

Nowoczesne technologie w produkcji roślinnej – przyjazne dla człowieka i środowiska

¹Wojciech K. Świącicki, ¹Maria Surma, ²Wiesław Koziara, ²Grzegorz Skrzypczak, ²Jerzy Szukała,
³Iwona Bartkowiak-Broda, ³Janusz Zimny, ⁴Zofia Banaszak, ⁴Karol Marciniak

¹Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu, ²Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
³Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie,
⁴DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o., Choryń

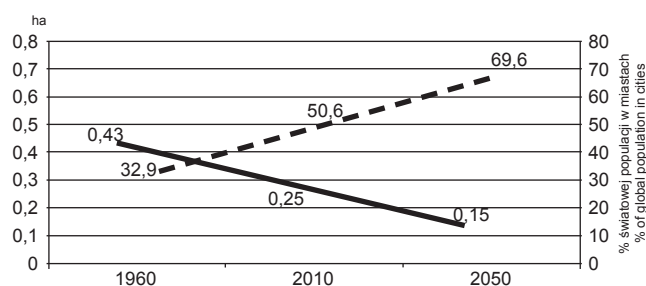
Abstrakt. W pracy przedstawiono technologie, które mogą zwiększyć produkcję roślinną, w aspekcie konieczności wyżywienia ciągle wzrastającej liczby ludności na świecie. Rozpatrywano metody zwiększenia i przyspieszenia postępu biologicznego jako czynnika decydującego o wielkości i jakości produkcji roślinnej, a przy tym najbardziej proekologicznego. Przedstawiono główne kierunki doskonalenia roślin uprawnych, obejmujące wysokość plonowania i jakość plonu, hodowlę odmian mieszańcowych, hodowlę roślin odpornych na stresy środowiskowe, a także niektóre aspekty związane z genetyczną modyfikacją roślin. Omówiono również technologie uprawy roślin ukierunkowane na wykorzystanie postępu biologicznego oraz oddziaływania środowiskowe i efekty ekonomiczne. Uwzględniono różne technologie uprawy roli i ochrony roślin chroniące środowisko naturalne.

słowa kluczowe: postępowanie biologiczne, hodowla roślin, kultury *in vitro*, GMO, markery molekularne, uprawa roślin, ochrona roślin, rośliny energetyczne.

WPROWADZENIE

Produkcja roślinna jest niezbędna dla egzystencji człowieka, zarówno dla wytworzenia żywności pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego. Człowiek zmuszony jest do stałego zwiększania produkcji żywności wobec rosnącej liczby ludności. Rysunek 1 wskazuje na niekorzystne kształtowanie się dwu istotnych czynników: malejącą powierzchnię uprawną przypadającą na osobę i rosnący procentowy udział ludności zamieszkującej miasta. Przewiduje się, że w połowie XXI stulecia Ziemię zamieszkiwać będzie 9–10 mld ludzi. Dla ich wyżywienia należy podwoić produkcję zbóż, przy czym najwyżej 20% może pochodzić ze zwiększonej powierzchni uprawy, natomiast pozostałe

80% musi zapewnić intensyfikacja produkcji. Dodatkowo wzrosły wymagania dotyczące jakości żywności oraz jak najmniejszego negatywnego wpływu procesu produkcji na środowisko.



Rys. 1. Powierzchnia uprawna przypadająca na osobę (—) oraz postęp urbanizacji (---)

Fig. 1. Arable area per person (—) and urbanization progress (---).

Dla osiągnięcia szlachetnego celu, jakim jest zaspokojenie potrzeb wyżywienia człowieka – w odpowiedniej ilości i jakości – należy istotnie ulepszyć plenność roślin. Można to osiągnąć dzięki zastosowaniu dwu grup technologii – niezbędnych dla doskonalenia genotypu odmian oraz bardziej efektywnych i przyjaznych dla środowiska systemów uprawy.

Do XVIII w. zwiększano produkcję roślinną poprzez powiększanie powierzchni uprawnej. Od XIX wieku coraz większą rolę miało wykorzystanie osiągnięć naukowych, jak np. opracowanie teoretycznych podstaw chemii gleby i agronomii (J. van Liebig, J.-B. Boussingault), podjęcie produkcji superfosfatu (J.-B. Lawes, 1842) oraz import azotanów z Chile do USA i Europy, przeprowadzenie syntezy amoniaku (F. Haber, 1909) i zbudowanie pierwszej fabryki amoniaku (K. Bosch, 1913). Pierwszym pestycydem naturalnym był wywar z tytoniu, stosowany od początku

Autor do kontaktu:

Wojciech Świącicki
e-mail: wswi@igr.poznan.pl
tel. +48 61 6550275

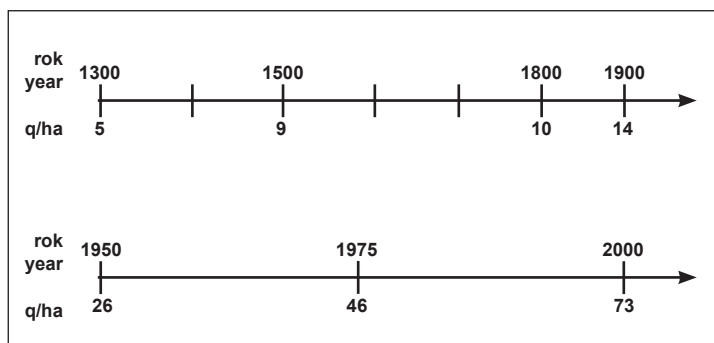
Praca wpłynęła do redakcji 11 października 2011 r.

XVIII w. do zwalczania mszyc, a pierwszym syntetycznym – dinitroortokrezolan (1892 r.)

Istotne znaczenie dla rolnictwa miały osiągnięcia XX wieku. Można wymienić w tym stuleciu cztery okresy wykorzystania osiągnięć myśli ludzkiej, które miały rewolucyjny wpływ na zwiększenie produkcji roślinnej. W technologiach uprawy znaczenie miała zamiana siły pociągowej zwierząt na energię maszyn (po I wojnie światowej) oraz chemizacja rolnictwa, tj. powszechne stosowanie nawozów mineralnych i pestycydów (po II wojnie światowej). Olbrzymie znaczenie dla wzrostu plonów miało wykorzystanie osiągnięć genetyki w doskonaleniu odmian uprawnych. Modelowym przykładem jest wprowadzenie do uprawy i diety w Indiach i Pakistanie karłowatych pszenic wyhodowanych w Meksyku przez N. Borlauga, dzięki czemu podwojono plony i doprowadzono do samowystarczalności w produkcji zbóż. Osiągnięcie to nazwano Zieloną Rewolucją, a jej autor został wyróżniony Pokojową Nagrodą Nobla w 1970 r. za „... zwycięstwo w wojnie człowieka z głodem”.

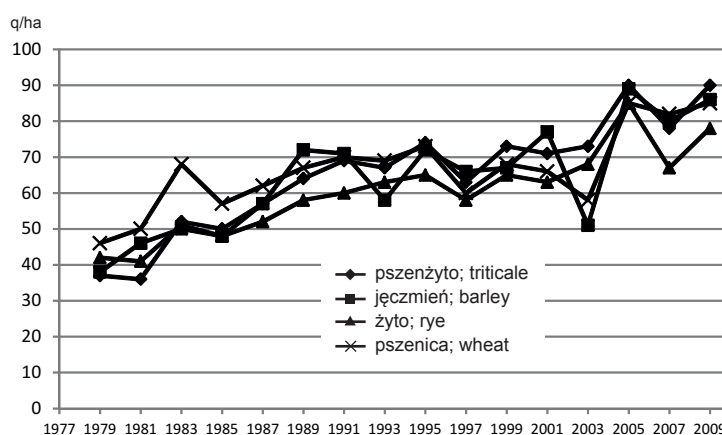
Kluczowe znaczenie dla dalszego zwiększenia produktywności roślin ma tzw. rewolucja genowa. Dzięki poznaniu funkcji organizmów na poziomie molekularnym możliwe stało się analizowanie, rozumienie i manipulowanie DNA (Tuberosa i in., 2003). Znaczenie odkryć naukowych i ich wykorzystania w zwiększaniu produkcji żywności przedstawia rys. 2. Potrojenie plonów pszenicy od kilku do kilkunastu q/ha zajęło człowiekowi około 600 lat. Natomiast dzięki osiągnięciom naukowym XX w. zwiększono plony od dwudziestu kilku do ponad 70 q/ha zaledwie w okresie 50 lat. W konsekwencji dzięki nowoczesnym technologiom potrojono produkcję zbóż z około 700 mln ton w 1950 roku do ponad 2,5 mld ton w 2010 roku (3,6 razy) bez istotnego zwiększenia areálu uprawy. W tym okresie liczba ludności wzrosła z 2,2 mld do 6,9 mld (3,1 razy). Zatem w pełni uzasadnione jest stwierdzenie N. Borlauga zawarte w referacie z okazji 30-lecia przyznania nagrody Nobla, że „... nowoczesne odmiany najbardziej przyczyniły się do tego, że światowa produkcja żywności powiększała się szybciej niż liczba ludności” (Borlaug, 2000).

