

STEFAN MALEPSZY

Katedra Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

ROŚLINY TRANSGENICZNE W UPRAWIE POLOWEJ I HODOWLI ROŚLIN

WSTĘP

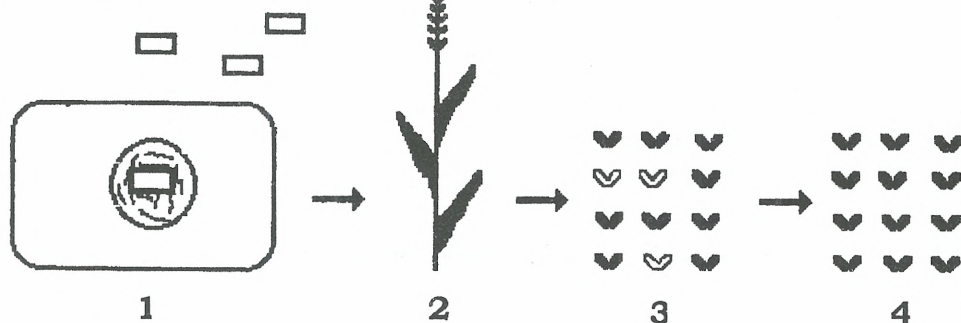
Roślina transgeniczna jest organizmem powstałym z takiej komórki, która włączyła do swego genomu fragment DNA skonstruowany za pomocą inżynierii genetycznej. Fragment ten może zawierać dowolną informację i może zostać włączony w prawie każdym miejscu genomu. W przenoszonych fragmentach mogą się znajdować różne geny i zazwyczaj są to jeden lub dwa geny markerowe oraz „właściwy gen”, od którego oczekuje się, że spowoduje zmianę określonej właściwości organizmu transgenicznego. „Właściwy gen” jest nazywany transgenem i zwykle nie ma w genomie swojego odpowiednika w postaci allelu. W takiej sytuacji roślina transgeniczna zawiera w genomie unikalny (nie występujący w innym miejscu) fragment i jest heterozygotą. Oznacza to, że w jej potomstwie, powstałym po samozapyleniu, będą segregowały rośliny z nową cechą uwarunkowaną transgenem oraz rośliny o fenotypie dzikim (nie zmienione). Wśród roślin z nową cechą będą homo- i heterozygoty. Sposób przekazywania i stosunki rozszczepień powinny być zgodne z prawami Mendla. Tak więc każda roślina transgeniczna powstała z transformowanej komórki daje niejednolite potomstwo i dopiero w wyniku samozapylenia można uzyskać nierozszczepiające się pokolenie zwane ustaloną linią transgeniczną (rys. 1).

Do powstania rośliny z transgenicznej komórki są potrzebne specyficzne warunki nazywane kulturą *in vitro* i umożliwiające regenerację. Rośliny powstałe w wyniku regeneracji mogą wykazywać różne zmienione właściwości (w pokoleniu R_0 i R_1) co nazwano zmiennością somaklonalną (LARKIN i SCOWCROFT 1981). Właściwości te są zazwyczaj trwale dziedziczone w kolejnych pokoleniach. Oznacza to, że w stosowanej metodyce uzyskiwania roślin transgenicznych obok nowych cech spowodowanych działaniem transgenu mogą występować inne zmienione cechy będące efektem somaklonalnej zmienności.

Rośliny transgeniczne są wytwarzane głównie z myślą o ulepszeniu roślin uprawnych lub powstaniu nowego sposobu ich użytkowania. Właściwości tych roślin należy więc ostatecznie sprawdzić w typowych warunkach uprawy, czyli w polu. Sprawdzenie odbywa się stopniowo, najpierw w szklarniach z odpowied-

nimi zabezpieczeniami, ostatecznie w otwartym polu. Na te ostatnie są wymagane specjalne zezwolenia, wydawane przez odpowiedni urząd.

transgen



Rys. 1. Schemat uzyskiwania linii transgenicznych.

