

LESZEK DOMAŃSKI
BOGDAN FLIS
HENRYKA JAKUCZUN
EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Młochów

Zmienność cech technologicznych i morfologicznych bulw ziemniaka w potomstwie uzyskanym z krzyżowań interploidalnych $4x-2x$

Variation of processing quality and tuber morphology traits in potato progenies derived from interploid matings $4x-2x$

Trzy diploidalne rody ziemniaka wyselekcjonowane pod kątem zdolności do tworzenia męskich gamet $2n$ oraz wysokiej jakości kulinarnej (DG 03-131, DG 03-170) i zdolności do produkowania chipsów o jasnej barwie po długotrwałym przechowaniu bulw w niskiej temperaturze 4°C (DG 03-277) zostały wykorzystane jako formy ojcowskie w czterech krzyżowaniach $4x-2x$ z zaawansowanymi rodami tetraploidalnymi. Celem badań była: (1) ocena przydatności diploidalnych rodziców do tworzenia wartościowego tetraploidalnego materiału hodowlanego, (2) oszacowanie odziedziczalności w szerszym sensie (H) w nowo utworzonych potomstwach z krzyżowań $4x-2x$ dla trzech cech jakości przetwórczej i siedmiu cech morfologicznych bulw. W polu, w 2008 i 2009 r. wysadzono po cztery potomstwa z krzyżowań $4x-2x$ i $4x-4x$, ich rodzice oraz cztery odmiany wzorcowe. Każda rodzina była reprezentowana przez 20 rodów, rosnących na 3-krzakowych poletkach w trzech powtórzeniach. Wszystkie osiem rodzin zostało ocenione w układzie losowanych bloków. Potomstwa uzyskane z krzyżowań $4x-2x$ wykazywały wysoką fenotypową wariancję pod względem plonu bulw, zawartości skrobi, barwy chipsów, cech morfologicznych bulw oraz średnie do średnio wysokich współczynników odziedziczalności (H) tych cech. Rody DG 03-131 i DG 03-170 wytwarzały potomstwa, które miały wyższe średnie dla plonu bulw, zawartości skrobi i plonu skrobi niż średnia dla odmian wzorcowych. Ród DG 03-277 wytworzył potomstwo, którego średnia nota dla barwy chipsów była na poziomie średniej oceny dla odmiany Snowden, wiodącej dla typu „cold chipping”. Fakt ten wskazuje, że ród DG 03-277 może być wykorzystany jako forma rodzicielska do przeniesienia cechy „cold chipping” do tetraploidalnych potomstw w dalszych pracach hodowlanych.

Słowa kluczowe: diploidalny ziemniak, gamety $2n$, potomstwa $4x-2x$, fenotypowa zmienność, odziedziczalność, selekcja

Three diploid potato genotypes, selected for their ability to produce $2n$ male gametes culinary quality (DG 03-131, DG 03-170) and cold chipping ability (DG 03-277), were used as paternal forms in four $4x-2x$ crosses with advanced tetraploid selections. The research objectives were following: to

(1) determine ability of the diploid parents to generate valuable tetraploid breeding material, and (2) to estimate broad-sense heritability (H) based on clonal means in the newly developed progenies from $4x-2x$ crosses, for three traits of processing quality and seven traits of tuber morphology. The four $4x-2x$ and four $4x-4x$ families, their parents, and four control cultivars (cvs) were planted in the field in 2008–2009. Each family was represented by 20 clones, each one planted as 3-hills plot in three replicates. All eight progenies, their parents and control cvs were evaluated in randomized complete block design. Progenies derived from the $4x-2x$ matings indicated high phenotypic variance for tuber yield, starch content, chips colour and tuber morphology traits, and from medium to medium-high level of broad-sense heritability for these traits. The DG 03-131 and DG 03-170 produced progenies, which had better mean values for tuber yield, starch content, and starch yield than the control cvs. The progeny of DG 03-277 produced chips, which mean colour scores were on the level of cold chipping cv Snowden. It means that the genotype can be used for transmission of cold chipping to tetraploid progenies in further breeding.

Key words: diploid potato, gametes $2n$, progenies $4x-2x$, phenotypic variation, heritability, selection

WSTĘP

Prace hodowlane prowadzone nad ziemniakiem diploidalnym w IHAR Młochów od 1970 roku doprowadziły do uzyskania złożonych mieszańców międzygatunkowych, które są kompleksowym źródłem cech jakościowych i odpornościowych (Zimnoch-Guzowska, 2003; Jakuczun i Wasilewicz-Flis, 2006). Ta diploidalna germplazma *Solanum* wzbogaca zmienność tetraploidalnych materiałów wyjściowych (MW) w trzech wiodących kierunkach użytkowania ziemniaka: wysokie walory kulinarne, przydatność do przetwórstwa (chipsy, susze), wysoka zawartość skrobi. Wygodnym i bardzo efektywnym narzędziem do przeniesienia genetycznego potencjału diploidalnych komponentów rodzicielskich, tworzących funkcjonalne gamety $2n$, na potomstwo tetraploidalne jest krzyżowanie interploidalne $4x-2x$ (Thill i Peloquin, 1995; Hayes i Thill, 2002; Zimnoch-Guzowska, 2003; Jakuczun i Wasilewicz-Flis, 2006). Tą drogą, pula genowa tetraploidalnych MW w Młochowie została wzbogacona o odporność na wirus M ziemniaka i liściozwoju (Dziewońska i Waś, 1994), odporność na zarazę ziemniaka oraz mokrą zgniliznę bulw (Lebecka i in., 2004), wysoką zawartość skrobi oraz niską akumulację cukrów redukujących w bulwach (Domański i in., 2004, 2006).

W innych ośrodkach hodowlano-badawczych w wyniku krzyżowań $4x-2x$ nastąpił udany transfer alleli warunkujących odporność na mątwiki (Delleart i in., 1988), niską akumulację cukrów redukujących po przechowaniu bulw w niskich temperaturach (Ehlenfeldt i in., 1990; Thill i Peloquin, 1995; Hayes i Thill, 2002), wysoki ciężar właściwy (Haynes i in., 1995; Sterret i in., 2003), odporność na parcha zwykłego (Murphy i in., 1995), tolerancję na stres wysokiej temperatury (Veilleux i in., 1997; Sterret i in., 2003), odporność na alternariozę (Christ i in., 2002) oraz odporność na werciliozę (Frost i in., 2006).

