

STANISŁAW MUSZYŃSKI
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

TENDENCJE PRZEMIAN W METODACH HODOWLI ROŚLIN

Wstęp

Ewolucję metod hodowli roślin prześledzić można w rozwoju historycznym, natomiast kierunki rozwoju tych metod w przyszłości można częściowo przewidzieć na podstawie zadań współczesnej hodowli roślin.

Biorąc pod uwagę zjawiska genetyczne, wykorzystywane w poszczególnych metodach, stosowane obecnie metody hodowli roślin można sklasyfikować następująco:

Introdukcja.

Selekcja materiałów już istniejących.

Selekcja materiałów uzyskanych w wyniku krzyżowania.

Uzyskiwanie mieszańców heterozyjnych.

Uzyskiwanie poliploidów.

Indukowanie mutacji.

Introdukcja

Pojęciu temu odpowiada stosowane w naszym kraju określenie „aklimatyzacja” roślin. Odegrała ona ważną rolę w powstaniu roślin uprawnych oraz w ich rozprzestrzenieniu.

Introdukcja polega na wprowadzeniu do uprawy w danym rejonie nowych roślin uprawnych, nowych odmian roślin już uprawianych albo nowych cech u tych roślin.

W ujęciu nowoczesnym, zadaniem introdukcji jest zachowanie i uchronienie od zaginięcia obecnego stanu plazmy zarodkowej. Postęp w rolnictwie powoduje bowiem daleko idącą specjalizację, a tym samym ograniczenie zarówno liczby gatunków uprawianych, jak i odmian.

Selekcja materiałów już istniejących

Polega ona na wyborze osobników najlepszych do dalszego rozmnażania. Stosowana od chwili udomowienia roślin, jakie miało miejsce około 9000—11000 lat temu. Udomowienie roślin określane jest często jako „rewolucja neolityczna”. Jej znaczenie może być porównane do rewolucji

przemysłowej oraz do współczesnej „zielonej rewolucji”. W wyniku powstały pierwsze skupiska ludności osiadłej.

Spośród ogólnej liczby około 250 000 gatunków roślin, człowiek wykrzystał jedynie około 3000, a z tego tylko 150 gatunków ma większe znaczenie w uprawie. Pierwszymi roślinami udomowionymi były zboża, następnie motylkowe i warzywa oraz włókniste, w dalszej kolejności korzeniowe, oleiste i owocowe, a na końcu ozdobne i zielarskie. W okresie historycznym, a więc począwszy od około roku 3000 p.n.e., udomowiono niewielką liczbę roślin (owies, żyto, pastewne i niektóre inne, jak drzewo kauczukowe i słonecznik).

Pierwsze wiadomości pisemne o selekcji pochodzą od Pliniusza i Wergiliusza. Dopiero jednak w wieku XIX dokonano bardziej szczegółowych badań tej metody oraz uzyskiwanych wyników. Jako pierwsi stosowali selekcję Le Couter oraz Shireff w początkach wieku XIX. W połowie tego wieku zastosował selekcję na szerszą skalę de Vilmorin. Uzyskał on wyniki dodatnie u buraków cukrowych i ujemne u pszenicy.

Podstawy teoretyczne selekcji opracował Johannsen w latach 1903—1909. Stwierdził on, że odmiany roślin samopylnych stanowią mieszaninę form genetycznie jednolitych, homozygotycznych. Selekcja w obrębie odmiany jest więc skuteczna tak długo, jak długo odmiana ta składa się z form różnych pod względem genetycznym. Natomiast selekcja w obrębie form jednolitych genetycznie, które nazwał liniami czystymi, nie jest skuteczna. Zmienność, jaka może istnieć w obrębie linii czystej, jest bowiem wynikiem działania czynników innych niż genetyczne, najczęściej czynników środowiska, nie jest więc dziedziczna.

Dzięki zastosowaniu selekcji, uzyskano wiele cennych odmian, wyselekcjonowanych z odmian miejscowych, które nie miały większej wartości praktycznej, ale które wykazywały zmienność genetyczną. Dobrym przykładem sukcesu hodowlanego przez zastosowanie selekcji masowej jest uzyskanie nowych odmian łubinu przez Sengbuscha w latach międzywojennych.

Obecnie stosowanie selekcji w stosunku do odmian intensywnych nie daje wyraźnego postępu. Selekcję stosuje się jeszcze w hodowli zachowawczej, celem utrzymania w czystości odmian już istniejących.

Ograniczoność możliwości selekcji wynika z faktu, że oddziałuje ona na zmienność już istniejącą, nie stwarzając nowej zmienności. Dlatego też stosunkowo szybko uzupełniono tę metodę przez wprowadzenie krzyżowania, a więc przez dostarczenie nowego materiału genetycznego, czyli stworzenie zmienności genetycznej.

