

LESZEK DOMAŃSKI
BOGDAN FLIS
HENRYKA JAKUCZUN
EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Młochów

Ocena postępu hodowlanego pod względem wartości przetwórczej materiałów wyjściowych ziemniaka wytworzonych w latach 1999–2007

Assessment of breeding progress in relation to the processing value of potato parental lines released in 1999–2007

W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (IHAR), Oddział Młochów oceniono cztery grupy materiałów hodowlanych pod względem barwy chipsów, wiodącej cechy ziemniaka przeznaczonego do przetwórstwa na chipsy. Badania skupiły się na: oszacowaniu genotypowej wariancji tej cechy, identyfikacji genotypów z cechą „cold chipping” i linii rodzicielskich z pozytywnymi efektami ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA — general combining ability) dla barwy chipsów bezpośrednio po przechowaniu bulw w niskiej temperaturze (4–5°C), oszacowaniu reakcji na selekcję wyżej wspomnianej cechy w trzech rodzinach wywodzących się z krzyżówek między rodzicami o dobrej jakości chipsów. Wyniki naszych badań wskazują, że postęp hodowlany w programach ukierunkowanych na wytworzenie linii rodzicielskich / odmian z cechą „cold chipping” może być przyspieszony poprzez zastosowanie testów potomstw pod kątem barwy chipsów po przechowaniu bulw w niskich temperaturach. Zastosowanie form rodzicielskich o pozytywnych efektach GCA dla tej cechy zwiększało frekwencję osobników charakteryzujących się jasną barwą chipsów. Wysoki potencjał trzech wytworzonych form rodzicielskich do tworzenia osobników typu „cold chipping” został potwierdzony w próbnym wysiewie przez parametry: σ_g^2 (wariancję genetyczną), h^2 (odziedziczalność w szerokim sensie), R (oczekiwany postęp selekcyjny).

Słowa kluczowe: cecha „cold chipping”, zdolność kombinacyjna, ziemniak, reakcja na selekcję

At the Plant Breeding and Acclimatization Institute (IHAR), Młochów Research Center, four groups of potato breeding materials were evaluated for the chips colour, a key trait of potatoes dedicated for processing into chips. The research focused on: estimation of genotypic variation for this trait, identification of cold chipping genotypes and parental lines with positive effects of general combining ability (GCA) for chips colour after cold storage of tubers, and estimation of expected responses to selection for chip colour after cold storage (4–5°C) in three families originated from crosses between parents with good chipping quality. The results evidenced that breeding progress in programmes directed to the development of parental lines or cultivars with cold chipping ability may be accelerated by the use of progeny tests for chip colour after cold storage. The use of parental forms with positive GCA effects for this trait increased the frequency of progeny individuals characterized by light chips

colour. A high potential to improve cold chipping ability, found in three released parental lines, was proved in progeny test, by the estimates of: σ^2_g (genetic variance), h^2 (heritability in the broad sense), R (expected response to selection).

Key words: cold chipping, combining ability, potato, selection response

WSTĘP

Wytworzenie nowych odmian ziemniaka i linii rodzicielskich o niskim poziomie cukrów redukujących (CR) po przechowaniu bulw w niskich temperaturach (4–5°C) jest ważnym celem większości programów hodowlanych zarówno w Północnej Ameryce (Thill i Peloquin, 1995; Hayes i Thill, 2002; Sowokinos, 2007), jak i w Europie (Mackay i in., 1997; Putz, 1999; Domański i in., 2004 a). Tego typu odmiany pozwalają na przechowywanie bulw w niższych temperaturach, co z kolei:

- (1) redukuje straty stałych substancji poprzez transpirację i straty powodowane przez choroby przechowalnicze;
- (2) ogranicza zużycia inhibitorów kiełkowania podczas przechowywania (Sowokinos, 2007).

