

LESZEK DOMAŃSKI**EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Młochów

Ocena półrodzeństw i zróżnicowanie rodów ziemniaka pod względem masy kiełków formowanej w trakcie sezonu przechowalniczego

Half-sib progeny evaluation and variability of potato breeding lines in respect to the mass of sprouts developed during storage season

Celem tych badań było: (1) scharakteryzowanie zmienności wśród puli rodów ziemniaka pod względem masy kiełków formowanej w trakcie sezonu przechowalniczego, (2) określenie czy występuje zróżnicowanie wśród półrodzeństw w populacji hodowlanej IHAR O/Młochów, selekcyonowanej na jakość przetwórczą. Materiał badawczy obejmujący 81 genotypów (72 nowe rody i 9 odmian wzorcowych) oceniono w dwóch powtórzeniach, w układzie całkowicie losowym. Masę kiełków oznaczano na czterokilogramowych próbkach bulw, o kalibrze handlowym po czterech miesiącach przechowywania w 5–6°C i wilgotności względnej 75%. Stwierdzono istotne zróżnicowanie zarówno wśród rodów, jak i odmian. Łączna analiza wariancji wykazała, że interakcja genotypy × lata była istotna. Siedemdziesiąt cztery procent z 72 ocenianych rodów oraz odmiany Baszta i Syrena zostały sklasyfikowane jako formy z małą skłonnością do porastania i jednocześnie stabilne pod względem tej cechy. Jedenaście rodów i sześć odmian zostało sklasyfikowane za pomocą statystyki Shukli (σ_r^2) jako niestabilne. Wartość współczynnika genetycznego uwarunkowania masy kiełków po czteromiesięcznym przechowywaniu bulw w 5–6°C kształtowała się na średnim poziomie ($h^2 = 0,54$). Najniższą masę kiełków wśród ośmiu analizowanych półrodzeństw charakteryzowało się półrodzeństwo odmiany Albatros.

Słowa kluczowe: genetyczne uwarunkowanie, masa kiełków, rody ziemniaka

The objectives of this research were: (1) to characterize the variation of the pool of potato breeding lines in respect to the mass of sprouts developed during storage season, (2) to determine if variation for the above mentioned trait exists among half-sib progenies in breeding population selected for processing quality. The experimental material consisted of eighty-one genotypes (72 breeding lines and 9 control cultivars) that were tested in two replications in a completely random design. Mass of sprouts on four-kilogram samples of marketable tubers was recorded after four months of storage at 5–6°C and 75% RH. Significant differences were detected both within breeding lines and among cultivars. The combined analysis of variance indicated significant genotype × year interaction. Seventy-four percent of the 72 tested breeding lines as well as the cultivars Baszta and Syrena were classified as having a low tendency to sprout during storage and they were found stable for this trait. Eleven breeding lines and six cultivars were rated using Shukla's statistic as unstable. Broad-sense heritability for the mass

of sprouts after 4 months of tubers storage at 5–6° was found to be intermediate ($h^2 = 0.54$). Among eight half-sib progenies analyzed, the Albatros half-sib progeny had the lowest mass of sprouts.

Key words: heritability, mass of sprouts, potato breeding lines

WSTĘP

Masę kielków formowaną po długotrwałym (≥ 4 miesiące) okresie przechowywania bulw ziemniaka w temperaturze 5–6°C można traktować jako pośredni wskaźnik zarówno długości bezwzględnego okresu spoczynku bulw, jak i następującej po nim fazy względnego spoczynku, zwanej w przechowalnictwie uspieniem. Zgodnie z ustaleniami przyjętymi przez Sekcję Fizjologiczną EAPR (European Association for Potato Research) (Reust, 1986) za koniec okresu spoczynku przyjmuje się moment, w którym 80% bulw z badanej próby, umieszczonej w warunkach optymalnych dla procesu kiełkowania (temperatura 18–20°C, ciemność, wilgotność względna powietrza ok. 90%) wytworzy kielki o długości 2 mm. We wstępnym badaniu (Domański, 2005) stwierdzono istotną, jakkolwiek niezbyt ścisłą współzależność ($r_s = -0,56^{**}$) między długością spoczynku bulw określaną według metodyki ustalonej przez Sekcję Fizjologiczną EAPR a masą kielków formowaną po czterech miesiącach przechowywania bulw w temperaturze 5–6°C.