Podstawą selekcji roślin samopylnych jest wybór osobników wartościowych oraz ocena wartości ich potomstwa. Celem selekcji jest wyizolowanie genotypów wartościowych, które po rozmnożeniu staną się nowymi

odmianami. Tak np. początkowe sukcesy w selekcji owsa po wprowadzeniu go do uprawy w USA polegały na wyizolowaniu typów lepiej przystosowanych do danych warunków. Nastąpiło to w latach 1906—1915. W latach następnych nie uzyskano zwiększenia plonów, ponieważ wyczerpano zmienność genetyczną, jaka istniała w wprowadzonych do uprawy odmianach mało ulepszonych. Podobnie przebiegała selekcja w kierunku większej odporności na rdzę. Nowa odmiana, odporna na panującą w danym okresie i rejonie rasę rdzy, ulegała szybkiemu rozprzestrzenieniu. Jednocześnie odmiana taka stanowiła czynnik selekcyjny w odniesieniu do rdzy, umożliwiając przeżycie ras wirulentnych, jakie pojawiają się zawsze w wyniku mutacji. Z tego powodu średni czas uprawy nowej odmiany owsa wynosił około pięciu lat.

Trudność ta została przezwyciężona przez wprowadzenie do uprawy mieszaniny linii, posiadających odporność na poszczególne rasy rdzy, jak to zaproponowali Jensen w roku 1952 i Borlaug w roku 1957.

W związku z tym trzeba pamiętać, że selekcja naturalna spowoduje zmiany udziału poszczególnych linii w takiej mieszaninie. W wyniku dokładnych badań Suneson stwierdził, że w poszczególnych miejscowościach jedne odmiany zanikały w ogóle z mieszaniny odmian, a drugie uzyskiwały wyraźną przewagę liczebną, przy tym w innych miejscowościach sytuacja mogła być nawet odwrotna.

Selekcja roślin obcopylnych różni się zasadniczo od selekcji roślin samopylnych. Potomstwo jednej, wybranej rośliny samopylnej stanowi linię czystą i po dalszym rozmnożeniu staje się odmianą. Natomiast potomstwo jednej rośliny obcopylnej nie jest jednolite i nie może dać początku nowej odmianie. Ograniczenie liczebności populacji powoduje w dodatku obniżenie żywotności, a tym samym plenności.

Selekcja roślin odcopylnych — to przede wszystkim selekcja masowa. Polega ona na wysianiu łącznym nasion zebranych z osobników wybranych. Celem jest zwiększenie udziału genotypów wartościowych w populacji tworzonej. Skuteczność zależy od liczby genów warunkujących cechę selekcyjonowaną oraz od odziedziczalności tej cechy. Trzeba bowiem pamiętać, że wybór roślin dokonywany jest jedynie na podstawie oceny osobnika matecznego, ponieważ partner ojcowski nie jest znany. Dlatego selekcja masowa zapewnia powodzenie przy ulepszaniu cech łatwych do oceny, jak np. wygląd, morfologia roślin, czas dojrzewania itp.

Selekcja masowa nie była skuteczna przy ulepszaniu takiej cechy, jak plenność.

Na przykładzie kukurydzy prześledzić można skuteczność selekcji masowej przy ulepszaniu takich cech, jak barwa ziarniaków, wysokość roślin, wielkość kolb i miejsce ich zawiązywania na pędzie, pora dojrzewania oraz zawartość białka i tłuszczu. Nie uzyskano natomiast zwiększenia

plenności, a więc cechy bardziej złożonej. W tym ostatnim przypadku uwidoczni się niedoskonałość selekcji:

a) w przypadku cech złożonych nie jest możliwa identyfikacja genotypów wartościowych, ponieważ obserwuje się małą liczbę roślin;

b) zapylenie swobodne powoduje, że rośliny wybrane ulegają zapyleniu również pyłkiem roślin mniej wartościowych;

c) zmniejszenie liczebności populacji przejawia się depresją wsobną.

Celem wyeliminowania ujemnego wpływu wymienionych czynników opracowano nowe wersje selekcji masowej, a mianowicie metodę selekcji według potomstwa, selekcji rodowej oraz selekcji cyklicznej.

Selekcja według potomstwa polega na obserwacji potomstwa wybranych roślin, przy tym potomstwo to może być uzyskane poprzez zapylenie wsobne lub kontrolowane. Nowością jest dokonywanie wyboru roślin nie tylko na podstawie wyglądu fenotypowego, lecz także wartości ich potomstwa.

Metoda rodowa polega na łączeniu najlepszych rodów, uzyskanych w wyniku selekcji, z zastosowaniem oceny potomstwa. Przy dostatecznie dużej liczbie rodów unika się ujemnego wpływu depresji wsobnej.

Najskuteczniejszą wersją selekcji jest selekcja cykliczna. Polega ona jednak na zastosowaniu krzyżowania i dlatego zostanie omówiona dalej.

Przykładami osiągnięć selekcji masowej u roślin obcopylnych są liczne wartościowe odmiany kukurydzy, koniczyny czerwonej czy buraków cukrowych.

