

HODOWLA ROŚLIN – DZIEDZINA AGRONOMII CZY FILOZOFIA PRZYRODY

Wojciech K. Świącicki, Maria Surma

Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu

Wprowadzenie

„... nowoczesne odmiany najbardziej
przyczyniły się do tego, że światowa
produkcja żywności powiększała się
szybciej niż liczba ludności”

(Norman Borlaug)

Przytoczone motto, zaczerpnięte z referatu wygłoszonego z okazji 30-lecia przyznania N. Borlaugowi nagrody Nobla, w pełni obrazuje znaczenie hodowli roślin we współczesnym rolnictwie. Wypowiedź ta znajduje poparcie w danych liczbowych dotyczących światowej produkcji zbóż. I tak między rokiem 1950 a 1992 produkcja ziarna zbóż wzrosła 2,8-krotnie (z 692 do 1900 mln ton), gdy tymczasem liczba ludności 2,2-krotnie (z 2,2 do 5,6 mld). Gdyby średnie plony zbóż zatrzymały się na poziomie początku lat sześćdziesiątych ($1,53 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), wówczas dla osiągnięcia światowej produkcji zbóż z końca XX wieku należałoby zwiększyć obszar ich uprawy o dodatkowy miliard hektarów (aktualna powierzchnia uprawy zbóż – 670 mln ha).

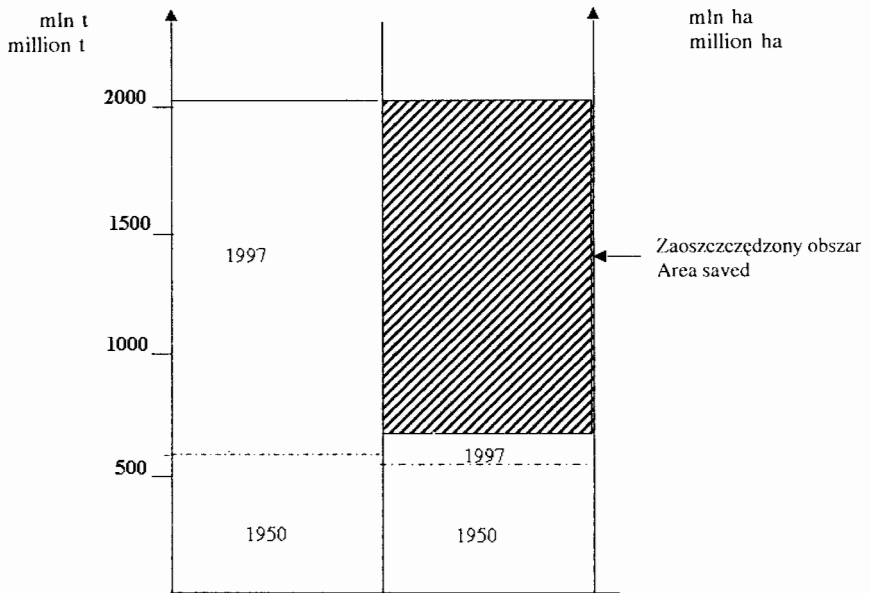
Hodowlę roślin rozpatrywać można w dwóch płaszczyznach: z jednej strony jako naukę o powstawaniu nowych form roślin uprawnych, z drugiej natomiast jako działalność produkcyjną, wytwarzającą tzw. biologiczny środek produkcji. Te dwa różne aspekty hodowli roślin stały się w minionej dekadzie powodem sporów i dyskusji. Z jednej strony odbiera się hodowli charakter badawczy i umniejsza jej znaczenie. Dzieje się tak wskutek rozwoju genetyki molekularnej i nadprodukcji żywności w dostatniej Europie, a w konsekwencji pogoni za modą i efektownym sukcesem naukowym. Obserwuje się nawet niezadowolenie młodych genetyków z nadawania im stopni i tytułów naukowych w dziedzinie agronomii. Z drugiej strony ci sami uczeni opracowując projekty badawcze starają się podnieść ich rangę przez wykazanie przydatności dla hodowli.

W dalszej części pracy przypomniane będą „historyczno-ewolucyjne” związki nauk przyrodniczych z rolniczymi. Wykazana zostanie także rola hodowli odmian w rozwiązywaniu problemu wyżywienia ludzkości oraz dylematy etyczno-filozoficzne współczesnego hodowcy.

Rys historyczny

Do XVIII wieku podstawową drogą wzrostu produkcji żywności było zwiększanie powierzchni uprawy. Wiek XIX i początek XX wieku przyniósł odkrycia naukowe z zakresu agronomii i chemii rolnej, dzięki którym możliwe stało się zwiększanie produkcji żywności bez włączania do uprawy dodatkowych obszarów. Najważniejsze z nich to stworzenie naukowych podstaw mineralnego żywienia roślin oraz opracowanie metod produkcji superfosfatu i syntezy amoniaku. Niestety wykorzystanie tych osiągnięć w rolnictwie zahamowały obie wojny światowe (zastosowanie amoniaku do produkcji materiałów wybuchowych) i światowy kryzys ekonomiczny lat trzydziestych. Niemniej wiek XX wyróżniają w rolnictwie trzy rewolucyjne okresy, radykalnie intensyfikujące gospodarkę rolną i produkcję żywności: 1) zamiana siły pociągowej zwierząt na energię maszyn – po I wojnie światowej, 2) chemizacja rolnictwa, wprowadzająca do agrotechniki nawozy mineralne i pestycydy – po II wojnie światowej, 3) genetyczne doskonalenie roślin uprawnych – szczególnie w latach 80. i 90.