Dotychczasowe osiągnięcia polskich twórców odmian nie ustępują tym uzyskiwanym w innych krajach. Świadczyć o tym może dynamika postępu odmianowego w doświadczeniach COBORU (rys. 3). Innym kryterium dla porównań i oceny może być liczba odmian krajowych i zagranicznych w Krajowym Rejestrze. We wszystkich gatunkach łącznie liczby te w ostat-



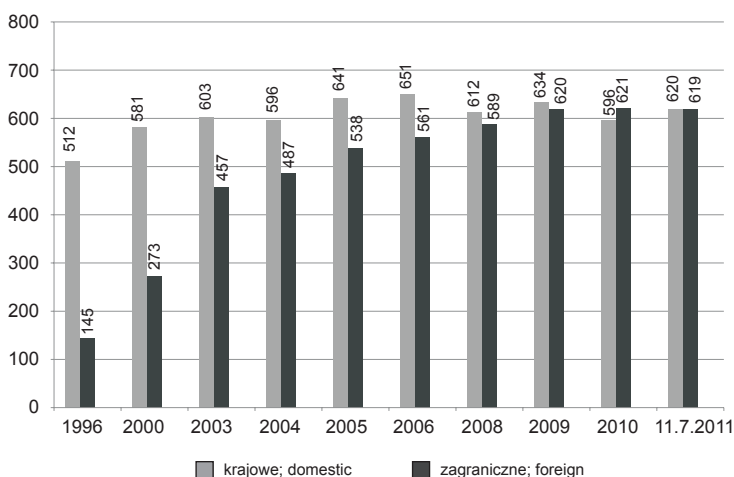
Rys. 2. Ulepszenie plonów pszenicy

Fig. 2. Wheat yield improvement.



Rys. 3. Średnie plony zbóż ozimych w Polsce w doświadczeniach COBORU w latach 1979–2009

Fig. 3. Mean yield of winter cereals in experiments conducted by COBORU in Poland (1979–2009).



Rys. 4. Stan odmian roślin rolniczych w Krajowym Rejestrze (wg COBORU 2011)

Fig. 4. Agricultural cultivars in National Register (acc. to COBORU 2011).

nich latach są zbliżone (rys. 4). Niestety, w niektórych gatunkach, szczególnie tych o dużym znaczeniu rynkowym, liczba odmian zagranicznych w Krajowym Rejestrze jest znacznie większa niż krajowych (żyto, kukurydza, burak cukrowy, rzepak). Sugeruje to konieczność intensyfikacji prac w krajowych firmach hodowli roślin dla jeszcze bardziej dynamicznego postępu biologicznego. Pomocne powinno być zastosowanie nowoczesnych metod i technologii.

POSTĘP BIOLOGICZNY

Postęp biologiczny w rolnictwie to tworzenie nowych odmian roślin uprawnych, bardziej plennych i lepszych jakościowo. Jest to najlepszy sposób rozwoju produkcji roślinnej zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Nowe, ulepszone odmiany roślin uprawnych są czynnikiem intensyfikującym produkcję rolniczą, który jest przyjazny środowisku i ma zdecydowanie ekologiczny charakter. Przykładem znaczenia postępu biologicznego w wyżywieniu człowieka jest wspomniana wyżej „Zielona Rewolucja”. Postęp biologiczny – jego wielkość i tempo wdrażania – uwarunkowany jest wieloma czynnikami, z których najważniejsze to wiedza o genetycznych podstawach procesów i zjawisk związanych z ulepszaniem roślin uprawnych oraz wykorzystanie w hodowli metod i technologii opartych na najnowszej wiedzy z zakresu biologii i genetyki, w tym szczególnie biologii molekularnej i genomiki. Warunkiem koniecznym jest także dostęp do informacji oraz odpowiednio wysoki poziom finansowania, umożliwiające zastosowanie nowoczesnych metod biotechnicznych do realizacji programów hodowlanych.

Postęp w produkcji roślinnej zależy od rozwoju metod uprawy i hodowli roślin opartych na informacji o właściwościach roślin i ich zachowaniu w różnych warunkach uprawy i środowiska. Jednostki naukowe realizują szereg projektów badawczych poświęconych poznaniu tych właściwości poprzez obserwacje na poziomie genomu, transkryptomu, proteomu, metabolomu i fenomu. Ważne jest, aby informacje uzyskane w badaniach były gromadzone w sposób skoordynowany w publicznych bazach danych dostępnych dla hodowców i innych zainteresowanych decydentów. Można to osiągnąć poprzez utworzenie infrastruktury opartej na zasadach takich jak bazy danych konstruowane na poziomie europejskim (np. poprzez udział w projekcie ELIXIR „European life sciences infrastructure for biological information” koordynowanym przez European Bioinformatic Institute – www.elixir-europe.org). Prowadzenie w Polsce ośrodka stanowiącego część infrastruktury ELIXIR zostało ujęte na liście projektów umieszczonych na Polskiej Mapie Drogowej Infrastruktury Badawczej, zatwierdzonej w tym roku przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wzwyższego, co winno być poparte przeznaczeniem na projekt odpowiednich środków finansowych. Realizację tego celu winien wspomóc udział

w kontynuacji projektu europejskiego PRACE „Partnership for advanced computing in Europe”, również wymieniony na wspomnianej Mapie Drogowej.

Zastosowanie w hodowli nowoczesnych technologii, w tym kultur *in vitro*, markerów molekularnych, genetycznej modyfikacji roślin, mikrometod do oceny jakości materiału roślinnego na wczesnych etapach hodowli, umożliwia skrócenie cyklu hodowlanego, świadomy i monitorowany transfer genów, zwiększenie efektywności selekcji, a w konsekwencji – znaczące obniżenie kosztów wyhodowania nowych odmian.

Kultury *in vitro*

Kultury *in vitro* mają szerokie zastosowanie w hodowli roślin, z czego najważniejsze to wykorzystanie ich do skracania cyklu hodowlanego. Hodowla nowych odmian roślin uprawnych jest procesem długotrwałym, na przykład u pszenicy od wykonania krzyżowań do wprowadzenia odmiany na rynek wynosi kilkanaście lat. Czas jest więc w dużym stopniu czynnikiem decydującym o sukcesie hodowlanym. Skrócenie cyklu hodowlanego o kilka lat pozwala na obniżenie kosztów wytwarzania nowych odmian, na przykład u rzepaku o prawie 50%.

Długi cykl hodowli nowych odmian związany jest głównie z czasem potrzebnym do otrzymania z heterozygotycznych mieszańców form o wysokim stopniu homozygotyczności. Uzyskiwanie linii homozygotycznych lub prawie homozygotycznych może odbywać się dwiema drogami: tradycyjną – poprzez samozapylenie roślin w kolejnych pokoleniach (co trwa kilka lub kilkanaście lat), lub bezpośrednio – poprzez haploidyzację mieszańców wczesnych pokoleń (F_1 lub F_2). Metody haploidytacji znane są od ponad 30 lat, wykorzystywane są zarówno w badaniach genetycznych, jak i w hodowli roślin (Adamski i in., 1983; Pickering, Devaux, 1992). Otrzymane tą drogą linie podwojonych haploidów (ang. doubled haploids, DH) są formami w pełni homozygotycznymi, a więc stabilnymi pod względem wszystkich swoich cech i właściwości. Linie takie, jako formy całkowicie wyrównane, mogą być bezpośrednio zgłaszane do doświadczeń przedrejestrowych. Zastosowanie systemu DH pozwala skrócić proces hodowli o 4–6 lat. Wadą tych metod jest zależność ich efektywności od genotypu rośliny (Devaux i in., 1990; Ponitka i in., 1999; Ślusarkiewicz-Jarzina, Ponitka, 2003) oraz ciągle jeszcze niezadowolająca wydajność podwajania liczby chromosomów u haploidów.

