

STEFAN MALEPSZY

Katedra Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu SGGW
Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
e-mail: malepszy@alpha.sggw.waw.pl

WPLYW OSIĄGNIĘĆ BIOLOGII NA HODOWLĘ ROŚLIN

TROCHEŃ O TYM, CZYM JEST HODOWLA

Hodowla roślin jest działalnością praktyczną, podporządkowaną regułom ekonomicznym, które wywierają na nią wieloraki wpływ. Wpływ ten to nie tylko ogólna sytuacja ekonomiczna oraz polityka rolna, ale wiele czynników w mi-

kroskali — często znacznie istotniejszych. Spośród działalności gospodarczych hodowla wyróżnia się kilkoma niekorzystnymi dla świata biznesu cechami. Po pierwsze, jest obciążona dużym stopniem ryzyka, to znaczy pewności uzyskania założonego efektu. W działalności hodowlanej jest ono znacznie wyższe od działalności przemysłowej. Po drugie, do osiągnięcia zamierzonego celu jest potrzebna dłuższa skala czasowa, co obniża rentowność. Po trzecie, działalność hodowlana uwikłana jest w sieć różnorodnych powiązań i zależności, które mają ją stabilizować, ale w efekcie znacząco komplikują i często osłabiają.

Hodowla roślin służy rolnictwu w ten sposób, że dostarcza producentom dobrych nasion i w języku formalnym jest to określane mianem postępu biologicznego. Na przestrzeni mijającego stulecia znaczenie postępu biologicznego, na tle innych czynników produkcyjnych, wykazuje stałą tendencję rosnącą, a jego wartość przekroczyła 50% (Tabela 1). Oznacza to, że w rolnictwie mamy do czynienia ze zwiększaniem roli predispozycji genetycznych uprawianych od-



Stefan Malepszy, ur. 30.08.1948 w Lesznie Wlkp, woj. Wielkopolskie. Profesor zwyczajny, kierownik Międzywydziałowego Studium Biotechnologii. Pierwszą moją pasją były książki. Ostatni ulubieńcy to Kosidowski, Fiedler i Lem — ten ostatni pozostał zresztą do dzisiaj. Pasja ta zelżała już na początku studiów, a właściwie wtedy zniknęła. Na studiach

rolniczych w Poznaniu wolne chwile wypełniał mi sport — piłka nożna, siatkówka i judo. Na dzisiaj pozostały tenis i turystyka — szczególnie wysokogórska. Z czasów asystentury w Instytucie Genetyki Roslin PAN w Poznaniu i Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska w Katowicach najlepiej wspominałem seminaria terenowe z udziałem Prof. Hejnowicza i pp. Prof. A. i J. Szwejkowskich. Były to piesze wędrówki z plecakiem i namiotem lub spływy kajakowe do najciekawszych folklorystycznie i krajobrazowo zakątków naszego kraju. Moje obecne zainteresowania zawodowe to embriogeneza somatyczna i jej genetyczno-fizjologiczne uwarunkowania oraz biotechnologia u ogórka.

Tabela 1. Ewolucja znaczenia poszczególnych czynników we wzroście produkcji roślinnej w XX wieku (%) (wg NALBORCZYKA 2000)

Czynnik	Lata		
	1900–1950	1951–1975	1976–1995
Postęp biologiczny	11	18	52
Ochrona roślin	11	22	14
Nawożenie	18	47	24
Organizacja produkcji	22	4	3
Agrotechnika	38	9	7

mian, przy zmniejszającej się roli pozostałych czynników produkcji między innymi chemizacji. Tendencję tą należy uznać za właściwą.