W 1999 roku w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (IHAR), Oddział Młochów rozpoczęto prace hodowlano-badawcze ukierunkowane na wytworzenie rodów typu „cold chipping”, łączących cechę niskiego poziomu CR po długotrwałym przechowaniu bulw w obniżonych temperaturach (4–5°C) z dobrym poziomem cech użytkowych i posiadających zdolność do produkowania chipsów o jasnej barwie. Jasny kolor produktu smażonego jest powiązany z niską zawartością CR w bulwach i jest kluczową cechą odmian ziemniaka wykorzystywanych w przemyśle przetwórczym na chipsy (Zgórska, 1979; Coffin i in., 1987; Zgórska 2006; Lisińska i in., 2009).

Celem pracy jest ukazanie postępu w selekcji form rodzicielskich ziemniaka typu „cold chipping” na podstawie prac hodowlano-badawczych przeprowadzonych w latach 1999–2007.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły cztery grupy materiałów hodowlanych, które oceniono w testach smażenia pod względem barwy chipsów.

- I grupę materiałów stanowiły 24 rody ziemniaka i 4 odmiany wzorcowe. Z każdego obiektu doświadczalnego w latach 1999–2001 pobrano 10-bulwowe próbki z dwóch powtórzeń. Test smażenia prowadzono bezpośrednio z bulw przechowywanych w temperaturze 4°C przez trzy miesiące. Chipsy produkowano laboratoryjnie, wycinając ze środkowej części każdej z 10 bulw po trzy plasterki o grubości 1,6 mm, które smażono w frytkownicy (wyposażonej w termoregulator), w oleju roślinnym do głębokiego smażenia, w temperaturze 180°C, przez 3 minuty. Barwę chipsów oceniano wizualnie w skali 1–9 (gdzie 9 = barwa jasnożółta, a noty akceptowane ≥ 6) według kart barwnych IBVL (Wageningen). Głównym celem doświadczenia było zidentyfikowanie genotypów typu „cold chipping”.

- II grupa materiałów obejmowała 1696 klonów I-go wegetatywnego rozmnożenia, stanowiących 60 potomstw, pochodzących z pięciu typów krzyżowań. Klony te uzyskano z wysiewów nasion przeprowadzonych w latach 1999–2001. Z każdego klonu pobrano do testów smażenia próbkę dwóch bulw w dwóch powtórzeniach. Test smażenia przeprowadzono bezpośrednio z bulw przechowywanych w temperaturze 4°C przez trzy miesiące, zgodnie z metodyką przyjętą przy ocenie materiałów I grupy, wycinając z każdej próbki po 4 plastry. Analizowano wpływ typów krzyżowań rodzicielskich na frekwencję form „cold chipping” w potomstwach.
- III grupę materiałów doświadczalnych stanowiły potomstwa (siewki polowe), pochodzące z czterech zestawów krzyżowań czynnikowych (NC II), w których oceniano efekty zdolności kombinacyjnej 19 linii rodzicielskich pod względem barwy chipsów po przechowaniu bulw w 4–5°C. W zestawach testerów dopełniających linie rodzicielskie występowały odmiany o pozytywnych efektach GCA (Albatros, Karlena, Pepo, Snowden), jak i odmiany wykazujące ujemne efekty GCA (Oda, Redstar, Signal, Victoria). Każda z badanych kombinacji rodzicielskich reprezentowana była w testach smażenia przez 60 siewek × 2 bulwy × 2 plastry. Test smażenia przeprowadzono podobnie jak w poprzednich grupach materiałów doświadczalnych.
- IV grupę materiałów doświadczalnych stanowiły potomstwa trzech populacji, pochodzące z krzyżowań między formami rodzicielskimi typu „cold chipping”. Głównym celem doświadczenia było określenie, jakiego postępu selekcyjnego można oczekiwać pod względem barwy chipsów po przechowaniu bulw w 4–5°C. Populacja pierwsza składała się z (n = 58) losowo pobranych klonów, pochodzących z krzyżówki Lady Claire × M-62774. Populację drugą (n = 59) uzyskano z krzyżówki Snowden × M-62724, natomiast populację trzecią (n = 60) z krzyżówki Snowden × M-62805. W latach 2003–2004 wyżej wspomniane klony (3 krzaki / klon) zostały wysadzone w układzie bloków rozszerzonych w jednym powtórzeniu. Materiałom tym towarzyszyło 8 odmian powtórzonych trzy razy w układzie losowanych bloków. Próbki o wielkości (8 bulw × 3 plastry) / klon oceniono zgodnie z metodyką uprzednio opisaną.