Sposoby skracania cyklu hodowli nowych odmian są stosunkowo dobrze opracowane dla zbóż (pszenica, pszenżyto, jęczmień) i rzepaku, słabiej dla roślin strączkowych. Wprowadź metody te, jak wspomniano wyżej, są znane i stosowane od wielu lat, jednakże ich efektywność w odniesieniu do niektórych gatunków ciągle nie jest na tyle zadowolająca, aby można je było stosować jako główną metodę hodowli. Opracowania względnie dopracowania

wymagają metody haploidyzacji za pomocą hodowli *in vitro* pylników i izolowanych mikrospor, a ponieważ metody te są genotypowo zależne – trzeba przeprowadzić badania zmierzające do opracowania markerów molekularnych pozwalających na preselekcję form dających dobre efekty w kulturach *in vitro*.

Markery molekularne

Rozwój biologii molekularnej w ostatnich latach oraz wykorzystanie metod molekularnych w badaniach genomów roślin uprawnych i tzw. gatunków modelowych zaowocowało nie tylko nowymi informacjami o genetycznym uwarunkowaniu obserwowanej zmienności cech użytkowych roślin, ale także dostarczyło technik umożliwiających prowadzenie selekcji roślin w oparciu o genotyp, a nie tylko na podstawie obserwacji fenotypowych. Rozwijane są liczne systemy markerowe, które mogą mieć różnorakie zastosowanie w hodowli. Najważniejsze z nich to analiza zróżnicowania genetycznego materiałów wyjściowych, której wyniki mogą być pomocne w wyborze komponentów do krzyżowań, zarówno w hodowli rodowodowej, jak i mieszańcowej, oraz markery mające zastosowanie w tzw. selekcji MAS (marker-assisted selection). Zaletą jest możliwość stosowania ich już na wczesnych etapach hodowli oraz we wczesnych stadiach rozwoju roślin (np. na 2-tygodniowych siewkach). Pozwala to na wyeliminowanie roślin niezawierających pożądanego genu, co ogranicza liczebność materiałów przeznaczonych do dalszych etapów hodowli. Markery DNA mają praktyczne zastosowanie głównie w hodowli odpornościowej oraz w selekcji dotyczącej niektórych właściwości związanych z jakością (np. Galande i in., 2001; Błaszczuk, Chełkowski, 2005; Błaszczuk i in., 2008; Mikołajczyk i in., 2008, Tsilo i in., 2011). W odniesieniu do cech plonotwórczych dotychczasowe osiągnięcia genetyki i genomiki nie doprowadziły do opracowania uniwersalnych dla danego gatunku markerów pozwalających na masową selekcję. Powinny być więc podejmowane na szeroką skalę badania mające na celu poznanie molekularnych podstaw dziedziczenia cech o znaczeniu agronomicznym, takich jak plon, elementy struktury plonu, zawartość składników żywieniowych lub antyżywnościowych itp. Lokalizują się one w obszarze tzw. genomiki ilościowej – obejmują analizę cech roślin w odniesieniu do określonych sekwencji DNA w genomie danego gatunku. Celem tych badań, oprócz poznawczego, jest rozwój systemu tzw. markerów funkcjonalnych DNA. Markery takie pozwoliłyby prowadzić świadomą i bardziej efektywną selekcję roślin wysoko plonujących aniżeli w przypadku selekcji opartej tylko na wynikach doświadczeń polowych.

Wykorzystanie kultur *in vitro* i technologii opartych na DNA w stacjach hodowli roślin związane jest z koniecznością posiadania szklarni i odpowiednio wyposażonego laboratorium do prowadzenia analiz molekularnych oraz

kultur *in vitro*, a także wysoko wykwalifikowanej kadry. Z tych względów w polskich spółkach hodowlanych metody te stosowane są w bardzo ograniczonym zakresie, natomiast w firmach zachodnich, amerykańskich czy kanadyjskich mają znaczący udział z programach hodowlanych (prof. P. Devaux, Florimond Desprez Seed Company, Francja, informacja ustna). Jest to jedna z przyczyn, dla których polska hodowla roślin nie nadąza za postępem biologicznym reprezentowanym przez odmiany zagraniczne.

Genetyczna modyfikacja roślin

W hodowli roślin stosuje się naukowe metody dające możliwość przyspieszenia hodowli. Jedną z nich jest transformacja, która umożliwia przenoszenie ważnych genów do roślin. Odkrycia ostatnich pięćdziesięciu lat pozwoliły na wytworzenie i wprowadzenie do produkcji roślin, które są atrakcyjne zarówno dla producentów, jak i dla konsumentów.

Według Jamesa (2010) powierzchnia upraw transgenicznymi roślinami uprawnymi zwiększyła się z 1,7 miliona hektarów w roku 1996 do 148 milionów w roku 2010. Ponad piętnaście milionów rolników (ponad 90% tej liczby stanowią farmerzy z małych, ubogich krajów rozwijających się) uprawiało je w 29 krajach świata. Na największą skalę w **USA (66,8 mln hektarów), Brazylii (25,4), Argentynie (22,9), Indiach (9,4), Kanadzie (8,8), Chinach (3,5), Paragwaju (2,6), Pakistanie (2,4), Republice Południowej Afryki (2,2) i Urugwaju (1,1 mln hektarów)**. Uprawiane są głównie soja, bawełna, kukurydza, rzepak i burak cukrowy.

W Unii Europejskiej niektóre tylko kraje wprowadziły do uprawy kukurydzę i ostatnio ziemniaki, ale na bardzo małych powierzchniach. W gronie tych państw znalazły się m.in.: Rumunia, Bułgaria, Szwecja, Czechy, Hiszpania, Niemcy, Portugalia, Słowacja, a także Polska. Przyjmuje się, że powierzchnia upraw transgenicznej kukurydzy wynosi w Polsce ok. 3000 ha. W produkcji zwierzęcej powszechnie stosowane są w naszym kraju pasze zawierające komponenty z roślin zmodyfikowanych genetycznie. Polska importuje rocznie ok. 2 mln ton transgenicznej śrutki sojowej, co pozwala na utrzymanie konkurencyjności polskiej produkcji mięsa.

Na świecie do produkcji wchodzi nieuprawiane wcześniej odmiany transgeniczne takich gatunków jak papaja, dynia i ziemniaki, a w uprawie i w obrocie pojawiają się też inne gatunki wyposażone w skomplikowane kombinacje genów. Dziś stawiamy sobie pytanie – czy jesteśmy przygotowani na racjonalne przyjęcie takiego postępu w produkcji roślinnej i przemyśle rolno-spożywczym?

Rozwija się rynek badań produktów rolniczych pod względem obecności i zawartości GMO. Jednocześnie pojawiają się nowe wyzwania, jak rośliny transgeniczne posiadające większą liczbę obcych genów (stacks), a także takie, u których nie można wykryć przeprowadzonych

genetycznych modyfikacji. Powstaje pytanie, w jakich obszarach należy prowadzić w Polsce badania dotyczące inżynierii genetycznej, które będą miały znaczenie dla produkcji roślinnej. Proponujemy, aby badania dotyczące roślin GM były prowadzone w następujących kierunkach:

1. Genetycznie zmodyfikowane rośliny dla zrównoważonego rolnictwa – rozwijanie badań w kierunku wykorzystania GMO w celu ograniczenia zużycia nieodnawialnych surowców – wykorzystanie roślin GM w systemach produkcji roślinnej pozwalających na ochronę zarówno środowiska rolniczego (agroekosystemów), jak i naturalnych ekosystemów, np. stosowanie technologii uprawy gleby bez orki, co zapobiega erozji gleby, zmniejsza zużycie wody, zmniejsza zużycie energii (paliwa), przyczynia się do zmniejszenia emisji CO₂. Rozwijanie kierunków badań uwzględniających wpływ rolnictwa, w tym uprawy genetycznie zmodyfikowanych odmian, na bioróżnorodność z szczególnym uwzględnieniem funkcjonalnej bioróżnorodności poszczególnych ekosystemów.