NIECO WIĘCEJ O BORLAUGU

Osiągnięcia Borlauga są znane jako tak zwana zielona rewolucja i utorowały mu drogę do nagrody Nobla. Sukces Borlauga nie byłby możliwy bez doskonałej przez niego znajomości rolnictwa. Najbardziej znane są jego dokonania z pszenicami i w zasadzie do nich się ograniczyć. BORLAUG wykreował odmiany pszenic nowej generacji, które miały krótkie i sztywne źdźbło oraz zbity kłos, były obojętne fotoperiodycznie, słabo się krzewiły oraz wymagały tak zwanej intensywnej uprawy — czyli wysokiego nawożenia mineralnego i nawodnienia. Obojętność fotoperiodyczna stwarzała możliwość uprawy przez cały rok (np. zebranie dwóch plonów), słabe krzewienie sprzyjało wyrównanemu dojrzewaniu i wielkości ziarna, sztywne i krótkie źdźbło dawało gwarancję nie wylegania nawet w niesprzyjających warunkach. Wprowadzenie tych odmian do rolnictwa w Indiach sprawiło, że kraj ten, należący wówczas do dużych importerów zbóż, w ciągu kilku lat dysponował nadwyżką w produkcji zbóż. Odmiany wyhodowane przez Borlauga nadawały się jednak do uprawy tylko w nowoczesnym rolnictwie stosującym dobre nawożenie, nawadnianie i ochronę roślin. W strukturze agrarnej Indii bardzo znaczący udział miały jednak drobne, biedne gospodarstwa, pozbawione odpowiednich możliwości technologicznych. W różny sposób weszły one w posiadanie odmian Borlauga i srodze się rozczarowały efektami uprawy. Mało tego, ich właściciele popadli w jeszcze większą biedę i szybko wrócili do uprawy tradycyjnych odmian.

Rewolucyjność osiągnięcia Borlauga dotyczyła czterech sfer. Pierwsza to humanitarna — czyli uratowanie od śmierci głodowej wielu ty-

Najbardziej spektakularną egzemplifikacją tej tezy były osiągnięcia dr Normana Borlauga; od nich nastąpił przełom w uświadomieniu, jak ogromne możliwości daje rolnictwu wprowadzenie nowej technologii, w której kluczową rolę spełniają odpowiednio ukształtowane predyspozycje genetyczne.

Biologia jest jedną z dziedzin, które mają wpływ na hodowlę, ale z pewnością jej wpływ jest największy. Ze względu na złożoność hodowli często osiągnięcia biologiczne nie dają się przełożyć wprost na postęp w hodowli. Zwykle jednak jest to kwestia czasu.

Dobre nasiona to oczywiście nie tylko określone predyspozycje genetyczne — czyli odmiana, ale z pozycji przeciętnego Kowalskiego tak właśnie rzecz wygląda. Do kwestii jakości nasion wróć pod koniec artykułu.

sięcy ludzi. Druga to technologiczna; pokazała ona, że precyzyjne ukształtowanie predyspozycji genetycznych stosownie do warunków uprawy stwarza możliwość bardzo znacznego podwyższenia plonu ziarna, dochodzącego do 100%. Trzecia to złamanie przynajmniej dwóch poglądów utrwalonych wśród hodowców. Jednego o niemożności przełamania niektórych korelacji pomiędzy niską masą vegetatywną i wysokim plonem ziarna oraz silną krzewistością a wysokim plonem i drugiego o niemożności zmian kompleksu właściwości bez uciekania się do krzyżowania oddalonego. Czwarta sfera to ostrzeżenie, że niedotrzymanie koniecznych wymogów technologicznych może narazić na dotkliwe straty. Współcześnie tak drastycznego uświadomienia tego warunku w rolnictwie chyba nie było — jeżeli pominąć Łysenkę.