Celem podjętych badań była: (1) ocena przydatności kolejnych trzech diploidalnych form ojcowskich do tworzenia wartościowych tetraploidalnych materiałów hodowlanych, (2) ocena odziedziczalności w szerszym sensie dla plonu oraz wybranych cech jakości technologicznej (zawartość skrobi, ciemnienie enzymatyczne, barwa chipsów z bulw przechowywanych w 4°C) i morfologii bulw w nowo-uzyskanych potomstwach z krzyżo-

wań $4x-2x$, (3) wstępna identyfikacja w ich potomstwie rodów o akceptowalnym (wysokim) poziomie plenności, cech technologicznych i jakości zewnętrznej bulw do przyszłych hodowlanych prac.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy obejmował 80 klonów, pochodzących z 4 kombinacji rodzicielskich typu $4x-2x$: M-62819 \times DG 03-131 (A), M-62819 \times DG 03-170 (B), M-62840 \times DG 03-170 (C), M-62840 \times DG 03-277 (D) oraz 80 klonów, pochodzących z 4 kombinacji typu $4x-4x$: Syrena \times Z-981905 (E), PS-03-IX-234 \times Z-980530 (F), M-62819 \times M-62849 (G), M-62819 \times Tokaj (H). Diploidalne formy rodzicielskie były złożonymi mieszającami 10 gatunków ziemniaka: *Solanum tuberosum*, *S. acaule*, *S. chacoense*, *S. demissum*, *S. gourlayi*, *S. goniocalyx*, *S. microdontum*, *S. phureja*, *S. stenotomum*, *S. stoloniferum*, *S. verrucosum*, *S. yungasense*. Rody DG 03-131 i DG 03-170 są formami typu jadalnego, o bardzo małej skłonności bulw do ciemnienia enzymatycznego i po ugotowaniu, dobrej smakowitości, regularnym kształcie bulw i płytkim ułożeniu oczek. Oba są odporne na wirus X ziemniaka, a ród DG 03-170 także na wirusy Y i liściozwoju ziemniaka oraz na raka ziemniaka. Ród DG 03-277 jest odporny na wirusy X i Y ziemniaka, charakteryzuje się wysoką zawartością skrobi, a ponadto jest formą typu "cold chipping", łączącą cechę niskiego poziomu cukrów redukujących po długotrwałym przechowaniu bulw w niskiej temperaturze (4°C) i posiadającą zdolność do produkowania chipsów o jasnej barwie. Wśród tetraploidalnych form matecznych, ród M-62819 wykazywał pozytywne efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej pod względem barwy chipsów (Domański i in., 2009), rody M-62840 i M-62849 charakteryzowały się podwyższoną zawartością skrobi i niską akumulacją cukrów redukujących po przechowaniu bulw w niskiej temperaturze (4°C), natomiast rody Z-981905 i Z-980530 były formami rodzicielskimi, które wykorzystywano przy tworzeniu materiałów hodowlanych przydatnych do przetwórstwa na frytki.

Podczas sprzętu siewek polowych w 2007 roku, z każdej z ośmiu rodzin pobrano indywidualnie plony 20 pierwszych pojedynków (klonów). W 2008 i 2009 roku materiały te wysadzono w polu doświadczalnym IHAR Odział Młochów w układzie losowanych bloków, w trzech powtórzeniach, na 3-krzakowych poletkach. Dodatkowo do poszczególnych rodzin dołączone były formy rodzicielskie i cztery odmiany wzorcowe, reprezentujące kierunek użytkowania jadalnego (Syrena, Tokaj) i przetwórczego na chipsy (Lady Claire i Snowden). Zastosowano typowy dla plantacji ziemniaka jadalnego program nawożenia i ochrony, natomiast nie stosowano deszczowania.

Plony bulw zbierano po osiągnięciu przez rośliny pełnej dojrzałości technologicznej, przy temperaturze powietrza i gleby powyżej 10°C. Oceniono 12 następujących cech: plon bulw, zawartość skrobi, plon skrobi, średni ciężar bulwy, ciemnienie enzymatyczne, barwę chipsów, wydłużenie bulw, spłaszczenie bulw, głębokość oczek, wygląd skórki, frekwencję bulw spiczastych, frekwencję bulw z objawami wtórnego wzrostu. Zawartość skrobi oznaczano metodą hydrostatyczną z całego plonu poletka. Cechy morfologiczne bulw, takie jak: wydłużenie bulw, głębokość oczek, wygląd skórki oceniano w skali 1–9

(Domański, 2001). Spłaszczenie bulw oceniano w skali 1–9, gdzie stopień 9 odpowiadał bulwom okrągłym na poprzecznym przekroju, a stopień 1 bulwom bardzo spłaszczonym, u których na przekroju poprzecznym stosunek osi dłuższej do osi krótszej wyniósł $>2,5$. Procentowy udział bulw spiczastych oraz bulw z objawami wtórnego wzrostu oznaczano w całkowitym plonie z poletka. Ciemnienie enzymatyczne oceniano wizualnie w skali 1–9 na przekroju podłużnym po 4 h ekspozycji w temperaturze 20°C, gdzie 9 oznacza brak ciemnienia. Test smażenia prowadzono bezpośrednio z bulw przechowywanych w temperaturze 4°C przez trzy miesiące. Chipsy produkowano laboratoryjnie, wycinając ze środkowej części każdej z dwóch bulw po dwa plastry, zgodnie z metodą zastosowaną w pracy Domańskiego i in. (2009).