Zastosowanie nowych technologii w trzech najważniejszych gałęziach agronomii pozwoliło w drugiej połowie XX wieku potroić światową produkcję zbóż przy tylko nieznacznym zwiększeniu powierzchni uprawnej (rys. 1). Należy podkreślić, że mechanizacja i chemizacja rolnictwa możliwe były przede wszystkim w krajach rozwiniętych (około 40% ziemi uprawnej i 1/4 ludności świata), tymczasem nowe odmiany, jako znacznie tańszy środek produkcji, wprowadza się prawie we wszystkich krajach kuli ziemskiej (około 90% ziemi uprawnej), także w zacofanych gospodarczo krajach Afryki, Azji i Ameryki Południowej.



Rys. 1. Światowy areal uprawy i produkcja zbóż w drugiej połowie XX w.

Fig. 1. World growing area and production of the cereals in the second half of XXth century

Czołowy polski hodowca, prof. T. Wolski w wystąpieniu z okazji nadania tytułu doktora h.c. SGGW w Warszawie w 1998 roku powiedział: „**Postęp w ulepszaniu roślin jest podobny do łańcucha, którego pierwsze ogniwa giną w pomroce dziejów, a ostatnie sięgają nieskończoności**”. Stwierdzenie to dobrze ilustruje ulepszanie plonu pszenicy. Przyjmuje się, że w czasie udomowiania dzikich przodków zbóż (około 8 tys. lat p.n.e.) można było zebrać około 3 dt ziarna z hektara. Prace selekcyjno-hodowlane prowadzone w Niemczech w okresie od 1300 do 1900 roku spowodowały zwiększenie plonów z 5 do 14 dt, natomiast między rokiem 1950 a 2000 średni plon pszenicy wzrósł od 26 dt do ponad 70 dt z ha [WENZEL i in. 2001]. Trzykrotne poprawienie plenności w okresie nienaukowej selekcji zajęło 600 lat, podczas gdy dla również trzykrotnego zwiększenia plonów za pomocą nowoczesnych metod wystarczyła druga połowa XX wieku. Podobnym zmianom ulegały inne, stare rośliny uprawne, jak: ryż, sorgo, soja i trzcina cukrowa. Znane są jednakże i takie gatunki roślin, które ze względu na szczególne zalety udomowiono stosunkowo niedawno (burak cukrowy – w okresie wojen napoleońskich, palma oleista – koniec XIX w.) i do tego w bardzo krótkim czasie. Na przykład autorem „kariery” drzewa kauczukowego był R. Ridley, dyrektor ogrodu botanicznego w Singapurze, a łubinu wąskolistnego J. Gladstones, hodowca z Zachodniej Australii (wytworzone odmiany wprowadził do uprawy na obszarze około 1,5 mln ha, jako fitosanitarny przerywnik monokultury pszenicy).

Czy możliwe jest określenie początków działalności człowieka, którą można by nazwać hodowlą roślin? Za punkt przełomowy podczas zamierzonego i długotrwałego udomowiania można uznać uświadomienie sobie, że to do siewu, a nie do spożycia należy wybierać najlepsze nasiona. Początki współczesnej, racjonalnej hodowli sięgają połowy XIX wieku. Około 1857 roku w Anglii dwaj hodowcy, F. Hallet z Brighton i P. Shireff z Haddington zaczęli stosować dwie metody ulepszenia pszenicy (odpowiednio – rodowodową i wyszukiwania nowych typów), których naukowe wyjaśnienie przyniosły późniejsze odkrycia z zakresu genetyki. Za przykładem Anglików poszli Francuzi (L. de Vilmorin) i Niemcy (Rimpau z Schlanstedt, Heine z Hadmersleben, Lochow z Pettkus, Beseler z Anderbeck) [KOZICKI 1895]. Także w drugiej połowie XIX wieku zaczęto stosować krzyżowanie odmian dla połączenia ich użytecznych właściwości. W Polsce jako początek hodowli przyjęto umownie rok 1860, kiedy to W. Pełowski z Sarnowa wytworzył za pomocą metody rodowodowej odmianę pszenicy ozimej [KOROHODA 1981; KOZICKI 1895]. Współcześnie z Pełowskim hodował K. Bielawski z Wysokiego Litewskiego, A. Janasz z Dańkowa i A. Sempołowski ze stacji doświadczalnej w Sobieszynie. Ten ostatni przedstawił trzy sposoby „... za pomocą których możemy uzyskać zboża lepsze i odpowiedniejsze dla naszych stosunków ...”, to jest uszlachetnianie, wyszukiwanie nowych typów i krzyżowanie [SEMPOŁOWSKI 1895]. Dzisiejsza nauka nazywa je odpowiednio selekcją pozytywną lub negatywną, mutacjami i metodą rekombinacyjną, a mutacje i rekombinacje okazały się być podstawowymi źródłami zmienności przyrody. Zatem polska myśl należała do pionierskich w tworzeniu naukowych podstaw hodowli roślin. Warto nadmienić, że pod koniec XX wieku polska bibliografia branżowa dorobiła się opracowania rodowodów hodowców [KOROHODA 1981] oraz wydawnictwa typu „Kto jest kim?” [ŚWIĘCICKI (red.) 1998].