Obecnie osiągnięcia Borlauga są negowane przez niektórych zwolenników rolnictwa ekologicznego. Stawia mu się dwa zarzuty. Pierwszy, to doprowadzenie do zanieczyszczenia środowiska na skutek wymagania przez jego odmiany intensywnej uprawy. Drugi zarzut, to dotkliwość strat drobnych rolników spowodowana uprawą tych odmian. W pierwszym z zarzutów nie dostrzega się, że hodowli postawiono wówczas zadanie wytworzenia odmian intensywnych, a nie innych. Taka była tendencja w rolnictwie i wynikała ona głównie ze względów ekonomicznych. Jeżeli obecnie potrzeba odmian dostosowanych do uprawy w warunkach niskiej intensyfikacji, to hodowla podejmuje również i to zadanie z dobrym skutkiem. Jest powszechnie wiadomym, że alternatywą dla odmian Borlauga było pozostawienie na

długie lata milionów ludzi na łasce jednej z najbardziej dotkliwych klęsk jaką jest głód. Obecne zarzuty dobrze odżywionych europejskich ekologów są więc po prostu ... niehumanitarne. Drugi z zarzutów jest często stawiany wielu wynalazkom, ale raczej nie z obszaru rolnictwa. Odpowiedź jest tutaj prosta. Użytkownik nowej technologii jest zobowiązany znać jej wymagania, bez względu na to w jaki sposób wszedł w jej posiadanie. Decydując się na jej używanie bierze na siebie odpowiedzialność za skutki wynikłe z nieodpowiedniego użycia.

BORLAUG (1971) jest również autorem znanej sentencji, która od początku lat 70. mobili-

zowała genetyków do rozwijania działań przydatnych w hodowli. Brzmi ona następująco: Continued progress in raising plant productivity requires novel techniques for hybridization of widely diverse materials with the development of new plants. (Utrzymanie postępu w zwiększaniu produktywności roślin wymaga nowych technik do oddalanej hybrydyzacji zróżnicowanych materiałów, w tym wytworzenia nowych roślin). Jej Autor nie przypuszczał chyba, że w ciągu niespełna 30 lat powstanie inżynieria genetyczna, będąca odpowiedzią na rozwiązania metodyczne, jakich oczekiwali wybitni hodowcy.

KRZYŻOWANIE

Krzyżowanie jest podstawowym zabiegiem w hodowli. Od niego hodowcy zaczynają wszelkie działania. Nasza wiedza na temat biologii krzyżowania uległa ogromnej ewolucji, a podane poniżej przykłady są tylko ilustracją efektów krzyżowania. Należy jednak pamiętać, że są one owocem często niezwykle drobiazgowej znajomości wielu czynników, gwarantujących kontrolę krzyżowania.

Pszenżyto, nazywane też tritikale, jest pierwszym, świadomie przez człowieka wytworzonym i wprowadzonym szeroko do uprawy nowym gatunkiem. Jest ono doskonałą ilustracją oddziaływań jakie istnieją pomiędzy naukami biologicznymi a rolnictwem, a zarazem świetną egemplifikacją pomyślniej realizacji dążeń hodowców do wytworzenia rośliny wolnej od mankamentów każdego z gatunków rodzicielskich to jest żyta i pszenicy. Ujemną stroną żyta były przede wszystkim małe walory odżywcze ziarna. Z kolei pszenica była wrażliwa na niesprzyjające warunki środowiskowe, poprawy wymagały także takie właściwości jak zimotrwałość, zdolność do dobrego plonowania na lżejszych glebach i odporność na niektóre choroby. Nowe odmiany pszenżyta na skalę gospodarczo istotną powstały w Polsce na początku lat 80. i obecnie gatunek ten stał się czwartym (nie licząc kukurydzy) pod względem ważności zbożem w naszym rolnictwie. Zdobywa sobie również coraz większe uznanie w wielu innych krajach. Najlepsze odmiany pszenżyta wywodzą się z Polski. Dlaczego? Jest to przede wszystkim efekt szerokiego programu badań nad właściwościami pszenżyta oraz powiązań pomiędzy nauką a hodowlą. Podstawą programu badawczego była przede wszystkim cytogenetyka i są to u nas lata począwszy od II połowy lat 50. do końca 70. Pięknie się barwiące, duże chromosomy obu gatunków stanowiły dla cytogenety-

ków niezwykle atrakcyjny materiał. Barwienie różnicowe i nowa generacja mikroskopów pozwoliły na coraz dokładniejsze i bardziej wszechstronne analizy nowego mieszańca. Ich odnośnikiem była szybko rozwijająca się genetyka pszenicy, w której wręcz wzorcowo były wykorzystywane monosomiki i mutacje strukturalne chromosomów. Rozwój genetyki pszenicy dodawał pszenżytu atrakcyjności jako obiektowi badań, bo stwarzał możliwość weryfikacji wielu hipotez w nowym układzie.