2. Genetycznie zmodyfikowane organizmy w hodowli roślin. Jednym ze sposobów zwiększania wydajności produkcji żywności jest wprowadzanie do uprawy wydajnych odmian nowej generacji. Inżynieria genetyczna umożliwia przenoszenie genów z pominięciem bariery krzyżowania, a także na ukierunkowane modyfikacje genów danych gatunków, np. poprzez modyfikacje ich funkcji czy poprzez tzw. gene stacking (transformacje wielogenowe). Nowe techniki hodowlane wykorzystują inżynierię genetyczną tylko na pewnych etapach hodowli, a w końcowym efekcie otrzymuje się odmiany nie zawierające obcego DNA.

Należy rozwijać nowe techniki hodowlane, które wykorzystują cisgenezę, transgenezę, hodowlę wsteczną, nukleazy z motywem palców cynkowych, mutagenezę sterowaną oligonukleotydami, RNA-zależną metylację DNA, szczepienie na transgenicznym podkładkach i inne techniki pozwalające na znaczne usprawnienie i przyspieszenie hodowli.

3. Zastosowanie genetycznie zmodyfikowanych roślin w produkcji żywności i pasz w warunkach zmian klimatycznych. Badania mające na celu wprowadzanie cech, które zwiększą wydajność produkcji i wpłyną na rozwój innowacyjnej gospodarki i jej konkurencyjność, takich jak: tolerancja na stropy abiotyczne, tolerancja na stropy biotyczne (wynikające ze zmian klimatycznych), zwiększenie wydajności fotosyntezy i metabolizmu węgla, wykorzystanie roślin GM w rolnictwie precyzyjnym.

4. Genetycznie zmodyfikowane organizmy na cele nieżywnościowe. Rozwijanie badań w kierunku wykorzystania genetycznie zmodyfikowanych organizmów na cele energetyczne (biomasa, biodiesel, biogaz) i jako biofabryk itp.

5. Wykrywanie i identyfikacja roślin uzyskanych za pomocą nowych technik hodowlanych. Bardzo ważnym wyzwaniem jest możliwość wykrycia i zidentyfikowania odmian wyprodukowanych przy użyciu nowych metod

hodowlanych zgodnie z wymaganiami prawnymi w UE. Nowym problemem jest pojawienie się roślin transgenicznych z więcej niż jednym genem zmodyfikowanym. Dlatego postuluje się następujące kierunki badań: a) rozwój kryteriów gwarancji bezpieczeństwa stosowania genetycznie zmodyfikowanych roślin. Ocena ryzyka stosowania GMO dla środowiska, zdrowia człowieka i zwierząt oraz badanie wpływu na bioróżnorodność z uwzględnieniem polskich warunków środowiskowych, b) opracowanie zasady współistnienia upraw konwencjonalnych, ekologicznych i zmodyfikowanych genetycznie.

Kierunki ulepszania roślin uprawnych

Postęp biologiczny mierzony jest głównie wysokością plonu nowych kreacji hodowlanych. Najważniejsze kierunki w hodowli nowych odmian roślin uprawnych, które byłyby przyjazne człowiekowi i środowisku, to wysokość i stabilność plonowania, pożądana jakość plonu (odpowiednia zawartość substancji żywieniowych lub antyżywnościowych, związków o znaczeniu technologicznym), odporność na choroby, odporność na stropy środowiskowe (niskie dawki nawożenia, susza) oraz cechy przystosowujące rośliny do nowoczesnych technologii uprawy.

Odmiany mieszańcowe

Wysokie i stabilne plony gwarantują obecnie przede wszystkim odmiany mieszańcowe (heterozyjne). W hodowli roślin, głównie obcopolnych, wykorzystywane jest zjawisko heterozji, czyli bujności pierwszego pokolenia mieszańców (F₁) powstałych ze skrzyżowania niektórych linii wsobnych. Zjawisko przewyższania przez heterozygotyczne mieszańce ich homozygotycznych form wyjściowych występuje w pełni, tzn. u wszystkich roślin, tylko w pierwszym pokoleniu, w dalszych – w wyniku segregacji i rekombinacji i wzrostu homozygotyczności – zjawisko to ulega „rozmyciu” i może występować tylko u niektórych osobników. Oznacza to, że materiał siewny odmian mieszańcowych nie może być rozmnażany tradycyjnie – może być wykorzystany tylko jednorazowo.

Odmiany mieszańcowe odznaczają się bardzo wysokim i stabilnym plonowaniem, często także odpornością na choroby i wyleganie, dużą zdolnością adaptacyjną, tolerancją na jakość gleb oraz stresowe warunki środowiska. Przewyższają zdecydowanie plonem odmiany tradycyjne (populacyjne) o kilkanaście procent lub nawet więcej.

Spośród gatunków rolniczych heterozyjne odmiany mieszańcowe dominują u kukurydzy, buraka cukrowego i rzepaku. Liczbę odmian heterozyjnych tych gatunków w Krajowym Rejestrze podano w tabeli 1. Corocznie wprowadzane są na rynek nowe odmiany mieszańcowe tych gatunków, np. w 2011 r. niemiecki Saaten-Union GmbH zaferował 4 nowe odmiany mieszańcowe kukurydzy: Suanito, Sue, Sulexa, Sunboy. W hodowli odmian

mieszańcowych żyta wiodącą rolę odgrywają firmy niemieckie. Pierwsze odmiany heterozyjne żyta wyhodowano i zarejestrowano w Niemczech w 1989 r. i obecnie uprawianych jest tam kilkanaście odmian mieszańcowych. Tylko wspomniany wcześniej Saaten-Union w bieżącym roku proponuje 7 odmian żyta, wśród których 5 to odmiany mieszańcowe, w tym jedna nowa. W polskim Rejestrze jest obecnie 13 odmian mieszańcowych żyta i tylko 3 z nich to odmiany polskie (tab. 1).

Tabela 1. Liczba odmian żyta, kukurydzy, buraka cukrowego i rzepaku w Krajowym Rejestrze (wg Listy odmian roślin rolniczych, COBORU, 2011).

Table 1. Number of rye, maize, sugar beet and oilseed rape cultivars in National Register (acc. to Polish National List of Agricultural Plant Varieties, COBORU, 2011).

Liczba odmian Number of cultivars	Żyto Rye	Kuku- rydza Maize	Burak cukrowy Sugar beet	Rzepak Oilseed rape	
				ozimy winter	jary spring
Ogółem Total	35	169	85	86	24
Odmiany heterozyjne: Hybrid cultivars:					
polskie Polish	3	44	19	1	0
zagraniczne foreign	10	125	66	36	5

Ostatnio na rynek wchodzi także odmiany heterozyjne zbóż samopylnych – pszenicy i jęczmienia. W Chinach od 2007 r. zarejestrowano ponad 10 odmian mieszańcowych pszenicy, które plonują średnio o 20% wyżej niż odmiany tradycyjne (Du i in., 2010). W Europie Saaten-Union GmbH ma w ofercie 3 odmiany heterozyjne pszenicy (Hybred F1, Hymack F1 i Hystar F1), a firma Syngenta Seeds wprowadziła do obrotu materiał siewny trzech heterozyjnych odmian jęczmienia ozimego (Hobbit, Yoole i Zoom). Jest to duży sukces, gdyż wyhodowanie odmian mieszańcowych u zbóż samopylnych jest niezmiernie trudne. Problemem jest bowiem nie tylko odpowiedni dobór form wyjściowych dających w mieszańcach efekt heterozji, ale także, a może przede wszystkim, opracowanie technik umożliwiających uzyskanie nasion mieszańcowych na skalę komercyjną.

Niestety, osiągnięcia polskiej hodowli odmian mieszańcowych roślin rolniczych pozostają w tyle za osiągnięciami zagranicznych firm hodowlanych. Świadczy o tym przeważający udział w Krajowym Rejestrze zagranicznych mieszańcowych odmian rzepaku, kukurydzy czy buraka cukrowego. Można z dużym prawdopodobieństwem przewidzieć, że w niedalekiej przyszłości odmiany heterozyjne zdominują rynek. W związku z tym ukierunkowanie polskiej hodowli na wytwarzanie

odmian mieszańcowych wydaje się konieczne, gdyż w przeciwnym wypadku polska hodowla najważniejszych gatunków roślin rolniczych przestanie się liczyć na rynkach zagranicznych.