1. Komórka włączyła do swojego genomu transgen. 2. Z transgenicznej komórki powstała transgeniczna roślina pokolenia T_0 . 3. Powstałe pokolenie T_1 segreguje mendlowsko na typ dziki i wywołany transgenem nowy fenotyp. 4. Samozapylone rośliny T_1 o nowym fenotypie dają potomstwa rozszczepiające się lub jednolite — te ostatnie pochodzą z homozygoty i są ustaloną linią transgeniczną.

Wraz z pojawieniem się organizmów transgenicznych powstały również wątpliwości co do ich wprowadzenia do środowiska naturalnego i pojawił się termin bezpieczeństwo biologiczne (biosafety). W prawodawstwie większości państw wysokorozwiniętych wprowadzono szczegółowe przepisy ustalające warunki, jakie należy spełnić w pracy z organizmami transgenicznymi, w tym również podczas sprawdzania ich właściwości w warunkach uprawy polowej (CHMIEL 1993, UNIDO 1995). W niektórych państwach, na przykład RFN, przepisy te były początkowo bardzo restrykcyjne. Wszystko to spowodowało, że doświadczenia nad zachowaniem się roślin transgenicznych w uprawie polowej zostały podjęte z pewnym opóźnieniem, a i ich intensywność była i jest ograniczona.

DOŚWIADCZENIA POLOWE Z ROŚLINAMI TRANSGENICZNYMI PRZEPROWADZONE W EUROPIE

W Europie pierwsze zezwolenia na doświadczenia wydano w 1988 roku. Od tego czasu wydano ich prawie 550 (tab. 1 i 2), największą liczbę we Francji, Wielkiej Brytanii, Belgii, Włoszech i Holandii. Zezwolenia dotyczyły 21 gatunków roślin, ale największą ich liczbę wydano dla czterech gatunków o dużym znaczeniu gospodarczym: dla rzepaku, kukurydzy, buraka cukrowego i ziemniaka (tab. 2). Nowe właściwości, którymi charakteryzowały się transgeniczne rośliny, dotyczyły przede wszystkim tolerancji na herbicydy (około 90% przypadków), odporności na choroby wirusowe, zwiększonej zawartości skrobi oraz zmienionej barwy kwiatów. W nomenklaturze dotyczącej transgenicznych roślin występują

oznaczenia pokoleń literą T z dodatkiem określonej cyfry. Ta ostatnia mówi o tym, że mamy do czynienia z pokoleniem zregenerowanym z transformowanych komórek (T₀) lub pokoleniem powstałym z samozapylenia tych roślin (T₁). Kolejne cyfry oznaczają kolejne samozapylenia.

Tabela 1

Liczba zezwoleń wydanych w Unii Europejskiej na prowadzenie doświadczeń polowych z transgenicznymi roślinami różnych gatunków (wg NEUROTH i współaut. 1995)

Gatunek	Liczba zezwoleń
<i>Brassica napus</i>	134
<i>Zea mays</i>	109
<i>Beta vulgaris</i>	66
<i>Solanum tuberosum</i>	60
<i>Cichorium intybus</i>	35
<i>Lycopersicon esculentum</i>	35
<i>Nicotiana tabacum</i>	26
<i>Triticum aestivum</i>	4
<i>Populus</i>	4
<i>Helianthus annuus</i>	4
<i>Glycine max</i>	4
<i>Brassica oleracea</i>	4
<i>Eucalyptus grandis</i>	3
<i>Cucumis melo</i>	3
<i>Medicago sativa</i>	2
<i>Vitis</i> ssp.	1
<i>Fragaria</i> ssp.	1
<i>Dianthus caryophyllus</i> var. <i>napobrassica</i>	1
<i>Dendranthema grandiflora</i>	1
<i>Daucus carota</i>	1
<i>Brassica napus</i> var. <i>napobrassica</i>	1

W Polsce doświadczenia polowe z roślinami transgenicznymi rozpoczną się najprawdopodobniej w bieżącym roku i będą dotyczyły ziemniaków i pszenżyta. Dotychczas w szklarniach badano rośliny transgeniczne tych dwóch gatunków oraz tytoniu, rzepaku, ziemniaka, kukurydzy i ogórka. Zaawansowane są prace nad śliwą. Oto instytucje, w których prace te są realizowane: Instytut Biochemii i Biofizyki PAN w Warszawie, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, Instytut Chemii Bioorganicznej PAN w Poznaniu, Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Tabela 2