O sukcesie w hodowli pszenżyta w Polsce zadecydowały również tak zwane względy organizacyjne. Jeden z wiodących w Polsce ośrodków cytogenetyki roślin kierowany przez prof. Czesława Tarkowskiego prowadził w zakresie pszenżyta współpracę z prężnym ośrodkiem hodowlanym prof. Tadeusza Wolskiego. Współpraca ta trwa zresztą do dzisiaj. Hodowcom przekazywano linie o sprawdzonym kariotypie, gwarantujące między innymi wysoką płodność oraz tak zwane cechy jakościowe. W pracy nad pszenżytem ważną rolę odegrała znajomość genetycznej regulacji krzyżowalności obu gatunków przez geny *Kr*. Są one odpowiedzialne za dużą skuteczność krzyżowania obu gatunków i wiedza o tym pozwoliła dobierać odpowiednie formy rodzicielskie. Odmiany pszenżyta wyhodowane w Polsce są uznawane za najlepsze na świecie i stan ten potrwa jeszcze zapewne przez pewien okres. Jednocześnie pszenżyto jest jedynym naszym zbożem o ciągle jeszcze bardzo dużych, potencjalnych możliwościach zwiększania i ulepszania plonu. Warto więc zajmować się tą rośliną.

Sukces rolniczy pszenżyta był związany z uzyskaniem bardzo wysokiej płodności, albowiem o wartości użytkowej stanowi ziarno. W przypadku mieszańców oddalonych jest to zawsze bardzo duży problem. Wiele światowych

hodowli nie podjęło pracy z pszenżytem właśnie ze względu na popularną wśród hodowców opinię o praktycznej niemożności przewyżczenia tej ułomności. Mieszańce międzygatunkowe muszą być przynajmniej częściowo nieplodne i to przemawiało do większości jako argument na niekorzyść pszenżyta. Dzisiaj wiemy, że w tych kalkulacjach niedostatecznie uwzględniono dwa aspekty. Pierwszy to ogólnobiologiczny, gdzie przecież krzyżowanie oddalone to również szansa dla ujawnienia się zupełnie nowych wartości i znane są mechanizmy biologiczne, które to umożliwiają — szczególnie, jeżeli jeden z komponentów (pszenica) w swojej ewolucji dobrze sobie z taką nieplodnością poradził. Pszenice tetra- i heksaploidalne, pomimo że są allopoliploidami, wykazują taką płodność jak formy diploidalne. Natomiast drugi aspekt ma charakter organizacyjny i są to konsekwencja i wytrwałość z jaką grupa osób potrafi współdziałać w realizacji dobrze nakreślonego celu.