Tabela 1

Wartości progowe dla 11 cech, zastosowane podczas selekcji potomstw 4x-2x i 4x-4x
The target values for 11 traits, applied at the selection of 4x-2x and 4x-4x progenies

Cecha Trait	Kierunek hodowli — Breeding specialization			
	jadalny table	przetwórczy processing	skrobiowy starch	baby potatoes
Plon bulw Tuber yield	≥ wzorzec ≥ control cvs	≥ wzorzec ≥ control cvs	≥ wzorzec ≥ control cvs	≥ wzorzec ≥ control cvs
Plon skrobi Starch yield			≥ wzorzec + NIR _{0,05} ≥ control cvs + LSD _{0,05}	
Zawartość skrobi (%) Starch content	12 – 17	16 – 20 ^{1/} 15 – 19 ^{2/}	≥ 18	12 – 17
Ciemnienie enzymatyczne (sk. 1-9) Enzymatic browning (1-9)	7 + NIR _{0,05} 7 + LSD _{0,05}	≥ 6,5	≥ 6,5	7 + NIR _{0,05} 7 + LSD _{0,05}
Barwa chipsów po przechowaniu bulw w 4°C (1–9) Chips colour after storage of tubers at 4°C (1–9)		6,5 ^{1/}		
Kształt bulw (sk. 1-9) Tuber shape (sc. 1-9)	2 – 7	2 – 5	2 – 7	2 – 9
Spłaszczenie bulw (1-9) Tuber flatness (1-9)	6,5 – 9	7 – 9	6,5 – 9	7 – 9
Regularność kształtu bulw (sk. 1-9) Regularity od tuber shape (1-9)	≥ 7 – NIR _{0,05} ≥ 7 – LSD _{0,05}	≥ 6,5 – NIR _{0,05} ≥ 6,5 – LSD _{0,05}	≥ 6	≥ 7 – NIR _{0,05} ≥ 7 – LSD _{0,05}
Głębokość oczek (sk. 1-9) Depth of eyes (1-9)	≥ 7 – NIR _{0,05} ≥ 7 – LSD _{0,05}	≥ 7 – NIR _{0,05} ≥ 7 – LSD _{0,05}	≥ 6	≥ 7 – NIR _{0,05} ≥ 7 – LSD _{0,05}
Wygląd skórki (sk. 1-9) Skin appearance (1-9)	≥ wzorzec ≥ control cvs	≥ 6	≥ 6	≥ wzorzec ≥ control cvs
Frekwencja bulw z wtórnym wzrostem (%) Frequency of tubers with the symptoms of secondary growth (%)	≤ 2,5	≤ 2,5	≤ 5	≤ 2,5

1/ Dla kierunku przetwórczego na chipsy; For chip processing

2/ Dla kierunku przetwórczego na susze; For dried processing

Charakterystykę fenotypowej zmienności poszczególnych cech zarówno na poziomie rodzin, jak wewnątrz rodzin przeprowadzono za pomocą klasycznych dwukierunkowych analiz wariancji według modelu mieszanego. Efekty środowiskowe i interakcyjne potraktowano jako losowe, natomiast efekty rodzin, względnie rodów jako stałe. Wyodrębnienie rodów wykazujących heterozję względem lepszego rodzica przeprowadzono za pomocą testu Dunnetta. Odziedziczalność w szerszym sensie (H) obliczano na bazie średnich klonowych wewnątrz rodzin (Nyquist, 1991) jako: $H = \sigma^2C / (\sigma^2C + \sigma^2CY / y + \sigma^2e / ry)$,

gdzie: σ^2C = wariancja klonów, σ^2CY = wariancja klony \times lata, σ^2e = wariancja błędur, = liczba powtórzeń, y = liczba lat.

Uzyskane oceny potomstwa z rodzin $4x-2x$ i $4x-4x$ były podstawą do przeprowadzenia selekcji metodą niezależnych poziomów brakowania. Wartości progowe cech zastosowane podczas selekcji na trzy główne kierunki hodowlane ziemniaka: ziemniaka jadalnego, ziemniaka dla przetwórstwa spożywczego, ziemniaka skrobiowego, a także ziemniaka bardzo młodego, o drobnych, kształtnych i wyrównanych pod względem pod względem wielkości bulwach, tzw. „baby potatoes” (Carlson i Kirby, 2005), zestawiono w tabeli 1. Baby potatoes przeznaczone są do niszowej produkcji dla restauratorów i sieci hoteli. Wpływ typów krzyżowań na frekwencję rodów zachowanych do dalszych prac hodowlanych analizowano za pomocą testu χ – kwadrat.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki dwukierunkowej analizy wariancji dla 12 cech na poziomie rodzin, opartej na modelu mieszanym przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Tabela 2

Analiza wariancji dla plonu i trzech cech technologicznej wartości bulw ziemniaka wśród rodzin $4x-2x$ i $4x-4x$
Analysis of variance for tuber yield and the three technological traits of potato tubers among families $4x-2x$ and $4x-4x$

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody DF	Średni kwadrat — Mean squares					
		plon bulw tuber yield	plon skrobi yield of starch	zawartość skrobi starch content	barwa chipsów chip colour	ciemnienie enzymatyczne enzymatic browning	średni ciężar bulwy mean tuber weight
Lata — Years (Y)	1	149,64	1,57	0,27*	1,64**	9,01**	577,55**
Bloki w latach Reps (years)	4 (2)#	50,27	23,74	0,01	0,04	0,02	23,48
Rodziny — Families	7	556,96*	422,50*	15,56**	6,11**	0,61*	784,91**
Rodziny $4x-2x$ Families $4x-2x$	3	1090,19*	510,49*	6,33**	10,74**	1,15**	444,99*
Rodziny $4x-4x$ Families $4x-4x$	3	184,77	356,47*	26,82**	0,73	0,26	1112,29**
Rodziny $4x-2x$ a $4x-4x$ Families $4x-2x$ vs $4x-4x$	1	73,83	356,65	9,49**	9,19**	0,07	822,54*
Rodziny \times Lata Families \times Years	7	139,61**	75,85**	0,32**	0,18	0,07**	91,14**
Błąd — Error	28	27,93	9,55	0,05	0,18	0,01	25,07
Srednia dla rodzin $4x-2x$ Mean for families $4x-2x$		3,53	61,45	17,4	5,4	7,5	73,8
Srednia dla rodzin $4x-4x$ Mean for families $4x-4x$		3,34	54,77	16,3	6,3	7,4	81,7
Odziedziczalność (H) (średnio dla $4x-2x$) Broad-sense heritability (mean for $4x-2x$)		0,69	0,68	0,77	0,76	0,50	0,65

*, ** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$ # W nawiasie podano DF dla plonu skrobi i zawartości skrobi

*, ** Significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively # In the brackets DF for yield of starch and starch content are given

Tabela 3

Analiza wariancji dla cech morfologicznych bulw ziemniaka wśród rodzin 4x-2x i 4x-4x
Analysis of variance for traits of tuber morphology among families 4x-2x and 4x-4x