Hodowla odmian mieszańcowych w Polsce wymaga wsparcia naukowego, zarówno w zakresie genetycznych podstaw tego zjawiska, jak i szacowania efektu heterozji u różnych gatunków, przewidywania wystąpienia zjawiska heterozji i wyboru komponentów do krzyżowań, a w przypadku roślin samopylnych wypracowania technik pozwalających uzyskiwać dowolnie dużą ilość nasion mieszańcowych. Powinny być opracowane nowe metody i narzędzia oparte na najnowszych osiągnięciach z zakresu genetyki, genomiki i fizjologii roślin, które mogłyby być wykorzystane w hodowli mieszańcowej najważniejszych gatunków roślin rolniczych, w szczególności gatunków samopylnych zbóż, ale także żyta, pszenżyta i kukurydzy.

Hodowla jakościowa

Współczesna gospodarka wymaga surowców roślinnych o nowej jakości dla usprawnienia różnych technologii przerobu, dlatego powinno się położyć nacisk także na ten kierunek badań. Przykładem może być hodowla rzepaku o zróżnicowanym składzie kwasów tłuszczowych czy pszenicy o pożądanym właściwościach technologicznych ziarna.

Coraz szybszy wzrost długości życia jest związany między innymi z rozwojem wiedzy zarówno o potrzebach żywieniowych człowieka, jak i wartościach odżywczych poszczególnych składników pożywienia. Wiedza ta stymuluje badania i hodowlę roślin wykorzystywanych w żywieniu człowieka. Dzisiaj dla zachowania zdrowia zaleca się tzw. biofortyfikację, a więc dietę, która powinna dostarczać człowiekowi w pożywieniu substancje pochodzenia naturalnego, występujące normalnie w żywności w ograniczonych ilościach, a które wykazują właściwości sprzyjające zachowaniu zdrowia i prawidłowego funkcjonowania organizmu. Stąd zapotrzebowanie na tzw. żywność funkcjonalną, zawierającą: witaminy, związki mineralne, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, roślinne sterole, flawonoidy, polifenole, tokochromanole, błonnik pokarmowy itd. Te naturalne związki podawane w formie żywności nie wywołują skutków ubocznych, a są lepiej przyswajane przez organizm człowieka niż związki syntetyczne. Olej rzepakowy pochodzący z nowoczesnych odmian – podwójnie ulepszonych – można zaliczyć do grupy środków spożywczych określanych jako żywność funkcjonalna, ze względu na obecność w nim kwasów wielonienasyconych, przeciwutleniających, witamin, steroli. Koncepcja żywności funkcjonalnej i jej zastosowania, głównie w profilaktyce, powstała w wyniku między innymi wzrostu zachorowań na

choroby cywilizacyjne. Jednak aby żywność funkcjonalna była dostępna w szerokim zakresie, należy rozwinąć programy badań i hodowli nakierowane na zwiększenie zawartości substancji aktywnych biologicznie w produktach pochodzenia roślinnego. Rola żywienia w zapobieganiu chorobom była dotąd niedoceniana. W 2001 r. na potrzeby Unii Europejskiej powstał raport „EURODIET”, wskazujący na potrzebę zmian w sposobie odżywiania się Europejczyków, przyjęty przez European Heart Network, a następnie w 2003 r. z modyfikacjami przez Światową Organizację Zdrowia. Raport ten wyraźnie wskazuje na konieczność zwiększenia spożycia produktów pochodzenia roślinnego o odpowiedniej jakości.

Innym problemem, który powinien być rozwiązany przynajmniej częściowo przez rozwój hodowli jakościowej, jest niedobór pasz wysokobiałkowych występujący w Polsce i Unii Europejskiej. Znaczącym źródłem paszy wysokobiałkowej jest poekstrakcyjna śruta rzepakowa lub wytlók. Jednak pasza ta nie może być w pełni wykorzystana w mieszankach dla zwierząt jednożołądkowych i drobiu ze względu na występowanie w nasionach rzepaku związków antyżywnościowych ograniczających, bezpośrednio lub pośrednio, przyswajanie białka, takich jak: włókno paszowe, glukozynolany, taniny, związki polifenolowe, sinapina, kwas fitynowy. Intensywne badania i hodowla ukierunkowane na obniżenie zawartości tych związków w nasionach rzepaku pozwoliłyby na znaczne zmniejszenie niedoboru pasz wysokobiałkowych.

Hodowla odmian odpornych na stresy biotyczne i abiotyczne

Głównymi przyczynami stresów biotycznych są choroby wywołane przez grzyby chorobotwórcze, które ulegają ciągłej zmienności i stąd potrzeba poszukiwania genów odporności na te patogeny i badanie zależności genetycznych pomiędzy patogenem i genotypem rośliny gospodarza. Ze względu na Dyrektywę UE zobowiązującą do wprowadzenia do 2014 r. zasad zintegrowanej ochrony bardzo istotne są badania mające na celu otrzymanie odmian odpornych na główne patogeny pochodzenia grzybowego. Przykładowo w wyniku porażenia patogenami chorobotwórczymi corocznie traci się 15–30% plonu rzepaku.

Duże straty w uprawach rolniczych wywołują owady i dlatego należałoby zidentyfikować te genotypy roślinne, które wymagają mniejszej ochrony chemicznej.

Zmiany klimatyczne skłaniają do badań nad stresem suszy dla stworzenia naukowych podstaw do hodowli odmian odpornych na suszę.

Konieczność rozszerzenia upraw na tereny o glebach słabszych, jak również potrzeba ochrony wód przed skażeniem spływającymi nawozami wskazuje na potrzebę hodowli odmian stabilnie i dobrze plonujących przy niedoborach składników odżywczych. Kierunek ten jest rozwijany w wielu krajach Unii Europejskiej.

TECHNOLOGIE UPRAWY ROŚLIN UKIERUNKOWANE NA WYKORZYSTANIE POSTĘPU BIOLOGICZNEGO ORAZ ODDZIAŁYWANIA ŚRODOWISKOWE I EFEKTY EKONOMICZNE

Rolnictwo jest działem gospodarki narodowej odpowiedzialnym za bezpieczeństwo żywnościowe kraju, a jednocześnie najbardziej uzależnionym od przebiegu warunków pogodowych. Na cele produkcji rolniczej wykorzystuje się obecnie ponad 55% powierzchni kraju, z czego zdecydowaną większość stanowią grunty orne zajmujące 13 969 ha (GUS, 2010). Powierzchnia zasiewów, jaką dysponowała polskie rolnictwo w 2010 roku, wynosiła 10,6 mln ha. W porównaniu do 2002 roku zmniejszyła się ona o 1,8%, czyli 200 tys. ha (Spis rolny, 2010). Odsetek ten wydaje się niewielki, ale przeliczając na zbiór zboża wynosi to około 600–800 tys. ton, czyli 2,3–3,0% rocznych zbiorów zbóż. Luki tej nie da się zapełnić, a w latach następnych będzie ona nadal rosła, gdyż związana jest z szeroko rozumianym rozwojem kraju. Analiza powierzchni zasiewów poszczególnych roślin uprawnych pomiędzy latami 2000–2009 (GUS, 2010) wykazała, że w ostatnim dziesięcioleciu zaszły duże zmiany. Wzrosła powierzchnia uprawy pszenżyta o 770 tys. ha, kukurydzy o 380 tys. ha, rzepaku ozimego o 373 tys. ha, jęczmienia ozimego o 90 tys. ha oraz zajmująca największą powierzchnię uprawa pszenicy o 62 tys. ha. Zmniejszyły się natomiast w zasiewach udziałem ozimego o 734 tys. ha, mieszanek zbożowych o 138 tys. ha oraz buraka cukrowego i ziemniaka odpowiednio o 133 i 74 tys. ha (GUS, 2010). Dane te wskazują na trendy zmian w znaczeniu wymienionych gatunków na najbliższe lata. Na tej podstawie uznać należy wysoką pozycję pszenicy w zasiewach, jako podstawowego zboża konsumpcyjnego i paszowego, jęczmienia jako zboża paszowego i surowca dla przemysłu browarniczego oraz pszenżyta jako zboża na razie tylko paszowego, a w przyszłości także chlebowego. Wzrasta też znaczenie rzepaku oraz kukurydzy, zarówno jako roślin pastewnych, jak i przemysłowych. Wymienione rośliny rolnicze w najbliższych latach powinny być zatem uznane za strategiczne dla polskiego rolnictwa. Z tego też powodu prace badawcze nad nowymi technologiami uprawy pszenicy, pszenżyta, jęczmienia, rzepaku oraz kukurydzy powinny być skierowane na większe wykorzystanie postępu biologicznego, jaki wnoszą nowe odmiany, przyjazne oddziaływania zabiegów agrotechnicznych na środowisko glebowe oraz poprawę efektów ekonomicznych uprawy.