Z Polski pochodzi, chociaż nie wyłącznie, również inny przykład wprowadzenia do rolnictwa nowej rośliny, a mianowicie *Festulolium*. Jest to międzyrodzajowy mieszaniec, który powstał ze skrzyżowania *Lolium multiflorum* (życica wielokwiatowa) i *Festuca pratensis* (kostrzewa łąkowa) w wyniku introgresji. Mamy tutaj sytuację podobną, a zarazem odmienną jak w przypadku pszenżyta, gdyż genomy obu gatunków rodzicielskich nie zachowały się w komplecie. Podobieństwo bierze się z wartości użytkowych wnoszonych przez obydwie gatunki. Życica — trawa szlachetna, wysokoplonująca, smaczkowita, o dużej wartości odżywczej dla zwierząt, ale dość wymagająca pod względem warunków środowiskowych oraz kostrzewa, będąca w zasadzie jej przeciwieństwem. Korzystną cechą tej ostatniej były zdolności adaptacyjne, odporność na niesprzyjające warunki, jak — mrozy i niedobór wody. W Polsce zarejestrowano pierwszą odmianę *Festulolium* z zadowoleniem przyjętą przez praktykę rolniczą. Odmienność tego przypadku, w porównaniu z pszenżytem, polega przede wszystkim na tym, że u *Festulolium* część chromosomów jednego z rodziców, a mianowicie kostrzewy, nie zachowała pełnej odrębności. Zachowały się one w formie wewnątrzchromosomowych insercji w genomie *Lolium*. Ten sposób tworzenia nowych odmian w wyniku krzyżowania międzyrodzajowego rozwinął się szczególnie w obrębie kompleksu *Lolium-Festuca*, doprowadzając do bardzo pożądaných efektów praktycznych. Rozpoznanie tych możliwości doprowadziło do rozwinięcia specjalnej metodyki hodowli i eksploatacji tego zjawiska przez hodowców. *Festulolium* jest również przykładem długotrwałej pracy dwóch pokoleń

badaczy — prof. Sulinowskiego i dr Z. Zwierzykowskiego z Instytutu Genetyki Roślin PAN w Poznaniu oraz współpracy w ośrodkami hodowli — szczególnie w ostatniej fazie tej pracy.

Pomidor jest przykładem jeszcze innej relacji pomiędzy gatunkami. Spośród wielu różnych odporności na choroby i szkodniki, które występują u pomidora, aż 11 powstało w wyniku krzyżowania formy uprawnej z gatunkami dzikimi i kolejnych krzyżowań wypierających mieszańców z formą uprawną.

Pomidor jest jednocześnie rośliną, u której do wytworzenia właściwości nieznannej u tego gatunku, wykorzystano zupełnie nowy sposób krzyżowania, zwany somatyczną hybrydyzacją. Jest to jeden z bardzo wyrafinowanych metodycznych sposobów krzyżowania przez fuzję protoplastów, który umożliwił między innymi uzyskanie cytoplazmatycznie męskosterylnych roślin pomidora. Metoda fuzji zwana dawca-biorca polega na działaniu na każdego z komponentów fuzji określonym czynnikiem, który eliminuje udział jądra komórkowego jednego komponentu, a cytoplazmy drugiego. Jest to zatem zabieg, który zastępuje krzyżowanie wypierające — jedno z najbardziej czasochłonnych krzyżowań (efekt po ca. siedmiu pokoleniach). U pomidora uzyskano takie asymetryczne mieszańce somatyczne (zwane też cybrydami), u których jądro pochodziło od formy uprawnej, a cytoplazma od ziemniaka lub niektórych gatunków pokrewnych (MELCHERS i współaut. 1992). W obecności takiej cytoplazmy różne odmiany pomidora stawały się cytoplazmatycznie męskosterylne, czyli nabywały właściwość bardzo poszukiwaną przez hodowców przy produkcji nasion odmian heterozyjnych. Zbliżonym, pod względem sposobu uzyskania, przykładem ulepszenia właściwości form cytoplazmatycznie męskosterylnych, ale w wyniku doprowadzenia do rekombinacji między mitochondriami obojga dawców w cybrydzie, jest rzepak. Podobne krzyżowanie pomiędzy cykorią i słonecznikiem dało, nie opisane do tej pory, cytoplazmatycznie męskosterylne formy cykori.

Somatyczna hybrydyzacja pozwoliła na istotny postęp w hodowli roślin drzewiastych w rodzaju *Citrus*, gdzie rozwinięte są mechanizmy w zasadzie uniemożliwiające hodowlę na drodze krzyżowania generatywnego. Kluczem do tego sukcesu był oryginalny system selekcji na poziomie komórkowym opracowany przez Kobayashi. Wśród drzew bliższych nam otrzymano mieszańce somatyczne gruszy i czereśni.