Nieskuteczność selekcji masowej w hodowli kukurydzy stwierdzono już w latach 1910—1920. Ostatnio jednak zagadnienie skuteczności tej metody w hodowli kukurydzy badane jest ponownie. Gardner opublikował w roku 1961 wyniki selekcji kukurydzy. W ciągu czterech lat uzyskał on zwiększenie plonu o 23%. Szczególną uwagę zwrócił na następujące czynniki: a) wyeliminowanie dopływu obcego materiału genetycznego dzięki starannej izolacji przestrzennej; b) takie przeprowadzenie zbiorów z poletek doświadczalnych, które zapewniło minimalizację błędów; c) pozostawienie dostatecznie dużych rezerw nasiennych, umożliwiających kontrolę skuteczności selekcji. Zastosowano przy tym 10% różnicowy wskaźnik selekcji.

Selekcja materiałów uzyskanych w wyniku krzyżowania

Krzyżowanie w obrębie jednego gatunku

Krzyżowanie w obrębie jednego gatunku polega na wprowadzeniu nowego materiału genetycznego poprzez krzyżowanie materiałów posiada-

nych z formami o cechach pożądanym. Mieszańce mogą być poddane wszystkim wersjom selekcji, łącznie z selekcją cykliczną.

Specyficznym rodzajem krzyżowania jest krzyżowanie wsteczne, stosowane najczęściej przy przenoszeniu takich cech prostych jak sterylność męska lub odporność.

Selekcja cykliczna polega na krzyżowaniu wybranych genotypów we wszystkich możliwych kierunkach. Celem jest umożliwienie powstania nowych wartościowych kombinacji genów, rozproszonych w materiale krzyżowanym. Została opracowana i zastosowana w latach czterdziestych naszego wieku w hodowli kukurydzy. Aczkolwiek pierwsze sugestie przedstawili już Hayes i Garber w roku 1919 oraz East i Jones w roku 1920, to jednak opracowanie praktyczne dokonane zostało znacznie później przez Jenkinsa w roku 1940 i Hulla w latach 1945 i 1952.

Przebieg selekcji cyklicznej jest następujący: a) wybór roślin najlepszych z heterozygotycznej populacji wyjściowej; b) odrzucenie roślin mniej wartościowych; c) samozapylenie roślin wybranych i wysiew łączny nasion; d) krzyżowanie najlepszych potomstw we wszystkich możliwych kombinacjach; e) selekcja w obrębie uzyskanej populacji heterozygotycznej.

Wymienione etapy stanowią jeden cykl, po którym można prowadzić cykle następne aż do wyczerpania zmienności genetycznej cech selekcyjowanych.

Nowością selekcji cyklicznej jest to, że granicą możliwości ulepszania odmiany nie jest genotyp jednej rośliny wybranej, albo też niewielkiej grupy roślin wybranych, ale najkorzystniejsza kombinacja genów danej grupy roślin wybranych.

Opracowano już pewne warianty selekcji cyklicznej. Jest to: a) selekcja cykliczna zwykła; b) na ogólną wartość kombinacyjną; c) na swoistą wartość kombinacyjną; d) wzajemna.

Selekcja cykliczna znalazła zastosowanie w hodowli wielu roślin obcopolnych, a ostatnio nawet czynione są próby zastosowania tej metody u roślin samopolnych.

K r z y ż o w a n i e r ó ż n y c h g a t u n k ó w

Krzyżowanie różnych gatunków nie jest łatwe, ponieważ sama definicja gatunku zakłada istnienie barier izolacyjnych, uniemożliwiających krzyżowanie gatunków, co zapewnia ich stałość.

Odkrycie zjawiska płciowości roślin przez Camerariusza spowodowało pierwsze próby krzyżowania różnych gatunków roślin. Pierwsze takie krzyżowanie opisane zostało przez Fairchilda w roku 1717. Skrzyżował on

ze sobą goździk ogrodowy z goździkiem brodatym. Od tego czasu uzyskano liczne mieszańce międzygatunkowe, a nawet międzyrodzajowe.

Krzyżowanie międzygatunkowe odegrało dużą rolę w ewolucji roślin uprawnych, największą u roślin ozdobnych. Wiele odmian najbardziej rozpowszechnionych roślin ozdobnych jak róże, tulipany, mieczyki i storczyki są mieszańcami, nierzadko bardzo skomplikowanymi. Nieco mniejszą rolę odegrało krzyżowanie międzygatunkowe u roślin sadowniczych, a następnie pastewnych, niewielką — u roślin zbożowych, a najmniejszą — u roślin warzywnych. Wiele gatunków warzyw, jak np. marchew, seler, sałata, fasola, pomidor, burak, szparag, pochodzi od pojedynczych gatunków.

Według Stebbinsa, krzyżowanie międzygatunkowe odgrywa większą rolę u roślin rozmnażających się wegetatywnie, aniżeli u roślin rozmnażanych generatywnie, jak również ma większe znaczenie u roślin, u których ważniejsza jest plenność aniżeli cechy jakościowe.