Liczba zezwoleń wydanych w państwach Unii Europejskiej na doświadczenia polowe z roślinami transgenicznymi (wg NEUROTH i współaut. 1995)

Państwo	Liczba zezwoleń
Portugalia	5
Szwecja	10
Dania	14
Hiszpania	24
Niemcy	24
Holandia	62
Włochy	65
Belgia	76
Wielka Brytania	91
Francja	162

TRANSGENICZNE PETUNIE W UPRAWIE POLOWEJ (HANISCH 1992)

Polowe doświadczenia z petuniami zostały przeprowadzone w 1990 i 1991 roku w Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung w Kolonii. Jest to jeden z najbardziej zaawansowanych ośrodków w pracach nad genetyką molekularną roślin. Dzięki doświadczeniom nad transgenicznymi petuniami niezamierzenie uzyskano dane o regulacji ekspresji genów, czyli mechanizmach kierujących aktywacją genu. Poniżej zostanie przedstawione, jak do tego doszło.

Zamierzeniem autorów była identyfikacja i izolacja elementów transpozycyjnych u petunii. Chcieli to osiągnąć przez wprowadzenie genu *A1* o znanej sekwencji i funkcji z kukurydzy i obserwację barwy kwiatów u petunii. Gen *A1* odpowiada za syntezę reduktazy dihydroflawonowej (DFR). Ze specyficznego substratu wytwarza ona leukopelargonidynę przekształcaną, przez kolejne enzymy znajdujące się w komórkach petunii, w łososiowy barwnik zwany pelargonidyną. Gen *A1* wprowadzony do petunii o kwiatach białych spowodował zmianę barwy na łososiowo-czerwoną. Z roślin T_0 uzyskano w szklarni linię ustaloną a następnie skrzyżowano z linią o białych kwiatach — uzyskując jednolite łososiowoczerwone, heterozygotyczne pokolenie. Postępowanie takie było niezbędne ze względu na chęć zajęcia się transpozonomi. Doświadczenie przeprowadzono w 1990 roku na 30 800 roślinach. Uчени zakładali, że istniejący u petunii transpozon przeniesie się w niektórych przypadkach do genu *A1* powodując jego inaktywację. Powinno się to ujawnić zmianą barwy kwiatów z łososiowoczerwonej na białą lub plamkowaną.

W pierwszym okresie wzrostu roślin w polu stwierdzono, że 8% roślin wykazywało zmniejszoną ekspresję genu barwy (słaba intensywność barwy), 0,2% miało oczekiwane kwiaty plamkowane lub białe a 91,8% było barwy intensywnie łososiowoczerwonej. Później zadziałały bardzo wysokie temperatury (do 36°C) i silne światło (o intensywności ponad 500 W/m²), co spowodowało

wyblaknięcie wszystkich kwiatów. W drugim okresie, kiedy powstały świeże kwiaty, tylko 37% roślin (zamiast poprzednich 91,8%) wykazywało łososiowoczerwoną barwę kwiatów. Nie było już kwiatów białych i plamkowanych, a najwięcej było o słabej barwie łososiowoczerwonej. Z grupy roślin o kwiatach silnie łososiowoczerwonych w pierwszym i słabo łososiowoczerwonych w drugim okresie wysiano nasiona. Okazało się, że rośliny z nasion pochodzących z I okresu miały kwiaty o intensywnej barwie łososiowoczerwonej, a z drugiego o słabej. Sugerowało to, że istnieje coś w rodzaju pamięci o warunkach wzrostu, w jakich gen działał i odpowiedniej modyfikacji jego ekspresji. Dokładniejsze badania molekularne wykazały, że przyczyną redukcji w ekspresji genu *A1* była metylacja promotora. Ekstremalne warunki wzrostu zwiększyły ją, co utrudniało odczytywanie genu *A1* i w ten sposób zmniejszało ilość barwnika.

