

LEONARDA DALKE

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Bydgoszczy

Metody hodowli buraka cukrowego

Sugar beet breeding methods

Hodowla buraka cukrowego w Polsce ma ponad stuletnią tradycję i znaczne osiągnięcia. Pod względem stosowanych metod historię hodowli można podzielić na kilka okresów. Do lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku stosowano populacyjne metody hodowli wielokielkowych diploidów, głównie metodą rodowodową z oceną potomstw. W ten sposób wyhodowano odmianę AJ-1 o najwyższej w świecie zawartości cukru. Znaczący wzrost plonu korzeni i cukru z ha przyniosła opracowana w Instytucie metoda wytwarzania tetraploidów przy pomocy kolchicyny i tworzeniu triploidalnych odmian buraka cukrowego. Wymienić tu należy pionierskie prace A. Filutowicza i A. Kuźdowicza. Największym wyzwaniem dla hodowców było opracowanie metody tworzenia odmian jednokielkowych. Cel ten osiągnięto po wielu latach kosztownych i skomplikowanych prac. Opracowana została metoda syntezy jednokielkowych mieszańców tri i diploidalnych z wykorzystaniem cytoplazmatycznie-genowej męskiej sterility (CMS) i heterozji. Metoda ta przyniosła istotny wzrost plonu korzeni i cukru i jest powszechnie stosowana w Europie, USA i Japonii. W opracowaniu omówione zostały także najważniejsze zagadnienia do rozwiązania hodowli w najbliższej przyszłości.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, metody hodowli, odmiany wielokielkowe, odmiany jednokielkowe mieszańcowe

Sugar beet breeding in Poland has got more than hundred years tradition and considerable achievements. When taking into account the methods applied, the history of sugar beet breeding can be divided into several periods. Until the half of last century the population methods of breeding multigerm diploid cultivars were used (mainly genealogical method with progenies evolution). In this way, the cultivar AJ-1, characterized by the highest content of sugar in the world, was bred. A significant increase in root and sugar yield was achieved by applying the method of tetraploid induction using colchicine treatments and creating sugar beet polyploid cultivars. The method was developed at our Institute. In this respect, the pioneer research works on tetraploids by A. Filutowicz and A. Kuźdowicz should be mentioned. The greatest challenge for breeders was to develop a suitable method for creating monogerm triploid and diploid hybrids. This aim was reached after many years of very costly breeding work using cytoplasmic-genes male sterility lines. In monogerm hybrids a significant increase in root and sugar yield was obtained. This method is now commonly applied in Europe and in the USA. In this paper the main problems of breeding to be solved in the nearest future are outlined.

Key words: sugar beet, breeding methods, multigerm, monogerm hybrids cultivars

Burak cukrowy zaliczony został w Polsce do grupy roślin strategicznych. Uprawiany jest obecnie na powierzchni około 320 tys. ha jako surowiec do produkcji cukru. Powstają także możliwości wykorzystania buraków do produkcji etanolu w programie wykorzystania biopaliw, jako rośliny o najwyższej wydajności etanolu z 1 ha, w porównaniu do pszenicy, kukurydzy i ziemniaków.

Początkiem uprawy gatunku jest odmiana — czego nie dokona się w hodowli, nie dokona również najlepsza technologia uprawy. Hodowla buraka cukrowego w Polsce ma ponad stuletnią tradycję charakteryzującą się znacznymi dokonaniem.

Pierwszą placówkę hodowli buraków cukrowych założył w 1872 roku Julian Dobrzański w Budziszowicach. Później Dobrzańscy prowadzili hodowlę buraków pastewnych, którą kontynuował przez 40 lat w Polanowicach koło Krakowa wybitny hodowca inż. Zygmunt Mazurkiewicz.

Wśród wielu powstających firm hodowlanych największe osiągnięcia w hodowli odmian buraka cukrowego miała firma „Hodowla Nasion A. Janasz i Sp.” założona w 1885 roku. Wyhodowane zostały odmiany oryginalne AJ-1 (typ C) o najwyższej w świecie zawartości cukru, AJ-2 (typ C) oraz AJ-3 i AJ-4 (typ CN).

Duże osiągnięcia hodowlane miała również firma K. Buszczyńscy i Synowie. Najbardziej znane odmiany tej firmy to MLR (typ C) i CLR — odmiana odporna na chwościk.

Materiały hodowlane tych odmian przetrwały do dziś i są wykorzystywane w programach hodowlanych w kraju oraz w Europie i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

W metodach hodowli buraków cukrowych w Polsce wyróżnić można kilka etapów.

Do lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia hodowane były wyłącznie diploidalne populacyjne odmiany wielokielkowe. Odmiany charakteryzowały się wysoką i bardzo wysoką zawartością cukru. Plon korzeni był istotnie niższy od odmian uprawianych obecnie.