Bariery chroniące gatunki przed krzyżowaniem się polegają na następujących mechanizmach:

- a) pyłek nie osiąga znamienia w kwiecie roślin drugiego gatunku;
- b) pyłek nie kielkuje, albo łagiewka pyłkowa nie przerasta znamienia i nie dochodzi do zapłodnienia;
- c) zygota nie rozwija się w zarodek i nasienie, albo nasienie nie rozwija się w roślinę;
- d) niepłodność mieszańców F_1 .

Istnieje szereg sposobów pokonywania barier niezgodności. W tym celu stosuje się:

1) krzyżowanie różnych odmian obu gatunków, ponieważ jedne odmiany łatwiej tworzą mieszańce międzygatunkowe niż inne, np. *Crepis tectorum* × *C. capillaris*;

2) wykonywanie krzyżowań przeciwnych, ponieważ zaobserwowano istnienie różnic w wynikach takich krzyżowań, np. przy krzyżowaniu gatunków *Lycopersicon* z podrodzaju *Eulycopersicon* i *Eriopersicon*;

3) zapylenie w różnych fazach rozwoju słupka i znamienia, np. u kapusty;

4) skrócenie długości słupka, np. przy krzyżowaniu *Tripsacum* i *Zea*;

5) usunięcie znamienia przed zapyleniem i zastąpienie go kawałkiem agaru, zmieszanego z cukrem i żelatyną; np. przy krzyżowaniu różnych gatunków ziemniaków;

6) zastosowanie substancji wzrostowych, np. kwasu beta-naftoksyoctowego na zalążnie gruszy albo znamiona lilii, jak też kwasu gibberelowego na kłoski jęczmienia przy krzyżowaniu z żytem;

7) szczepienie formy matecznej na ojcowskiej; sposób często stosowany;

- 8) zwiększenie liczby chromosomów u form rodzicielskich; również często stosowane;
- 9) stosowanie mieszaniny pyłku; często stosowane;
- 10) kultury zarodkowe, np. u *Prunus*, *Solanum*, *Lilium*;
- 11) działanie promieniami jonizującymi na organy generatywne, np. u niektórych traw;
- 12) podwajanie liczby chromosomów u mieszańców (uzyskiwanie amfiploidów);
- 13) przenoszenie tylko fragmentu chromosomu z jednego genomu do drugiego; zapoczątkowane przez Searsa w roku 1956 przeniesieniem fragmentu chromosomu z *Aegilops* do *Triticum*.

Przykładem ciekawszych wyników są uzyskane przez Cycyna w latach ostatnich nowe formy pszenicy, a mianowicie: *Triticum agropyrotriticum* ssp. *perenne*, *T. aestivum* var. *alboramosum*, var. *rubroramosum*, var. *rubromultispicatum*, var. *albomultispicatum*, var. *ramosovillosum*, var. *multispicativillosum*). Równie ciekawe są prace wielu innych autorów, np. Bellinsa i Haupa, krzyżujących różne gatunki ziemniaków celem przeniesienia odporności, czy Daskałowa, krzyżującego pomidory uprawne z dzikimi celem zwiększenia zawartości witaminy C.

Uzyskiwanie mieszańców heterozyjnych

Hodowla heterozyjna, opracowana w latach międzywojennych w USA w przypadku kukurydzy, stosowana jest z powodzeniem u wielu innych roślin uprawnych zarówno obcopylnych (kukurydza, cebula, zawieratka), jak i samopylnych (pomidor, a ostatnio intensywne prace z pszenicą).

W praktycznej hodowli heterozyjnej wykorzystuje się następujące mechanizmy genetyczne:

- 1) apomiksja — u *Cynocodon dactylis*;
- 2) zapylenie swobodne lub kontrolowane — u trzciny cukrowej, ziemniaków;
- 3) cytoplazmatyczna sterylność męska bez genów przywracających płodność — u cebuli, buraków cukrowych;
- 4) cytoplazmatyczna sterylność męska z genami przywracającymi płodność — u szparagów, konopi, rącznika;
- 5) sterylność genowa przy wrażliwości na niektóre trucizny (np. DDT) — u jęczmienia;
- 6) usuwanie pylników i zapylenie ręczne — u pomidorów, zawieratki (*Petunia*);
- 7) samoniezgodność — u kapustnych;
- 8) linie czysto żeńskie i czysto męskie — u ogórków.

Godne uwagi jest zapoczątkowane przez Petersona w latach pięćdziesiątych (w USA) stosowanie linii czysto żeńskich i czysto męskich u ogórków. Rozmnażanie linii żeńskich przez nasiona możliwe jest dzięki stosowaniu giberelin (tworzą wtedy kwiaty męskie), a linii męskich dzięki stosowaniu auksyn (tworzą wtedy kwiaty żeńskie).