Oznaczanie masy kielków po długotrwałym przechowywaniu bulw w temperaturze 5–6°C jest wygodnym testem (nieniszczącym bulw) do oceny młodych materiałów hodowlanych. Rody intensywnie kiełkujące w trakcie przechowywania, a sklasyfikowane jako średnio wczesne bądź średnio późne, są uważane za mało przydatne do uprawy w strefie klimatu umiarkowanego i są eliminowane już we wczesnej fazie cyklu hodowlanego. Informacja o masie kielków jest pomocna także przy określaniu optymalnej temperatury przechowywania sadzeniaków nowych odmian ziemniaków (Sowa-Niedziałkowska, 2004).

Celem podjętych badań było:

- (1) scharakteryzowanie zmienności wśród puli rodów ziemniaka pod względem masy kielków formowanej w trakcie sezonu przechowalniczego,
- (2) określenie czy występuje zróżnicowanie wśród półrodzeństw w puli hodowlanej IHAR O/Młochów, selekcyjonowanej na jakość przetwórczą.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło 81 genotypów, w skład których wchodziło 72 nowe rody oraz 9 odmian wzorcowych. Rody pochodziły z krzyżowań między formami rodzicielskimi charakteryzującymi się wysoką jakością przetwórczą, przy czym co najmniej jeden z partnerów w tych krzyżówkach dodatkowo wnosił odporność na wirus Y ziemniaka i mątwika. Włączone do badań odmiany wzorcowe były zróżnicowane pod względem okresu spoczynku bulw oraz reprezentowały różne kierunki użytkowe ziemniaka (jadalny, przetwórczy, skrobiowy). W obydwu sezonach wegetacyjnych, z których pochodziły bulwy stanowiące materiał doświadczalny, występowały okresy wysokich temperatur (>

25°C) oraz niedobór opadów. W 2005 roku wysokie temperatury odnotowano w I i II dekadzie lipca oraz w II dekadzie sierpnia, natomiast w 2006 roku przypadały one na I i II dekadę czerwca oraz cały miesiąc lipiec.

Na początku sezonów przechowalniczych 2005/2006 i 2006/2007 w połowie października z badanych genotypów zostały pobrane czterokilogramowe próbki bulw w dwóch powtórzeniach. Doświadczenie założono w układzie całkowicie losowym. Po czterech miesiącach przechowywania próbek bulw w temperaturze 5–6°C i wilgotności względnej 75% oznaczono masę kielków.

Statystyczne opracowanie wyników obejmowało:

- (1) analizę wariancji według dwukierunkowej klasyfikacji (efekty środowiskowe i interakcyjne traktowano jako losowe, natomiast efekty genotypowe jako stałe),
- (2) oszacowanie udziału każdego genotypu w interakcji genotypowo-środowiskowej za pomocą wariancji stabilności — σ_i^2 (Shukla, 1972),
- (3) oszacowanie współczynnika odziedziczalności w szerokim sensie w oparciu o wyznaczone uprzednio komponenty wariancyjne,
- (4) test kontrastów Scheffego, który zastosowano do porównań półrodzeństw. Analizę statystyczną otrzymanych wyników wykonano przy użyciu programu MSTAT-C (Michigan University, 1991) oraz arkusza kalkulacyjnego Excel.

WYNIKI I DYSKUSJA

Łączna analiza wariancji (tab. 1) wykazała istotność wpływu lat na masę kielków formowaną w trakcie czteromiesięcznego przechowywania bulw. Dalsza analiza wariancji wykazała, że zarówno zróżnicowanie genotypów, jak i interakcje genotypy × lata były wysoce istotne.