Analiza statystyczna

Statystyczna analiza I grupy materiałów doświadczalnych obejmowała: (1) analizę wariancji według dwukierunkowej klasyfikacji przeprowadzoną według modelu Scheffego-Calińskiego, (2) oszacowanie udziału każdego genotypu w interakcji genotypowo-środowiskowej za pomocą statystyki F, (3) oszacowanie efektu głównego dla porównań jakości przetwórczej ród — standard, za który przyjęto odmianę Saturna. Powyższą analizę wykonano przy użyciu programu SERGEN 3 (Caliński i in., 1998).

Wpływ typów krzyżowań rodzicielskich na frekwencję form „cold chipping” w potomstwach (materiały doświadczalne II grupy) analizowano za pomocą testu χ -kwadrat (STATGRAPHICS Plus v. 4.1).

Analizę wariancji ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej (grupa III materiałów) przeprowadzono z wykorzystaniem programu SERGEN 3.

W analizie statystycznej materiału doświadczalnego grupy IV przyjęto losowy model efektów genotypowych i środowiskowych. Przeprowadzono łączną analizę wariancji

poprzez dwa lata dla każdej z trzech populacji. Wyniki analizy wariancji odmian wzorcowych dostarczyły oszacowań błędu eksperymentalnego do testowania istotności średnich kwadratów interakcji klony \times lata. Oczekiwany postęp genetyczny (R) w następnym pokoleniu obliczano zgodnie z wzorem podanym przez Falconera (1989):

$$R = i h^2 \sqrt{\sigma_p^2},$$

gdzie:

i — współczynnik intensywności selekcji (przyjęto 10% intensywność selekcji),

h^2 — odziedziczalność w szerokim sensie,

σ_p^2 — fenotypowa wariancja.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wśród ocenianej puli tetraploidalnych rodów (I grupa materiałów) stwierdzono znaczne genetyczne zróżnicowanie (tab. 1) pod względem barwy chipsów z bulw przechowywanych w 4°C. Łączna analiza wariancji wykazała także istotność wpływu lat, a także występowanie interakcji genotypowo-środowiskowych.

Tabela 2

Średnie kwadraty i komponenty wariancyjne z łącznej analizy wariancji dla barwy chipsów z bulw przechowywanych przez trzy miesiące w 4°C
Mean squares and variance components from combined analysis of variance for chip colour after three month storage of tubers at 4°C

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	Komponenty wariancyjne Variance components
Lata Years	2	1,06**	0,018–(1,8%)
Genotypy Genotypes	27	4,42**	0,627–(62,4%)
Genotypy \times Lata Genotypes \times Years	54	0,66**	0,300–(29,9%)
Błąd Error	81	0,06	0,06–(6,0%)

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$

** Significant at $\alpha = 0.01$

Zastosowanie programu komputerowego SERGEN 3 do identyfikacji rodów typu „cold chipping” (to jest takich, które po przechowaniu w 4°C uzyskały w testach smażenia noty ≥ 6 i nie wykazały interakcji z latami) było owocne. Pulę genową zawartą w rodach typu „cold chipping” (tab. 2) wykorzystano do doskonalenia tej cechy w nowych populacjach hodowlanych w drodze selekcji. Dalsze badania (Domański i in., 2004 a) wykazały, że rody M-62705, M-62724, M-62774 charakteryzowały się niską akumulacją cukrów redukujących oraz istotnie obniżoną zawartością sacharozy w porównaniu do odmiany Saturna, a także wyższą zawartością skrobi, kształtniejszymi bulwami i niższym udziałem zewnętrznych i wewnętrznych wad bulw w plonie. Rody te charakteryzowały się wysoką odpornością na wirus Y ziemniaka. Formy rodzicielskie tych trzech rodów cechowały się