Hodowla a inne dziedziny nauki

Istniejące kontrowersje dotyczące współczesnego znaczenia i miejsca hodowli wśród nauk przyrodniczych nie mają większego uzasadnienia: hodowla i nasiennictwo wywodzą się z agronomii, a genetyka z hodowli. W roku 1906, podczas „III Międzynarodowej Konferencji o mieszańcach i hodowli roślin w Londynie” W. Bateson zaproponował termin „genetyka” dla „... nauki o dziedziczności i zmienności, wyjaśniającej problemy teoretyczne ewolucjonistów i systematyków, jak i praktyczne problemy hodowli roślin i zwierząt”. Ta bardzo szeroka definicja obejmuje w dzisiejszym rozumieniu zarówno genetykę teoretyczną, jak i hodowlę stosowaną. Uczestnicy zmienili nazwę wspomnianej konferencji na „III Międzynarodową Konferencję genetyki”. Krótco później wprowadzono termin „gen” (1909 r.) i „genotyp” (1911 r.).

Związki genetyki z naukami biologicznymi stawały się coraz silniejsze w następstwie zainteresowania gatunkami nieużytkowymi oraz pojawiania się nowych metod badawczych, zmierzających do bardziej precyzyjnego poznania organizmów żywych, aż do poziomu molekularnego. Tak więc hodowla i nasiennictwo są integralną częścią agronomii, ale przez genetykę mają ścisły związek z podstawowymi naukami biologicznymi. Tworzy się zatem łańcuch połączonych ogniw, agronomia bowiem wywodzi się z nauk przyrodniczych ograniczając obszar zainteresowań do organizmów użytkowych. Określenie wyraźnych granic między tymi naukami jest trudne, tak z powodu ich pokrewieństwa, jak i wzajemnego przenikania aspektów praktycznych i teoretycznych. Z drugiej strony hodowla a genetyką wytworzyły się pewne różnice z zakresu metodologii badań. W naukach biologicznych, w tym również w genetyce, obserwuje się często redukcjonistyczne podejście do problemów badawczych. Objawia się ono między innymi traktowaniem genotypu jako sumy genów i uznania, że poznanie genotypu jest w pełni możliwe poprzez poznanie struktury i funkcji poszczególnych genów. Hodowli bez wątpienia bliższy jest holizm. W procesie ulepszania roślin hodowca musi brać pod uwagę nie tylko cechę, którą zamierza poprawić poprzez wprowadzenie odpowiedniego genu(ów), ale także wszystkie inne właściwości, na które gen może mieć wpływ pleiotropowy, lub które mogą się pojawić w efekcie wpływu na ten gen nowego podłoża genotypowego.

Wobec pomostowego miejsca hodowli i genetyki między naukami agronomicznymi i biologicznymi warto prześledzić i porównać kalendarz najważniejszych osiągnięć i etapów postępu w hodowli oraz naukowych odkryć z zakresu biologii. W XIX wieku idee związane z kierunkami i metodami hodowli rozwijały się głównie w firmach nasienne-hodowlanych oraz dużych gospodarstwach rolnych i ogrodniczych. Stosowane metody ulepszania odmian (selekcyjne uszlachetnianie, wyszukiwanie nowych typów oraz krzyżowanie) były doświadczalnie uzasadnione, ale brakowało im naukowego wyjaśnienia. Równoległe wiek ten obfitował w odkrycia o fundamentalnym znaczeniu dla rozwoju nauk biologicznych, ale nie miały one bezpośredniego wpływu na rozwój hodowli (stwierdzono m.in., że jądro jest podstawowym i stałym składnikiem komórki; odkryto podziały mejotyczne i proces zapłodnienia; wykazano że podczas podziałów powstają włókienka jądrowe – chromosomy; K. Darwin ogłosił teorię ewolucji, a G. Mendel prawa dziedziczenia).

Intensywny rozwój nauk biologicznych trwał nieprzerwanie w XX wieku. W tym okresie można także zauważyć zacieśnienie związków między hodowlą stosowaną a nauką. Z jednej strony spostrzeżenia hodowców dotyczące niektórych zjawisk obserwowanych w procesie hodowli inspirowały biologów do podjęcia prób ich naukowego wyjaśnienia, z drugiej zaś hodowcy coraz częściej i szybciej wykorzystywali odkrycia nauk biologicznych dla usprawnienia i przyspieszenia wytwarzania odmian uprawnych. Przełomowe osiągnięcia, które miały pośredni wpływ na rozwój hodowli, to teoria mutacji de Vriesa (1901–1903) i teoria chromosomowa Morgana (1910 r.). Dalsze odkrycia miały już wpływ bezpośredni. Badania genetyczne nad zjawiskiem heterozji zapoczątkował G. Shull w 1914 roku (on też wprowadził do nauki termin „heterozja”), ale pierwszą odmianę mieszańcową (*Begonia semperflorens*, ‘Primadonna F₁’) wytworzono już w 1909 roku w Niemczech [REIMANN-PHILIPP 1976]. Z kolei doświadczenia zapoczątkowane w 1924 roku przez L. Stadlera w Ameryce wykazały mutagenne działanie promieni X, a już w 1927 roku indukowano pierwsze mutanty jęczmienia. W 1937 roku odkryto wpływ kolchicyny na przebieg mejozy. W tym samym roku A. Blakeslee i A. Avery pierwsi zastosowali metodę kolchicynowania w celu wywołania sztucznej poliploidyzacji, a w 1943 roku wytworzono pierwszą, poliploidalną odmianę koniczyny ‘Offer’.

Znaczący wpływ na kształt współczesnej hodowli miał rozwój metod i technik *in vitro*, a w szczególności technik związanych z haploidyzacją roślin poprzez androgenzę lub eliminację chromosomów i otrzymywanie tą drogą homozygotycznych form. Zjawisko eliminacji chromosomów w krzyżowaniach oddalonych u jęczmienia odkryli K. Kasha i K. Kao w 1970 r., a już w 1979 r. zarejestrowano pierwszą odmianę jęczmienia otrzymaną tą metodą.