Dużym postępowaniem w hodowli heterozyjnej było opracowanie uproszczonych metod oceny wartości linii wyjściowych, a mianowicie:

1) ocena ogólnej wartości kombinacyjnej przez krzyżowanie badanych linii z jedną odmianą testową (a więc z formą o szerokiej podstawie genetycznej), opracowane w latach 1927—1939 przez Daviesa (1927), Jenkinsa i Brunsona (1932) oraz Spragua (1939);

2) ocena swoistej wartości kombinacyjnej przez krzyżowanie linii wybranych z linią testową, a więc z formą o wąskiej podstawie genetycznej, opracowana przez Spragua i Tatum w roku 1942;

3) ocena wartości mieszańców podwójnych na podstawie średnich plonów u mieszańców pojedynczych między wzajemnymi partnerami; plon mieszańca podwójnego $(A \times B) \times (C \times D)$ oceniany jest na podstawie plonów mieszańców pojedynczych: $A \times C$, $A \times D$, $B \times C$ i $B \times D$; metoda ta opracowana została przez Andersona w roku 1938.

Dalszym uproszczeniem hodowli heterozyjnej było wprowadzenie odmian syntetycznych, co proponowali już Hayes i Garber w roku 1919, a następnie Jenkins i Sprague w roku 1913.

Metoda ta polega na zsyntetyzowaniu odmiany z wybranych linii, które wykazują wysoką wartość kombinacyjną przy krzyżowaniu ich we wszystkich kierunkach. Linie wybrane krzyżuje się więc ze sobą we wszystkich możliwych kierunkach, a uzyskane potomstwo rozmnaża się przez swobodne zapylanie.

Odmiany syntetyczne stosuje się wszędzie tam, gdzie produkcja mieszańców F_1 nie jest opłacalna z powodu małego obszaru zasiewów oraz na obszarach skrajnych warunków uprawy. Na obszarach tych pożądana jest bowiem większa zmienność genetyczna, warunkująca lepsze przystosowanie do większej zmienności warunków.

Uzyskiwanie poliploidów

Zwielokrotnienie liczby chromosomów powoduje wyraźne skutki genetyczne. Najczęściej obserwowanym przejawem poliploidalności jest zwiększenie rozmiarów zarówno pojedynczych komórek, jak i całych organizmów. Stwierdzono przy tym, że każdy gatunek charakteryzuje się optymalną liczbą chromosomów, przy której jego żywotność jest największa. Nadmierne zwiększanie liczby chromosomów powoduje obniżenie żywotności, a nawet objawy degeneracji. Mechanizm genetyczny, odpowiedzial-

ny za fizjologiczne i morfologiczne skutki poliploidalności, nie został wyjaśniony. Najprawdopodobniej zwielokrotnienie informacji genetycznej zwiększa możliwość współdziałania genów (komplementacja, kumulacja) lub wzajemnego ich zastępowania się.

Najwcześniej poznano poliploidy spontaniczne. W roku 1901 de Vries opisał rasę tetraploidalną u wiesiołka, *Oenothera lamarckiana* var. *gigas*, jednakże charakter tetraploidalny tej rasy stwierdził Lutz w latach 1907—1912, a zależność między jej cechami morfologicznymi i liczbą chromosomów ustalił Gates (1909, 1913). Poliploidy spontaniczne pojawiają się wskutek połączenia gamet o niezredukowanej liczbie chromosomów.

Pierwszą metodą uzyskania poliploidów indukowanych była zastosowana w roku 1916 przez Winklera metoda regeneracyjna. Stwierdził on mianowicie, że ogławianie i zranienie pędów powoduje wytworzenie tkanki kalusowej, w której czasami pojawiają się komórki poliploidalne.

Następną metodą, opisaną przez Michaelisa w roku 1928 i Randolpha w roku 1932, była metoda szoków termicznych. Stwierdzono bowiem, że działanie niskich albo wysokich temperatur, lub skoki temperatury, powodują zahamowanie wytwarzania się wrzeciona kariokinetycznego, a tym samym pojawianie się komórek poliploidalnych. Metoda ta stosowana jest jeszcze obecnie u niektórych zwierząt i roślin.

Powodzenie tej metody zależne jest od szeregu czynników, jak np.:
— od właściwego momentu rozpoczęcia działania temperaturą;
— od dobrania odpowiedniej temperatury;
— od skutecznego czasu działania temperaturą; najbardziej skuteczne jest działanie w momencie powstawania gamet podczas mejozy oraz podczas dzielenia się zapłodnionej komórki jajowej.

Pierwsze odmiany poliploidalne uzyskał w 1923 de Mol u tulipanów metodą szoków termicznych.

Nową epokę w indukowaniu poliploidów stworzyło wykrycie trucizny wrzeciona kariokinetycznego. W roku 1934 Lits wykrył działanie kolchicyny na organizmy zwierzęce, a w roku 1937 Dustin, Havas i Lits oraz Gavaudan i Pompriaskinsky-Kabozieff stwierdzili skutki działania kolchicyny na organizmy roślinne. Praktyczne jednakże zastosowanie kolchicyny celem indukowania mutacji genomowych zawdzięczamy innym badaczom (1937: Blakeslee i Avery, oraz Nebel). Łatwość stosowania kolchicyny oraz duża skuteczność spowodowały szerokie rozpowszechnienie się tej metody indukowania poliploidów. Początkowo sądzono, że poliploidalność znajdzie szerokie zastosowanie w hodowli roślin, jednakże nadzieje te nie spełniły się.