jasną barwą chipsów po zabiegu rekondycjonowania bulw. W przypadku rodziców rodów M-62724 i M-62774 odnotowano także pozytywne efekty GCA względem barwy chipsów.

Tabela 2
Średnie oceny barwy chipsów dla wybranych rodów ziemniaka po trzech miesiącach przechowywania w 4°C oraz ich interakcja z latami
Average estimates of chip colour in selected clones after three month storage at 4°C and their interaction with years

Ród Clone	Średnia ocen barwy chipsów w skali 1–9 Mean chip colour estimate 1–9 scale	Statystyka F dla interakcji z latami F-statistic for interaction with years	Oszacowanie głównego efektu ród-odm. Saturna Estimates of main effect: clone-cv. Saturna	Statystyka F dla głównego efektu ród-odm. Saturna F-statistic for main effect: clone-cv. Saturna
M-62705	6,4	1,72 ns	1,05	52,92*
M-62724	6,2	0,49 ns	0,83	192,31**
M-62741	6,1	1,71 ns	0,57	15,21 ns
M-62774	6,4	1,41 ns	1,05	69,63 **
Zakresy dla pozostałych rodów — Ranges for the remaining clones				
20 rodów 20 clones	2,3 - 6,0	0,69 - 50,39	0,17 - (- 3,10)	0,06 - 126,73
Odm. — cv. Saturna	5,4	0,07 ns		
Wartości krytyczne — Critical values:				
$\alpha = 0,05$		3,11		18,51
$\alpha = 0,01$		4,88		98,50

*, ** Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$ odpowiednio, ns — nieistotne

*, ** Significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$ respectively, ns — not significant

Tabela 3
Frekwencja osobników o jasnej barwie chipsów (oceny ≥ 6) z bulw przechowywanych przez trzy miesiące w 4°C, w zależności od typu kombinacji rodzicielskiej
The frequency of individuals with light coloured chips (scores ≥ 6) after three month storage of tubers at 4°C, depending on the type of parental combination

Typ kombinacji rodzicielskiej Type of parental combination	Liczba kombinacji rodzicielskich No of parental combinations	Liczba badanych osobników No of tested individuals	Potomstwo z oceną ≥ 6 Progeny with score ≥ 6	
			liczba — number	% — percentage
A × A	6	289	28	9,6
A × B	27	498	25	5,0
B × B	9	780	38	4,9
B × C	3	76	0	0,0
C × C	15	53	0	0,0
Ogółem Total	60	1696	91	5,36

χ^2 -square = 18,44 (istotne na poziomie $\alpha = 0,001$, significant at $\alpha = 0,001$)

A — Fenotyp o jasnej barwie chipsów z pozytywnymi efektami GCA dla barwy chipsów + R; Phenotype with light colour chips and positive GCA effects for chip colour + R

B — Fenotyp o jasnej barwie chipsów bez pozytywnych efektów GCA dla barwy chipsów + R; Phenotype with light colour chips without positive GCA effects for chip colour + R

C — Fenotyp o ciemnych chipsach bez pozytywnych efektów GCA dla barwy chipsów + R; Phenotype with dark colour chips without positive GCA effects for chip colour + R

R— Bulwy rekondycjonowane w 18°C przez 2 tygodnie; Tubers reconditioned for two weeks at 18°C

W II grupie materiałów analiza 1696 osobników pochodzących z 60 rodzin, uzyskanych z pięciu typów krzyżowań rodzicielskich wykazała, że frekwencja form „cold chipping” istotnie zależała od typu krzyżowania (tab. 3).