Ostatnie dwudziestolecie ubiegłego wieku to gwałtowny rozwój biologii molekularnej, zapoczątkowany odkryciem kodu genetycznego przez J. Watsona i F. Cricka w 1953 roku. Zastosowanie technik molekularnych w badaniach genetycznych zaowocowało znalezieniem markerów dla cech agronomicznych, jak na przykład odporność na choroby czy szkodniki. Markery molekularne po raz pierwszy zastosowano w selekcji soi odpornej na nicienie [YOUNG i in. 1995]. Osiągnięcia naukowe w mapowaniu markerów i znajdowaniu ich sprzężeń z cechami użytkowymi są wprawdzie bezsporne, jednak ich praktyczne wykorzystanie w hodowli ogranicza konieczność posiadania drogich laboratoriów i wysoko kwalifikowanych specjalistów. Ponadto są one efektywne dla cech jednogenowych, a niestety większość cech agronomicznych jest uwarunkowana poligenicznie. Z kolei znaczenie inżynierii genetycznej związane jest z możliwością poszerzenia zmienności poprzez przeniesienie genów z innych, nieraz bardzo odległych organizmów. Pierwsze transgeniczne rośliny otrzymano w latach osiemdziesiątych, a w 1994 roku zarejestrowano pierwszą transgeniczną odmianę (pomidor ‘Flavr-Savr’). W latach następnych wprowadzono do uprawy transgeniczne odmiany wielu innych gatunków, takich jak: kukurydza, ziemniak, soja, bawełna [GAWŁOWSKA i in. 2001].

Jak widać genetyka przyniosła w XX wieku wiele odkryć i metod, które wywarły znaczący wpływ na hodowlę. Związek hodowli z naukami biologicznymi stawał się coraz ściślejszy. Obustronnie stymulujący charakter tego związku ma wpływ zarówno na kierunek i charakter badań naukowych, jak i na podniesienie efektywności procesu hodowlanego. W pełni uzasadnione jest zatem stwierdzenie R. ALLARDA [1960] – autora jednego z podstawowych podręczników do hodowli roślin, że „Po kilkudziesięciu latach dynamicznego rozwoju genetyki ... ulepszanie

roślin usystematyzowano do tego stopnia, że można je nazwać nauką”.

Podstawę każdego programu hodowli powinien stanowić określony model – ideotyp odmiany. Musi on uwzględniać wymagania użytkownika i rolnika oraz właściwości biologiczne gatunku. Użytkownik (rynek) narzuca cechy związane z plonem i jego jakością, a rolnik cechy decydujące o przydatności do uprawy, odporności na stresowe warunki środowiska i decydujące o ostatecznej wysokości plonu, zapewniając opłacalność uprawy. Na tej podstawie hodowca może określić pożądany zespół cech nowej odmiany, a co za tym idzie – dokonać wyboru materiału wyjściowego oraz odpowiednich metod i technik hodowli. Przyjęty ideotyp odmiany nie ma charakteru stałego, gdyż podczas stosunkowo długiego cyklu hodowli mogą ulec zmianie lub nawet pojawić się nowe zarówno kierunki użytkowania, jak i warunki uprawy [BLIXT 1979]. W jego realizacji nowoczesna hodowla korzysta nie tylko z osiągnięć genetyki, ale także wielu innych dziedzin. W swych początkach hodowla powiązana była głównie z botaniką, później także z ekologią, fizjologią, fitopatologią oraz z chemią i fizyką. Dla jej potrzeb rozwijały się lub nawet powstawały nowe specjalności w różnych dziedzinach nauki, np. w statystyce matematycznej, naukach technicznych i ekonomii. Dzisiaj trudno sobie wyobrazić wytwarzanie odmian bez zastosowania najnowszych osiągnięć z zakresu elektroniki i informatyki, biometrii i doświadczalnictwa, biochemii i biotechnologii. Jednak niezmiennie – co jest truizmem – dziedzina ta opiera się na nienaruszalnych prawach przyrody. Ponad dwadzieścia lat temu – w stulecie polskiej hodowli – prof. T. Ruebenbauer stwierdził: **”O ile w swych początkach była ona w znacznej mierze sztuką opartą na talencie, o tyle obecnie stała się nauką wymagającą szerokiej wiedzy, w skład której wchodzi niemalże wszystkie dyscypliny przyrodnicze, łącznie z matematyką, chemią i fizyką”** [RUEBENBAUER 1980]. Wydaje się, że dla postępu w ulepszaniu roślin w najbliższej przyszłości współpracujące z hodowlą nauki powinny pomóc w:

- opracowaniu metod skracających zbyt długi (10–12-letni) cykl hodowli,
- opracowaniu mikrometod dla oceny cech jakościowych i selekcji masowej, nieniszczących materiału roślinnego,
- właściwym wykorzystaniu biotechnologii.