Znaczący wzrost plonu przyniosło opracowanie metody wytwarzania form tetraploidalnych buraków przy pomocy kolchicyny (mutacje genomowe). Były to pierwsze w Polsce pionierskie prace prof. dr A. Filutowicza, które stały się podstawą wyhodowania w kraju tetraploidów, a później odmian poliploidalnych (anizoploidalnych) — buraka cukrowego. Uzyskane tetraploidy nie były jak się spodziewano bardziej wydajne niż diploidy. Wzrost plonownia otrzymano dopiero po krzyżowaniu komponentów diploidalnych z tetraploidalnymi, w wyniku którego uzyskiwano potomstwo triploidalne. U gatunku *B. vulgaris* bariera sterility nie oddziela di- i tetraploidalnych form przy krzyżowaniu a interakcja między genomami o różnym stopniu ploidalności wpływa dodatkowo na wzrost plonu korzeni. Stosując tę metodę wyhodowano szereg cennych odmian, pierwsze Poli-IHAR, Tetra-Tri-Polanowice, później Policama i AJ-Poly-1 oraz szereg odmian burak pastewnego.

Doświadczenia z zakresu metody otrzymywania i hodowli form poliploidalnych Oddział IHAR w Bydgoszczy przekazywał Stacjom Hodowli Buraka Cukrowego i Pastewnego. Należy tu wymienić duże zasługi prof. A. Kuźdowicza, który przez wiele lat

był stałym doradcą w Stacjach Hodowli w Straszku i Śmiłowie w zakresie cytologii i selekcji tetraploidów.

Formy tetraploidalne są cenne i wykorzystywane do dziś jako zapylacze do jednokielkowych odmian mieszańcowych, gdyż poliploidalność zwiększa możliwości kombinacyjne wszystkich cech i daje podstawy do intensywnej selekcji. Przeważają u tetraploidów heterozygoty, z których uzyskuje się różnymi metodami formy posiadające kombinacje korzystnych alleli.

Największym wyzwaniem dla hodowców była konieczność otrzymania odmian genetycznie jednokielkowych pozwalających na pełną mechanizację uprawy buraka cukrowego. Czynnikiem coraz bardziej ograniczającym uprawę odmian wielokielkowych była duża pracochłonność, wymagająca znacznego nakładu kosztownej pracy ręcznej (300–400 godz. na ha).

Wyjściowe formy jednokielkowe to kilka roślin — mutantów, które znaleziono w latach 30. i 40. ubiegłego wieku w Związku Radzieckim i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Zbadany został sposób dziedziczenia jednokielkowości, który uwarunkowany jest monogenicznie recesywnym genem *m* (Savitsky, 1952, 1958). Formy częściowo jednokielkowe znaleziono także wśród 500000 nasienników wielokielkowych w Instytucie do Badań nad Burakiem w Kleinwanzleben (dawna NRD). Poprzez selekcję otrzymano rośliny jednokielkowe, które wykorzystane były do hodowli, także wspólnych odmian niemiecko-polskich. W wyniku realizowanego od 1968 roku wspólnego programu hodowli, którego uczestnikami byli HBC i IHAR Oddział w Bydgoszczy, otrzymano 65 mieszańców próbnych, z których zarejestrowano 13 odmian. Najbardziej znane to odmiany PN-mono 1 i PN-mono 4. W 1988 roku odmiany te uprawiane były na powierzchni 600 tys. ha w obydwu krajach (Röstel, 2003).

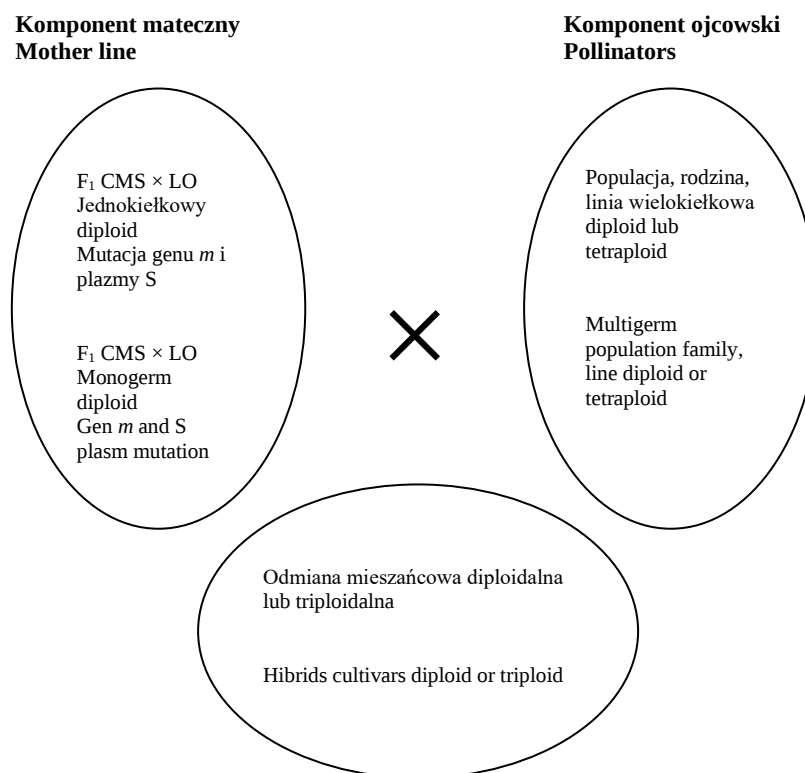
Hodowla wspólnych odmian pokrywała całkowicie przez pewien okres zapotrzebowanie naszego rolnictwa i dała czas polskim hodowcom na opracowanie własnych materiałów hodowlanych.