W roku 1954 Tischler wyliczył 451 gatunków, u których uzyskano poliploidy. Wśród nich było 139 gatunków roślin ozdobnych.

W chwili obecnej indukowane odmiany poliploidalne mają większe znaczenie praktyczne u roślin ozdobnych, natomiast u innych roślin uprawnych jedynie w nielicznych przypadkach.

W roku 1971 Matwiejewa podaje, że formy poliploidalne uzyskano u 300 gatunków roślin ozdobnych, lecz tylko u 70 gatunków formy te mają znaczenie praktyczne.

Wśród rozmnażanych wegetatywnie roślin ozdobnych dominują formy poliploidalne spontaniczne, odznaczające się dużymi kwiatami. Dotyczy to zwłaszcza takich roślin, jak *Scilla sibirica* (3×), odmiany tulipanów z grupy mieszańców Darwina (3×), *Hyacinthus orientalis*, gdzie triploidy stanowią 75% odmian uprawianych, *Narcissus* (3× i 4×), *Iris* (3× i 4×), *Crocus* (3× i 4×), *Gladiolus* (4×), *Delphinium cultorum* (4×), *Papaver orientale* (6×), *Solidago hybrida* (6× i 8×), *Chrysanthemum* (6×), *Dahlia* (8×), *Leucanthemum* (10× i 12×). Wśród wymienionych spotykane są często formy aneuploidalne.

U roślin ozdobnych, rozmnażanych generatywnie, formy alloploidalne występują u *Begonia semperflorens*, *Tagetes patula*, *Petunia hybrida* var. *superbissima*.

Większe liczby odmian poliploidalnych, mających znaczenie praktyczne, uzyskano u takich roślin ozdobnych, jak *Antirrhinum majus* (15 odmian), *Phlox drummondii* (5 odmian), *Zinnia elegans* (8 odmian), *Lilium longiflorum* (4 odmiany), *Rudbeckia hirta* (5 odmian).

Stosunkowo duże znaczenie praktyczne odgrywają formy poliploidalne u roślin sadowniczych i pastewnych. Wśród pozostałych roślin uprawnych szczególną pozycję zajmują buraki cukrowe. Odmiany poliploidalne buraków cukrowych stanowią 100% odmian uprawianych w Danii, a 70% w Holandii i NRF. W Polsce udział form poliploidalnych buraków cukrowych nie ma praktycznego znaczenia.

Trzeba zaznaczyć, że największe znaczenie mają odmiany poliploidalne u roślin rozmnażanych wegetatywnie, a następnie u roślin samopylnych. Najmniejsze znaczenie mają poliploidy u roślin obcopolnych, ponieważ występujące zaburzenia w procesie mejozy powodują słabsze zawiązywanie nasion (np. szczerbatość u żyta).

W pracach genetyczno-hodowlanych dużą rolę odgrywają aneuploidy oraz alloploidy. Aneuploidy wykorzystywane są przy analizie dziedziczenia określonych cech oraz przy ustalaniu sprzężeń. Są one również bardzo przydatne przy przenoszeniu określonych cech drogą krzyżowania.

Alloploidy odegrały dużą rolę w ewolucji roślin uprawnych, jak np. pszenicy, śliwy domowej, bylin ozdobnych. Obecnie stosowane są przede wszystkim w systematyce eksperymentalnej. Spośród zastosowań hodowlanych wyróżnić trzeba mieszańce żyta i pszenicy (*Triticale*): heksaploidalne pszenżyto jare oraz oktoploidalne pszenżyto ozime.

W latach ostatnich coraz większą rolę w hodowli roślin zaczynają odgrywać haploidy. Powstają one wskutek zaburzeń w procesie zapłodnienia, w wyniku braku zapłodnienia (partenogeneza), zapłodnienia genetycznie nieaktywnym jądrem generatywnym (gynogeneza lub pseudogamia) albo rozwoju rośliny wyłącznie z gamety męskiej (androgeneza).

Częstotliwość pojawiania się haploidów spontanicznych jest niewielka: 0,5% u *Zea mays*, 0,01% u *Antirrhinum majus*, 0,5% u *Triticum monococcum*, 0,025% u *Triticum vulgare*. Stwierdzono też duże różnice w częstotliwości pojawiania się haploidów, w zależności od użytego do zapyleńia pyłku.

Zwiększenie częstotliwości występowania haploidów można osiągnąć przez stosowanie różnego rodzaju pyłku, szokami termicznymi albo działaniem kolchicyny.

Ostatnio coraz częściej stosuje się hodowle tkankowe pyłku, doprowadzając do rozwoju całych roślin z tych ziarn pyłkowych.