Lepsze wykorzystanie zasobów siedliska

Ponad 60% polskich gleb wytworzonych zostało z utworów piaszczystych, łatwo przepuszczalnych, o małych zdolnościach retencyjnych, a więc z tzw. opadowym typem gospodarki wodnej. Fakt ten sprawia, że wydajność naszej produkcji roślinnej w dużej mierze uzależniona

jest od sumy i rozkładu opadów oraz temperatur występujących w okresie wegetacji roślin. Produkcja rolnicza nie tylko podlega wpływom warunków środowiskowych, ale również oddziałuje na wiele procesów zachodzących w litosferze, hydrosferze oraz atmosferze i w konsekwencji wpływa na ich końcowy stan. Zmiany zachodzące w ekosystemach rolniczych mają powolny charakter i są trudno dostrzegalne, ale ich skutki bywają nieodwracalne.

Lepsze i przyjazne oddziaływanie uprawianych roślin rolniczych na środowisko glebowe w obecnej sytuacji, przy prawie 75% udziale zbóż w strukturze zasiewów (łącznie z kukurydzą), nie jest możliwe do osiągnięcia, jeżeli nie ulegnie korekcie monokulturowe następstwo zbóż w zmianowaniu. Polska ma określoną jakość gleb oraz warunki klimatyczne, których nie da się zmienić, i dlatego należy zrobić wszystko, aby tą drogą ograniczyć procesy degradacyjne gleb. Poprawniejsze niż dziś stosowane zmianowanie ściśle wiąże się z lepszym wykorzystaniem zasobów siedliska i ograniczeniem rozprzestrzeniania się chorób, szkodników i chwastów. Jest to też jedna z agrotechnicznych dróg prowadzących do ograniczenia stosowania pestycydów, a więc zapraw nasiennych, fungicydów, insektycydów i herbicydów.

Pełniejsze wykorzystanie postępu biologicznego metodami agrotechnicznymi

Efekty wykorzystania postępu biologicznego, jaki wnoszą nowe odmiany, zależą od postępu technologicznego, warunków siedliskowych i wiedzy rolnika. Nowe, intensywne odmiany nie ujawniają swoich możliwości produkcyjnych przy niskim poziomie agrotechniki i braku systematycznej wymiany materiału siewnego. Szacuje się, że w praktyce rolniczej potencjał plonotwórczy nowych odmian wykorzystany jest w około 50–60%. Świadczą o tym częściowo znaczne różnice w plonach pomiędzy wynikami doświadczeń odmianowych COBORU a plonami przedstawionymi przez GUS oraz pomiędzy wynikami produkcyjnymi w gospodarstwach dobrych i słabszych. Jedną z przyczyn takiego stanu jest brak sprawnie funkcjonującego systemu upowszechnienia wiedzy i doradztwa rolniczego w kraju.

Nowe technologie uprawy a środowisko glebowe

Uprawa roli jest elementem agrotechniki charakteryzującym się dużą czaso- i energochłonnością (Kordas, 2005). Wobec wzrastających cen energii, a wraz z nimi kosztów uprawy roli, obserwuje się coraz większe zainteresowanie eliminacją tradycyjnej płuznej uprawy roli i zastąpieniem jej sposobem uproszczonym – bezorkowym, zwłaszcza w gospodarstwach wielkoobszarowych. Wprowadzenie do praktyki uproszczeń w uprawie roli niesie za sobą szereg zalet, jak: zapobieganie erozji gleby, intensyfikacja życia biologicznego w glebie, zwiększenie zawartości substan-

cji organicznej i wilgotności gleby, zmniejszenie zużycia paliwa, obniżenie emisji spalin, CO₂ oraz zanieczyszczenia powietrza. Ponadto redukuje nakłady energetyczne, oszczędza czas pracy oraz zatrzymuje nawozy i pestycydy w wierzchniej warstwie gleby. Systemy uprawy bezorkowej zapewniają wyższą efektywność energetyczną (Kordas, 2005; Małecka, 2006). W 4-letnim zmianowaniu według Kordasa (2005) można tą drogą zaoszczędzić 50% paliwa i nakładu pracy. Uproszczenia w uprawie roli mogą też modyfikować koncentrację składników pokarmowych w ziarnie pszenicy, polepszając dorodność i wyrównanie ziarna oraz zawartość białka i glutenu mokrego (Małecka, Blecharczyk 2004). W uprawie powierzchniowej (uproszczonej) i siewie bezpośrednim zwiększa się efektywność rolnicza i fizjologiczna oraz wykorzystanie nawozów mineralnych przez jęczmień jary (Małecka, Blecharczyk 2005). W literaturze naukowej dostępne są najczęściej wyniki badań dotyczące jednorazowego lub krótkotrwałego stosowania uproszczeń w uprawie roli. Badania Blecharczyka i in. (2006) wykazały, że krótkotrwałe stosowanie uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego nie wpływało negatywnie na plonowanie pszenicy ozimej uprawianej po strączkowych, jednak ujemnego wpływu w porównaniu do uprawy tradycyjnej można oczekiwać w stanowisku po zbożach.

W dostępnej literaturze mało jest wyników badań dotyczących skutków wieloletniego oddziaływania uproszczonych systemów uprawy roli na środowisko glebowe, poziom plonowania, jakość uzyskanych plonów oraz efekty ekonomiczne. Siedmioletnie statyczne doświadczenia z uproszczoną uprawą roli przeprowadzone w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu przez Małecką i in. (2009) wykazały, że uprawa uproszczona i siew bezpośredni przyczyniły się do zwiększenia wilgotności i gęstości objętościowej oraz zmniejszenia kapilarnej pojemności wodnej w powierzchniowej warstwie gleby. Ponadto wieloletnie stosowanie uprawy uproszczonej prowadziło do zwiększenia w wierzchniej warstwie gleby zawartości C organicznego, N ogólnego oraz przyswajalnych form K i Mg. Wybór technologii uprawy ma kluczowe znaczenie nie tylko dla wielkości i jakości plonu, ale również dla ustabilizowania właściwości fizycznych i chemicznych środowiska glebowego. Powszechnie stosowany w naszym kraju tradycyjny system uprawy roli oparty na orce i innych mechanicznych zabiegach doprawiających niszczy naturalną strukturę gleby, powodując jej przesuszenie i przyspieszając mineralizację materii organicznej. Z kolei ubytek substancji organicznej psuje strukturę gleby, zmniejsza jej pojemność wodną oraz aktywność mikrobiologiczną. Ponadto stosowanie ciężkiego sprzętu i częste zabiegi uprawowe przyczyniają się do zagęszczania warstwy podglebia tworząc tzw. podeszwę płuzną, która ogranicza infiltrację wody i jej retencję w głębszych partiach profilu (Jadczyżyn, 2010). Wyniki tych badań dowodzą, jak wielowątkowy modyfikujący wpływ mogą mieć nowe technologie uwzględniające

uproszczone systemy uprawy roślin oraz zróżnicowane nakłady środków produkcji na poziom i jakość plonów oraz środowisko glebowe, zwłaszcza przy wieloletnim, długookresowym stosowaniu. Badania nad nowymi technologiami uprawy roślin, uwzględniające uproszczone systemy uprawy roli oraz zróżnicowane nakłady przemysłowych środków produkcji powinny mieć nie tylko wieloletni charakter, ale powinny uwzględniać strategiczne dla polskiego rolnictwa gatunki roślin rolniczych i być przeprowadzone w zróżnicowanych warunkach siedliskowych kraju. Przewodzenie prac badawczych z tego zakresu to również prosta droga idąca naprzeciw obowiązującej od 2014 roku dyrektywy UE dotyczącej produkcji bezpiecznej żywności.