Dalej analizowano grupę roślin powstałych z nasion wytworzonych na roślinach o kwiatach białych i plamkowanych w I okresie. Okazało się, że przyczyną takich kwiatów nie była transpozycja, tylko pełna metylacja promotora genu *A1*. Wydaje się, że system metylacji jest instrumentem, którym roślina posługuje się w tym celu, aby stosownie do warunków wzrostu nadać transgenowi odpowiednią aktywność. Wyniki tych badań postawiły wiele nowych pytań dotyczących organizmów transgenicznych, które nauka podjęła.

DOŚWIADCZENIA POŁOWE Z ZIEMNIAKAMI ODPORNymi NA WIRUSY

KANIEWSKI i współpracownicy (1990) przeprowadzili analizę wzrostu roślin, plonu bulw i odporności na wirus PVX i PVY u kilku klonów ziemniaka (pokolenie T₀) powstałych w wyniku wprowadzenia genów białka płaszcza obu wirusów. Ekspresja wprowadzonych genów, mierzona średnią zawartością białka ogólnego, była bardzo zróżnicowana (tab. 3). Podobne zróżnicowanie dotyczyło procentowego udziału roślin zawierających wirusa po inokulacji (tab. 4). Tylko jeden

Tabela 3

Analiza testem ELISA poziomu PVX CP w transgenicznych
roślinach ziemniaka zawierających chimeralny gen kodujący CP
z PVX i PVY (KANIEWSKI i współaut. 1990)

Klon	Średnia (ng/mg białka ogólnego)
362	10,0 ± 6,6 a
108	10,1 ± 8,5 a
204	1,3 ± 0,9 b
303	0,5 ± 0,6 c

z klonów (303), który wykazywał najniższą ekspresję genów białek płaszcza (na poziomie białka) był praktycznie całkowicie wolny od wirusów. U pozostałych klonów wartości te kształtowały się bardzo różnie. Powyższe obserwacje znalazły pełne potwierdzenie w wysokości plonu bulw. Tylko klon 303 nie reagował obniżeniem plonu (tab. 5). Doświadczenie to zwróciło uwagę na dwie ważne sprawy. Po pierwsze, że poszczególne klony różnią się ekspresją na poszczegól-

nych etapach wyrażania się transgenu i po drugie, że nie ma prostej relacji pomiędzy intensywnością ekspresji transgenu a odpornością i będącej jej wynikiem wysokości plonu.

Tabela 4

Obecność infekcji PVX i/lub PVY określana testem ELISA po 16 tygodniach od inokulacji (wg KANIEWSKI i współaut. 1990).

Klon	Procent zainfekowanych roślin			
	PVX	PVY	PVX i PVY	PVX i/LUB PVY
RB i D	54,3 a	61,6 a	36,7 a	79,3 a
303	6,0 c	2,0 b	0,0 b	8,0 b
204	31,0 ab	80,8 a	27,8 a	84,0 a
362	10,0 bc	87,0 a	10,0 ab	87,0 a
108	29,2 ab	88,5 a	26,9 a	91,0 a

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie w obrębie tej samej kolumny. Analizowano około 100 roślin.

Tabela 5

Porównanie plonu bulw z inokulowanych i nieinokulowanych roślin ziemniaka (wg KANIEWSKI i współaut. 1990).

Klon	Nieinokulowane (kg)	Inokulowane (kg)	Spadek plonu (%)
RB i D	14,6 ± 3,9	10,5 ± 1,8	28
362	17,1 ± 3,6	9,0 ± 1,4	47,4
108	14,6 ± 0,9	4,3 ± 5,3	63,7
204	14,2 ± 2,1	7,8 ± 3,3	45,1
303	14,8 ± 4,0	14,5 ± 1,3	—

*Plon z tych samych poletek różnił się istotnie od nieinokulowanych poletek tego samego klonu ($P < 0,05$). Wszystkie klony (poza RB i D) — ekspresja CP z PVX i PVY.