Ulepszanie odmian w rozwiązaniu światowego problemu wyżywienia

Najlepszym przykładem znaczenia postępu biologicznego dla człowieka jest tzw. Zielona Rewolucja. Około roku 1968 w Agencji ds. Międzynarodowego Rozwoju USA zaczęto określać tym pojęciem wykorzystanie nauk rolniczych dla wprowadzenia nowoczesnych technologii w Trzecim Świecie. Wiąże się ona bezpośrednio z osiągnięciami N. Borlauga. Dzięki karłowym pszenicom wyhodowanym przez Borlauga i jego zespół zbiory ziarna w Pakistanie wzrosły w latach 1965–1970 z 4,6 do 8,4 mln ton, a w Indiach z 12,3 do 20 mln ton. Pod względem zapotrzebowania na ziarno Pakistan stał się samowystarczalny w 1968 roku, a Indie w 1974 roku. Właściwe osiągnięcie polegało nie tylko na wyhodowaniu i wprowadzeniu tych pszenic do uprawy (zamiast niskoplonujących roślin, np. soczewicy), ale także do diety w Indiach i Pakistanie, dzięki czemu zlikwidowano niedostatek żywności. Podczas wystąpienia z okazji przyznania Nagrody Nobla Borlaug powiedział, że „... Zielona Rewolucja wygrała wojnę człowieka z głó-

dem”. Ciekawostkę stanowi przyznanie Borlaugowi Pokojowej Nagrody Nobla; fundator nie przewidział nagrody za osiągnięcia z zakresu rolnictwa, chociaż powinien pamiętać tragiczne skutki klęski głodu w latach 1845–1855, kiedy to w Irlandii około 1 miliona ludzi zmarło, a 1,5 miliona wyemigrowało wskutek zniszczenia zbiorów ziemniaka przez *Phytophthora infestans*. Nieco ponad 100 lat później o osiągnięciach hodowlanych Borlauga mówiło się, że żaden inny człowiek w historii nie uratował tylu ludzi od śmierci głodowej.

W roku 1985 ponad 70-letni Borlaug podjął się nowego wyzwania związanego z wyżywieniem głodujących ludzi w państwach gospodarczo zacofanych. W ramach Fundacji Sasakawa-Global 2000, wspólnie z japońskim milionerem Ryoi-chi Sasakawa i byłym prezydentem USA J. Carterem podjął się wprowadzenia Zielonej Rewolucji w ponad 10 krajach Afryki, m.in. w Beninie, Etiopii, Ganie, Nigerii, Sudanie, Tanzanii i Togo. Zadanie to okazało się jednak znacznie trudniejsze i bardziej złożone od poprzedniego, dotyczyło bowiem państw biedniejszych i o niższej kulturze rolnej – roczna produkcja zbóż na osobę wynosi w Afryce 140 kg (400 g na dzień), a w USA i Kanadzie 1167 kg (tab. 1). Wkrótce osiągnięto pierwsze sukcesy zwiększając plony kukurydzy, pszenicy, sorgo i kasawy. Ze względu na wprowadzanie chemizacji i sztucznego nawadniania działalność ta wywołała sprzeciw ugrupowań obawiających się klęski ekologicznej w Afryce. Pojawił się więc dramatyczny konflikt między działaniami zmierzającymi do likwidacji głodu a problemem ochrony środowiska. Zdaniem Borlauga nie może mieć wątpliwości ten, kto żył wśród głodujących ludzi. Przewiduje się, że w drugiej połowie XXI wieku kulę ziemską zamieszkiwać będzie około 10 mld ludzi i dla zapewnienia dostatniego wyżywienia tak dużej populacji produkcja żywności powinna wzrosnąć o 430% w stosunku do obecnego poziomu. Wydaje się, że leży to w granicach możliwości dzisiejszych technologii, ale „... niezbędna jest nieustająca Zielona Rewolucja” [BORLAUG 2000a, 2000b].

Tabela 1; Table 1

Produkcja zbóż w 2001 roku (FAOSTAT)
Production of the cereals in 2001 (FAOSTAT)

Region/kraj Region/country	Liczba ludności Population (mln; million)	Produkcja zbóż (mln t) Cereal production (million t)	Produkcja zbóż na osobę (kg) Cereal production per person (kg)	Średni plon zbóż (t·ha ⁻¹); Mean ce- real yield (t·ha ⁻¹)
Świat; World	6 134	2 086	340	3,10
Afryka; Africa	812	116	143	1,25
UE (15); EU (15)	377	202	536	5,47
Niemcy; Germany	82	50	609	7,08
Francja; France	59	60	1016	6,75
USA + Kanada North America Developed	317	370	1167	5,02

Jakie zatem powinny być najważniejsze kierunki dla radykalnego zwiększenia światowej produkcji żywności? Autor Zielonej Rewolucji wymienia przede wszystkim:

- wykorzystanie rezerwowych obszarów uprawy istniejących np. w państwach byłego ZSRR lub Brazylii. Są to setki milionów hektarów gleb o niekorzystnej koncentracji niektórych składników (np. region Cerrado w Brazylii, zajmujący około 200 mln ha, ma głównie gleby kwaśne z niską zawartością substancji organicznych, a wysoką koncentracją żelaza i aluminium) lub gleb wyjątkowo żyznych, ale nieumiejętnie użytkowanych (np. Ukraina),
- kontynuowanie Zielonej Rewolucji w Afryce,
- hodowlę nowych odmian, w tym mieszańcowych, o zmienionej architekturze i przystosowanych do skrajnych warunków środowiska (patrz wyżej), przy lepszym wykorzystaniu zasobów genowych i zastosowaniu biotechnologii. Borlaug uważa, że „Światowy problem wyżywienia nie zostanie rozwiązany bez udziału nowych technologii” – od nawożenia mineralnego, nawadniania i chemicznego zwalczania chorób i szkodników do uprawy odmian zmodyfikowanych [BORLAUG 2000a, 2000b]. Dotychczas, spośród odmian transgenicznych, największe korzyści dały: (1) odmiany bawełny, kukurydzy i ziemniaka z genami *Bacillus thuringiensis*, kontrolującymi odporność na owady; (2) odmiany bawełny, kukurydzy, rzepaku, soi, buraka cukrowego i pszenicy tolerancyjne na herbicydy; (3) odmiany zbóż ze zwiększoną tolerancją na zasadowy odczyn gleby i zanieczyszczenie metalami (aluminium, żelazo).

