

## FENOTYPOWA ZMIENNOŚĆ PŁONU I JEGO STRUKTURY BARDZO WCZESNYCH I WCZESNYCH ODMIAN ZIEMNIAKA

BARBARA SAWICKA<sup>1</sup>, PIOTR PSZCZÓLKOWSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

<sup>2</sup>Zakład Doświadczalny Oceny Odmian COBORU, Uhnin, 21-211 Dębowa Kłoda

**Synopsis.** Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2010–2012, w Zakładzie Doświadczalnym Oceny Odmian w Uhninie (woj. lubelskie) (51°34' N, 23°02' E), na glebie płowej, lekko kwaśnej. Eksperyment wykonano w układzie bloków zrandomizowanych, w trzech powtórzeniach. Badano 10 odmian ziemniaka, w tym 4 odmiany bardzo wczesne i 6 odmian wczesnych. Zabiegi agrotechniczne prowadzono zgodnie z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej, a zabiegi ochrony roślin – zgodnie z zaleceniami IOR-PIB. Nawożenie organiczne i mineralne pod ziemniak było na jednakowym poziomie (20 t·ha<sup>-1</sup> górczycy białej na przyoranie oraz 90 kg N·ha<sup>-1</sup>, 39,3 kg P·ha<sup>-1</sup>, 112,0 kg K·ha<sup>-1</sup>). W czasie wegetacji określono liczbę pędów na roślinie, zaś po zbiorze oznaczono plon bulw i jego strukturę. Dominującą rolę w zmienności plonu bulw i jego struktury odgrywało współdziałanie odmian i lat badań (3,2–92,7%). Genotyp stanowił 2,9–27,9% udziału wariancji w wariancji całkowitej badanych cech, zaś warunki badań 3,7–73,9%. Istotna okazała się również interakcja genotypu i środowiska dla plonu ogólnego, plonu handlowego, plonu sadzeniaków, udziału masy bulw o średnicy <4, 5–6 i >6 cm. Interakcji takiej nie stwierdzono w przypadku liczby pędów na roślinie. Najmniej zmienną cechą badanych odmian okazał się udział masy bulw handlowych, zaś najbardziej zmienną – udział masy bulw największych w plonie.

**Słowa kluczowe:** odmiany ziemniaka, plon bulw, frakcje bulw, liczba pędów, zmienność

### WSTĘP

W warunkach eksperymentalnych, zależnie od warunków środowiska i właściwości genotypu, możliwy jest do osiągnięcia plon ziemniaka na poziomie 100–120 t·ha<sup>-1</sup> [Michałek i in. 2000, Michałek i Sawicka 2005, Pszczółkowski 2016]. Wskazuje to na olbrzymi potencjał plonowania ziemniaka, a jednocześnie na znaczny wpływ czynników środowiskowych. Plon ziemniaka jest cechą złożoną, uwarunkowaną poligenicznie [Kamiński 2015, Stefańczyk i Śliwka 2013]. Poligeniczna determinacja plonu oraz tetrasomiczne dziedziczenie cech w autotetraploidalnym ziemniaku powodują, iż trudno o szybki postęp w ulepszaniu tej cechy. Zróżnicowane warunki wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka (związane z latami i miejscowościami) prowadzą do modyfikacji procesów regulacji wewnętrznej, co powoduje zmienność cech (np.: liczby łodyg) [Crossa i Franco 2004, Jankowski i in. 2006, Rymuza i in. 2013, Sawicka 1991, Sawicka i in. 2015, Trętowski i in. 1989]. Czynnikiem środowiska, które mają zdecydowany wpływ na rozwój roślin ziemniaka i transport suchej masy z liści do bulw są: temperatura powietrza, wielkość promieniowania słonecznego czynnego fotosyntetycznie (Photosynthetically Active Radiation – PAR), zawartość dwutlenku węgla i fotoperiod. Temperatura powietrza, powyżej optymalnej dla danej odmiany powoduje skrócenie czasu kolejnych etapów w rozwoju roślin ziemniaka, zaś skrócenie długości dnia prowadzi do wcześniejszej tuberyzacji [Sawicka i in.

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: barbara.sawicka@up.lublin.pl

2015, Stefańczyk i Śliwka 2013]. W świetle słonecznym, które dociera do powierzchni Ziemi, PAR stanowi od 43% w dni pochmurne, do 53% w dni słoneczne, zależnie od kąta padania światła, zapylenia atmosfery i innych czynników [Sawicka i in. 1999, Sawicka i in. 2015, Stefańczyk i Śliwka 2013]. Aktywność aparatów szparkowych w roślinie ziemniaka jest również uzależniona od temperatury. Niskie temperatury powietrza spowalniają fotosyntezę, z kolei zbyt wysokie zwiększają transpirację. Oba te procesy wpływają na zmniejszenie wielkości plonu. Optymalna temperatura powietrza dla zawiązywania bulw i ich wzrostu waha się w granicach 15–23°C [Sawicka i in. 2012, 2015]. Wydajność fotosyntezy i zdolność do produkcji suchej masy przez roślinę zależą również od dostępności substancji mineralnych i wody, a także stosunków powietrzno-wilgotnościowych w glebie [Sawicka i in. 2015]. Do ograniczenia wielkości plonu ziemniaka przyczynia się zwiększona konkurencja w łanie powodowana przez nadmierne zagęszczenie roślin ziemniaka, bądź też zachwaszczenie [Bussan i in. 2007, Pytlarz-Kozicka 2004, Zarzecka i Gugąła 2015, Zarzyńska i Goliszewski 2007] oraz czynniki powodujące zahamowanie wzrostu roślin i ograniczające powierzchnię asymilacyjną liści (stonka ziemniaczana, zaraza ziemniaka, sucha plamistość liści, choroby wirusowe), a także zabiegi agrotechniczne, związane z systemem uprawy ziemniaka [Sawicka i in. 2015, Sedláková i in. 2011, Zarzecka i Gugąła 2015]. Aby odpowiednio ukierunkować prace hodowlane dla danej grupy odmian nieodzowne jest poznanie zakresu zmienności i współzależności cech, zarówno w danym roku, jak i pomiędzy latami. Interakcja genotypowo-środowiskowa odmian ziemniaka zależy od warunków edaficznych i miejsca uprawy [Crossa i Franco 2004, Jankowska i in. 2015, Sawicka i Pszczółkowski 2004]. Istotna interakcja genotypu z latami i dowolna wartość interakcji genotypu z miejscowościami ułatwia ocenę przydatności odmian do uprawy w danym rejonie. Zmienność fenotypowa cech ziemniaka jest rzadko podejmowanym tematem badań. Mało jest również prac, które łączyłyby zmienność genetyczną i środowiskową w całość, jako zmienność fenotypową.

Celem badań było poznanie struktur zmienności wybranych cech ilościowych bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka, co w przyszłości pozwoli ułatwić typowanie do uprawy odmian o największej stabilności pożądanej cechy.

## MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2010–2012 w Zakładzie Doświadczalnym Oceny Odmian w Uhninie (51°34' N, 23°02' E, 155 m n.p.m.), należącego do COBORU. Eksperyment wykonano metodą bloków zrandomizowanych, w trzech powtórzeniach. Obiektem badań było 10 odmian ziemniaka; 4 odmiany bardzo wczesne (Denar, Flaming, Lord i Miłek) oraz 6 odmian wczesnych (Altesse, Bila, Cyprian, Oman, Owacja i Vineta). W doświadczeniu stosowano stałe nawożenie NPK (90 kg N·ha<sup>-1</sup>, 39,3 kg P·ha<sup>-1</sup> i 112,0 kg K·ha<sup>-1</sup>); ponadto jesienią przyorywano poplon gorczycy (20 t·ha<sup>-1</sup>). Przedplonem ziemniaka było pszenżyto ozime. Bulwy sadzono w III dekadzie kwietnia w redliny o rozstawie 67,5 x 37 cm. Materiał sadzeniakowy stanowiły bulwy w klasie C/A. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 15 m<sup>2</sup>. Zabiegi agrotechniczne prowadzono zgodnie z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej, natomiast zabiegi ochrony roślin przed stonką ziemniaczaną, zarazą ziemniaka oraz alternariozą – zgodnie z zaleceniami IOR-PIB. W okresie wegetacji wykonano 2–3 opryski przeciwko zarazie ziemniaka, zaś stonkę ziemniaczaną zwalczano w momencie wystąpienia, dostępnymi preparatami. W okresie wegetacji policzono liczbę pędów na roślinie. Zbiór bulw wykonano w okresie ich pełnej dojrzałości fizjologicznej, tj. w fazie 99, wg skali BBCH, w czasie, którego określono plon bulw i pobrano próby do oznaczeń jego struktury. Strukturę plonu oznaczano według frakcji: <4, 4–5, 5–6, >6 cm średnicy. Za plon handlowy uznano plon frakcji od 4 do ponad 6 cm średnicy, z wyłączeniem

bulw uszkodzonych mechanicznie i przez szkodniki oraz zazielenionych. Za plon sadzeniaków przyjęto plon bulw o średnicy 4–6 cm, z wyłączeniem bulw uszkodzonych przez szkodniki oraz uszkodzonych mechanicznie w stopniu silnym.

Badania polowe przeprowadzono na glebie płowej, wytworzonej z piasków gliniastych lekkich, na kompleksie rolniczej przydatności gleby – żytym bardzo dobrym, klasy bonitacyjnej IVa. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu była zróżnicowana w latach badań (tab. 1). Zawartość przyswajalnego fosforu wahała się od wysokiej do bardzo wysokiej, natomiast potasu kształtowała się w granicach średniej zasobności gleby w ten pierwiastek. Zawartość przyswajalnego magnezu wahała się od średniej do bardzo wysokiej zasobności gleby w ten makroskładnik. Odczyn gleby był lekko kwaśny (5,7 do 6,3 pH) (tab. 1).

Tabela 1. Zasobność gleb w przyswajalny fosfor, potas i magnez oraz pH gleby (2010–2012)  
Table 1. Abundance of soil available phosphorus, potassium and magnesium and pH of the soil (2010–2012)

Lata Years	Zawartość przyswajalnych form (mg·100 g <sup>-1</sup> gleby) The content of available forms (mg·100 g <sup>-1</sup> of soil)			pH (1M KCl)
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	
2010	20,3	11,7	4,3	5,7
2011	21,3	12,7	8,1	6,3
2012	15,9	13,3	7,4	6,1
Średnia – Mean	19,2	12,6	6,6	6,0

Statystyczne opracowanie wyników wykonano za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Analizy dotyczyły porównań wpływu odmian na badane zmienne, a lata stanowiły czynnik losowy. Testy porównań wielokrotnych t-Tukeya umożliwiły szczegółowe analizy porównawcze średnich, poprzez wyodrębnianie jednorodnych statystycznie grup średnich (grupy homogeniczne) oraz wyznaczanie tzw. najmniejszych istotnych różnic średnich (NIR), które przy testach Tukeya oznaczane są przez HSD (Tukeys Honest Significant Difference). Istotność źródeł zmienności testowano testem F- Fishera-Snedecora. W celu określenia udziału poszczególnych źródeł zmienności oraz ich współdziałań w zmienności całkowitej przeprowadzono ocenę komponentów wariancyjnych, stosując następujące oznaczenia:

- $\sigma_e^2$  – ocena zmienności środowiskowej, związanej z powtarzaniem obserwacji lub pomiaru w czasie;
- $\sigma_G^2$  – ocena zmienności genotypowej (odmianowej);
- $\sigma_p^2$  – ocena zmienności fenotypowej (całkowitej).

Uzyskane z analizy wariancji wartości empiryczne średnich kwadratów porównywano z ich wartościami oczekiwanymi. Rozwiązując w ten sposób układy równań otrzymano oszacowanie komponentów wariancyjnych odpowiadających poszczególnym źródłom zmienności. Wzajemne relacje wyznaczonych ocen komponentów wariancyjnych oraz ich struktura procentowa stanowiły podstawę oceny wpływu odmian i lat na zmienność plonu bulw i cech struktury plonu. W celu pogrupowania odmian o podobnych wielocechowych właściwościach, wykonano analizę skupień. Analizę skupień oparto na kwadracie odległości Euklidesa. Jako metodę łączenia zastosowano metodę pojedynczego wiązania. Skupienia otrzymano przez podział dendrogramu według reguły Mojeny [1977], zgodnie z którą punktem odcięcia jest odległość wiązania, dla

którego spełniona jest opisana wzorem Milligan i Cooper [1985], nierówność:  $d_{i+1} > \bar{d} + ks_d$  gdzie:  $\bar{d}$  oraz  $s_d$  to średnia i odchylenie standardowe  $d_i$ ,  $k$  – jest pewną stałą z zakresu od 2,75 do 3,50 [Mojena 1977]. Miejsce odcięcia zostało ustalone na poziomie 60%. Analizę wariacji i analizę skupień wykonano w pakiecie statystycznym SAS® [SAS 9.2 2008].

Warunki meteorologiczne w latach badań były zróżnicowane. W okresie wegetacji ziemniaka wyznaczono wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa, który jest miarą efektywności opadów w danym miesiącu. Na ich podstawie lata 2010 i 2011 można zaliczyć do wilgotnych, zaś rok 2012 do przeciętnych (tab. 2). Najlepszy rozkład opadów odnotowano

Tabela 2. Suma opadów, średnia temperatura powietrza oraz współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa w okresie wegetacji ziemniaka, wg stacji meteorologicznej w Uhninie (lata 2010–2012)

Table 2. Rainfalls, air temperature and the hydrothermal of coefficient of Sielianinow during the growing season of potato, according to the meteorological station in Uhnin (2010–2012)

Rok Year	Miesiąc Month	Opady Rainfall (mm)	Temperatura Temperature (°C)	Współczynnik hydrotermiczny Hydrothermal coefficient (k*)
2010	IV	17,1	9,2	0,6
	V	93,0	14,9	2,0
	VI	63,8	18,2	1,2
	VII	63,1	21,9	0,9
	VIII	141,0	20,0	2,3
	IX	77,3	12,2	2,1
	Suma – Total	455	–	–
2011	IV	39,9	9,6	1,4
	V	46,2	14,0	1,1
	VI	117,0	18,4	2,1
	VII	170,0	18,7	2,9
	VIII	42,9	18,1	0,8
	IX	8,9	14,3	0,2
	Suma – Total	425	–	–
2012	IV	30,0	9,4	1,1
	V	38,0	15,0	0,8
	VI	101,0	17,5	1,9
	VII	53,1	21,8	0,8
	VIII	70,1	18,7	1,2
	IX	34,0	14,3	0,8
	Suma – Total	326	–	–

\* wg wzoru – according to the formula [Skowera 2014]; skrajnie suchy/extremely dry –  $k \leq 0,4$ ; bardzo suchy/very dry –  $0,4 < k \leq 0,7$ ; suchy/dry –  $0,7 < k \leq 1,0$ ; dość suchy/rather dry –  $1,0 < k \leq 1,3$ ; optymalny/optimal –  $1,3 < k \leq 1,6$ ; dość wilgotny/rather humid –  $1,6 < k \leq 2,0$ ; wilgotny/wet –  $2,0 < k \leq 2,5$ ; bardzo wilgotny/very humid –  $2,5 < k \leq 3,0$ ; skrajnie wilgotny/extremely humid –  $k > 3,0$

w 2010 roku, który odznaczał się temperaturami powietrza wyższymi od średniej wieloletniej. Rok 2011 charakteryzował się nadmiarem opadów w pierwszej połowie wegetacji, w sierpniu i wrześniu panowała susza, bądź skrajna susza. Rok 2012 charakteryzował się wysokimi temperaturami powietrza oraz suszą w maju, lipcu i wrześniu, bardzo wilgotnym czerwcem i przeciętnym kwietniem i sierpniem (tab. 2).