Kolejnym zagadnieniem jest pytanie, czy rośliny transgeniczne z wprowadzonym jednym lub kilkoma nowymi genami mają nową(e) cechę(y) będącą efektem działania tychże genów, czy też pojawiają się zmiany również innych właściwości oraz jak wygląda plonowanie na tle najlepszych odmian. Odpowiednie wyniki uzyskali między innymi uczeni holenderscy (JONGENDIJK i współaut. 1992). W tabeli 6 przedstawiono odporności roślin transgenicznych dwóch odmian ziemniaka na tle odmian wyjściowych i innych odpornych na ten sam czynnik (wirus PVX). Z analizy danych wynika, że: (1) klony transgeniczne odmiany Eskort są odporniejsze niż odmiany Bintje, (2) odmiany, których odporność nie jest wynikiem obecności transgenu tylko naturalnych genów odporności, mogą być nawet bardziej odporne od transgenicznych. W tabeli 7 przedstawiono dane dotyczące trwałości cech odmianowych u 61 transgenicznych klonów dwóch odmian — Bintje i Eskort. Okazuje się, że: (1) istnieje wpływ odmiany na trwałość określonej grupy cech (np. Eskort — brak zmian kiełków i dwukrotnie mniej klonów o niższym plonie), (2) liczba klonów z dodatkowymi zmianami może być znaczna i dochodzić do 41%, zwykle wynosi jednak około kilkanaście procent. JONGENDIJK i współpracownicy (1992) podają również, że u odmiany Eskort 80%

klonów nie miało zmienionych cech odmianowych, a u Bintje niecałe 20%. Jednocześnie u tej ostatniej prawie 50% klonów miało zmienione 1–5 cech a u Eskort takich roślin w ogóle nie było. Maksymalna liczba cech zmienionych w jednym klonie wynosiła ponad 15 i było to około 10% klonów u każdej z odmian.

Tabela 6

Udział roślin zainfekowanych PVX w potomstwach klonalnych transgenicznych klonów odmiany Bintje (MGB) i Eskort (MGE) oraz nietransformowanych odmian standardowych (wg JONGENDIJK i współaut. 1992)

Odmiana	Procent zainfekowanego potomstwa średnia ^a	Wg listy odmian ^b	Ekspresja CP PVX		
			0,0–0,1	0,1–0,2	0,2–0,3
MGB 26	41,7 a	5	+		
Bintje	38,5 ab	5			
Eskort	36,5 abc	5			
Estina	27,1 abcd	6			
MGE-04	22,9 abcde	6–7	+		+
MGB-66	16,7 cdef	7–8			
MGE-08	12,5 def	8–9			+
B-44	10,4 def	8–9			+
B-18	8,3 def	8–9			+
B-28	6,3 def	8–9			+
B-13	6,3 def	8–9		+	
E-21	4,2 ef	8–9			+
E-13	2,1 ef	9			+
Elles	2,1 ef	9			
MGE-44	0,0 f	R		+	
E-32	0,0 f	R			+
Bildstar	0,0 f	R			
Sante	0,0 f	R			

^a — różne litery oznaczają różnice ($\alpha = 0.05$ Duncan's multiple range test)

^b — PVX (szczep X³), wynik odporności stosownie do listy odmian holenderskich: 5–9 bardzo wrażliwe — bardzo odporne,

R — odporne w polu (immunia).

^c — % ogólnego białka rozpuszczalnego, dane z doświadczeń w komorach, stosownie do HOEKEMA i współaut. 1989.

Przedstawione powyżej przykłady nie wyczerpują wszystkich zagadnień wynikłych z przeprowadzonych doświadczeń polowych oraz wprowadzania na rynek produktów będących wynikiem stosowania inżynierii genetycznej. Kolejną jest akceptacja społeczna. Nawet w społeczeństwie amerykańskim powstała silna presja na specjalne oznakowanie produktów spożywczych będących efektem inżynierii genetycznej. Na przykład, firma Colgene z USA wprowadziła do sprzedaży genetycznie zmienioną odmianę pomidora Flavr-Savr, zawierającą w transgenie oprócz genu użytecznego, także gen odporności na antybiotyki i promotor wirusa CaMV. Genem użytecznym była antysensowa kopia genu

poligalakturyazy, którego aktywność katalityczna polega na trawieniu pektyny odpowiedzialnej za twardość owoców. Zablokowanie aktywności tego genu przez antysensowy oligomer powoduje zmniejszenie produkcji enzymu, a w konsekwencji istotne spowolnienie mięknięcia owocu, co przedłuża dojrzewanie i ułatwia transport oraz przechowywanie. Dojrzały pomidor pozostaje twardy przez