Osobniki typu „cold chipping” znajdowano w krzyżówkach między rodzicami o jasnej barwie chipsów. Ich frekwencja była wyższa w przypadku obecności pozytywnych efektów GCA u obu rodziców. Analizy potomstw z próbnych wysiewów za pomocą testu chi-kwadrat okazały się użytecznym narzędziem do eliminacji niepożądanych rodziców z dalszych programów krzyżowań i wysiewów. Wyniki analizy chi-kwadrat danych z wysiewów hodowlanych zostały także wykorzystane przy typowaniu form rodzicielskich do układów krzyżowań czynnikowych, w których oceniano zdolność kombinacyjną (Domański i in., 2004 b, 2006 a).

Analiza doświadczeń z potomstwami uzyskanymi z krzyżowań czynnikowych w III analizowanej grupie materiałów wykazała, że ogólna zdolność kombinacyjna (GCA) miała większe znaczenie w dziedziczeniu barwy chipsów, jakkolwiek efekty SCA były również istotne (tab. 4). Wyniki te są zgodne z wynikami badań innych autorów (Loiselle i in., 1990; Domański i in., 2004 b; Domański i in., 2006 a). Ogółem 9 form rodzicielskich spośród 19 testowanych (tab. 5) zostało zidentyfikowane jako formy rodzicielskie z pozytywnymi efektami GCA dla barwy chipsów z bulw po trzymiesięcznym ich przechowywaniu w 4–5°C. Najwyższy pozytywny efekt GCA (13,5**) stwierdzono w klonie diploidalnym DG.93-332.

Tabela 4

Procentowy udział komponentów wariacyjnych GCA i SCA w całkowitej zmienności genetycznej barwy chipsów z bulw przechowywanych w 4–5°C
Proportion of GCA and SCA variance components in the total genetic variance for chip colour after cold storage of tubers at 4–5°C

Komponent wariacyjny Variance component	Procent Percentage
GCA matek — GCA females	22,0
GCA ojców — GCA males	47,5
SCA	30,5

Tabela 5

Efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) wybranych linii rodzicielskich względem barwy chipsów z bulw przechowywanych w 4–5°C przez trzy miesiące
Effects of general combining ability (GCA) of selected parental lines for chip colour after three month storage of tubers at 4–5°C

Barwa chipsów Chip colour	Linia rodzicielska Parental line								
	PS-1705	PS-1742	PS-1753	M-62724	M-62819	M-62826	M-55	M-64	DG93-332
∑ ocen / 30 osobników ∑ scores / 30 individuals	6,7**	8,4**	3,9*	5,1*	9,6**	6,0*	9,1**	3,9*	13,5**

*, ** Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$, odpowiednio

*, ** Significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively

Wysoki potencjał trzech form rodzicielskich: M-62724, M-62774 i M-62805, które uzyskały status materiałów wyjściowych, do tworzenia osobników typu „cold chipping” został potwierdzony w próbnym wysiewach (materiały doświadczalne IV grupy) przez parametry: (σ^2_g) wariacji genetycznej, (h^2) odziedziczalności w szerokim sensie i (R) oczekiwanego postępu selekcyjnego (tab. 6).

Tabela 6

Komponenty wariancyjne: genetyczny (σ^2_g), genotyp \times środowisko (σ^2_{ge}), błędu (σ^2_e) oraz oszacowania odziedziczalności (h^2) i oczekiwanej reakcji na selekcję (R) względem barwy chipsów w trzech nioselekcjonowanych populacjach

Variance components: genetic (σ^2_g), genotype \times environment (σ^2_{ge}), error (σ^2_e), and estimates of heritability (h^2), and expected response to selection (R) for chip colour for three unselected populations