## WYNIKI BADAŃ

Dominującą rolę w zmienności liczby pędów oraz udziale masy bulw o  $\varnothing$  4–5 cm miały warunki w latach badań i stanowiły one od 68,9 do 73,9% udziału wariancji w wariancji całkowitej (tab. 3).

Tabela 3. Wpływ odmian i lat na plon ogółem, plon handlowy bulw, plon sadzeniaków, udział masy sadzeniaków, udział masy bulw o średnicy <4, 4–5, 5–6, >6 cm, liczbę pędów oraz procentowe wartości udziału odmian, lat i współdziałania odmiany x lata w wariancji całkowitej

Table 3. The influence of cultivars and years on a total yield, commercial yield of tubers, yield of seed potatoes, participation of seed mass, the share weight of tubers with a diameter of <4, 4–5, 5–6, >6 cm, number of shoots and the percentages of participation of cultivars, years and interaction cultivar x years in total variance

Cecha Trait	Istotność wpływu Significance of the influence			Procentowy udział wariancji w wariancji całkowitej Percentage of variance share in the total variance (phenotypical one)		
	Odmian Cultivars	Lat Years	Odmian x lata Cultivars x years	Odmian Cultivars	Lat Years	Odmian x lata Cultivars x years
Liczba pędów na roślinie (szt.) Number of shoots per plant (pcs)	**	**	n***	27,9	68,9	3,2
Plon bulw – Tuber's yield (t·ha <sup>-1</sup> )	**	**	**	17,0	5,2	78,6
Udział masy bulw <4 cm (%) Tuber's weight <4 cm (%)	**	*	**	18,8	5,7	76,1
Udział masy bulw 4–5 cm (%) Tuber's weight 4–5 cm (%)	**	**	n	20,1	73,9	4,6
Udział masy bulw 5–6 cm (%) Tuber's weight 5–6 cm (%)	**	*	**	19,3	5,8	75,2
Udział masy bulw >6 cm (%) Tuber's weight >6 cm (%)	**	*	**	16,9	5,1	78,8
Udział bulw handlowych (%) Share of comercial yield (%)	n	n	**	2,9	3,7	92,7
Plon handlowy bulw (t·ha <sup>-1</sup> ) Comercial yield (t·ha <sup>-1</sup> )	**	*	**	19,6	5,7	77,3
Udział masy sadzeniaków (%) Share of seed potato (%)	n	n	*	4,4	3,4	89,7
Plon sadzeniaków (t·ha <sup>-1</sup> ) The yield of seed potato (t·ha <sup>-1</sup> )	**	*	**	19,8	5,9	74,2

\* istotne przy poziomie  $\alpha \leq 0,05$ /significant at  $\alpha \leq 0,05$ ; \*\* istotne przy poziomie  $\alpha \leq 0,01$ /significant at  $\alpha \leq 0,01$ ; \*\*\* nie-istotne przy poziomie  $\alpha \leq 0,05$ /not significant at  $\alpha \leq 0,05$

Współdziałanie odmian i lat decydowało w 3,2–92,7% o zmienności fenotypowej badanych cech plonu i jego struktury, przy czym najsilniej kształtowało plon ogólny bulw i jego strukturę oraz plon handlowy i plon sadzeniaków. Dowodzi to, że warunki wegetacji w różny sposób, zależny od reakcji odmiany, zmieniały plon bulw i jego strukturę (tab. 3). Genotyp stanowił od 4,4 do 27,9% udziału wariancji w wariancji całkowitej badanych cech. Liczba pędów okazała się cechą najbardziej związaną z genotypem, zaś najmniejszy jego udział stwierdzono w udziale masy bulw handlowych i sadzeniaków (tab. 3).

Odmiany bardzo wczesne odznaczały się znacznie wyższymi współczynnikami zmienności w liczbie pędów na roślinę niż grupa odmian wczesnych. Najmniejszą zmiennością w wytwarzaniu pędów wykazała się odmiana Oman, największą zaś zmiennością – Vineta (tab. 4).

Przeciętna liczba pędów na roślinie ziemniaka wahała się od 4,5 do 7,3, zależnie od odmiany. W grupie odmian bardzo wczesnych stwierdzono wyższą, średnią liczbę pędów przypadającą na 1 roślinę niż w grupie odmian wczesnych. Odmiana Miłek wytworzyła największą ich liczbę; przy czym homogeniczne, pod względem tej cechy, okazały się Denar, Altesse, Bila i Owacja. Odmianą o najniższej, średniej liczbie pędów była wczesna Vineta. Jednorodne z uwagi na liczbę pędów okazały się: Cyprian, Flaming i Oman (tab. 4).

Przeciętny plon bulw był wysoki i wynosił 38,7 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 4). Cecha ta okazała się w największym stopniu uzależniona od współdziałania odmian i warunków wegetacji (78,6%), w znacznie mniejszym od cech genetycznych badanych odmian (17,0%) i w najmniejszym – od lat (5,2%) (tab. 3).

Tabela 4. Średnia liczba pędów rośliny, średni plon ogólny bulw oraz współczynnik zmienności w latach 2010–2012

Table 4. Number of shoots per plant and total yield of tubers and their coefficients of variation

Grupa Wczesności Group of earliness	Odmiany Cultivars	Liczba pędów na roślinę Number of shoots per plant (szt.–pcs)		Plon bulw ogółem Total tuber yield (t·ha <sup>-1</sup> )	
		Średnia Mean	V*	Średnia Mean	V*
Bardzo wczesne Very early	Denar	6,3	17,0	44,2	28,7
	Flaming	5,4	24,8	31,9	23,4
	Lord	6,0	23,6	35,3	26,3
	Miłek	7,3	29,5	31,4	21,0
Wczesne Early	Altesse	6,2	13,6	36,5	30,5
	Bila	6,4	18,2	47,6	28,7
	Cyprian	5,5	14,4	43,1	16,8
	Oman	5,3	10,2	41,5	15,0
	Owacja	6,2	17,1	37,3	21,8
	Vineta	4,5	19,4	37,9	42,8
Średnia – Mean		5,9	–	38,7	–
NIR <sub>0,05</sub> –HSD <sub>0,05</sub> : Odmiany – Cultivars		1,2	–	6,6	–

\* współczynnik zmienności/coefficient of variation (%)

Najwyższy plon bulw wytworzyła wczesna odmiana Bila ( $47,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a odmiana Denar okazała się homogeniczna pod względem tej cechy. Obie te odmiany odznaczały się takim samym współczynnikiem zmienności ( $V=28,7\%$ ). Najmniej zmienną (wierną) w plonowaniu okazała się jednak odmiana Oman, zaś najbardziej zmienną – Vineta (tab. 4). Pod względem wierności plonów badane odmiany można uszeregować następująco: bardzo wczesne: Miłek > Flaming > Lord > Denar, zaś wczesne: Oman > Cyprian > Owacja > Bila > Altesse > Vineta (tab. 4).

W plonie ogólnym największy udział stanowiły bulwy o średnicy 4–5 cm (64,9%), najmniejszy zaś – bulwy największe, o kalibrze >6 cm (1,9%) (tab. 5).