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody DF	Średni kwadrat — Mean squares					
		wydłużenie bulw tuber elongation	spłaszczenie bulw tuber flatness	głębokość oczek depth of eyes	wygląd skórki skin appearance	frekwencja bulw ^a frequency of tubers with	
						spiczastych pointed ends	z objawami wtórnego wzrostu symptoms of second growth
Lata Years	1	0,05	0,05	0,10	0,01	42,34**	292,05**
Bloki w latach Rep(years)	4	0,17	0,05	0,02	0,01	0,78	3,14
Rodziny Families	7	4,13**	0,19**	0,53**	0,22**	41,08	108,37**
Rodziny 4x-2x Families 4x-2x	3	0,44*	0,15**	0,96**	0,37**	13,10	4,00
Rodziny 4x-4x Families 4x-4x	3	3,79**	0,30**	0,23**	0,13*	57,43*	230,14**
Rodziny 4x-2x a 4x-4x Families 4x-2x vs 4x-4x	1	16,22**	0,02	0,16*	0,08	76,00*	56,20
Rodziny × Lata Families × Years	7	0,08	0,02	0,02*	0,02	12,58**	13,91*
Błąd Error	28	0,08	0,02	0,01	0,01	0,75	4,11
Średnia dla rodzin 4x-2x Mean for families 4x-2x		3,93	6,90	6,58	6,43	0,60	2,75
Średnia dla rodzin 4x-4x Mean for families 4x-4x		5,20	6,83	6,68	6,50	1,58	4,43
Odziedziczalność (H) (średnio dla 4x-2x) Broad-sense heritability (H) (mean for 4x-2x)		0,88	0,78	0,74	0,54	0,42	0,49

*, ** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively

^a Transformacja Bliss; ^a Bliss' transformation

Stwierdzono istotną zmienność między rodzinami dla każdej z rozpatrywanych cech, z wyjątkiem frekwencji bulw spiczastych. Po podziale sumy kwadratów z tego źródła zmienności stwierdzono, że zróżnicowanie rodzin 4x-2x było istotne w przypadku wszystkich cech, z wyjątkiem frekwencji bulw spiczastych i bulw z objawami wtórnego wzrostu. Rodziny 4x-4x nie wykazywały istotnego zróżnicowania pod względem trzech ważnych cech użytkowych, tj. plonu bulw, barwy chipsów i ciemnienia enzymatycznego, niemniej jednak średnie wartości tych cech były na wysokim poziomie w każdej z tych rodzin (tab. 4 i 5). Kontrast porównujący rodziny 4x-2x z rodzinami 4x-4x był istotny w przypadku takich cech jak: średnia masa bulwy, zawartość skrobi, barwa chipsów, wydłużenie bulw, głębokość oczek i frekwencja bulw spiczastych (tab. 2 i 3). Średnie wartości dla potomstwa z wszystkich rodzin 4x-2x nie różniły się istotnie od średnich potomstwa z rodzin 4x-4x w odniesieniu do: plonu bulw i skrobi, ciemnienia enzymatycznego, spłaszczenia bulw, wyglądu skórki i frekwencji bulw z objawami wtórnego wzrostu. Potomstwa z rodzin 4x-2x w porównaniu do potomstw z rodzin 4x-4x

charakteryzowały się natomiast wyższą zawartością skrobi, niższym ciężarem bulwy, mniejszym wydłużeniem bulw, nieco głębszymi oczkami i ciemniejszą barwą chipsów oraz mniejszą skłonnością do formowania bulw spiczastych.

Tabela 4

Zmienność potomstwa wewnątrz rodzin 4x-2x i 4x-4x oraz jego przegląd pod kątem obecności rodów wykazujących heterozję względem lepszego rodzica (LR) dla plonu bulw, skrobi i średniego ciężaru bulwy

Variation within families 4x-2x and 4x-4x, and their review for the presence of clones with heterosis in respect to the better parent (LR) for yield and mean tuber weight

Cecha Trait	Rodzina Family	Średnia Mean	Min	Max	Wariancja Variance		Liczba rodów z ocenami > LR No of clones with stores > LR	Średnie rodzin wyrażone w % Family mean expressed as % of		
					rody clones	rody x lata clones x years		LR	WZ	
Plon bulw (kg/krzaki) Tuber yield (kg/ 3-hills)	4x-2x	A	4,10	2,30	5,41	4,87**	2,38**	0	90,3	112,9
		B	3,50	2,29	4,53	2,00	0,95**	0	77,1	96,4
		C	3,93	2,68	5,10	3,29*	1,18	0	97,5	108,3
		D	2,59	0,57	4,51	7,87**	1,15**	0	64,3	71,3
	4x-4x	E	3,63	1,20	4,92	3,89*	1,73**	0	81,4	100,0
		F	3,05	1,65	4,65	1,92	1,17**	0	78,4	84,0
		G	3,16	1,79	4,30	2,51	1,48**	0	69,6	87,1
		H	3,52	1,71	4,49	3,00*	1,08**	0	77,5	97,0
Plon skrobi (dag/poletko) Yield of starch (dag/ plot)	4x-2x	A	75,33	36,69	104,50	1633,59**	463,79**	0	80,4	137,8
		B	59,62	35,08	77,16	570,57*	217,39**	0	63,6	108,7
		C	62,99	33,59	87,98	775,58	401,14**	0	79,4	114,8
		D	47,86	10,05	88,23	2228,26**	288,05**	0	60,3	87,2
	4x-4x	E	53,31	14,85	80,42	1022,68*	469,48**	0	78,2	97,2
		F	42,01	22,55	62,59	416,26	302,26**	0	66,8	76,6
		G	62,94	33,49	83,20	781,58	446,09**	0	67,2	114,7
		H	60,81	25,71	94,98	1029,01**	256,50**	0	64,9	110,8
Średni ciężar bulwy (g) Mean tuber weight (g)	4x-2x	A	64,80	39,10	93,30	1056,86**	170,22	1	82,9	65,5
		B	68,00	44,10	94,80	1218,79**	314,09**	0	87,0	68,7
		C	82,60	67,20	104,20	647,99	522,87**	0	58,9	83,4
		D	79,70	38,80	112,10	2385,19**	453,46**	0	56,8	80,5
	4x-4x	E	86,80	25,80	138,70	2552,28**	259,38	0	71,0	87,7
		F	98,10	58,20	135,60	1583,83	823,17*	1	113,5	99,1
		G	74,90	43,10	108,80	1992,73	937,47**	1	81,9	75,7
		H	67,00	44,10	103,70	1192,13*	545,59**	0	71,4	67,7

*, ** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significant at $\alpha = 0,05$ and $\alpha = 0,01$, respectively

WZ — Wzorzec zbiorowy: Syrena, Snowden, Tokaj; Control cvs: Syrena, Snowden, Tokaj

Oszacowane w obrębie rodzin 4x-2x współczynniki odziedziczalności w szerszym sensie wskazywały na dość wysoki stopień genetycznego uwarunkowania dla: zawartości skrobi, ($H = 0,77$), barwy chipsów ($H = 0,76$), średniego ciężaru bulwy ($H = 0,65$), wydłużenia bulw ($H = 0,88$), spłaszczenia bulw ($H = 0,78$ i głębokości oczek ($H = 0,74$). Wynik ten jest zgodny z oszacowaniami uzyskanymi przez innych badaczy (Gopal i in., 1992; Pereira i in., 1995; Love i in., 1997).

Tabela 5

Zmienność potomstwa wewnątrz rodzin 4x-2x i 4x-4x oraz jego przegląd pod kątem obecności rodów wykazujących heterozję względem lepszego rodzica (LR) dla cech technologicznych
Variation within families 4x-2x and 4x-4x, and their review for the presence of clones with heterosis in respect to the better parent (LR) for the technological traits

Cecha Trait	Rodzina Family	Średnia Mean	Min	Max	Wariancja Variance		Liczba rodów z ocenami > LR No of clones with scores > LR	Średnie rodzin wyrażone w % Family mean expressed as % of			
					rody clones	rody × lata clones × years		LR	WZ		
Zawartość skrobi (%) Starch content (%)	4x-2x	A	17,9	15,6	19,7	5,71**	0,97	0	87,7	116,2	
		B	16,9	14,8	19,0	4,91**	1,27**	0	82,8	109,7	
		C	16,4	13,6	19,7	11,04**	2,07**	0	82,0	106,5	
		D	18,5	15,1	21,4	8,56*	2,62**	0	92,5	120,1	
	4x-4x	E	14,5	11,6	16,4	9,83*	3,79**	0	98,0	94,2	
		F	13,7	11,6	14,9	4,17	2,74**	0	87,8	89,0	
		G	19,5	14,6	22,8	16,12**	4,78**	0	95,6	126,6	
		H	17,6	12,4	21,7	16,59**	3,24**	0	86,3	114,3	
Barwa chipsów (sk. 1-9, 9 = jasna) Chip colour (sc. 1-9, 9 = light)	4x-2x	A	5,0	2,7	6,9	9,56**	1,10**	0	71,4	70,4	
		B	5,0	3,4	6,3	3,15*	1,19**	0	71,4	70,4	
		C	4,1	2,9	5,9	4,72**	1,40**	0	61,2	57,7	
		D	7,3	5,9	8,1	3,01**	0,50**	0	90,1	102,8	
	4x-4x	E	5,9	4,3	7,0	2,95*	1,05**	0	90,8	83,1	
		F	6,4	5,3	7,6	2,11*	0,88**	0	98,5	90,1	
		G	6,6	5,1	8,2	3,45**	0,69**	1	94,3	93,0	
		H	6,1	5,0	7,1	1,97	1,10**	0	87,1	85,9	
CE (sk. 1-9, 9 = nieciemniejące) Enzymatic browning sc. 1-9, 9-no browning	4x-2x	A	7,8	7,3	8,3	0,47	0,26**	0	101,3	105,4	
		B	7,8	6,5	8,2	0,89*	0,30**	0	98,7	105,4	
		C	7,6	7,0	8,1	0,45	0,27**	0	96,2	102,7	
		D	6,9	6,0	7,4	0,91*	0,39**	0	94,5	93,2	
		4x-4x	E	7,5	6,9	8,0	0,31	0,18**	0	100,0	101,4
			F	7,1	6,3	7,9	0,66*	0,28**	0	95,9	95,9
			G	7,6	7,0	8,1	0,44	0,23**	0	98,7	102,7
			H	7,5	6,7	8,3	0,81**	0,22**	0	94,9	101,4

*, ** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significant at $\alpha = 0,05$ and $\alpha = 0,01$, respectively

CE — Ciemnienie enzymatyczne; Enzymatic browning

WZ — Wzorzec zbiorowy: Syrena, Snowden, Tokaj (dla wszystkich cech z wyjątkiem barwy chipsów) Lady Claire,

Snowden, Tokaj (dla barwy chipsów); Control cvs: Syrena, Snowden, Tokaj (for all traits with exception of chip colour)

Lady Claire, Snowden, Tokaj (for chip colour)

Fenotypową zmienność wewnątrz każdej z rodzin 4x-2x dla 12 rozpatrywanych cech ilustrują tabele 4, 5 i 6. Na 48 przeprowadzonych łącznych analiz wariancji dla czterech rodzin pochodzących z krzyżowań 4x-2x, istotne zróżnicowanie rodów stwierdzono w 37 przypadkach. Występowało ono w następujących rodzinach: A, C, D dla plonu bulw; A, B, D dla plonu skrobi i średniego ciężaru bulwy; A, B, C, D dla wydłużenia i spłaszczenia bulw, oraz głębokości oczek; B i D dla wyglądu skórki; A i C dla frekwencji bulw spiczastych, C i D dla frekwencji bulw z wtórnym wzrostem.