Największy postęp w hodowli odmian jednokielkowych buraków cukrowych, a także pastewnych uzyskano stosując metodę tworzenia mieszańców z wykorzystaniem form cytoplazmatycznie-genowo męskosterylnych, niewytwarzających pyłku jako komponentów macecznych. Metoda ta pozwala na uzyskanie 100% roślin mieszańcowych.

Rośliny cytoplazmatycznie-genowo męskosterylne (CMS) pojawiły się również w wyniku mutacji. Znaleziono zostały przez Owena, który zbadał również genetyczne uwarunkowania tej cechy (Owen, 1945). Zgodnie z wynikami jego badań, pyłku nie wytwarzają rośliny, które mają zmutowaną plazmę S oraz dwie pary recesywnych genów jądrowych *xx zz*. Dla rozmnażania męskosterylnych roślin konieczne są tzw. linie O, które mają płodny pyłek, nie zmutowaną plazmę N i dwie pary genów recesywnych *xx zz*. Rośliny takie występują w populacjach jednokielkowych w liczbie ok. 3%–5%, a znajduje się je w wyniku testowania. Krzyżuje się rośliny CMS parami w izolatorach z płodnymi roślinami jednokielkowymi. Potomstwa roślin z tych krzyżowań, które mają sterylny pyłek wskazują, że dawca pyłku jest poszukiwaną linią O (genotyp *N xx zz*).

Linie takie są bardzo ważne w stosowanej syntezie mieszańców buraka, gdyż służą do stałego rozmnażania komponentu maticznego oraz do wprowadzania korzystnych cech, czyli ulepszania linii męskosterylnych.

Schemat syntezy odmian jednokielkowych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat syntezy jednokielkowych mieszańcowych odmian buraka cukrowego
Fig. 1. The breeding schemes for sugar beet monogerm hybrids cultivars

Omówione pochodzenie źródła jednokielkowości i męskiej sterylności wskazuje na bardzo wąską podstawę genetyczną formy maticznej mieszańców. Dlatego konieczne było i jest stałe ulepszanie linii O poprzez krzyżowania i selekcję. Zabiegi te są bardzo pracochłonne i kosztowne. Wymagają izolowania corocznie tysięcy roślin, ich rozmnażania i oceny potomstw na pożądane cechy tak w pierwszym jak i w drugim roku wegetacji. Konieczne jest posiadanie szklarni, izolatorów różnych typów, kabin izolacyjnych i przechowalni korzeni oraz odpowiednio dużych środków finansowych a także doświadczonej kadry.

Powszechnie stosowany i konieczny, szczególnie w hodowli linii O, jest chów wsobny, który jest pewną metodą gromadzenia korzystnych alleli. Powstałe na tej drodze linie samozgodne, po odrzuceniu linii o bardzo silnej depresji, pozwalają na wodrębnienie

z materiałów wyjściowych podlinii o pożądanej zmienności cech w celu uzyskania maksymalnego efektu heterozji i korzystnych cech biologicznych nasion. Samozgodność chroni jednocześnie wyselekcjonowane materiały przed niepożądanymi zapyleniami i gwarantuje stabilność genotypów użytych do syntezy mieszańców.

Największą zmiennością charakteryzują się dotychczas wielokielkowe materiały hodowlane, które stanowią komponent ojcowski mieszańców. Selekcjonowane są stale, z zasady, metodą rodowodową z oceną potomstw. Wprowadza się także, stosując metody *in vitro* linie dihaploidalne, które po ocenie i selekcji pożądanych rekombinacji stanowią materiał do syntezy nowych zapylaczy (form ojcowskich). Prowadzony jest również chów wsobny materiałów wielokielkowych.