Tabela 5. Średni udział w plonie masy bulw o średnicy <4, 4–5, 5–6, >6 cm oraz współczynniki zmienności w %, w latach 2010–2012

Table 5. The average share in the yield of tubers mass with a diameter <4, 4–5, 5–6 > 6 cm and variability coefficients (%) (2010–2012)

Grupa wczesności Group of earliness	Odmiany Cultivars	Średnica bulw – Diameter of tubers (cm)							
		<4		4–5		5–6		>6	
		Średnia Mean	V*	Średnia Mean	V	Średnia Mean	V	Średnia Mean	V
Bardzo wczesne Very Early	Denar	5,7	23,2	56,9	16,5	35,4	22,0	1,6	106
	Flaming	4,8	15,1	79,1	8,0	14,5	34,6	1,3	159
	Lord	3,3	57,9	59,3	3,4	35,2	8,2	1,8	79,4
	Miłek	8,1	47,2	78,6	5,5	13,2	26,9	0,1	170
Wczesne Early	Altesse	7,5	52,1	69,5	8,0	22,5	32,6	0,6	115
	Bila	1,8	46,9	44,7	22,8	46,2	12,0	7,0	96,8
	Cyprian	3,3	75,0	60,5	11,6	33,8	21,9	2,2	63,2
	Oman	5,8	26,5	69,1	17,4	23,1	46,8	2,0	150
	Owacja	5,6	50,0	64,5	21,8	28,1	54,3	1,7	132
	Vineta	5,1	31,4	66,4	16,9	27,1	45,5	1,1	62,7
Średnia – Mean		5,1	–	64,9	–	27,9	–	1,9	–
NIR <sub>0,05</sub> –HSD <sub>0,05</sub> : Odmiany – Cultivars		1,1	–	12,2	–	6,0	–	0,4	–

\* współczynnik zmienności/coefficient of variation (%)

Struktura plonu bulw charakteryzowała się dużą zmiennością a składniki zmienności fenotypowej (całkowitej) układały się różnie. Wynikało to z odmiennego przebiegu warunków meteorologicznych, a zwłaszcza z nierównomiernego rozmieszczenia opadów w miesiącach maj–sierpień decydujących o ilości i wielkości bulw poszczególnych frakcji. Dominującą rolę w zmienności bulw, o średnicy <4, 5–6 i > 6 cm odgrywało współdziałanie odmian i lat badań (75,2–78,8%). W znacznie mniejszym stopniu o strukturze wielkościowej bulw decydowały odmiany (16,1–20,9%). Lata badań przeważały jedynie w zmienności całkowitej bulw, o średnicy 4–5 cm (73,9%), zaś w przypadku pozostałych frakcji decydowały jedynie w 5,1–5,8% o całkowitej zmienności struktury plonu (tab. 3).

Z uwagi na zmienność cechy procentowego udziału masy bulw różnej wielkości w plonie można uszeregować je w następującej kolejności: o średnicy 4–5 > 5–6 > poniżej 4 cm > powyżej 6 cm (tab. 5). Najmniejszą zmiennością w tworzeniu bulw największych w plonie odznaczały się odmiany Vineta i Cyprian (wczesne) oraz Lord (bardzo wczesna) (tab. 5).

Udział bulw handlowych w plonie ogólnym był wysoki i wynosił średnio 95% (tab. 6). Na jego wielkość istotny wpływ wywarło współdziałanie odmian i lat (92,7% zmienności całkowitej). Z kolei na wielkość plonu handlowego bulw najsilniejszy wpływ wywarła interakcja odmiany x lata (77,3%), zaś odmiany decydowały w 19,6%, a lata – w 5,6%, o zmienności fenotypowej tej cechy (tab. 3).

Zarówno udział, jak i plon sadzeniaków, najsilniej determinowały właściwości badanych odmian we współdziałaniu z warunkami lat badań (odpowiednio 89,7 i 74,2% zmienności całkowitej). O plonie sadzeniaków w 19,6% całkowitej zmienności, decydowały odmiany (tab. 3).

Największym plonem handlowym i plonem sadzeniaków, w grupie odmian bardzo wczesnych, wyróżniała się Denar, zaś w grupie odmian wczesnych – Bila; przy czym odmiana Cyprian była homogeniczna, z uwagi na tę cechę. Największą stabilnością plonu handlowego i plonu sadzeniaków wyróżniała się odmiana Oman (V odpowiednio: 16,3% i 13,9%), najmniejszą zaś – Vineta (V odpowiednio: 44,6% i 45,2%) (tab. 6).

Tabela 6. Średni udział i plon bulw handlowych oraz sadzeniaków i ich współczynniki zmienności w latach 2010–2012

Table 6. The average of share and tuber yield of commercial and seed potato and their coefficients of variation in 2010–2012

Grupa wczesności Group of earliness	Odmiana Cultivar	Udział bulw handlowych The share of commercial tubers (%)		Plon bulw handlowych Commercial yield of tubers (t·ha <sup>-1</sup> )		Udział sadzeniaków The share of seed potatoes (%)		Plon sadzeniaków Yield of seed potato (t·ha <sup>-1</sup> )	
		Średnia Mean	V*	Średnia Mean	V	Średnia Mean	V	Średnia Mean	V
Bardzo wczesne Very early	Denar	94,3	1,4	41,8	30,0	92,3	2,5	41,0	31,6
	Flaming	95,2	0,8	30,4	23,9	93,6	1,8	29,8	22,2
	Lord	96,7	2,0	34,3	27,3	94,6	3,3	33,6	28,2
	Milek	91,9	4,0	29,0	24,3	91,8	4,0	29,0	24,4
Wczesne Early	Altesse	92,5	4,2	34,0	34,8	91,9	3,7	33,8	34,2
	Bila	98,2	0,9	46,8	29,2	90,9	6,7	42,6	21,7
	Cyprian	96,7	2,6	41,8	18,2	94,3	3,8	40,8	18,5
	Oman	94,2	1,6	39,2	16,3	92,2	1,7	38,2	13,9
	Owacja	94,4	3,0	35,3	23,3	92,6	2,1	34,7	24,0
	Vineta	94,9	1,7	36,2	44,6	93,5	2,1	35,7	45,2
Średnia – Mean		94,9	–	36,9	–	92,8	–	35,9	–
NIR <sub>0,05</sub> –HSD <sub>0,05</sub> : Odmiany – Cultivars		r.n.	–	7,0	–	r.n.	–	6,8	–

\* współczynnik zmienności/coefficient of variation (%); r.n. – różnice nieistotne/non significant differences



Zmienność analizowanych cech charakteryzowano również za pomocą: średniej arytmetycznej, zakresu danych (minimum, maximum) oraz współczynnika zmienności (tab. 7).

Różnica pomiędzy wartością maksymalną, a minimalną cechy stanowi zakres danych i jest miarą charakteryzującą empiryczny obszar zmienności danej cechy, nie dał on jednak informacji, o zróżnicowaniu poszczególnych wartości cech w zbiorowości. Taką informację prezentuje natomiast współczynnik zmienności, który mówi o stabilności danej cechy. Wartość tego parametru kształtowała się od bardzo niskiej – w przypadku plonu bulw handlowych, do wysokiej – dla udziału masy bulw > 6 cm  $\varnothing$  (tab. 7).