Transformacje roślin – wobec ograniczeń klasycznych metod hodowli mogą odegrać znaczącą rolę w dalszym zwiększaniu światowej produkcji żywności, gdyby umożliwiły: (1) przeniesienie odporności na rdzę z ryżu do innych zbóż; (2) zwiększenie tolerancji na stresy abiotyczne (szczególnie dla obszarów nawadnianych); (3) lepsze wykorzystanie nawozów (np. pszenica ze zwiększoną zawartością dehydrogenazy Glu plonuje wyżej o 29%); (4) uzyskanie odmian ziemniaka i ryżu odpornych na wirusy; (5) ulepszenie jakości ziarna, np. zwiększenie zawartości witaminy A i żelaza u ryżu miałyby duże znaczenie dla milionów ludzi ze ślepotą i anemią.

Znaczenie hodowli dla rozwiązania światowego problemu wyżywienia zapewnia jej szczególne miejsce w nauce i praktycznej działalności człowieka.

Poszerzenie zmienności naturalnej a problemy filozoficzno-etyczne

Ulepszanie form uprawnych można rozpatrywać jako ewolucję kierowaną przez człowieka. W naturze głównymi czynnikami ewolucji są: dobór naturalny, mutacje, rekombinacje i selekcja. W hodowli rekombinacje i mutacje indukowane są podstawowym źródłem zmienności wykorzystywanym w procesie ulepszania odmian, a dobór jest sterowany przez specjalistów i ukierunkowany na podstawie znajomości wymagań społeczeństwa oraz właściwości biologicznych i genetycznych roślin. Hodowla roślin jest manipulowaniem w Naturze, wprawdzie tylko w wydzielonej jej części, należy jednak pamiętać, że „Pochopne decyzje zmian funkcji organizmów, wynikające z chęci ulepszenia mogą okazać się nieprzemysłane, przynosząc przez to nieobliczalne skutki. Hodowla może często prowadzić do

pogarszania tych właściwości roślin, których nabyły one w ciągu długiego, spontanicznego doskonalenia się” [RUEBENBAUER 1980].

Zamykająca się w hodowli synteza wykorzystania wielu dziedzin nauki dla rozwiązania światowego problemu wyżywienia stawia ulepszanie roślin w rzędzie najważniejszych potrzeb człowieka. Powinna to być jednak działalność zrównoważona, zgodna z prawami przyrody. Takie podejście do procesu ulepszania roślin jest filozofią wykorzystania przyrody dla dobra człowieka. Hodowla dając społeczeństwu coraz plenniejsze i bardziej wartościowe pod względem jakościowym odmiany roślin rolniczych, warzywnych i sadowniczych przyczynia się do zaspokajania potrzeb żywieniowych człowieka. Ulepszanie roślin ozdobnych z kolei zaspokaja potrzeby estetyczne, uzewnętrzniane szczególnie silnie w krajach bogatych. W państwach zamożnych hodowla wychodzi więc naprzeciw epikurejskiemu dążeniu ludzi do życia w luksusie, w krajach biednych dopomaga w osiągnięciu „luksusu” zaspokojenia głodu.

Korzystając z najnowszych osiągnięć nauki w poszukiwaniu nowych, bardziej wydajnych metod selekcji hodowcy powinni być umiarkowanymi sceptykami. Konieczny jest krytyczny stosunek do tzw. utylitarnej wartości wyników badań naukowych. Podejmując decyzję o wdrożeniu nowych metod czy technologii, często bardzo kosztownych, należy wykazać pewną dozę sceptycyzmu w ocenie ich przydatności i efektywności dla programów hodowlanych. Współcześni hodowcy zmuszeni są do pragmatycznego podejścia do procesu ulepszania odmian: akceptacji tylko koncepcji użytecznych, dających się wykorzystać w praktyce i przynoszących w określonych warunkach wymierne finansowo zyski.

Pomimo zaangażowania najnowszych osiągnięć wielu dyscyplin naukowych, dużych pieniędzy i zespołów, sukces w hodowli w dalszym ciągu uzależniony jest w dużej mierze od „szczęścia” (tutaj: zespołu czynników niezależnych od człowieka, pozwalających na poprawienie Natury). Ulepszanie Natury i dążenie do zwiększonego wytwarzania żywności w połączeniu z zyskiem należą do najważniejszych obszarów zainteresowań współczesnego człowieka i w konsekwencji mogą budzić dylematy natury etyczno-moralnej. Nie są to problemy na miarę klonowania człowieka, jednak mogą wywoływać poważne wątpliwości co do wybranych kierunków, stosowanych metod i samego sensu działania.