Uzyskanie haploidów ma duże znaczenie w hodowli roślin rozmnażanych wegetatywnie, które z reguły są skomplikowanymi heterozygotami, jak np. ziemniak czy drzewa i krzewy owocowe. Zwłaszcza u tych ostatnich uzyskanie haploidów ułatwiłoby znacznie analizę genetyczną, utrudnioną dodatkowo długim okresem, jaki upływa od kiełkowania nasienia do kwitnienia.

Indukowanie mutacji

Indukowanie mutacji jest jedyną metodą hodowli roślin, która stwarza nową zmienność genetyczną. Dzięki temu jest ona czasami jedyną metodą skuteczną, gdy w danym materiale hodowlanym wyczerpano już zmienność istniejącą, a innych źródeł zmienności nie ma, lub też wykorzystanie ich nie jest opłacalne. Tak np. u orzecha ziemnego (*Archais*) i u jęczmienia wykorzystano już zmienność istniejącą, natomiast krzyżowanie z gatunkami dzikimi jest praktycznie nieopłacalne.

Metoda hodowli mutacyjnej umożliwia również przenoszenie fragmentów chromosomowych przy krzyżowaniu różnych gatunków. Tak np. Sears uzyskał w roku 1956 przeniesienie fragmentu chromosomu (wraz z genem odporności) z genomu kozieńca (*Aegilops*) do genomu pszenicy (*Triticum*).

Możliwość indukowania zmian dziedzicznych u roślin za pomocą promieni jonizujących została wykryta w roku 1927, natomiast za pomocą substancji chemicznych — w latach drugiej wojny światowej.

Zastosowanie praktyczne znalazła hodowla mutacyjna dopiero w la-

tach pięćdziesiątych, aczkolwiek już od lat trzydziestych wiele ośrodków naukowych prowadziło badania w tym zakresie.

Hodowla mutacyjna polega na uzyskaniu następujących zmian:

1) makromutacji, czyli zmian dużych, łatwo dostrzegalnych; w tym przypadku mutant może dać początek nowej odmianie bez potrzeby dalszego ulepszenia; np. pierwsze odmiany mutacyjne w ogóle, jęczmień Pallas i Mari były makromutantami typu erektoidalnego;

2) mikromutacji, celem zwiększenia zmienności cech ilościowych; duże znaczenie m.in. u orzecha ziemnego i pszenicy;

3) mutacji biochemicznych, celem polepszenia cech jakościowych; najważniejszym zadaniem jest zmiana składu aminokwasowego białek u roślin zbożowych oraz zwiększenie odporności na choroby i szkodniki;

4) aberacji chromosomowych, celem przenoszenia fragmentów chromosomowych z genomu do genomu, a także celem rozbicia niekorzystnych sprzężeń; np. omówiony już sukces Searsa przy przenoszeniu odporności z genomu kozieńca do genomu pszenicy;

5) translokacji tkankowych, celem zmiany układu warstw tkankowych u chimer, jakimi są najczęściej rośliny rozmnażane wegetatywnie;

6) efektu stymulacji wzrostu i rozwoju roślin; wykorzystuje się tylko efekt fizjologiczny, ale stosowanie czynników mutagenicznych powoduje, że stymulacja wchodzi również w zakres hodowli mutacyjnej;

7) celem rozwiązywania zadań specjalnych, jak np. ułatwienie krzyżowania różnych gatunków wskutek zniszczenia barier fizjologicznych; indukowania markerów genetycznych czy mutacji genów samoniezdności.

Obecnie hodowla mutacyjna stosowana jest szeroko na całym świecie. Wykorzystuje się czynniki fizyczne (promienie X, gamma, neutrony termiczne i szybkie) i chemiczne (przede wszystkim związki alkilujące, jak związki nitrozowe).

Ciekawym przykładem skuteczności hodowli mutacyjnej jest historia pszenicy Sonora w Indiach. Ta wysokoproduktywna pszenica meksykańska nie mogła tam być uprawiana z powodu czerwonej barwy ziarniaków, która przypomina krew. Dopiero mutant o ziarnach białych został powszechnie przyjęty do uprawy.

Tendencje rozwojowe

Podstawowym zadaniem hodowli roślin jest zapewnienie odpowiedniej ilości pożywienia poprzez wyhodowanie odmian wartościowych pod względem wysokości plonu i jego jakości.

Lata pięćdziesiąte i sześćdziesiąte naszego wieku mogą być śmiało nazwane drugą „zieloną rewolucją”, ponieważ w okresie tym zwiększyła się znacznie ilość produkowanej żywności. Szczególnie uwidoczniło się to

w takich krajach, jak Meksyk, Indie i Pakistan. W latach 1950—1970 plony pszenicy wzrosły w Meksyku o 400%. W latach 1967—69 produkcja pszenicy zwiększyła się w Indiach o 50%, w Pakistanie o 71%.