Tabela 7. Statystyka opisowa liczby pędów oraz plonu i jego struktury odmian bardzo wczesnych i wczesnych

Table 7. Descriptive statistics for the number of shoots and the plan and its structure of very early and early potato cultivars

Wyszczególnienie Specification	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>
Średnia – Mean	5,9	38,7	36,7	94,9	35,9	92,8	5,1	64,9	27,9	2,0
Minimum – Minimum	3,0	23,7	22,1	87,1	21,8	81,8	0,3	31,6	7,4	0,0
Maksimum – Maximum	11,0	67,8	66,7	99,7	63,2	98,7	12,9	86,5	51,4	16,6
V (%)	22,6	28,7	30,6	3,1	29,0	3,5	56,7	20,0	45,5	160,7

V – współczynnik zmienności/coefficient of variation

x<sub>1</sub> – liczba pędów (szt.)/the number of shoots (pcs.); x<sub>2</sub> – plon bulw/yield of tubers (t·ha<sup>-1</sup>); x<sub>3</sub> – plon handlowy bulw/commercial yield of tubers (t·ha<sup>-1</sup>); x<sub>4</sub> – udział masy bulw handlowych/share of commercial tubers (%); x<sub>5</sub> – plon sadzeniaków/yield of seed potatoes (t·ha<sup>-1</sup>); x<sub>6</sub> – udział masy sadzeniaków/share of seed potatoes (%); x<sub>7</sub> – udział masy bulw <4 cm/share of tuber mass <4 cm (%); x<sub>8</sub> – udział masy 4–5 cm/share of tuber mass 4–5 cm; x<sub>9</sub> – udział masy bulw 5–6 cm/share of tuber mass 5–6 cm; x<sub>10</sub> – udział masy bulw >6 cm/share of tuber mass >6 cm

Analiza korelacji dowiodła, że liczba pędów odmian bardzo wczesnych i wczesnych okazała się istotnie dodatnio skorelowana z plonem bulw, plonem handlowym i sadzeniaków. Udział masy bulw o średnicy <4 i 4–5 cm były istotnie, ujemnie związane z plonem ogólnym, udziałem i plonem handlowym oraz plonem sadzeniaków. Z kolei udział bulw dużych, o kalibrze 5–6 i >6 cm okazał się silnie dodatnio skorelowany z plonem ogólnym, udziałem i plonem bulw handlowych, zaś istotnie ujemnie z partycypacją bulw drobnych i średnich, o średnicy <4 i 4–5 cm (tab. 8).

Przeprowadzona analiza skupień wykazała, iż w pierwszym, wydzielonym skupieniu zgrupowano odmiany o średniej liczbie pędów, przeciętnym udziale bulw dużych w plonie, wysoko i wiernie plonujące (Denar, Cyprian). W drugim skupieniu (Lord, Owacja, Vineta, Oman, Altessa) znalazły się odmiany o niższej liczbie pędów, średnim udziale bulw dużych, przeciętnym, ale stabilnym plonie ogólnym, handlowym i sadzeniaków. W trzecim skupieniu zgrupowano odmiany, o najniższym plonie ogólnym, handlowym i sadzeniaków i słabym wyrównaniu jego struktury (Miłek, Flaming). Czwarte, odrębne skupienie utworzyła odmiana Bila, o wysokiej liczbie pędów, największym plonie ogólnym, handlowym i sadzeniaków, co wynikało z niskiego udziału w plonie bulw o średnicy <4 i 4–5 cm a wysokiej partycypacji bulw, o kalibrze 5–6 i >6 cm średnicy (rys. 1, tab. 9).

Tabela 8. Współczynniki korelacji Pearson'a pomiędzy analizowanymi cechami bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka

Table 8. Pearson's correlation coefficients between the analyzed features of very early and early cultivars of potato

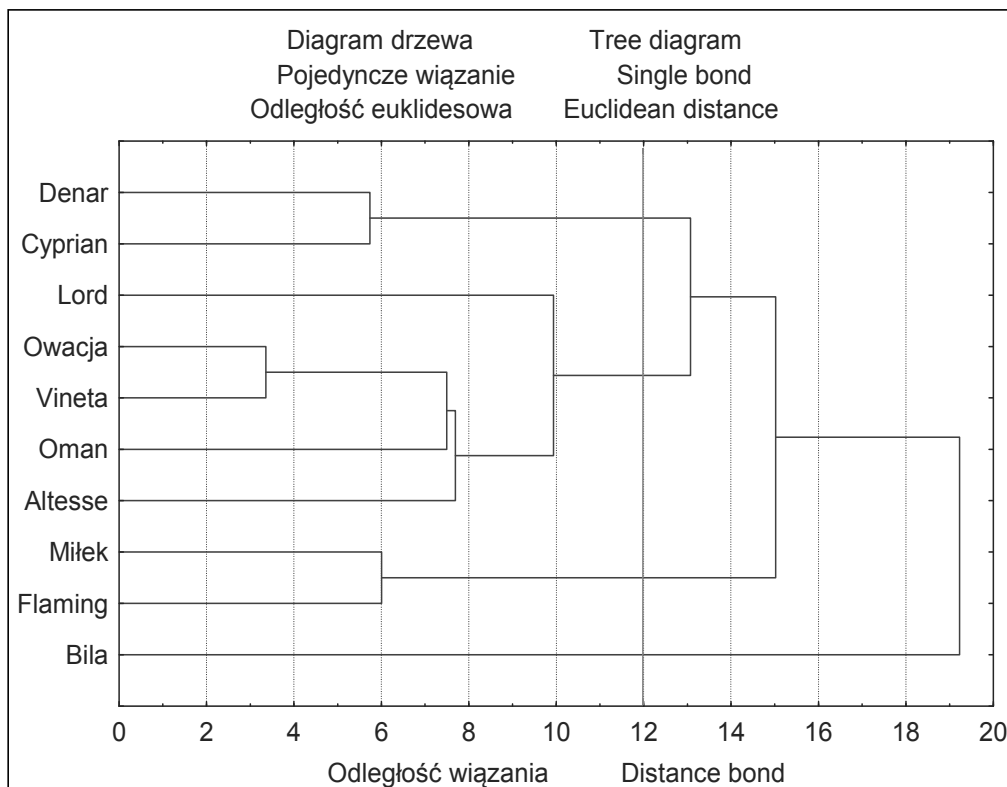
Zmienne Variables	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>
x <sub>1</sub>	1,00									
x <sub>2</sub>	0,24*	1,00								
x <sub>3</sub>	0,22*	0,99**	1,00							
x <sub>4</sub>	-0,11	0,57**	0,62**	1,00						
x <sub>5</sub>	0,22*	0,98**	0,99**	0,60**	1,00					
x <sub>6</sub>	-0,16	0,10	0,13	0,50**	0,25*	1,00				
x <sub>7</sub>	0,11	-0,57**	-0,62**	-1,00**	-0,60**	-0,50**	1,00			
x <sub>8</sub>	0,02	-0,49**	-0,51**	-0,51**	-0,43**	0,21*	0,51**	1,00		
x <sub>9</sub>	-0,06	0,53**	0,55**	0,65**	0,50**	0,04	-0,65**	-0,97**	1,00	
x <sub>10</sub>	0,08	0,45**	0,47**	0,40**	0,33**	-0,58**	-0,40**	-0,69**	0,56**	1,00

Objaśnienia jak w tabeli 7/Explanations as table 7

Tabela 9. Średnie wartości analizowanych cech dla 4 grup bardzo wczesnych odmian ziemniaka jadalnego wyznaczonych na podstawie analizy skupień

Table 9. Average values of the analyzed characteristics of the 4 groups of very early and early varieties of potatoes determined based on cluster analysis

Cecha Feature	Grupa – Group			
	1	2	3	4
x <sub>1</sub> – liczba pędów (szt.)/the number of shoots (pcs.)	5,9	5,6	6,4	6,4
x <sub>2</sub> – plon bulw/yield of tubers (t·ha <sup>-1</sup> )	43,7	37,7	31,6	47,6
x <sub>3</sub> – plon handlowy bulw/commercial yield of tubers (t·ha <sup>-1</sup> )	41,8	35,8	29,7	46,8
x <sub>4</sub> – udział masy bulw handlowych/share of commercial tubers (%)	95,5	94,5	93,1	98,2
x <sub>5</sub> – plon sadzeniaków/yield of seed potatoes (t·ha <sup>-1</sup> )	40,9	35,2	29,4	42,6
x <sub>6</sub> – udział masy sadzeniaków/share of seed potatoes (%)	93,3	93,0	92,7	90,9
x <sub>7</sub> – udział masy bulw <4 cm/share of tuber mass <4 cm (%)	4,5	5,6	6,5	1,8
x <sub>8</sub> – udział masy bulw 4–5 cm/share of tuber mass 4–5 cm (%)	58,7	65,8	78,9	45,0
x <sub>9</sub> – udział masy bulw 5–6 cm/share of tuber mass 5–6 cm (%)	34,6	27,2	13,9	46,2
x <sub>10</sub> – udział masy bulw >6 cm/share of tuber mass >6 cm (%)	2,2	1,4	0,7	7,0