Produkcja roślin na cele energetyczne

Rosnące zapotrzebowanie na energię, wyczerpywalność jej źródeł kopalnianych i względy środowiskowe zmuszają do poszukiwania nowych sposobów zaspakajania potrzeb energetycznych zarówno w skali kraju, jak i świata. Jednym z rozpatrywanych sposobów łagodzenia problemów energetycznych jest zwiększenie roli odnawialnych źródeł energii (OZE). Zarówno uzgodnienia międzynarodowe, jak i wynikające z nich Narodowe Cele Wskaźnikowe przyjęte do spełnienia w okresie do 2020 roku powodują konieczność znaczącego rozwoju OZE w Polsce. Rolnictwo, od wieków postrzegane jako producent żywności i pasz, również w tym względzie może odegrać pozytywną rolę. Wyrazem tego jest przypisanie mu trzeciego strategicznego zadania, jakim jest produkcja surowców na cele energetyczne. Spośród całej gamy dostępnych OZE największy potencjał przyznaje się biomase. W UE z biomasy stałej produkuje się rocznie ok. 230 PJ ciepła. W Polsce wykorzystanie biomasy w porównaniu do pozostałych OZE jest również dominujące i w 2010 r. dawała ona ok. 60% energii elektrycznej, 95% energii cieplnej, a w sektorze transportu stanowiła 100% – biopaliwa I generacji: bioetanol i biodiesel. Zaznaczyć jednak należy, że założonego na 2010 udziału OZE w produkcji energii nie osiągnęliśmy, stąd bezwzględna konieczność zintensyfikowania działań w tym względzie, obejmujących przede wszystkim badania naukowe, następnie wdrożenia praktyczne, a równoległe legislacje regulujące prawnie funkcjonowanie podmiotów w tym zakresie.

Biomasa (celuloza, hemiceluloza i ligniny) powstaje w wyniku fotosyntezy i ma tę pozytywną właściwość, że jej spalanie nie pogarsza bilansu CO₂ w środowisku, co towarzyszy energetycznemu wykorzystaniu kopalni.

W Polsce, obok przeznaczenia na cele energetyczne roślin uprawianych od dawna na spożycie lub paszę, można uprawiać gatunki specjalnie w tym celu wprowadzane na pola. Jest ich stosunkowo duża grupa, a czołówkę pod względem przydatności aktualnie stanowią: wierzbawiciowa (*Salix viminalis*), ślazolec pensylwański (*Sida hermaphrodita*) i miskant (*Miscanthus* sp.).

O przydatności gatunku dla celów energetycznych decydują przede wszystkim: wartość kaloryczna, wydajność jednostkowa (plon s.m.) oraz energochłonność całego procesu uprawy (tzw. energia wejściowa). Na podstawie danych najczęściej prezentowanych w literaturze przyjęć można, że sprawność energetyczna (wydajność energetyczna/energia wejściowa) uprawy wierzby i miskanta wynosi ok. 30, mniejsza jest u ślazoleca – 15, a np. dla pszenicy to 8–9. Powodzenie uprawy, podobnie jak przy innych kierunkach użytkowania roślin, zależy od potencjału odmiany i spełnienia jej wymagań środowiskowych i agrotechnicznych.

Podstawową trudność w wykorzystaniu biomasy na cele energetyczne stanowi mała koncentracja energii w jednostce objętościowej surowca, stąd utrudniona logistyka. Ponadto trudno jest wierzyć, że uda się produkować znaczące ilości energii z nieużytków czy bardzo ekstenzywnie prowadzonych plantacji. Warunkiem jest wyhodowanie form o bardzo dużym potencjale produkcji biomasy i dopracowanie technologii uprawy dających szansę wyprodukowania co najmniej 80 MWh z hektara.

Ograniczenie rozprzestrzeniania się agrofagów

Ochrona roślin jako nauka daje podstawy do opracowania sposobów postępowania ukierunkowanych na ograniczenie strat powodowanych przez choroby, szkodniki i chwasty metodami akceptowalnymi z punktu widzenia oddziaływania na środowisko i zdrowie ludzi. Przy określeniu potencjalnych zbiorów wszystkich upraw na świecie na 100%, bez ochrony roślin można zebrać tylko 30,3% tej ilości. Stosowane aktualnie zabiegi ochrony roślin ograniczają straty i pozwalają zwiększyć zbiory o kolejne 27,6%. Natomiast nadal poprzez brak ochrony roślin, jej niewystarczającą skuteczność czy nieopłacalność ekonomiczną traci się 42,1% wszystkich plonów (Pruszyński, 1998). Dlatego stosowanie chemicznej ochrony stało się niezbędnym elementem w uprawie roślin rolniczych. Prawdopodobnie stosowane środki ochrony roślin warunkują uzyskanie wysokich i jakościowo dobrych plonów rolnych bez niekorzystnego oddziaływania na rośliny i konsumentów. Równoległe z doskonaleniem metod ochrony roślin pod względem ich skuteczności konieczne jest prowadzenie badań nad wpływem stosowanych środków chemicznych na środowisko. Pierwszym zadaniem w tym względzie jest rozpoznanie bezpośrednich i pośrednich zagrożeń stwarzanych dla człowieka i środowiska przez zastosowanie określonego środka chemicznego w rolnictwie. Zadanie to wypełniane jest poprzez monitoring wpływu aplikowanych substancji chemicznych na środowisko roślinne, glebowe i wodne oraz systematyczne badanie ich pozostałości w żywności, paszy i ekosystemie polowym.

Mając na uwadze fakt, iż metoda chemiczna pozostanie w najbliższych latach podstawową metodą ograniczania presji agrofagów, najważniejsze według Pruszyńskiego (1998) dla ochrony roślin wydają się:

- stały rozwój i wprowadzanie do ochrony roślin środków ochrony roślin charakteryzujących się niską toksycznością dla człowieka i różnych elementów środowiska naturalnego;
- zwiększenie udziału wykorzystania metody biologicznej i innych niechemicznych metod ochrony roślin;
- lepsze poznanie szkodliwości poszczególnych agrofagów, ich biologii i wrogów naturalnych oraz wpływu warunków klimatycznych na rozwój i wzrost nasilenia, ustalenie nowych wartości progów szkodliwości i ograniczenie liczby zabiegów chemicznych;
- wykorzystanie metod hodowlanych w uzyskiwaniu odmian odpornych na poszczególne agrofagi;
- podniesienie skuteczności zabiegów i ich bezpieczeństwa poprzez podniesienie techniki ochrony, co jest szczególnie ważne w polskich warunkach;
- upowszechnienie zasad dobrej praktyki rolniczej;
- opracowanie i wdrażanie integrowanych programów zwalczania poszczególnych agrofagów oraz ochrony poszczególnych upraw.

Poza tym od 1 stycznia 2014 r. wchodzi w życie Dyrektywa (2009/128/WE) o zrównoważonym stosowaniu środków ochrony roślin, która wymusza działania w celu zmniejszenia ryzyka stosowania środków ochrony roślin.

Najważniejsze kierunki obejmujące zarówno działania naukowe, jak i utylitarne w zakresie ograniczania szkodliwości agrofagów obejmują:

- poprawę skuteczności metod ochrony roślin,
- dostosowanie ochrony roślin do zasad integrowanych systemów produkcji rolniczej,
- indukowanie odporności roślin na choroby i szkodniki.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zwiększenie produkcji roślinnej możliwe jest poprzez ciągłe doskonalenie odmian roślin uprawnych. Wielkość i tempo wdrażania postępu biologicznego w najważniejszych gatunkach roślin zależeć będzie od zastosowania w hodowli nowoczesnych metod biotechnologicznych, szczególnie kultur *in vitro*, w aspekcie skracania cyklu hodowlanego oraz technologii opartych na DNA w masowej selekcji. Nowoczesna hodowla roślin powinna być ukierunkowana na podniesienie potencjału plonowania poprzez wykorzystanie zjawiska heterozji, szczególnie u roślin samopylnych, na zwiększenie odporności na choroby i stresi środowiskowe, lepsze wykorzystanie przez rośliny wody i składników pokarmowych oraz dostosowanie cech i właściwości roślin do nowych technologii uprawy.

W zakresie GMO powinny być rozwijane badania w kierunku wykorzystania genetycznie zmodyfikowanych organizmów na cele energetyczne, opracowania kryteriów gwarancji bezpieczeństwa stosowania genetycznie zmodyfikowanych roślin, w tym oceny ryzyka stosowania GMO dla środowiska, zdrowia człowieka i zwierząt, bada-

nie wpływu GMO na bioróżnorodność z uwzględnieniem polskich warunków środowiskowych oraz opracowanie zasady współistnienia upraw konwencjonalnych, ekologicznych i zmodyfikowanych genetycznie.

Rosnące zapotrzebowanie na energię, wyczerpywalność źródeł kopalnianych i względy środowiskowe zmuszają do poszukiwania nowych sposobów zaspakajania potrzeb energetycznych kraju. Konieczne jest wyhodowanie odmian roślin o bardzo dużym potencjale produkcji biomasy i dopracowanie technologii uprawy dających szansę wyprodukowania co najmniej 80 MWh z hektara.