Bardzo istotnym elementem w metodzie syntezy mieszańców jest ocena ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej. Corocznie przeprowadza się krzyżowania komponentów, by później w roku następnym ocenić w doświadczeniach porównawczych tysiące kombinacji krzyżówkowych, w celu wyboru najlepszych, odpowiadających założeniom realizowanego programu. Po wyborze najlepszych kombinacji skrzyżowań testowych przeprowadzana jest na plantacjach w Europie południowej (Francja, Włochy, Grecja, Słowenia), a także w USA synteza mieszańców i zbiór nasion handlowych. U buraków cukrowych mieszańce są jak dotąd trójliniowe. Komponent mateczny stanowi jeden lub kilka mieszańców pojedynczych linii ($F_1CMS \times LO$), zapylacz (komponent ojcowski) to zestaw rodzin, mieszanina grup lub linii z chowu krewniaczego tetra, a ostatnio również diploidalnych. Do syntezy wykorzystywane jest jedyne źródło męskiej sterylności Owena.

W wyniku tak prowadzonej syntezy otrzymujemy 100% nasion mieszańcowych zbieranych z jednokielkowego komponentu matecznego.

Wprowadzenie metody hodowli mieszańców odmian jednokielkowych wykorzystujących zjawiska heterozji spowodowało istotny wzrost plonu korzeni i plonu cukru, widoczny szczególnie w ostatniej dekadzie XX wieku i latach 2001–2003 (Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych COBORU).

Oprócz podstawowych cech użytkowych wyraźnej poprawie uległy biologiczne cechy nasienników i nasion. Udoskonalona została istotnie technologia otoczkowania i inkrustowania nasion. W efekcie wysiew nasion na ha uległ zmniejszeniu. Na większości areału upraw buraka cukrowego nasiona wysiewane są co 18 cm w rzędzie, czyli na stan końcowy obsady w liczbie 100000 nasion na ha.

Wyhodowanie jenokielkowych odmian mieszańcowych buraka cukrowego uznać należy za pionierskie osiągnięcie w dorobku światowej hodowli.

W latach następnych, głównymi celami w pracach hodowlanych u buraków cukrowych i pastewnych także będą:

- hodowla odmian odpornych na rizomanię, chwościk buraka, suchą zgniliznę korzeni i zgorzel siewek powodowaną przez *Aphanomyces cochlioides*. Odmiany hodowane będą na tzw. odporność wielokrotną.
- zmniejszenie zawartości melasotworów w korzeniach buraka,
- hodowla odmian tolerancyjnych na warunki suszy,

— selekcja genotypów poprawiających parametry plonów (płytką bruzda korzeniowa, mniejsza przyczepność gleby w czasie zbiorów), szybki wzrost roślin w pierwszych miesiącach wegetacji.

Dla przyspieszenia realizacji tych zadań są i będą wykorzystywane kultury *in vitro*, diagnostyka molekularna, badania genomu oraz inżynieria genetyczna.

Analizując wyniki uzyskane w ostatniej dekadzie w hodowli kukurydzy (Adamczyk i in., 2003), należy podjąć próbę hodowli mieszańców pojedynczych buraka cukrowego. Otrzymanie mieszańców o wysokiej wydajności jest możliwe (niepublikowane dane eksperymentalne).

U mieszańców pojedynczych realizacja wymienionych wyżej celów hodowli byłaby łatwiejsza, szczególnie w przypadku wprowadzania cech odpornościowych.

Niezależnie od stosowanej metodyki hodowla buraka cukrowego wymagać będzie w dalszym ciągu dużych nakładów finansowych, wsparcia jednostek naukowych oraz talentu i zaangażowania hodowców.

LITERATURA

- Adamczyk J., Cygert H., Czajczyński J. 2003. 50 lat hodowli kukurydzy mieszańcowej w Polsce — dorobek i perspektywy. Biul. IHAR 230: 423 — 431.
- Owen F. V. 1945. Cytoplasmically inherited male sterility in sugar beets. J. Agric Res., 71; 10: 423 — 440.
- Savitsky V. F. 1952. Methods and results of breeding work monogerm beets. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Techn.: 339 — 342.
- Savitsky V. F. 1958. Genetische Studien und Züchtungsmethoden bei monogermen Rüben. Zeit. Pflanzenzüchtung 40. 1 — 36.
- Röstel H. J. 1962. Ergebnisse der Züchtung und des Anbaues monokarper Zückerrüben. Deutsch Landwirtsch. 13: 590 — 593.
- Röstel H. J. 2003. Wysokowydajne jednokielkowe odmiany buraka cukrowego otrzymane w współpracy między byłą NRD i Polską (tłumaczone na j. polski przez organizatorów). Materiały z Konferencji z okazji 35 lat współpracy pomiędzy Kutnowską Hodowlą Buraka Cukrowego i KWS SAAT AG i ZKW Züchtungsgesellschaft GmbH — Śmiłów 26–27.06.2003.