Rys. 1. Dendrogram dla bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka powstały w wyniku analizy skupień z wykorzystaniem odległości euklidesowej

Fig. 1. The dendrogram for very early and early cultivars of potatoes formed by cluster analysis using Euclidean distance

## DYSKUSJA

Większość analizowanych cech, istotnych w produkcji ziemniaka, podlega dużej zmienności fenotypowej w zależności od oddziaływania różnych czynników siedliska i genotypu (Jansky 2008, Keller i Baumgartner 1982, Mazurczyk 1996, Michałek i in. 2000, Sawicka 1991, Sawicka i in. 1999, 2015, Trętowski i in. 1989, Ubysz-Borucka 1977, Yildirim i Caliscan 1985). Wiele cech ziemniaka jest uwarunkowana genetycznie (Domański i in. 2004, Kamiński 2015, Keller i Baumgartner 1982, Sawicka 1991, Yildirim i Caliscan 1985). W przeprowadzonych badaniach czynniki genetyczne najsilniej determinowały liczbę pędów na roślinie (27,9% w zmienności całkowitej), plon bulw tylko w 17% zależał od cech genetycznych badanych odmian. Duży wpływ czynników dziedzicznych na plon potwierdzają natomiast badania Bussan i in. [2007], Kamińskiego [2015], Michałka i in. [2000], Sawickiej [1991], Sawickiej i in. [1999], Styszko i Kamasy [2007], Yildirim'a i Caliskan'a [1985]. Według Mazurczyka [1996] potencjalne plony ziemniaka w Polsce wynoszą 74 t·ha<sup>-1</sup>. Sawicka i in. [2000], w warunkach wschodniej części Polski, potencjalne plony bardzo wczesnych odmian ziemniaka ocenili zaś na 52,3 t·ha<sup>-1</sup>.

O dużych możliwościach plonowania polskich odmian świadczą również maksymalne plony uzyskiwane w stacjach COBORU [Pszczółkowski 2016]. Bardzo wczesne i wczesne odmiany ziemniaka, w badaniach Michałka i Sawickiej [2005] uzyskały średnią wartość stosunku plonu rzeczywistego do potencjalnego  $Y_A/Y_P$  na poziomie 0,78. Wartość ta jest niewiele niższa od uzyskanej w wysoko rozwiniętym rolnictwie holenderskim [Kamiński 2015]. Większość prac dotyczących genetyki plonu i jego składowych pochodzi z analiz zdolności kombinacyjnej. Najczęściej występuje istotność ocen ogólnej zdolności kombinacyjnej GCA (General Combining Ability), bądź też ogólnej i specyficznej zdolności kombinacyjnej SCA (Specific Combining Ability) przy czym udział GCA w zmienności genetycznej jest z reguły większy [Domański i in. 2004, Flis i in. 2014, Kamiński 2015, Stefańczyk i Śliwka 2013]. Ograniczeniem dla stosowania tych metod oceny zdolności kombinacyjnej jest jednak to, iż dostarczają one informacji o zmienności genetycznej wyłącznie w badanej grupie genotypów. W związku z tym nadal poszukuje się bardziej uniwersalnych metod oceny cech gospodarczych ziemniaka.

Obok zmienności genetycznej występuje równoległe zmienność środowiskowa. Do najważniejszych przyczyn tej zmienności można zaliczyć: jakość sadzeniaków (zdrowotność, wielkość, sposób przechowywania), niejednorodność środowiska glebowego (zmienność glebowa, zróżnicowanie pH), różnorodność wpływu warunków meteorologicznych (opady, temperatura, światło, głównie zaś jego intensywność i czas trwania). Czynnikiem światła działa w rezultacie na indukcję tuberyzacji [Stefańczyk i Śliwka 2013]. W przeprowadzonych badaniach czynniki środowiska wywarły decydujący wpływ na liczbę pędów i udział masy bulw o średnicy 4–5 cm. Badania wielu autorów [Bussan i in. 2007, Gauch i in. 2008, Kamiński 2015, Rymuza 2015, Sawicka 1991, Styszko i Kamasa 2007, Yildirim i Caliskan 1985] wskazują również na dużą zmienność tych cech w latach badań.

Współdziałanie odmian i lat uprawy determinowało najsilniej plon ogólny, udział bulw handlowych i sadzeniaków, udział masy bulw o średnicy <4 cm, 5-6 i > 6 cm, plon handlowy i plon sadzeniaków. Duży wpływ współdziałania odmian i lat na te cechy potwierdzają również 7-letnie badania Sawickiej [1991], przeprowadzone na grupie 34 odmian. Zdaniem Gauch i in. [2008] oraz Kamińskiego [2015] główną przyczyną różnic pomiędzy genotypami lub odmianami w stabilności określonej cechy jest interakcja genotypowo-środowiskowa ( $G \times E$ ). Jest ona opisywana, jako zmienna ekspresja określonej cechy w odpowiedzi na zmienne warunki środowiskowe [Gauch i in. 2008, Jankowska i in. 2015, Jansky 2008, Kang 2002, Mądry i Iwańska 2011, Stefańczyk i Śliwka 2013]. Interakcja  $G \times E$  może, zatem wyrażać się innym rankingiem genotypów, czy odmian, pod względem określonej cechy w poszczególnych środowiskach. Jest to tylko częściowy efekt zróżnicowanej wrażliwości genotypów na stropy abiotyczne lub biotyczne. Wpływ określonych czynników środowiska tłumaczy, bowiem tylko część interakcji  $G \times E$ . Do czynników, które mogą powodować różnice w plonie zaliczyć można: konkurencję między roślinami w obrębie krzaka, współzawodnictwo o produkty fotosyntezy pomiędzy poszczególnymi węzłami stolonów z których się one formują, konkurencję między kielkami o pokarm z bulwy matecznej, dominację pączka głównego, wierzchołkowego oczka bulwy matecznej i inne [Bussan i in. 2007, Sawicka 1991, Stefańczyk i Śliwka 2013]. Pytlarz-Kozicka [2004] dowiodła, iż uzyskanie plonu ziemniaka, o odpowiedniej strukturze, zależy nie tylko od odmiany, czy warunków atmosferycznych, ale także od wielu czynników agrotechnicznych. Jednym z nich jest właściwa obsada roślin na jednostce powierzchni, którą można wyrazić liczbą wysadzonych bulw. Bussan i in. [2007] twierdzą, iż średnia wielkość bulw jest związana z liczbą łodyg i bulw pod krzakiem. Zarzyńska i Gruczek [1999] stwierdzili, że wczesne odmiany reagują inaczej niż późne na zagęszczenie, ponieważ ich rozwój jest krótszy i przebiega do czasu zwarcia rzędów, czyli wówczas, gdy nie występuje jeszcze konkurencja roślin o światło, wodę i składniki pokarmowe.

Przeprowadzona w niniejszych badaniach analiza korelacji prostej Pearson'a dowiodła, że liczba pędów odmian bardzo wczesnych i wczesnych jest istotnie dodatnio skorelowana zarówno z plonem ogólnym bulw, plonem handlowym, jak i plonem sadzeniaków. Ujemną zależność z plonem ogólnym bulw, udziałem i plonem handlowym oraz plonem sadzeniaków wykazał zaś udział masy bulw o średnicy <4 i 4–5 cm. Partycypacja bulw dużych, o średnicy 5–6 i >6 cm w plonie ogólnym, była silnie dodatnio skorelowana z plonem ogólnym, udziałem i plonem bulw handlowych, zaś istotnie ujemnie z udziałem masy bulw drobnych i średnich, o średnicy <4 i 4–5 cm. Zależności te potwierdzają Sawicka i Pszczółkowski [2004]. Z kolei Sawicka [1991] badając zależność plonu 34 odmian ziemniaka wszystkich grup wczesności, od innych cech stwierdziła, iż wielkość plonu i cech jego struktury jest uzależniona od przebiegu wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka w czasie wegetacji. Jej zdaniem plon bulw byłby tym większy im dłuższy byłby okres od początku kwitnienia do końca zasychania liści, a tym mniejszy im bardziej wydłużałby się okres od posadzenia do wschodów. Inne zależności pomiędzy plonem, odpornością i smakiem mięszu bulw zaobserwowali Styszko i Kamasa [2007]. Udowodnili oni bowiem, że odmiany wysoko plonujące, jednocześnie odporne na choroby, osiągają wyższe oceny jakości konsumpcyjnej.