Tabela 1

Średnie kwadraty dla źródeł zmienności w łącznej analizie wariancji cechy (masa kielków po czterech miesiącach przechowywania nowych rodów ziemniaka w 5–6°C)
Mean squares in the combined analysis of variance for trait (mass of sprouts after four-month storage of tubers of potato breeding lines at 5–6°C)

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square
Genotypy — Genotypes	80	149,176**
Lata — Years	1	316,642*
Genotypy × lata — Genotypes × years	80	68,250**
Błąd — Error	162	2,965

Odziedziczalność w szerokim sensie $h^2 = 0,54$

The broad-sense heritability

*, ** — Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$

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

Podobną zmienność wyników w odniesieniu do długości okresu spoczynku bulw odnotowały Rykaczewska (1998) i Zarzyńska (1999). Obserwacje zgromadzone z doświadczeń polowych wykazują, że gorące i suche lato przyczynia się do skrócenia okresu spoczynku bulw, a chłodne i wilgotne do jego wydłużenia (Krijthe, 1962; Burton, 1963; Susnoshi, 1981).

Tabela 2

Średnia masa kiełków po czterech miesiącach przechowywania bulw w 5–6°C oraz wariancja stabilności Shukli (S_i^2) tej cechy w rodach i odmianach ziemniaka ocenianych w sezonach przechowalniczych 2005/2006 i 2006/2007
Mean mass of sprouts after four-month storage of tubers at 5–6°C and Shukla's stability variance (S_i^2) of this trait for breeding lines and potato cultivars tested during storage seasons 2005/2006 and 2006/2007

Lp. No.	Ród / odmiana Breeding line / cultivar	Masa kiełków (g / 4-kg próbka bulw) Mass of sprouts (g / 4-kg sample of tubers)	S_i^2	Lp. No.	Ród / odmiana Breeding line / cultivar	Masa kiełków (g / 4-kg próbka bulw) Mass of sprouts (g / 4-kg sample of tubers)	S_i^2
1.	M-29	0,00	A ^{1/}				
2.	M-2	0,00	A	42.	M-116	2,63	A
3.	M-202	0,05	A	43.	M-313	2,88	A
4.	M-90	0,08	A	44.	M-168	3,03	A
5.	M-188	0,10	A	45.	M-128	3,08	A
6.	M-113	0,10	A	46.	M-135	3,70	A
7.	M-242	0,20	A	47.	M-166	3,93	A
8.	M-76	0,20	A	48.	M-98	3,98	A
9.	M-316	0,23	A	49.	M-105	4,25	A
10.	M-146	0,23	A	50.	M-20	4,30	A
11.	M-203	0,25	A	51.	M-114	4,60	A
12.	M-252	0,25	A	52.	M-182	4,83	A
13.	M-224	0,25	A	53.	M-340	4,85	A
14.	M-102	0,28	A	54.	Snowden	4,85	A
15.	M-172	0,30	A	55.	M-400	4,88	A
16.	M-277	0,30	A	56.	M-214	4,95	A
17.	M-99	0,30	A	57.	L. Claire	5,35	A
18.	M-134	0,35	A	58.	Glada	5,58	A
19.	M-398	0,38	A	59.	M-330	5,78	A
20.	M-264	0,40	A	60.	M-108	6,00	A
21.	Baszta	0,40	A	61.	M-444	7,03	AB
22.	M-189	0,53	A	62.	M-315	7,18	AB
23.	M-104	0,63	A	63.	M-206	7,20	AB
24.	M-241	0,65	A	64.	M-442	7,20	AB
25.	M-103	0,75	A	65.	M-117	7,75	AB
26.	M-25	0,75	A	66.	M-212	7,93	AB
27.	M-174	0,75	A	67.	M-270	8,58	AB
28.	M-240	0,78	A	68.	M-432	8,65	AB
29.	M-127	0,80	A	69.	M-427	8,90	AB
30.	M-215	0,85	A	70.	M-170	8,98	AB
31.	M-344	0,95	A	71.	Saturna	9,53	AB
32.	M-37	0,98	A	72.	M-169	10,38	AB
33.	M-130	0,98	A	73.	M-112	11,38	AB
34.	M-415	0,98	A	74.	M-157	11,53	AB
35.	M-403	1,03	A	75.	M-204	12,18	AB
36.	M-199	1,35	A	76.	M-423	12,63	AB
37.	M-107	1,60	A	77.	M-243	15,43	AB
38.	Syrena	1,68	A	78.	Gracja	17,75	AB
39.	M-402	2,03	A	79.	M-96	22,83	AB
40.	M-324	2,38	A	80.	Felka	25,20	AB
41.	M-151	2,38	A	81.	Hinga	34,25	B