Tabela 6

Zmienność potomstwa wewnątrz rodzin 4x-2x i 4x-4x oraz jego przegląd pod kątem obecności rodów wykazujących heterozję względem lepszego rodzica (LR) dla cech morfologicznych bulw
Variation of progenies within families 4x-2x and 4x-4x, and their review for the presence of clones with heterosis in respect to the better parent (LR) for traits of tuber morphology

Cecha Trait	Rodzina Family		Średnia Mean	Min	Max	Wariancja Variance		Liczba rodów z ocenami > LR No of clones with scores >LR	Średnie rodzin wyrażone w % Family mean expressed as % of	
	2	3				7	8		LR	WZ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Wydłużenie bulw (sk. 1-9, 9 = podłużne) Tuber elongation (sc. 1-9, 9 = long)	4x-2x	A	3,9	2,6	4,8	1,555**	0,327	1	97,5	83,0
		B	3,7	1,9	6,2	7,157**	0,313	2	92,5	78,7
		C	4,3	1,8	6,7	9,840**	1,036	3	91,5	91,5
		D	3,8	2,3	6,8	5,353**	0,388	1	80,9	80,9
	4x-4x	E	6,1	2,5	9,0	9,692**	1,704**	0	82,4	129,8
		F	5,8	4,5	8,6	3,501*	1,464**	1	82,9	123,4
		G	4,8	2,0	7,1	11,394**	1,827**	2	90,6	102,1
		H	4,1	2,2	7,0	6,506**	0,526	0	87,2	87,2
Spłaszczenie bulw (sk. 1-9, 9 = okrągłe na poprzecznym przekroju) Tuber flatness (sc. 1 = 9, 9 = round at transversal section)	4x-2x	A	6,8	6,5	7,3	0,312**	0,050	2	98,6	98,6
		B	6,7	6,1	7,3	0,520**	0,109*	0	97,1	97,1
		C	7,1	6,7	7,5	0,387*	0,144**	0	100,0	102,9
		D	7,0	6,6	7,6	0,576**	0,090	2	98,6	101,4
	4x-4x	E	7,0	6,0	7,8	0,761**	0,212	0	88,6	101,4
		F	6,9	6,3	7,4	0,509	0,479*	0	97,2	100,0
		G	6,7	6,2	7,3	0,567**	0,131**	0	97,1	97,1
		H	6,7	5,8	7,4	0,540**	0,076	0	97,1	97,1
Głębokość oczek (sk. 1-9, 9 = b. płytkie) Depth of eye (sc. 1 - 9, 9 = very shallow)	4x-2x	A	6,7	6,2	7,2	0,552**	0,191**	0	95,7	106,3
		B	6,9	6,4	7,3	0,337**	0,067	0	93,2	109,5
		C	6,7	6,1	7,3	0,527**	0,142**	0	90,5	106,3
		D	6,0	5,5	6,8	0,800**	0,190**	0	92,3	95,2
	4x-4x	E	6,8	5,9	7,4	0,438**	0,131**	0	98,6	107,9
		F	6,6	6,0	7,3	0,439**	0,064	0	90,4	104,8
		G	6,8	6,1	7,4	0,723**	0,146**	0	97,1	107,9
		H	6,5	5,8	7,2	0,727**	0,260**	0	92,9	103,2
Wygląd skórki (sk. 1-9 = cienka, błyszcząca) Skin appearance (sc. 1-9, 9 = very thin and shine)	4x-2x	A	6,5	6,2	7,0	0,286	0,169**	0	95,6	104,8
		B	6,7	6,3	7,1	0,343**	0,091**	0	98,5	108,1
		C	6,4	6,1	6,7	0,184	0,095*	0	95,5	103,2
		D	6,1	5,8	6,4	0,135*	0,062*	0	92,4	98,4
	4x-4x	E	6,7	6,1	7,2	0,230	0,153	0	101,5	108,1
		F	6,3	5,7	6,8	0,348*	0,150**	0	92,6	101,6
		G	6,5	6,1	7,0	0,353*	0,130**	0	95,6	104,8
		H	6,5	6,0	6,8	0,288*	0,129*	0	95,6	104,8
Frekwencja bulw spiczastych w plonie (%) Frequency of tubers with pointed ends in total yield (%)	4x-2x	A	0,8	0,0	5,0	75,093*	27,612	0	100,7	99,7
		B	0,6	0,0	3,3	43,904	82,341**	0	101,9	100,0
		C	0,9	0,0	5,1	130,341**	28,284	0	99,7	99,7
		D	0,1	0,0	1,8	35,983	39,121	0	99,9	100,5
	4x-4x	E	2,8	0,0	17,6	234,478**	61,632**	0	97,2	97,8
		F	1,6	0,0	11,6	148,348*	60,471*	0	98,4	99,0
		G	1,7	0,0	10,7	173,302**	56,744*	0	100,8	98,9
		H	0,2	0,0	1,9	27,371	24,371	0	100,9	100,4

c. d. Tabela 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Frekwencja bulw z objawami wtórnego wzrostu (%)	4x-2x	A	2,4	0,4	12,1	125,365	60,455*	0	99,7	101,2
		B	2,8	0,2	10,4	86,909	119,118**	0	98,9	100,4
		C	2,4	0,7	28,4	334,697**	85,131*	0	100,1	100,8
		D	3,4	0,0	21,0	251,536**	81,786**	0	97,3	99,8
Frequency of tubers with symptoms of second growth (%)	4x-4x	E	4,5	0,0	21,6	203,543	125,917**	0	101,8	98,7
		F	10,0	1,9	32,2	244,828	136,799	0	80,6	82,6
		G	0,6	0,0	6,6	119,625**	21,514	0	99,9	102,7
		H	2,6	0,0	38,9	107,966	136,966	0	99,1	100,6

*, **Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively

W rodzinach 4x-4x, stanowiących tło do porównań z rodzinami 4x-2x, istotne różnicowanie stwierdzono w 32 przypadkach na 48 przeprowadzonych łącznych analiz wariancji. Istotne różnicowanie rodów wśród rodzin 4x-4x występowało rzadziej w przypadku: plonu bulw i skrobi oraz średniej masy bulwy (tab. 4); barwy chipsów (tab. 5); natomiast częściej w przypadku frekwencji bulw spiczastych w plonie (tab. 6). Występowanie interakcji rody \times lata było powszechne zarówno w rodzinach 4x-2x, jak i w rodzinach 4x-4x dla: plonu bulw i skrobi oraz średniej masy bulwy i cech technologicznych, a także głębokości oczek i wyglądu skórki. Nie stwierdzono interakcji rody \times lata w rodzinach 4x-2x dla wydłużenia bulw oraz frekwencji bulw spiczastych, podczas gdy występowała ona w rodzinach 4x-4x. W przypadku cechy spłaszczenia bulw interakcję rody \times lata stwierdzono w dwóch rodzinach 4x-2x i 4x-4x, a więc była ona umiarkowana.