Współczynnik zmienności, będący ilorazem bezwzględnej miary zmienności cechy, jako wielkość niewymiarowa, pozwala na porównywanie zróżnicowania, zarówno kilku zbiorowości pod względem tej samej cechy, jak i tej samej zbiorowości pod względem kilku cech. Jest on miarą rozrzutu otrzymanych wyników. Im mniejsza jest jego wartość tym cecha jest mniej zmienna [Mądry 2007, Mądry i Iwańska 2011]. Dla plonu, średnia wartość tego współczynnika wynosiła 17,7%. Mniejszą zmienność w plonowaniu obserwowano w grupie odmian bardzo wczesnych, niż w grupie odmian wczesnych. Struktura plonu bulw okazała się mało stabilna, gdyż ich współczynniki zmienności wahały się od 3,1% – dla udziału masy bulw handlowych do 160,7% – w przypadku udziału masy bulw największych w plonie. Cechy te mają decydujący wpływ na wielkość plonu handlowego.

Badania nad układem genetyczno-środowiskowym ma szczególne znaczenie w procesie rejonizacji nowych odmian. Wybór rejonów uprawy danej odmiany zależy od proporcji wariancji efektów interakcji: genotyp (G) × środowisko (E) do wariancji głównych efektów genotypowych. W przeprowadzonej analizie udział wariancji genotypowej stanowił ok. ¼ zmienności fenotypowej, istotnie wyższy udział stanowiła interakcja G x E. Zdaniem Annicchiarico i in. [2002, 2011] jeśli przeważa wariancja głównych efektów genotypowych to uznaje się, że odmiana jest szeroko przystosowana do warunków uprawy, w przypadku przeciwnym mówi się o wąskiej zdolności adaptacyjnej.

Analiza skupień pozwala na grupowanie obiektów (odmian) w grupy o właściwościach podobnych [Crosso i Franko 2004, Rymuza 2015]. Na podstawie analizy skupień wyodrębniono 4 grupy odmian ziemniaka, różniące się między sobą: liczbą pędów na roślinie, plonem ogólnym, udziałem masy bulw o średnicy <4, 4–5; 5–6 i >6 cm średnicy, udziałem bulw handlowych i ich plonem, partycypacją i plonem sadzeniaków. Na podstawie odległości Mahanalobisa [1936] można stwierdzić, że najbardziej oddalona (zróżnicowana) od pozostałych grup jest grupa 4. Wykorzystanie tej metody potwierdzają również wyniki uzyskane przez Jansky'ego [2008], Rymuzę i in. [2012, 2013] oraz Rymuzę [2015]. Metody te mogą być pomocne w przyszłości do oceny i porównania nowo wprowadzanych odmian nie tylko w przypadku ziemniaka, ale też innych roślin uprawnych.

Złożony charakter zagadnień, stanowiących ocenę bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka, wymaga użycia metod wielowymiarowych, gdyż badanie porównawcze odmian prowadzone wprawdzie pod względem wielu cech, ale rozpatrywanych oddzielnie, nie wyjaśniło dostatecznie złożoności tego zjawiska. Nie pozwalało, bowiem na kompleksową ocenę ich ilościowego zróżnicowania oraz grupowania obiektów podobnych pod względem wielu cech

jednocześnie. W opinii Crosso i Franko [2004], Kaczmarka i Mańkowskiego [2011], Rymuzy i in. [2013] oraz Rymuzy [2015] można dokonać kompleksowej oceny zróżnicowania odmian stosując jednocześnie wielocechowe metody ich zróżnicowania i jednocześnie ich grupowanie (klasyfikację). Stąd też przyszłe badania odmianowe należy prowadzić w tym kierunku.

## WNIOSKI

1. Czynniki genetyczny najsilniej decydował o zmienności fenotypowej pędów na roślinie. Czynniki środowiska w największym stopniu determinowały zmienność fenotypową liczby pędów na roślinie ziemniaka oraz udział masy bulw o średnicy 4–5 cm, w plonie ogółem.
2. Interakcja genotyp x środowisko determinowała najsilniej: plon ogólny, plon handlowy, plon sadzeniaków, udział masy bulw o średnicy <4, 5–6 i >6 cm, natomiast nie wpłynęła istotnie na liczbę pędów na roślinie.
3. Najmniejszą zmiennością spośród cech gospodarczych badanych odmian okazał się udział masy bulw handlowych, zaś największą – udział masy bulw największych w plonie. Z badanych odmian najmniej zmienną pod tym względem, okazała się Lord (bardzo wczesna) i Vineta (wczesna), zaś najbardziej zmienną – Denar (b. wczesna) i Owacja (wczesna).
4. Kluczowe miejsca spośród badanych odmian przypadły odmianom: Bila, Denar i Cyprian. Czynniki decydującymi o ich przewadze są: przystosowanie do mniej intensywnych warunków produkcji i skłonność do tworzenia bulw o większym kalibrze.
5. Duże zróżnicowanie badanych odmian, pod względem analizowanych cech gospodarczych, stwarza szansę, iż selekcja korzystnych genotypów będzie przydatna w hodowli twórczej ziemniaka. Odmiany, o najlepszych cechach morfologicznych, rolniczych, gospodarczych powinny być wykorzystane w procesie hodowlanym do tworzenia genotypów o pożądanych właściwościach.

## PIŚMIENNICTWO

- Annicchiarico P., Pecetti L., Abdelguerfi A., Bouizgaren A., Carroni A.M., Hayek T., M'Hammadi Bouzina M., Mezni M. 2011. Adaptation of landrace and variety germplasm and selection strategies for lucerne in the Mediterranean basin. *Field Crops Res.* 120: 283–291.
- Annicchiarico P. 2002. Genotype-environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. FAO Plant Production and Protection Paper No. 174. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Bussan A.J., Mitchell P.D., Copas M.E., Drilias M.J. 2007. Evaluation of the effect of density on potato yield and tuber size distribution. *Crop Sci.* 47: 2462–2472.
- Crossa J., Franco J. 2004. Statistical methods for classifying genotypes. *Euphytica* 153: 19–37.
- Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Domańska M. 2004. Zdolność kombinacyjna wybranych linii rodzicielskich pod względem kilku cech kształtujących jakość surowca na przetwory ziemniaczane. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 500: 117–126.
- Flis B., Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Polar Z., Pousa S.A., Pawlak A. 2014. Stability analysis of agronomic traits in potato cultivars of different origin. *Am. J. Pot. Res.* 91: 404–413.
- Gauch H.G., Piepho H.P., Annicchiarico P. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Further considerations. *Crop Sci.* 48: 866–889.
- Jankowska J., Pietraszko M., Lutomirska B. 2015. Analiza stabilności plonowania wybranych odmian ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) na glebie lekkiej. *Fragm. Agron.* 32(3): 32–43.
- Jankowski P., Zieliński A., Mądry W. 2006. Analiza interakcji genotyp-środowisko dla pszenicy ozimej z wykorzystaniem metody graficznej biplot typu GGE. Część I. *Metodyka. Biul. IHAR* 240/241: 51–60.