^{1/}Grupy jednorodne wg wielokrotnego testu Tukeya – Homogenous groups acc. to Tukey's test

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

* Significant at $\alpha = 0.05$ ** Significant at $\alpha = 0.01$

Wartość współczynnika genetycznego uwarunkowania masy kielków po cztero-miesięcznym przechowywaniu bulw w 5-6°C kształtowała się na średnim poziomie ($h^2 = 0,54$), a więc wpływ warunków środowiskowych, które oddziaływały na ekspresję analizowanej cechy był dość duży.

Grupę genotypów o stabilnej reakcji na warunki środowiskowe i jednocześnie o małej skłonności do porastania stanowiło 53 rody, to jest 73,6% ogółu badanych rodów oraz odmiany Baszta i Syrena (tab. 2). Istotność wariacji stabilności (S_i^2) stwierdzono dla 11 rodów i 6 odmian (Felka, Gracja, Saturna, Lady Claire, Głada i Snowden), co świadczy o ich niestabilnej reakcji na warunki środowiskowe (stres wysokich temperatur), występujące w latach trwania eksperymentu. Rykaczewska (2004) prowadząc doświadczenie w klimatyzowanych komorach wegetacyjnych wykazała, że trzytygodniowy stres wysokiej temperatury (30–32°C) i suszy oddziaływujący na rośliny ziemniaka w potuberyzacyjnym okresie wegetacji może wywoływać efekt skrócenia okresu spoczynku bulw, dochodzący do 40 dni. Autorka ta wykazała, że znaczenie stresu termicznego jest większe niżeli stresu suszy, a reakcja odmian zróżnicowana.

Wśród pięciu ocenianych form ojcowskich wyróżniono za pomocą kontrastów Scheffego dwa półrodzeństwa istotnie różniące się między sobą (tab. 3).

Tabela 3

Średnie masa kielków formowana podczas sezonu przechowalniczego w ośmiu półrodzeństwach
Mean mass of sprouts developed during storage season in the eight half-sib progenies

Półrodzeństwo Half-sib	Formy rodzicielskie wewnątrz danego półrodzeństwa Parental forms within half-sib progeny	Liczba rodów Number of breeding lines	Masa kielków (g / 4-kg próbka bulw) Mass of sprouts (g / 4-kg sample of tubers)		Grupy jednorodne wg testu Scheffego Homogenous groups acc. to Scheffe's test
			zakres – range	średnia – mean	
Formy ojcowskie: Paternal forms:					
Albatros	M-62820, M-62826, M-62830	12	0,00 – 4,83	1,64	A
PS-1742	M-62820, PS-1753, Snowden	10	0,20 – 15,43	3,34	AB
Jupiter	M-62820, M-62826	14	0,00 – 11,38	3,87	AB
DG.93-332	M-62775, Snowden	14	0,25 – 12,63	4,84	AB
Courage	M-62820, M-62826	13	0,08 – 22,83	5,80	B
Formy mateczne: Maternal forms:					
Snowden	M-62775, PS-1742, DG.93-332	12	0,20 – 15,43	3,38	
M-62820	Albatros, Courage, Felka, Jupiter, Panda, PS-1742, R-16	27	0,00 – 22,83	3,49	
M-62826	Albatros, Courage, Felka, Jupiter	11	0,00 – 11,53	4,15	