Trudno szczegółowo wyliczać jakie elementy wiedzy o krzyżowaniu wniosły najwięcej do kreowania nowych odmian. Chociaż pewna retrospekcja jest nieunikniona. Hodowca ma obe-

nie do dyspozycji ogromnie dużo różnych metod, które umożliwiają osiągnięcie każdego zamierzonego celu drogą krzyżowania. Zastosowanie najbardziej skutecznej wymaga zebrania wielu szczegółowych informacji o danym gatunku. Jednocześnie znaczenie kreatywności krzyżowania w hodowli dosyć szybko się zmniejsza — co wydaje się paradoksalne, bo ten potencjał zmienności został do tej pory wykorzystany tylko w minimalnym stopniu. Najpierw przyczyniła się do tego metoda mutacji indukowanych — nie trzeba było krzyżować, aby uzyskać bardzo wartościową cechę. Ostatecznie sprawę przesądziła transgeneza oraz metody biotechnologiczne rozmnażania wegetatywnego. Dla hodowli coraz większej liczby gatunków uprawnych rozmnażanie generatywne traci swoje pierwotne znaczenie. W nowe tysiąclecie wchodzimy więc ze świadomością obniżenia w hodowli roli głównego, naturalnego kreatora, czyli krzyżowania. Ale czy tylko w hodowli ...? Również potencjał niektórych nowych metod nie został wykorzystany, mało tego — został zaledwie dotknięty. Dotyczy to na przykład somatycznej hybrydyzacji. Nie dość na tym, wydaje się, że tendencja do pomniejszania znaczenia krzyżowania dla kreatywności w hodowli będzie rosła — przede wszystkim za sprawą transgenezy.

W hodowli często zachodzi konieczność homozygotacji, którą tradycyjnie osiąga się

przez samozapylenie lub krzyżowanie w bliskim pokrewieństwie. Jest to główna przyczyna czaso-ochłonności wielu kierunków hodowli, ale również i tutaj ograniczono rolę krzyżowania przez uzyskiwanie roślin z gamet. Haploidy i uzyskane z nich podwojone haploidy (DH) pozwalają znacząco przyspieszyć hodowlę. Są one stałym elementem hodowli ziemniaka i znajdują zastosowanie między innymi u jęczmienia, pszenicy, rzepaku i szparagów. Wykorzystuje się tutaj androgenezę z pylników i mikrospor *in vitro* oraz różne typy gynogenezy.

Hodowla współczesna dysponuje niezwykle urozmaiconym zestawem metod, które pozwalają zwiększać skuteczność i zmniejszać ryzyko działania. Zawsze występuje jednak jeden czynnik, który bardzo komplikuje hodowlę. Jest to duża zmienność reakcji odmian i linii na czynnik, lub czynniki, związane ze stosowaniem danej metody. Gdy stosujemy haploidyzację, to różne odmiany poddają się jej w niejednakowy sposób. Podobnie jest, gdy indukujemy mutacje, regenerujemy rośliny *in vitro* czy wprowadzamy transgen — ta głęboko ewolucyjnie zakorzeniona właściwość o fundamentalnym znaczeniu dla rozwoju życia — jest, paradoksalnie, oczywistą przeszkodą w skutecznej aplikacji różnych metod hodowlanych.

KŁOPOTY HODOWLI TRANSGENICZNEJ

Postęp w zakresie inżynierii genetycznej sprawił, że w ostatnim dziesięcioleciu pojawił się nowy termin — hodowla transgeniczna. Oznacza on uzyskiwanie odmian przez wprowadzenie do rośliny dodatkowej informacji genetycznej w postaci transgenu. Dzięki hodowli transgenicznej z działalności hodowlanej zostało usuniętych kilka bardzo istotnych elementów ograniczających. Po pierwsze, został drastycznie skrócony czas potrzebny do uzyskania nowej odmiany. Po drugie, dowolną nową cechę można wprowadzić do dowolnego gatunku/odmiany. Oznacza to ogromne ułatwienie dla kształtowania predyspozycji genetycznych, a tym samym znaczący wzrost roli postępu biologicznego kosztem pozostałych czynników wpływających na plonowanie. Obecnie najlepiej zmienić predyspozycje genetyczne tak, aby roślina nie wymagała ochrony przed niską temperaturą, szkodnikami, chorobą czy wysokim nawożeniem. Dzięki temu nie potrzeba zużywać energii na odpowiednie zmiany w środowisku. Te walory hodowli transgenicznej sprawiły, że uzyskała ona ważne atrybuty ekonomiczno-go-