Populacja Population	Komponenty wariancyjne Variance components			h^2	R
	σ^2_g	σ^2_{ge}	σ^2_e		
Lady Claire \times M-62774	0,21**	0,14*	0,15	0,42	0,52
Snowden \times M-62724	0,25**	0,07	0,15	0,53	0,64
Snowden \times M-62805	0,25**	0,18*	0,15	0,43	0,58

*, ** Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$, odpowiednio

*, ** Significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively

W okresie dziewięciu lat prac hodowlano-badawczych wytworzono i przekazano polskim hodowcom ziemniaka 17 form rodzicielskich, przydatnych dla hodowli odmian ziemniaka na cele przetwórstwa spożywczego. Wśród uzyskanych rodów, które uzyskały status materiałów wyjściowych 14 jest typu „cold chipping”. Wartościową cechą tych form rodzicielskich jest ich wyższa odporność względem wirusów Y i M ziemniaka (Domański i in., 2007).

Uzyskane w tej pracy wyniki wskazują, że postęp hodowlany w programach ukierunkowanych na wytworzenie linii rodzicielskich / odmian typu „cold chipping” może być przyspieszony poprzez zastosowanie testów potomstwa pod kątem barwy chipsów i innych cech kształtujących jakość przetwórcza. Zastosowanie form rodzicielskich o pozytywnych efektach GCA dla tej cechy zwiększało frekwencję osobników charakteryzujących się jasną barwą chipsów po przechowaniu bulw w niskich temperaturach. Wśród zidentyfikowanych linii rodzicielskich o wysokich pozytywnych efektach GCA na uwagę zasługuje diploidalny, złożony mieszaniec międzygatunkowy DG 93-332 typu „cold chipping”. Z krzyżowań interploidalnych $4x-2x$ z udziałem tej formy rodzicielskiej wyselekcjonowano rody o dobrym poziomie cech użytkowych i zadowalającej odporności na wirusy, z istotnie wyższą częstością niż z krzyżowań $4x-4x$ (Domański i in., 2006 b).

Dotychczasowe prace w IHAR O/Młochów nad przenoszeniem cech przydatności bulw na chipsy z ziemniaka diploidalnego zaowocowały przekazaniem polskim hodowcom trzech rodów otrzymanych z krzyżowań $4x-2x$: rodu M-62724 wyselekcjonowanego z kombinacji Agria \times DW 88-4556, rodu M-62833 pochodzącego z kombinacji Signal \times DG 93-332 i rodu M-62879 wywodzącego się z kombinacji PS-1760 \times DG 93-33. Hayes i Thill (2002) otrzymali potomstwa $4x$ z krzyżowań $4x-2x$ o jaśniejszej barwie chipsów i wyższej