Tabela 7

Przetrawianie niektórych cech odmianowych w wyniku zmian pod wpływem inżynierii genetycznej (wg JONGENDIJK i współaut. 1992, nieco zmodyfikowane). 61 niezależnych klonów MGB i MGE.

Cecha odmiany	Transgeniczne klony z Bintje Różniące się (%)	Transgeniczne klony z Eskort Różniące się (%)	Różniące się (ogółem %)
Kiełki			
Ogólny kształt	10,3	0,0	6,6
Intensywność podstawowego zabarwienia	20,5	0,0	13,1
Długość bocznych pędów	25,6	0,0	16,4
Roślina			
Wysokość	30,8	9,1	23,0
Typ rośliny	17,9	0,0	11,5
Typ wzrostu	12,8	18,2	14,8
Grubość pędu	12,8	13,6	13,1
Kolor pędu	12,8	18,2	14,8
Ogólna wielkość liści	25,6	18,2	32,0
Złączenie listków	15,4	0,0	9,8
Intensywność barwy zielonej	10,3	18,2	13,1
Falowanie brzegu liścia	15,4	4,5	11,5
Kwiat			
Wielkość kwiatostanu	5,1	9,1	6,6
Wielkość korony	2,6	9,1	4,9
Zabarwienie pąka	5,1	0,0	5,1
Kłoby			
Kształt	17,9	4,5	13,1
Głębokość oczka	0,0	9,1	3,3
Gładkość skórki	0,0	4,5	1,6
Ogólny plon	41,0	18,2	32,8

około 10 dni dłużej niż normalny. Ekonomisci amerykańscy oszacowali, że na rynku Ameryki Północnej powinno to dawać kilkanaście miliardów dolarów zysku rocznie. Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) w sierpniu 1994 roku zezwoliła na komercję pomidorów Flave-Savr mimo znacznych oporów konsumenckich. Jednym z głównych zastrzeżeń tych ostatnich było: czy gen oporności na neomycynę (NPT II) występujący w takim pomidorze nie zrekombinuje z bakteriami przewodu pokarmowego oraz czy promotor CaMV 35S nie

uaktywni się w innej odmianie (w wyniku przypadkowego przekrzyżowania) powodując obniżenie odporności na wirusy. W tym przypadku wątpliwości nie dotyczyły więc genu użytecznego, ale towarzyszących mu genów markerowych. Abstrahując od dogłębności i stopnia realizmu niektórych wątpliwości, zadaniem nauki jest udzielenie wyczerpujących odpowiedzi. Mamy tutaj jednak do czynienia z jednej strony z typową sytuacją polegającą na tym, że każda nowa technologia rodzi nowe problemy i rzecz w tym, aby ich wagę jak najlepiej rozpoznać. Z drugiej natomiast wiele problemów jest wynikiem walki o rynek i jego profity, w sytuacji kiedy niektóre firmy uzyskały wielką przewagę technologiczną nad innymi.