Oszacowywanie efektów interakcji genotypy \times lata ($G \times L$) z serii doświadczeń było wielokrotnie przedmiotem zainteresowania w pracach hodowlanych nad ziemniakiem (Pereira i in., 1995; Haynes i in., 1995; Bradshaw, 1997; Love i in., 1997; Haynes, 2008), jak również nad innymi gatunkami roślin (Fox i in., 1997; Adamska i in., 2000; Bujak i in., 2003; Mądry i in., 2006). Wariancja ($G \times L$) jest wykorzystywana do przewidywania powtarzalności różnicowania średnich genotypowych w latach uprawy i do wyznaczania wymaganej liczby lat w serii doświadczeń (Mądry i in., 2006).

Średnie badanych rodzin 4x-2x i 4x-4x nie przekraczały średnich lepszego rodzica w żadnej z rozpatrywanych cech. Jedyny wyjątek dotyczył średniego ciężaru bulwy rodziny F, gdzie odnotowano przewagę średniej rodziny względem lepszego rodzica o 13,5%. Test Dunnetta potwierdził obecność wśród rodzin 4x-2x siedmiu rodów, które wykazywały efekt heterozji w odniesieniu do wydłużenia bulw i czterech rodów w odniesieniu do spłaszczenia bulw.

Średnie z rodzin A, C przekraczały poziom odmian wzorcowych pod względem plonu bulw, a rodzin A, B, C pod względem plonu skrobi, ciemnienia enzymatycznego, głębokości oczek i wyglądu skórki. Średnia ocena barwy chipsów potomstwa rodziny D przekraczała średnią odmian wzorcowych, z których odmiany Lady Claire i Snowden są szeroko wykorzystywane do produkcji chipsów przez przemysł przetwórczy (Love i in., 1988; Zgórska, 2005).

Trzy diploidalne rody, analizowane w tej pracy tworzyły w swoim potomstwie wartościowe rody 4x zarówno w typie użytkowym jadalnym, przetwórczym, jak i skrobiowym (tab. 7). Przy zastosowanych kryteriach selekcji, uwzględniających plon i

jakość bulw, wyselekcjonowano w dwóch typach użytkowania, skrobiowym i „baby potatoes” wartościowe rody ze znacznie wyższą częstością z krzyżowań $4x-2x$ niż z krzyżowań $4x-4x$. W wytworzeniu 60 wartościowych rodów, pochodzących po 2x rodzicach, udział form DG 03-131, DG 03-170 i DG 03-277 wyniósł odpowiednio: 25%, 53%, 22%. Udział formy DG 03-170 był dominujący w wytworzeniu rodów jadalnych i rodów przydatnych do przetwórstwa na susze, natomiast rody przydatne do przetwórstwa na chipsy i skrobię pochodziły głównie od formy rodzicielskiej DG 03-277. W potomstwie uzyskanym z krzyżowania diploidalnej formy ojcowskiej DG 03-131 z tetraploidalną formą mateczną M-62819, o wysokiej zawartości skrobi i pozytywnych efektach GCA dla barwy chipsów, występowały głównie rody skrobiowe i rody przydatne do przetwórstwa. Grupa poprzednio zidentyfikowanych w IHAR Oddział Młochów wartościowych diploidalnych form rodzicielskich (Domański i in., 2000; Domański i in., 2006a, Domański i in., 2006b) została więc wzbogacona o dalsze trzy genotypy.

Tabela 7

Przebieg selekcji potomstwa uzyskanego z krzyżowań $4x-2x$ i $4x-4x$ prowadzonej metodą niezależnych poziomów brakowania (drugie wegetatywne rozmnożenie)
The results of selection of progenies $4x-2x$ and $4x-4x$ with the method of independent culling levels (the second clonal generation)

Rodzaj materiału Type of material	Ogólna liczba rodów / % Total number of clones / %	Liczba rodów spełniających kryteria selekcyjne na kierunek hodowli Number of clones meeting target values for breeding specialization				
		jadalny table	przetwórczy processing	skrobiowy starch	baby potatoes	razem total
Potomstwa $4x-2x$	80	14	21	15	10	60
Progenies $4x-2x$	%	17,5	26,3	18,8	12,5	75,0
Potomstwa $4x-4x$	80	16	17	7	2	42
Progenies $4x-4x$	%	20,0	21,3	8,8	2,5	52,5
Wartość chi-kwadrat Chi-square value		0,04	0,31	2,58	4,41*	7,82**

*, **Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively

WNIOSKI

- Diploidalne formy rodzicielskie DG 03-131, DG 03-170 i DG 03-277 w krzyżowaniach z tetraploidalnymi formami matecznymi wykazały dobrą przydatność do tworzenia wartościowego potomstwa, odpowiedniego do dalszych prac hodowlanych w kierunkach przetwórstwa spożywczego, skrobiowym i jadalnym. Przydatność ta wyrażała się:
 - wysoką fenotypową wariacją w odniesieniu do plonu, zawartości skrobi, barwy chipsów i cech morfologicznych bulw,
 - dość wysoką odziedziczalnością dla: zawartości skrobi ($H = 0,77$), barwy chipsów ($H = 0,76$), wydłużenia bulw ($H = 0,88$), głębokości oczek ($H = 0,74$).
- Z krzyżowań $4x-2x$, z udziałem rodów DG 03-131 i DG 03-170 uzyskano potomstwa charakteryzujące się plonem bulw, zawartością skrobi i plonem skrobi przekraczającym poziom odmian wzorcowych.

3. Diploidalny ród DG 03-277 w kombinacji rodzicielskiej z tetraploidalną formą mateczną M-62840 przekazywał na potomstwo cechę jasnej barwy chipsów, uzyskanych z bulw przechowywanych przez trzy miesiące w niskiej temperaturze 4°C.

