznego ds. biotechnologii Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. Członek Komitetu Biotechnologii PAN. Nagrodzony w 2011 r. odznaką honorową „Zasłużony dla rolnictwa”, a w 2012 r. nagrodą Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

## Polskie produkty przyszłości

Dnia 15 czerwca br. W Warszawie odbyła się uroczystość wręczenia nagród i wyróżnień XV edycji konkursu „Polski Produkt Przyszłości” (PPP).

Nagrodę za „wyrób przyszłości w fazie przedwdrożeniowej” otrzymały kwantowe lasery kaskadowe zgłoszone przez Instytut Technologii Elektronowej z Warszawy.

W tej kategorii wręczono także sześć wyróżnień dla:

- Braster SA z Warszawy za Breastlife Tester – Termograficzny tester do wczesnego wykrywania patologii piersi u kobiet, w tym raka piersi.
- Apeiron Synthesis Sp. z o.o. z Wrocławia za innowacyjne katalizatory metatezy olefin do zastosowań w przemyśle chemicznym i farmaceutycznym.
- Michała Mikulskiego z Gliwic za jednoosiowy egzoskielet ramienia sterowany elektromiogramem.
- Fundacji Linum z Wrocławia za Lenplast – opatrunek z lnu nowej generacji.
- Solar Energy SA z Warszawy za moduł PV z ogniw krzemowych z opcją połączenia do kolektora.

Politechniki Łódzkiej – Instytutu Elektroniki i GreenPoint z Łodzi za sprzętowy interfejs wizyjno-akustycznego systemu wspomagającego niewidomego w samodzielnym poruszaniu się.

W kategorii „technologia przyszłości w fazie przedwdrożeniowej” nagrodzono projekt „Nowej generacji technologii epichlorohydryny z biogliceryny”, którą zgłosił Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Błachownia” z Kędzierzyna-Koźła oraz Zakłady Chemiczne ZACHEM SA z Bydgoszczy. Wyróżniono także projekt „Technologii hybrydowej wytwarzania warstw kompozytowych w niskotemperaturowej plazmie” zgłoszony do konkursu przez Politechnikę Warszawską, Instytut Mechaniki Precyzyjnej.

Nagrodę w kategorii „wyrób przyszłości w fazie wdrożeniowej” otrzymał kombajn do zbioru i czyszczenia warzyw z wymiennymi adapterami roboczymi zgłoszony przez P.P.H.U. Akpil Kazimierz Anioł z Pilzna i Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych z Poznania. Jury konkursowe wyróżniło także projekt nowej rodziny zasilaczy magnetronowych o budowie modułowej, chłodzonych wodą do zastosowań solarnych zgłoszony przez Huettinger Electronic Sp. z o.o. z Zielonki.

W kategorii „technologia przyszłości w fazie wdrożeniowej” nagrodę otrzymała technologia wytwarzania aktywnej substancji alfacalcidol zgłoszona przez Instytut Farmaceutyczny z Warszawy.

Podczas tegorocznej edycji konkursu przyznana została również nagroda specjalna Ministra Gospodarki „eCO2 innowacja”. Od trzech lat jest ona wręczana Laureatom Konkursu PPP, których produkty wykazują największy potencjał w zakresie redukcji gazów cieplarnianych. W tym roku nagrodę specjalną „eCO2 innowacja” wiceminister Kasprzak wręczył przedstawicielom Instytutu Mechaniki Precyzyjnej i Politechniki Warszawskiej za projekt „Technologii hybrydowej wytwarzania warstw kompozytowych w niskotemperaturowej plazmie”.

Z okazji 15. jubileuszu konkursu PPP Kapituła uhonorowała Kryształową Piramidą Innowacyjności jego wielokrotnych Laureatów, których projekty doceniono w kraju i za granicą. Uznanie za szczególnie wkład w rozwój innowacji w Polsce zyskały Instytuty: Ciężkiej Syntezy Organicznej „Błachownia”, Farmaceutyczny z Warszawy, Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników z Torunia, Techniki i Aparatury Medycznej ITAM z Zabrze, Techniki Górniczej KOMAG z Gliwic oraz Technologii Elektronowej Z Warszawy, a także firmy: Transition Technologies SA z Warszawy i VIGO System SA z Ożarowa Mazowieckiego. (kk)

www.mg.gov.pl, 15.06.2012r.