Zawód hodowcy kształtował się w atmosferze dużego znaczenia produkcji roślinnej dla wyżywienia stale wzrastającej liczby ludności. Przewiduje się, że w 2050 roku populacja ludzi wzrośnie o około 3 mld, przy czym 90% tego wzrostu będzie miało miejsce w krajach III świata. Jednocześnie od lat 60. XX wieku, w wyniku uprzemysłowienia i intensyfikacji rolnictwa w krajach rozwiniętych powstała trudna do wykorzystania nadprodukcja żywności. Dodatkowo w Unii Europejskiej żywność ta okazała się droższa niż w państwach wielkoobszarowych (USA, Kanada, Australia), a koszty transportu uniemożliwiają jej charytatywną dystrybucję. Może to budzić pytanie o celowość dalszego ulepszania odmian. **Jak widać – przynajmniej w Europie – hodowca stał się ofiarą własnego sukcesu.**

Wątpliwości mogą się rodzić także z faktu, iż hodowla w swych podstawach jest ingerowaniem w zmienność naturalną, szczególnie wobec coraz większych możliwości, jakie daje nauka. W procesie powstawania odmian uprawnych wykorzystywana jest głównie zmienność rekombinacyjna, uzyskiwana w wyniku krzyżowania różnych form/odmian w obrębie danego gatunku, gdyż krzyżowania międzygatunkowe czy międzyrodzajowe rzadko kończą się sukcesem. Natura broniąc

zachowania odrębności gatunków wytworzyła bowiem szereg barier krzyżowalności, zarówno pre-, jak postzygotycznych. Dzięki nim występuje zmienność „skokowa”, nadająca życiu na Ziemi znany wszystkim charakter. Trudno sobie wyobrazić, czym byłoby życie, gdyby przepływ genów między organizmami był zupełnie swobodny. Znane są jednak wyjątki w postaci wytworzonych przez Naturę mieszańców. Na przykład pszenica ma genom złożony z *Triticum monococcum*, *Aegilops speltoides* i *Triticum tauschii*, a rzepak z *Brassica campestris* i *B. oleracea*. Niekiedy hodowcy wykorzystują słabsze ogniwa izolacji starając się połączyć korzystne cechy różnych gatunków. Przykładem mogą być uzyskane w wyniku hodowli zarówno mieszańce międzygatunkowe, jak i międzyrodzajowe, jednak niezbyt odległe taksonomicznie (triticale, festulium, raphanobrassica, azaliodendron, *Lupinus hispanico-luteus*). Podobnie mutacje indukowane wykraczają poza zakres zmienności wytworzonej w Naturze. Na mieszańce bardziej odległe, międzyklasowe, jak na przykład rośliny jednoliścienne wiążące azot atmosferyczny, Natura jak dotychczas nie wyraziła zgody.

Wątpliwości moralne pojawiły się w ostatnich latach w związku z możliwością wprowadzenia do odmian uprawnych genów spoza świata roślin. Tu, zarówno na różnych etapach procesu transformacji roślin, jak i później w uprawie obserwuje się tzw. wyciszanie transgenów [FLAVELL i in. 1995]. Może to być wynikiem niedoskonałości stosowanych metod, ale być może jesteśmy świadkami ujawnienia się jeszcze jednej bariery zapobiegającej przepływowi genów między organizmami, a tym samym wzrostowi entropii genetycznej – bariery na poziomie molekularnym. Wprowadzenie do uprawy odmian transgenicznnych może – w przypadku gatunków obcopylnych – spowodować „ucieczkę” transgenów, obcych wcześniej w świecie roślin, do spokrewnionych gatunków dziko rosnących. W takim przypadku hodowla przestanie być manipulowaniem tylko w wydzielonej części Natury. Może to spowodować zmiany, których zakres i konsekwencje są trudne do przewidzenia.

W hodowli komercyjnej pojawiają się problemy etyczne o podłożu ekonomicznym:

1. Naturalną rzeczą jest konkurencja między firmami, dążącymi do maksymalnego zysku. Zysk ten uzależniony jest od gromadzenia opłat hodowlanych. Wymaga to jednak lojalności konkurujących firm w produkcji i rozprowadzaniu kwalifikowanych nasion. Że osiągnięcie znaku równości „royalty = loyality” nie jest proste, świadczy niemożność stworzenia w Polsce sprawnego systemu gromadzenia opłat przez ponad 10 lat od wprowadzenia gospodarki rynkowej.
2. Spory wynikające z chęci zysku powstają na styku prawodawstwa regulującego patentowanie transgenów i ochronę praw do odmian. Jaka część własności przysługuje autorowi transgenu (stwarza unikalność kreacji i korzyści niemożliwe do osiągnięcia klasycznymi metodami), a jaka właścicielowi odmiany (zrównoważona, wysoko produktywna kombinacja 20–30 tys. genów stanowiących podłoże dla ekspresji transgenu)?
3. Coraz częstsze stosowanie w hodowli kosztownych metod genetyki molekularnej stawia poza nawiasem beneficjentów państwa biedne, które często,

jako rejon pochodzenia gatunków, są dawcami naturalnej zmienności zasobów genowych.

4. W warunkach oczywistego dążenia do zysku może pojawić się konieczność pokrycia kosztów hodowli roślin „nieekonomicznych”, jednak o dużym znaczeniu społecznym, jak np. rośliny farmaceutyczne. Czy koszty hodowli takich gatunków powinno ponosić państwo, użytkownik, czy też firma hodowlana?

Podsumowując powyższe rozważania należy stwierdzić, że hodowla jest fascynującą dziedziną nauki i ważną społecznie działalnością produkcyjną. To właśnie hodowla odgrywa zasadniczą rolę w rozwiązaniu problemu likwidacji głodu w państwach biednych i zaspokojeniu potrzeb wyżywienia przyszłych pokoleń. Jednak dążenie do sukcesu w ulepszaniu Natury za wszelką cenę może wywoływać skutek niepożądany, a przynajmniej budzić etyczno-moralne wątpliwości. Zatem **metody hodowli umożliwiające przenoszenie genów i poszerzające zmienność gatunków powinny być stosowane w poszanowaniu praw i mądrości przyrody.** Tak w badaniach naukowych, jak i hodowli stosowanej, autorzy sugerują uwzględnianie parafrazy olimpijskiego zawołania *Plenius, melius, celerius – modo prudenter.* Należy tworzyć odmiany plenniejsze, lepsze jakościowo, w krótszym czasie – ale roztropnie.