odporności na zarazę ziemniaka. Wyniki cytowanej pracy, jak również wyniki otrzymane w IHAR O/Młochów wskazują, że potencjał genetyczny mieszańców międzygatunkowych ziemniaka diploidalnego może zapewnić postęp w hodowli ukierunkowanej na przetwórstwo, jednocześnie wzbogacając pulę genową o nowe allele poszukiwanych cech.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne genetyczne zróżnicowanie wśród początkowej stawki rodów ziemniaka pod względem cechy „cold chipping”, stanowiącej materiał wyjściowy do dalszego doskonalenia w drodze selekcji.
2. Frekwencja osobników potomnych o jasnej barwie chipsów bezpośrednio z bulw przechowywanych w 4°C, zależała od zastosowanych typów krzyżowań. Frekwencja tego typu osobników była najwyższa w przypadku, kiedy obydwie formy rodzicielskie wykazywały pozytywne efekty GCA pod względem barwy chipsów.
3. W ocenianej puli form rodzicielskich barwa chipsów warunkowana była zarówno przez addytywne, jak i nieaddytywne formy działania genów, przy czym przeważało addytywne działanie genów.
4. Wśród 19 ocenianych linii rodzicielskich ziemniaka zidentyfikowano dziewięć o istotnie pozytywnych efektach GCA pod względem barwy chipsów. Najwyższe pozytywne efekty GCA stwierdzono w przypadku diploidalnego, złożonego mieszańca międzygatunkowego DG 93-332.
5. Wysoki potencjał trzech form rodzicielskich ziemniaka, które uzyskały status materiałów wyjściowych, do tworzenia osobników typu „cold chipping” został potwierdzony w próbnym wysiewach przez parametry: (σ_g^2) wariancji genetycznej, (h^2) odziedziczalności w szerokim sensie i (R) oczekiwanego postępu selekcyjnego.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka A., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. Podręcznik użytkownika programu SERGEN 3, Poznań: 1 — 53.
- Coffin R. H., Yada R.Y., Parkin K. L., Grodzinski B., Stanley D. W. 1987. Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections. *J. Food Sci.* 52: 639 — 645.
- Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Domańska M., Jakuczun H., Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2004 a. The development of cold chipping potato parental lines for breeding cultivars suitable for processing. *Plant Breeding and Seed Science* 49: 91 — 100.
- Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Domańska M. 2004 b. Zdolność kombinacyjna wybranych linii rodzicielskich pod względem kilku cech kształtujących jakość surowca na przetwory ziemniaczane. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 500: 117 — 126.
- Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Flis B. 2006 a. Zdolność kombinacyjna wybranych rodów ziemniaka pod względem ogólnego wyglądu bulw, ciemnienia enzymatycznego i barwy produktu smażonego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 123 — 130.
- Domański L., Jakuczun H., Zimnoch-Guzowska E., Flis B. 2006 b. Przydatność dwóch diploidalnych form rodzicielskich ziemniaka do tworzenia tetraploidalnego potomstwa typu „cold-chipping”. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 115 — 121.

- Domański L., Sztangret-Wisniewska J., Zimnoch-Guzowska E. 2007. Tetraploidalne materiały wyjściowe dla hodowli odmian ziemniaka przydatnych do przetwórstwa spożywczego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 517: 245 — 251.
- Falconer D.S. 1989. *Introduction to quantitative genetics*. 3rd Ed. Longman Scientific and Technical, Harlow.
- Hayes R. J., Thill Ch. A. 2002. Co-current introgression of economically important traits in a potato-breeding program. *Amer. J. of Potato Res.* 79: 173 — 181.
- Lisińska G., Pęksa A., Kita A., Rytel E., Tajner-Czopek A. 2009. The quality of potato for processing and consumption. In: Yee N, Bussell W. T. (Eds) *Potato IV, Food 3 (Special Issue 2)*: 99 — 104.
- Loiselle F., Tai G. C. C., Chrystie B. R. 1990. Genetic components of chip color evaluated after harvest, cold storage and reconditioning. *Amer. Potato J.* 67: 633 — 646.
- Mackay G. R., Tod D., Bradshaw J. E., Dale M. F. B. 1997. The targeted and accelerated breeding of potatoes. *Scottish Crop Research Institute. Annual Report 1996/97*: 40 — 45.
- Putz B. 1999. First potato varieties for the chip industry suitable to be stored at 4°C. In: *Abstracts of Conference Papers, Posters and Demonstrations 14th Triennial Conference of the EAPR, Sorrento, Italy, May 2–7, 1999*. Assessorato, Agricoltura Regione Capania: 333 — 335.
- Sowokinos J.B. 2007. The canon of potato science: 38. Carbohydrate metabolism. *Potato Research* 50: 3/4: 73 — 80.
- Thill C.A., Peloquin S.J. 1995. A breeding method for accelerated development of cold chipping clones in potato. *Euphytica* 84: 73 — 80.
- Zgórska K. 1979. Czynniki warunkujące cechy jakości ziemniaka jadalnego. *Ziemniak* 1979: 183 — 206.
- Zgórska K. 2006. Parametry wyznaczające przydatność odmian do konsumpcji i przetwórstwa. *Więś Jutra* 2 (91): 37 — 38.