Jednakże ten wzrost produkcji osiągnięty został przede wszystkim przez zwiększenie plonów roślin zbożowych, których białko jest mało wartościowe z powodu niskiej zawartości najważniejszych aminokwasów egzogennych — lizyny i tryptofanu. Ponieważ na wytworzenie jednostki białka zwierzęcego zużywa się aż trzy jednostki białka roślinnego, najlepszym wyjściem byłaby likwidacja produkcji zwierzęcej na korzyść roślinnej.

Pierwszoplanowym zadaniem hodowli roślin jest obecnie zlikwidowanie głodu białka w tych rejonach, które odżywiają się pokarmami zbożowymi poprzez zmianę jakości białka zbożowego.

Drugim zadaniem jest zwiększenie odporności na choroby i szkodniki. Stosowanie w tych ilościach trucizn, jak to ma miejsce obecnie, grozi bowiem zagładzie środowiska.

Jak wykazały osiągnięcia hodowli roślin w latach ostatnich, największe sukcesy uzyskano dzięki stosowaniu trzech metod:

- 1) selekcji materiałów, uzyskanych z krzyżowania form tego samego lub pokrewnych gatunków, pochodzących z rejonów odległych, a więc cechujących się dużą zmiennością genetyczną — przykładem klasycznym są pszenice Borlauga;
- 2) hodowli mieszańców heterozyjnych — przykładem jest wiele roślin, jak np. kukurydza, rośliny warzywne czy ozdobne;
- 3) hodowli mutacyjnej — przykładem są nowe odmiany wielu roślin (orzech ziemny, jęczmień, rośliny ozdobne).

Skuteczna hodowla zależna jest jednak od odpowiedniej organizacji zarówno samych prac hodowlanych, jak też — a może nawet przede wszystkim — odpowiedniego poziomu analiz genetycznych, czyli badań dla hodowli podstawowych.

Wydaje się, że w chwili obecnej ze spraw organizacyjnych zasadnicze znaczenie ma organizacja odpowiednich kolekcji, stanowiących banki genowe. Powinny one objąć wszystkie istniejące formy uprawne, chroniąc je przed zaginięciem, a na żądanie udostępniając hodowcom i genetykom. Odpowiednio zorganizowana współpraca międzynarodowa jest w tej dziedzinie warunkiem koniecznym.

Również praktyczna hodowla roślin coraz częściej łączy w zespoły badaczy różnych krajów. Znane powszechnie sukcesy Borlauga są tu przykładem klasycznym. Potrafił on zgromadzić obszerne materiały z różnych krajów jak również rozwinąć badania na olbrzymią skalę.

Skuteczność hodowli coraz bardziej zależy od wyposażenia technicznego placówek badawczych i stacji hodowlanych. Sezonowość prac gene-

tyczno-hodowlanych wymaga szybkiego wykonania skomplikowanych obliczeń statystycznych, analiz biochemicznych i cytologicznych.

Najważniejszym warunkiem są jednak kwalifikacje hodowców i genetyków. Wydaje się, że istnieje konieczność wzmocnienia istniejących placówek naukowo-badawczych, zajmujących się zagadnieniami genetyczno-hodowlanymi, zwłaszcza w wyższych uczelniach rolniczych. Te ostatnie powinny zajmować się przede wszystkim zagadnieniami metodycznymi. Do tego potrzebne jest jednak odpowiednie wyposażenie zarówno w aparaturę, jak i w szklarnie.

LITERATURA

1. Allard R.W.: Podstawy hodowli roślin. PWRiL, Warszawa, 1968
2. Becker G. (ed.): Die Bedeutung der Polyploidie für die Evolution und die Pflanzenzüchtung. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Berlin, 1971
3. Briggs F.N., Knowles P.F.: Introduction to plant breeding. Reinhold, New York, 1967
4. Elliot F.C.: Hodowla roślin i cytogenetyka. PWRiL, Warszawa 1964
5. Dubinin N.P. (red.): Genieticzeskije osnovy sielekcji rastienij. Nauka, Moskwa, 1971
6. Hoffmann W., Mudra A., Plarre W.: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. v. 1. Parey, Berlin, 1971
7. Improving plant protein by nuclear techniques. IAEA, Vienna, 1971
8. Muszyński S.: Zarys hodowli radiacyjnej roślin. PWRiL, Warszawa, 1970
9. Muszyński S.: Mutageneza chemiczna w hodowli roślin. Postępy Nauk Rolniczych, 5; 1971
10. Mutation breeding for disease resistance. IAEA, Vienna, 1971
11. Nuclear techniques and the green revolution. IAEA, Vienna, 1971
12. Rieger R.: Die Genommutationen (Ploidiemutationen). Fischer, Jena, 1963
13. Schwanitz F.: Die Evolution der Kulturpflanzen. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, 1967
14. Sprague G.F.: Plant breeding. Ann. Review of Genetics, v. 1, 1967
15. Stebbins G.L.: Zmienność i ewolucja roślin. PWN, Warszawa 1958
16. Strategy statement on action to avert the protein crisis in the developing countries. United Nations, New York, 1971