spodarcze, jak: możliwość skutecznego planowania efektów, zwiększona rentowność i realizacja rozwiązań przychylnych dla środowiska. Dodatkowo doszła do tego ochrona własności intelektualnej — stosowanych metod, genów i wytworzonych odmian — czyli gwarancje wyłączności dysponowania. Wszystko to sprawiło, że hodowla nowych odmian stała się przedsięwzięciem interesującym dla lokowania kapitału. Absolutnymi liderami dopiero co powstałej hodowli transgenicznej zostali Amerykanie. Doprowadziło to do wielopłaszczyznowego konfliktu interesów, w którym firmy nie dysponujące technologią, wytwarzania odmian transgenicznych poczuły się w najwyższym stopniu zagrożone. Z drugiej strony, cały wielki rynek odmian w Unii Europejskiej stanął wobec perspektywy opanowania przez amerykańskie odmiany transgeniczne. W efekcie doszło do powstania dużego i zgodnego frontu przeciwników odmian transgenicznym, w którym najmniejsze znaczenie mają argumenty merytoryczne. Mało tego, ton w dyskusji nad organizmami transgenicznymi narzucili doktrynalni przeciwnicy modyfi-

kacji genetycznych przedstawiając apokaliptyczne wizje zagrożeń. Trudno chyba o gorszą sytuację, gdyż przeciętny Kowalski zaczyna tracić resztki zaufania do tego, co oferuje nauka.

Tak naprawdę, system ochrony intelektualnej, związany z wytwarzaniem odmian transgenicznych, wprowadził do zasad prawnych o ochronie odmian jeden nowy element to jest patentowalność (czyli prawo do własności) genów i organizmów (odmian), a więc dóbr, które powszechnie były odbierane jako ogólnoludzkie. To powszechne odczucie zostało obecnie wystawione na ciężką próbę, a działania biotechnologów wydają się mocno zagrażać ludzkiej intymności i integralności. Tak ostre widzenie tych spraw jest z pewnością usprawiedliwione w odniesieniu do człowieka, ale wydaje się na dłuższą metę nieroztropne w stosunku do tych organizmów, które są podstawą wyżywienia. Chyba, że sytuacja się odwróci i firmy biotechnologiczne zrezygnują z tych gwarancji lub świat w swojej postawie podzieli się na tych którzy akceptują te zasady i tych, którzy je odrzucają. Można to sobie wyobrazić, ale na pewno nie na zbyt długi czas.

Hodowla transgeniczna jest wspaniałą odpowiedzią nauki na oczekiwania wyrażone przed 30. laty przez hodowców. Jej dynamiczny rozwój, głównie w jednym kraju, naruszył interes, a nawet rację bytu, wielu firm i korporacji narodowych. Doprowadziło to do zaciętej walki o rynki zbytu. W zasadzie nie powinno to dziwić, bo walka ta jest częścią każdej aktywności gospodarczej, a hodowla, będąc działalnością praktyczną, jest na nią skazana. W Polsce zostaliśmy przyzwyczajeni, przez sytuację hodowli w całym okresie powojennym, do tego, że hodowla jest dotowana przez państwo i dlatego wielu decydentów nie podejmuje problemu. Również brytyjski następca tronu, książę Karol, właściciel wielkich obszarów produkcji rolnej, ogłosił swój jednoznacznie negatywny osąd o odmianach transgenicznych. Posunął się nawet do określenia — niemoralność. Myślę, że ten przykład dobitnie obrazuje, jak bardzo konflikto-genna jest sfera odmian transgenicznych i jak mało w niej prawdy i realizmu. Hodowla transgeniczna jest z całą pewnością szansą na żywność tańszą, której produkcja będzie podporządkowana regułom ochrony środowiska.