Rody w obrębie półrodzeństwa odmiany Albatros charakteryzowały się najniższą średnią masą kielków, natomiast rody stanowiące półrodzeństwo odmiany Courage wykazywały średnio najwyższą masę kielków. Pozostałe trzy półrodzeństwa stanowiły grupę pośrednią między półrodzeństwami wyżej wspomnianymi. Półrodzeństwa po formach matecznych nie były istotnie zróżnicowane. Próbne wartościowanie form rodzicielskich metodą oceny półrodzeństw okazało się przydatne do zidentyfikowania wyróżniającej się formy rodzicielskiej, jaką okazała się odmiana Albatros. Metodę tę z pozytywnym

wynikiem wykorzystano wcześniej w programach hodowli ziemniaka o podwyższonej odporności na zarazę ziemniaka (Bisognin i in., 2002; Haynes i Christ, 2006).

WNIOSKI

1. Badane rody i odmiany ziemniaka wykazały istotne zróżnicowanie pod względem masy kielków formowanej w trakcie przechowywania. Małą skłonnością do porostania i stabilną reakcją na warunki środowiskowe wyróżniło się 74% ogółu badanych rodów oraz odmiany Baszta i Syrena.
2. Wartość współczynnika genetycznego uwarunkowania masy kielków po czteromiesięcznym przechowywaniu bulw w 5–6°C kształtowała się na średnim poziomie ($h^2 = 0,54$). Tak więc ocena materiałów hodowlanych pod względem tej cechy musi być rozciągnięta zarówno na początkową, jak i środkową fazę cyklu hodowlanego.
3. Najniższą masę kielków wśród ośmiu analizowanych półrodzeństw charakteryzowało się półrodzeństwo odmiany Albatros.

LITERATURA

- Bisognin D. A., Douches D. S., Jastrzębski K., Kirk W. W. 2002. Half-sib progeny evaluation and selection of potatoes resistant to the US8 genotype of *Phytophthora infestans* from crosses between resistant and susceptible parents. *Euphytica* 125: 129 — 138.
- Burton W. G. 1963. Concepts and mechanism of dormancy. In: *The growth of the potato*. J. D. Ivins, F.L. Milthorpe (eds). Butterworths, London: 17 — 41.
- Domański L. 2005. Tworzenie materiałów wyjściowych dla hodowli ziemniaka przydatnego do przetwórstwa spożywczego. Sprawozdanie o stanie realizacji tematu 4-3-001-01, IHAR Oddział Młochów 2005 r.: 1 — 19.
- Haynes K. G., Christ B. J. 2006. Recurrent maternal half-sib selection improves resistance to foliar late blight in a diploid hybrid *Solanum phureja*-*Solanum stenotomum* population. *Amer. J. of Potato Res.* 83:181 — 188.
- Krijthe N. 1962. Observation on the sprouting of seed potatoes. *European Potato J.* 5: 316 — 333.
- Michigan University. 1991. User's guide to MSTAT-C. A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments. Michigan State University, USA.
- Reust W. 1986. Physiological age of the potato. *EAPR working group. Potato Research* 29: 268 — 271.
- Rykaczewska K. 1998. Zmienność okresu spoczynku bulw ziemniaka w zależności od warunków pogody w okresie wegetacji. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 463: 269 — 280.
- Rykaczewska K. 2004. Wpływ wysokiej temperatury w okresie wegetacji na plon ziemniaka (*Solanum tuberosum*), okres spoczynku bulw i wartość plonotwórczą sadzaniaków. Część II. Długość okresu spoczynku bulw. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 496: 199 — 206.
- Shukla G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2004. Wskaźniki procesów życiowych zachodzących w sadzaniakach ziemniaka podczas długotrwałego przechowywania. Część I. Okres uśpienia i intensywność wzrostu kielków. *Biul. IHAR* 233: 219 — 236.
- Susnoschi M. 1981. Seed potato quality as influenced by high temperatures during the growth period. 2. Sprouting pattern in several cultivars in response to storage temperature. *Potato Research* 24: 381 — 388.
- Zarzyńska K. 1999. Wartości wskaźników charakteryzujących stan fizjologiczny bulw i rozwój rośliny ziemniaka. Część I. Okres spoczynku bulw. *Biul. IHAR* 209: 111 — 123.