Literatura

- ALLARD R.W. 1960. *Podstawy hodowli roślin.* PWRiL, Warszawa: 494 ss.
- BLIXT S. 1979. *Breeding towards an ideotype – animing at a moving target?*, w: *Plant breeding: A contemporary basis.* Vose P.B., Blixt S. (wyd.), Pergamon Press, London: 414–426.
- BORLAUG N. 2000a. *The green revolution revisited and the road ahead.* Special 30th Anniversary Lecture. The Norwegian Nobel Institute, Oslo <<http://www.nobel.se/tac/articles/borlaug/>>.
- BORLAUG N. 2000b. *Ending world hunger. The promise of biotechnology and threat of antiscience zealotry.* *Plant Physiol.* 124: 487–490.
- FLAVELL R.B., METZLAFF M., O`DELL M., DALE P.J. 1995. *Instability of transgenes in plants and its implications for plant breeding*, w: *Induced mutations and molecular techniques for crop improvement.* IAEA, Vienna: 13–22.
- GAWŁOWSKA M., ŚWIĘCICKI W.K., WOŁKO B. 2001. *Odmiany roślin transgenicznych – wprowadzenie do uprawy i wykorzystanie.* *Post. Nauk Rol.* 2: 3–18.
- KOROHODA J. 1981. *Rodowody polskich hodowców roślin na tle rozwoju hodowli roślin w Polsce.* *Hodowla Roślin* 5/6: 64 ss.
- KOZICKI S. 1895. *Rozwój nauki rolnictwa w XIX wieku*, w: *Encyklopedia rolnicza.* T. IV. Wyd. Muzeum Przemysłu i Rolnictwa, Warszawa: 541–560.
- REIMANN-PHILIPP R. 1976. *Breeding of F_1 -hybrids in flowers*, w: *Heterosis in Plant Breeding.* Proc. VIIth Congress of EUCARPIA. Budapest, A. Janossy and F.G.H. Lupton (wyd.): 135–146.

- RUEBENBAUER T. 1980. *Hodowla roślin, jej przyszłość i perspektywy*. PAN w Krakowie. Nauka Dla Wszystkich 320: 20 ss.
- SEMPOŁOWSKI A. 1895. *Hodowla i uszlachetnianie roślin gospodarskich*, w: *Encyklopedia rolnicza*. T. IV. Wyd. Muzeum Przemysłu i Rolnictwa, Warszawa: 173–221.
- ŚWIĘCICKI W. (red.) 1998. *Kto jest kim w polskiej hodowli roślin*. IHAR/ZTORU, Radzików: 96 ss.
- WENZEL G., FREI V., LÜBBERSTEDT T., MOHLER V., THÜMMLER F. 2001. *Plant breeding at the onset of the 3rd millenium*. Pl. Breed. Seed Sci., 45 Supplement: 17–31.
- YOUNG N.D., DENNY R.L., CONCIBIDO V.C., LANGE D.A., ORF J.H. 1995. *Marker assisted breeding in practice: RFLPs and soyabean cyst nematode resistance*, w: *Induced mutations and molecular techniques for crop improvement*. IAEA, Vienna: 245–256.

Słowa kluczowe: agronomia, filozofia przyrody, hodowla roślin, genetyka, nauki biologiczne, transfer genów, zielona rewolucja

Streszczenie

W artykule przedstawiono rozwój hodowli roślin na tle i w powiązaniu z osiągnięciami innych dziedzin i specjalności naukowych. Wskazano szczególnie na związki hodowli z agronomią, biologią i genetyką. Podkreślono jej rolę w rozwiązywaniu problemu wyżywienia ciągle wzrastającej liczby ludności. Zwrócono uwagę na dylematy filozoficzno-etyczne współczesnych hodowców, pojawiające się w wyniku nadprodukcji żywności w krajach wysoko rozwiniętych oraz możliwości, jakie niosą ze sobą najnowsze osiągnięcia genetyki. Rozważania te upoważniły autorów do sformułowania stwierdzenia, że metody hodowli umożliwiające przenoszenie genów i poszerzające naturalną zmienność gatunków powinny być stosowane w poszanowaniu praw i mądrości przyrody.

PLANT BREEDING – A DOMAIN OF AGRONOMY OR A PHILOSOPHY OF NATURE

Wojciech K. Świącicki, Maria Surma
Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences, Poznań

Key words: agronomy, philosophy of nature, plant breeding, biological sciences, gene transfer, genetics, green revolution

Summary

The development of plant breeding was presented with respect to the achievements in other fields of scientific research. Special attention was paid to

the relations between breeding and agronomy, biology and genetics. Its role in feeding of continuously increasing human population was emphasised. The paper discussed also some philosophic and ethic dilemmas of contemporary breeders appearing as a result of food overproduction in developed countries and the possibilities created by the latest achievements in genetics. These considerations enable us to conclude that the breeding methods, transferring genes and enhancing natural variation of species should be used with respect for laws and wisdom of the Nature.

Prof. dr hab. Wojciech Świącicki
Instytut Genetyki Roślin PAN
ul. Strzeszyńska 34
60-479 POZNAŃ