Niektóre z wydarzeń, jakie miały ostatnio miejsce wokół hodowli transgenicznej, są po prostu wynikiem jej „młodego wieku”. Hodowla transgeniczna powstała w tej dekadzie, a więc zaledwie kilka lat po uzyskaniu pierwszej rośliny wykazującej ekspresję wprowadzonej kon-

strukcji genetycznej. Jest jeszcze ogromnie dużo do zrobienia, aby efektywność uzyskiwania roślin transgenicznych oraz pewność zmiany danej właściwości były na odpowiednim poziomie. Problemów szczegółowych jest bardzo dużo począwszy od elementów konstrukcji transgenu, wyboru genu do transgenezy, aż po miejsce jego insercji.

Jedną z niedoskonałości „młodego wieku” było stosowanie genów tolerancji na antybiotyki jako cechy markerowej dla transgenu. Przyczyniło się to do wielorakich zarzutów ze strony ekologów. Tymczasem, można było uniknąć takich sytuacji doskonaląc metodykę. Z powszechnością metod hodowli transgenicznej będziemy mieli do czynienia najprawdopodobniej przy końcu następnej dekady — tak uczy historia aplikacji innych metod, na przykład heterozji, mutacji indukowanych, poliploidalności.

Zgodnie z zapowiedzią wracam jeszcze do kwestii nasion. Otóż, w realizacji podstawowej funkcji spełnianej przez nasiona, czyli rozmnażania, zaszły w praktyce rolniczej ogromne zmiany. Polegają one na stosowaniu rozmnażania w kulturach *in vitro* najczęściej poprzez merystemy przybyszowe lub kątowe. Ten sposób klonowania stał się normą w ogrodnictwie i leśnictwie dla ponad stu gatunków. U wielu innych jest on wprowadzany lub rozwijany. Technologia ta ma dwie podstawowe zalety. Pozwala łatwo wytworzyć materiał nasienny lub sadzonkowy wolny od wielu chorób i szkodników oraz daje możliwość precyzyjnego zaplanowania skali produkcji. Obecnie te metody zaczynają być stosowane w hodowli niektórych warzyw, a niebawem powinny być u nich używane do wytwarzania materiału siewnego przeznaczonego dla producentów. U niektórych gatunków w sferze wstępnej aplikacji znajduje się technologia sztucznych nasion (ang. artificial seeds technology). Jej podstawą jest produkcja somatycznych zarodków i umieszczenie ich w odpowiednio przygotowanych osłonkach.

Na przełomie stulecia biologia zostawia hodowlę roślin doskonale wyposażoną metodycznie. Rozwinięte zostały metody umożliwiające korzystanie z każdego źródła zmienności, bez względu na odległość filogenetyczną. Mało tego, możemy precyzyjnie zmieniać funkcjonowanie genów uzyskując bardzo subtelne efekty. Równie duży postęp nastąpił w metodach produkcji materiału siewnego/sadzonkowego, gdzie rozmnażanie wegetatywne pozwala uzyskiwać bardzo wysoką jakość.

LITERATURA

- BORLAUG N. E., 1971. *The green revolution, peace and humanity*. Cereal Sci. Today 16, 501–511
- NALBORCZYK E., 2000. *Postęp biologiczny a rozwój rolnictwa w końcu XX i na początku XXI wieku*. Wyd. Uniwersytet Warmińsko-Mazurki w Olsztynie, Nauka w Jubileuszu 50-lecia ART. Olsztyn, str. 31–44.
- MELCHERS G., MOHRI Y., WATANABE K., WAKABAYASHI S., HARADA K., 1992. *One-step generation of cytoplasmic male sterility by fusion of mitochondrial-inactivated tomato protoplasts with nuclear-inactivated *Solanum* protoplasts*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89, 6832–6836.