ROŚLINY TRANSGENICZNE W HODOWLI ROŚLIN I PRODUKCJI

Hodowla roślin jest dziedziną zajmującą się wytwarzaniem i wprowadzaniem do rolnictwa odmian o nowych potrzebnych właściwościach. Nowe odmiany wprowadzone do praktyki rolniczej dają lepszy, wyższy i/lub bardziej atrakcyjny plon, który przynosi większe dochody producentom. Podstawą do osiągnięcia sukcesu w hodowli jest dysponowanie odpowiednią zmiennością genetyczną, w najgorszym przypadku przynajmniej jedną rośliną o potrzebnej cesze. Dlatego też uzyskanie pierwszych roślin transgenicznych wzbudziło entuzjazm, szczególnie jeżeli chodzi o szybkość postępu w hodowli. Powstała bowiem możliwość szybkiego uzyskiwania wielu w jednakowy sposób zmienionych osobników. Niewątpliwie rośliny transgeniczne dają szansę szybkiego uzupełnienia dobrej odmiany o nową (nieczęsto unikalną) właściwość. Nie każda jednak z roślin, które posiadają nowy gen, ma we właściwy sposób wykształconą daną cechę, a jeżeli już, to często ma zmienione inne właściwości, co jest niekorzystne. Trzeba więc dysponować odpowiednio liczną grupą roślin transgenicznych (20–100), aby można być pewnym wystąpienia przypadków będących rzeczywistym ulepszeniem danej odmiany o nową cechę. Aby ustalić, które to są rośliny, należy dokonać dokładnej ich oceny w polowych doświadczeniach, odpowiednio rozmnożyć i ewentualnie skorygować właściwości w wyniku krzyżowania.

Najbardziej doniosły wpływ inżynierii genetycznej (rozumianej jako uzyskiwanie transgenicznych roślin) na hodowlę polega na tym, że możliwe jest wprowadzenie genów z każdego organizmu niezależnie od systematycznego oddalenia w tym — genów syntetycznych — o zaprogramowanej sekwencji, nie występujących w naturze. Daje to szansę sprostania wielkim wyzwaniom cywilizacyjnym, związanym z wyżywieniem ludności i ochroną naturalnego środowiska.

BREEDING AND PROPERTIES OF TRANSGENIC PLANTS IN FIELD CONDITIONS

Summary

Testing of the properties of transgenic plants in field conditions is an indispensable step in evaluation of the effect of the gene introduced on the value of the variety tested. Field trials require special licences from an appropriate organ. In the European Union, so far about 500 such licences were issued. They concerned 21 plant species, mainly potato, maize, sugar beet, rape, chicory and tobacco plant, and such traits as tolerance to herbicides, virus resistance, altered colour of flowers and starch content.

Transgenic plants differ in expression of the introduced gene, that is why, among others, the value of a new property introduced is also differentiated. Moreover, in a part of the transgenic plants, also some other properties, not related directly to the action of the gene introduced, were altered. Also in this case large differences between various varieties were observed. It should be added that some unexpected properties of the transgenic lines were found to be due to variable atmospheric conditions.

LITERATURA

- CHMIEL A., 1993. *Biozagrożenia i bezpieczeństwo*. Biotechnologia 4, 71–81.
- HANISCH C., 1992. *Der Petunien Freilandversuch*. [W:] *Pflanzenproduktion und Biotechnologie*, MPI f. Züchtungsforschung, Koeln, 227–237.
- HOEKEMA A., HUISMAN M. J., MOLENDIJK L., VAN DEN ELZEN P. J. M., CORNELISSEN B. J. C., 1989. *The genetic engineering of two commercial potato cultivars for resistance to potato virus X*. BioTechnology 7, 273–278.
- JONGENDIJK E., DE SCHUTTER A. A. J. M., STOLTE T., VAN DEN ELZEN P. J. M., CORNELISSEN B. J. C., 1992. *Increased resistance to potato virus X and preservation of cultivar properties in transgenic potato under field conditions*. Biotechnology 10, 422–429.
- KANIEWSKI W., LAWSON C., SAMMONS B., HALEY L., HART J., DELLANNAY X., TUMER N. E., 1990. *Field resistance of transgenic russet burbank potato to effects of infection by potato virus X and potato virus Y*. Biotechnology 8, 750–754.
- LARKIN P. J., SCOWCROFT W. R., 1981. *Somaclonal variation — a novel source of genetic variability from cell cultures for plant improvement*. Theor. Appl. Genet. 60, 197–214.
- NEUROTH B., TEGEDER M., SCHIEDER O., 1995. *Field release of transgenic plants — biological data for relevant species*. Biotechnologia, International Conference Agrobiotechnology 95. Poznań 15–20 September, II.1 (abstracts).
- UNIDO, 1995. *Voluntary code of conduct for the release of organisms into the environment*. Biotechnologia 1, 28–34.