LITERATURA

- Adamska E., Cegielska-Taras T., Kaczmarek Z. 2000. Analiza plonu wybranych linii DH rzepaku ozimego na podstawie dwuletniej serii doświadczeń wielokrotnych. Biul. IHAR 216/2: 469 — 476.
- Bradshaw J.E. 1994. Quantitative genetics theory for tetrasomic inheritance. In: Bradshaw J. E., Mackay G. R. (Eds). Potato genetics, CAB International, Wallingford, UK: 71 — 99.
- Bujak H., Kaczmarek J., Chrzanowska-Drózd B., Liszewski M. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania jęczmienia ozimego na Dolnym Śląsku. Biul. IHAR 226/227: 233 — 242.
- Carlson H. L., Kirby D. 2005. Development of cultural techniques for production of baby potatoes. <http://groups.ucanr.org/intermountain/files/38418.pdf>.
- Christ B. J., Haynes K. G., Vinyard B. T. 2002. Inheritance of early resistance from open-pollinated 4x-2x potato hybrids. Amer. J of Potato Res 79: 403 — 410.
- Delleart L. M. W., Vineke H., Meyer K. 1988. The inheritance of resistance to the potato cyst nematode *G. pallida* Pa 3 in wild *Solanum* species with broad spectrum resistance. Euphytica Suppl.: 105 — 116.
- Domański L., Domańska M., Jakuczun H. 2000. Ocena potomstw i klonów ziemniaka uzyskanych z krzyżowań interploidalnych (4x-2x). Biul. IHAR 216: 497 — 503.
- Domański L. 2001. Assessment of morphological characters of potato tuber. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR 10 a: 92 — 95.
- Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Domańska M., Jakuczun H., Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2004. The development of cold chip ping potato parental lines for breeding cultivars suitable for processing. Plant Breed. Seed Sci. 49: 91 — 100.
- Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Domańska M., Jakuczun H. 2006a. Efekt heterozji diploidalnego rodu ziemniaka DG.97-943 typu „cold-chipping” tworzącego gamety 2n. Biul. IHAR 240/241:307 — 313.
- Domański L., Jakuczun H., Zimnoch-Guzowska E., Flis B. 2006b. Przydatność dwóch diploidalnych form rodzicielskich ziemniaka do tworzenia tetraploidalnego potomstwa typu „cold chipping”. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 511:115 — 121.
- Domański L., Flis B., Jakuczun H., Zimnoch-Guzowska E. 2009. Ocena postępu hodowlanego pod względem wartości przetwórczej materiałów wyjściowych ziemniaka wytworzonych w latach 1999–2007. Biul. IHAR 252: 275 — 283.
- Dziewońska M. A., Waś M. 1994. Diploid genotype DW.84-1457 highly resistant to potato leafroll virus (PLRV). Potato Res. 37: 217 — 224.
- Ehlenfeldt M. K., Lopez-Portilla D. F., Boe A. A., Johansen R. H. 1990. Reducing sugar accumulation in progeny families of cold chipping potato clones. Am. Potato J. 67: 83 — 91.
- Fox P. N., Crossa J., Romagosa I. 1997. Multi-environment testing and genotype × environment interaction. In: Kempton R.A., Fox P.N. (Eds). Statistical methods for plant variety evaluation. Chapman and Hall, London: 117 — 137.
- Frost K. E., Jansky S.H., Rouse D.I. 2006. Transmission of *Verticillium* wilt resistance to tetraploid potato via unilateral sexual polyploidization. Euphytica 149:281 — 287.
- Gopal J., Gaur P. C., Rana M.S. 1992. Early generation selection for agronomic characters in a potato breeding programme. Theor. Appl. Genet. 84:709 — 713.
- Hayes R. J., Thill C.A. 2002. Introgression of cold (4 C) chipping from 2x (2 Endosperm Balance Number) potato species into 4x(4EBN) cultivated potato using sexual polyploidization. Amer. J. Potato Res. 79: 421 — 431.
- Haynes K.G., Wilson D.R., Kang M. S. 1995. Genotype × environment interactions for specific gravity in diploid potatoes. Crop Sci. 35: 977 — 981.
- Haynes K.G. 2008. Heritability of chip color and specific in a long-day adapted *Solanum phureja* – *S. stenotomum* population. Am. J. Pot. Res. 85: 361 — 366.

- Jakuczun H., Wasilewicz-Flis I. 2006. Przenoszenie zmienności genetycznej wybranych cech z Ziemiaka diploidalnego na poziom tetraploidalny w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w latach 1996–2005. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 511: 131 — 140.
- Lebecka R., Zimnoch-Guzowska E., Kaczmarek Z. 2004. Resistance to soft rot (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) in tetraploid potato families obtained from 4x-4x crosses. *Am. J. Pot. Res.* 82: 107 — 114.
- Love S. L., Werner B. K., Pavek J. J. 1997. Selection for individual traits in the early generations of potato breeding program dedicated to producing cultivars with tubers having long shape and russet skin. *Am. Potato J.* 74: 199 — 213.
- Love S. L., Pavek J. J., Thompson-Johns A., Nohl W. 1998. Breeding progress for potato chip quality in North American cultivars. *Am. J. of Potato Res.* 75: 27 — 36.
- Mądry W., Talbot M., Ukalski K., Drzazga T., Iwańska M. 2006. Podstawy teoretyczne znaczenia efektów genotyp[owych i interakcyjnych w hodowli roślin na przykładzie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR 240/241*: 13 — 32.
- Nyquist W. E. 1991. Estimation of heritability and of selection response In plant breeding populations. *Critical Reviews in Plant Sciences* 10: 235 — 322.
- Pereira A. S., Tai G. C. C., Yada R. Y., Coffin R. H., Souza-Machado V. 1995. Genetic advance for chip colour in potatoes. *Euphytica* 84: 133 — 138.
- Sterret S. B., Henniger M. R., Yenko G. C., Lu W., Vinyard B. T., Haynes K. G. 2003. Stability of internal heat necrosis and specific gravity in tetraploid × diploid potatoes. *Crop Sci.* 43:790 — 796.
- Thill C. A., Peloquin S. J. 1995. Tetraploid potato clones with 25% wild species germplasm that produces cold (4°C) chipping progenies. *Am. Potato J.* 72: 659.
- Veileux R. E., Paz M. M., Levy D. 1997. Potato germplasm development for warm climates; genetic enhancement of tolerance to heat stress. *Euphytica* 98: 83 — 92.
- Zgórska K. 2005. Odmiany ziemniaka wykorzystywane do przetwórstwa spożywczego w Polsce i UE. *Więś Jutra* 2 (79): 34 — 35.
- Zimnoch-Guzowska E. 2003. Wykorzystanie form diploidalnych ziemniaka w pracach hodowlanych i genetycznych. *Post. Nauk Rol.* 1: 47 — 66.