Wobec wzrastających cen energii, a wraz z nimi kosztów uprawy roli większa uwaga powinna być skierowana na zastąpienie tradycyjnej uprawy płuźnej sposobem uproszczonym – bezorkowym, zwłaszcza w gospodarstwach wielkoobszarowych. Powinny być podjęte badania dotyczące skutków długoletniego lub trwałego oddziaływania uproszczonych systemów uprawy roli na środowisko glebowe, poziom plonowania, jakość uzyskanych plonów oraz efekty ekonomiczne. Dlatego badania z tego zakresu powinny uwzględniać nie tylko strategiczne dla polskiego rolnictwa gatunki roślin rolniczych, ale również zróżnicowane warunki siedliskowe Polski oraz wychodzić naprzeciw dyrektywie UE dotyczącej rolnictwa zrównoważonego, która będzie obowiązywała od 2014 r.

Technologie ochrony roślin powinny być ukierunkowane na ograniczenie strat powodowanych przez choroby, szkodniki i chwasty metodami akceptowalnymi z punktu widzenia oddziaływania na środowisko i zdrowie ludzi.

Tak więc należy stwierdzić, że:

1. Nowoczesne technologie są niezbędne dla dalszego postępu w produkcji roślinnej.
2. Dla nowoczesnych, efektywnych technologii niezbędne jest inwestowanie w badania i rozwój (B+R).
3. Nakłady na B+R wymagają odpowiedniego zwrotu (opłacalności).
4. Zwrot nakładów zależy od ustawowych regulacji wspomagających badania i rozwój oraz ochronę własności intelektualnej w hodowli i w nauce wspierającej hodowlę.
5. Brak ustawowych regulacji może spowodować nieefektywność nowoczesnych technologii i brak zwrotu nakładów.

LITERATURA

- Adamski T., Jeżowski S., Kurhańska G., Surma M., 1983.** Zastosowanie metody bulbosowej w hodowli jęczmienia. I. Otrzymywanie form haploidalnych oraz linii autodiploidalnych. *Hod. Rośl.*, 4: 1-5.
- Błaszczyc L., Kramer I., Ordon F., Chelkowski J., Tyrka M., Vida G., Karsai I., 2008.** Validity of selected DNA markers for breeding leaf rust resistance wheat. *Cereal Res. Commun.*, 36(2): 201-213.
- Blecharczyk A., Śpitalniak J., Malecka I., 2006.** Wpływ doboru przedplonów oraz systemów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2(90): 273-286.

- Błaszczak L., Chelkowski J., 2005.** Geny odporności na patogeny w genomie pszenicy. 139-157. W: Genomika i bioinformatyka roślin; Chelkowski J., Koczyk G., Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań.
- Borlaug N., 2000.** The green revolution revisited and the road ahead. Special 30th Anniversary Lecture. The Norwegian Nobel Institute, Oslo, <http://www.nobel.se/tac/articles/borlaug/> Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych. Lista odmian roślin rolniczych 2011. Słupia Wielka.
- Devaux P., Adamski T., Surma M., 1990.** Studies on low crossabilities encountered with the *Hordeum bulbosum* method for haploid production of barley, *Hordeum vulgare* L. Plant Breed., 104: 305-311.
- Du J., Liu G., Lu L., 2010.** Towards the understanding of genetic and molecular basis of heterosis in wheat (*Triticum aestivum* L.). 340-341. 8th International Wheat Conference, St. Petersburg, Russia, June 1-4, 2010.
- Dyrektywa PE i Rady 2009/128/WE (Dz.Urz. UE L 309 z 24.11.2009, s: 71).
- Galanda A.A., Tiwari R., Ammiraju J.S.S., Santra D.K., Lagu M., Rao V.S. i in., 2001.** Genetic analysis of kernel hardness in bred wheat using PCR-based markers. Theor. Appl. Genet., 103(4): 601-606.
- Główny Urząd Statystyczny. 2010.
- Główny Urząd Statystyczny – Spis rolny 2010.
- Guidance document for the risk assessment of genetically modified plants and derived food and feed by the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms (GMO) - including draft document updated in 2008 doi:10.2903/j.efsa.2006.99 EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO).
- Jadczyzsyn J., 2010.** Wpływ systemów uprawy roli na nasilenie procesów erozyjnych w warunkach zmian klimatu. Studia i Raporty IUNG-PIB, 19: 55-68.
- James C., 2010.** Preview Global status of commercialised transgenic crops. ISAAA Briefs 2010.
- Kordas L., 2005.** Energetyczne i ekonomiczne skutki stosowania uproszczeń w uprawie roli w zmianowaniu. Acta Sci. Polon., Agricultura, 1(1): 51-60.
- Malecka I., 2006.** Produktywność roślin w płodozmianie w zależności od systemów uprawy roli. Fragm. Agron., 2(90): 261-272.
- Malecka I., Bleharczyk A., 2004.** Wpływ systemów uprawy roli na jakość ziarna pszenicy ozimej. Pam. Puł., 135: 181-187.
- Malecka I., Bleharczyk A., 2005.** Efektywność nawożenia azotem jęczmienia jarego w różnych systemach uprawy roli. Fragm. Agron., 1: 503-511.
- Malecka I., Bleharczyk A., Dobrzeński T., 2009.** Produkcyjne i środowiskowe skutki wieloletniego stosowania systemów bezorkowych w uprawie grochu siewnego. Fragm. Agron., 26(3): 118-127.
- Mikolajczyk K., Dubert M., Nowakowski J., Podkowiński J., Popławska W., Bartkowiak-Broda I., 2008.** Conversion of the RAPD OPC02₁₁₅₀ marker of the Rfo restorer gene into a SCAR marker for rapid selection of oilseed rape. Plant Breed., 127: 647-649.
- Pickering R.A., Devaux P., 1992.** Haploid production: Approaches and use in plant breeding. 519-547. Barley: Genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology. CAB International, Wallingford, UK:
- Ponitka A., Ślusarkiewicz-Jarzina A., Wędzony M., Marcińska I., Woźna J., 1999.** The influence of various *in vitro* culture conditions on androgenetic embryo induction and plant regeneration from hexaploid triticale (*x Triticosecale* Wittm.). J. Appl. Genet., 40: 165-174.
- Pruszyński S., 1998.** Program dostosowania ochrony roślin do wymogów ochrony środowiska i potrzeb produkcji rolniczej. Program proekologicznego rozwoju wsi, rolnictwa i gospodarki żywnościowej do 2015 roku.
- Sowa S., Linkiewicz A., Zimny J., 2011.** Cisgenesis and reverse breeding – are they going to change the EU legislation and the definition of GMO? IV Krajowy Kongres Biotechnologii, Kraków, 12-15 października 2011.
- Ślusarkiewicz-Jarzina A., Ponitka A., 2003.** Efficient production of spontaneous and induced doubled haploid triticale plants derived from anther culture. Cereal Res. Commun., 31: 289-296.
- Tsilo T.J., Simsek S., Ohm J-B., Hareland G.A., Chao S., Anderson J.A., 2011.** Quantitative trait loci influencing endosperm texture, dough-mixing strength, and bread-making properties of the hard red spring wheat breeding lines. Genome, 54: 460-470.
- Tuberosa R., Phillips R.L., Gale M., (red.) 2003.** Proceedings of the International Congress: In the Wake of the Double Helix: From the Green Revolution to the Gene Revolution. Bologna, Italy, May 27-31, 2003.
- W.K. Świącicki, M. Surma, W. Koziaara, G. Skrzypczak, J. Szukała, I. Bartkowiak-Broda, J. Zimny, Z. Banaszak, K. Marciniak*

MODERN TECHNOLOGIES IN CROP PRODUCTION –
FRIENDLY FOR MAN AND ENVIRONMENT

Summary

New technologies facilitating progress in plant production are presented in view of the need to feed the increasing human population worldwide. Methods of enhancing and accelerating of biological progress were considered as a pro-ecological factor influencing both the volume and quality of plant production. Main directions of crop improvement are presented, including yield quality and volume, hybrid breeding, crop resistance to biotic and abiotic stresses, together with some aspects related to GMO. Cultivation technologies were discussed taking into account the utilisation of biological progress, environmental interactions and economic results. Different cultivation and plant protection technologies friendly for humans and the environment were discussed.

key words: biological advance, plant breeding, in vitro culture, GMO, molecular markers, plant protection, plant cultivation, energetic plants.