- Jansky S.H. 2008. Genotypic and environmental contributions to baked potato flavour. *Am. J. Pot. Res.* 85: 455–465.
- Kaczmarek Z., Mańkowski D.R. 2011. Wprowadzenie do statystycznych analiz wielozmiennych. Część I. Podstawy teoretyczne. *Biul. IHAR* 259: 23–34.
- Kamiński P. 2015. Ocena stabilności plonu i właściwości kulinarnych bulw ziemniaka odpornego na *Phytophthora infestans*. Praca doktorska, IHAR-PIB Radzików, ss. 194.
- Kang M.S. 2002. Genotype-environment interaction: Progress and prospects. In: *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*. Kang M.S. (Ed). CAB International Wallingford, UK: 221–243.
- Keller E., Baumgartner M. 1982. Beeinflussung von Qualitätseigenschaften durch Genotyp und Umwelt. *Kartoffelbau* 33: 12–15.
- Mądry W. 2007. Metody statystyczne do oceny różnorodności fenotypowej dla cech ilościowych w kolekcjach roślinnych zasobów genowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 517: 21–41.
- Mądry W., Iwańska M. 2011. Przydatność metod oraz miar statystycznych do oceny stabilności i adaptacji odmian: przegląd literatury. *Biul. IHAR*. 260/261: 193–217.
- Mahalanobis P.C. 1936. On the generalised distance in statistics. *Proceed. of the National Institute of Sciences of India* 2(1): 49–55.
- Mazurek W. 1996. Wyznaczanie potencjału produkcji biomasy oraz kwantyfikacje wybranych czynników kształtujących plon ziemniaka. *Fragm. Agron.* 13(4): 5–20.
- Michałek W., Sawicka B. 2005. Zawartość chlorofilu i aktywność fotosyntetyczna średnio późnych odmian ziemniaka w warunkach pola uprawnego w środkowo-wschodniej Polsce. *Acta Agrophys.* 6(1): 183–195.
- Michałek W., Sawicka B., Pszczółkowski P. 2000. Prediction early potato varieties yielding. *Proceed. of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Predictive modelling in Foods*. Leuven, Belgium, 12–15 September 2000, 207–210.
- Milligan G.W., Cooper M. 1985. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. *Psychometrika* 50(2): 159–179.
- Mojena R. 1977. Hierarchical grouping methods and stopping rule: an evaluation. *The Computer J.* 20: 359–363.
- Pszczółkowski P. 2016. Ziemniak 2015. Wyniki Porejestranych Doświadczeń Odmianowych i Rolniczych w województwie małopolskim. Wyd. SDOO Węgrzce, 67–89.
- Pytlarz-Kozička M. 2004. Zagęszczenie roślin jako czynnik kształtujący strukturę rośliny ziemniaka. *Biul. IHAR* 232: 113–119.
- Rymuza K. 2015. Zastosowanie wielowymiarowych metod statystycznych do oceny i porównania odmian ziemniaka jadalnego. Wyd. UPH Siedlce, *Rozpr. Hab.* 129: ss. 108.
- Rymuza K., Turska E., Wielogórska G., Bombik A. 2012. Use of principal component analysis for the assessment of spring wheat characteristics. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 11(1): 79–90.
- Rymuza K., Zarzecka K., Gugala M. 2013. Przydatność wielowymiarowej analizy porównawczej do oceny jakościowej bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 30(2): 134–142.
- SAS Institute Inc. 2008. *SAS/STAT®9.2 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sawicka B. 1991. Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białkopodlaskim. Wyd. AR Lublin, *Rozpr. Hab.* 141: ss. 76.
- Sawicka B., Michałek W., Pszczółkowski P. 1999. Potencjalne możliwości plonowania wczesnych odmian ziemniaka. *Mat. Konf. IHAR „Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość”*. Radzików, 23–25 lutego 2009, 107–111.
- Sawicka B., Michałek W., Pszczółkowski P. 2015. Dependence of chemical composition of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers on physiological indicators. *Zemdirbyste-Agriculture* 102(1): 41–50.
- Sawicka B., Pszczółkowski P. 2004. Fenotypowa zmienność struktury plonu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. IHAR* 232: 53–66.
- Sawicka B.H., Machaj H., Greguła A., Banaszkiwicz I. 2012. Postęp w hodowli i technologii uprawy ziemniaka. W: *Środowiskowe uwarunkowania produkcji roślinnej*. Kowalczyk K. (red.). Monografia. Wyd. UP Lublin, *Monogr.*: 102–115.
- Sedláková V., Dejmalová J., Hausvater E., Sedlák P., Doležal P., Mazáková J. 2011. Effect of *Phytophthora infestans* on potato yield in dependence on variety characteristics and fungicide control. *Plant Soil Environ.* 57: 486–491.

- Skowera B. 2014. Zmiany warunków hydrotermicznych na obszarze Polski (1971–2010). *Fragm. Agron.* 31(2): 74–87.
- Stefańczyk E., Śliwka J. 2013. Wpływ fotoperiodu na biologię ziemniaka. *Biul. IHAR.* 267: 58–67.
- Styszko L., Kamasa J. 2007. Zależność pomiędzy odpornością odmian ziemniaka na patogeny a smakiem bulw w latach o różnym poziomie plonowania. *Prog. Plant Prot.* 47(2): 343–347
- Trętowski J., Boligłowa E., Bombik A. 1989. Zmienność plonu i zawartości skrobi u odmian ziemniaka różnych grup wczesności. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 382: 70–77.
- Ubysz-Borucka L. 1977. Fenotypowa zmienność ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 191: 285–285.
- Yildirim M.B., Caliskan C.F. 1985. Genotype x environment interactions in potato. *Am. Pot. J.* 62: 371–375.
- Zarzecka K., Gugała M. 2015. Efekty ekonomiczne różnych sposobów odchwaszczania ziemniaka. *Nauka Przyr. Technol.* 9(2): #21.
- Zarzyńska K., Goliszewski W. 2007. Influence of seed potato tubers preparation on plants development and yield of potatoes growing in organic production system on different types of soil. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 52(4): 104–107.
- Zarzyńska K., Gruzdek T. 1999. Możliwość sterowania liczbą łodyg na jednostce powierzchni w zależności od kierunku produkcji. *Ziemniak Polski* 2: 19–24.

B. SAWICKA, P. PSZCZÓŁKOWSKI

#### PHENOTYPIC VARIATION OF THE YIELD AND ITS STRUCTURE VERY EARLY AND EARLY POTATO CULTIVARS

##### Summary

The analysis was based on a strict field experiment carried out in 2010–2012 in Experimental Station, Uhnin (Province Lublin) (51°34' N, 23°02' E), on fawn soil, slightly acidic. The experiment was performed in a randomized blocks, in triplicate. We studied 10 potato cultivars, 4 cultivars of very early and early cultivars 6. Agricultural practices conducted in accordance with the principles of Good Agricultural Practice, and conservation measures – in line with the recommendations of the IOR-PIB. Organic fertilizers and minerals under potato were at the same level (20 t·ha<sup>-1</sup> white mustard for plowing and 90 kg N·ha<sup>-1</sup>, P 39.3 kg·ha<sup>-1</sup>, 112.0 kg K·ha<sup>-1</sup>). During the growing number of shoots was determined on the plant after harvesting and tuber yield was determined and its structure. The dominant role in the variability of tuber yield and its structure played interaction: cultivars and environment (3.2–92.7%). Genotype accounted for 2.9–27.9% of variance in total variance of survey characteristics, the test conditions 3.7–73.9%. The significant was also the interaction of genotype and environment for the total yield, marketable yield, seed of potato yield, the share of tuber mass with a diameter of <4, 5–6 and > 6 cm. No such interaction was found with the number of shoots per plant. The least variable feature of the activity of the cultivars was part weight of tubers shopping, and most variable – the share of the largest mass of tubers in the yield.

**Key words:** potato cultivars, tuber yield, tuber fractions, number of shoots, variability

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 2.01.2017

Do cytowania – *For citation*

Sawicka B., Pszczółkowski P. 2017. Fenotypowa zmienność plonu i jego struktury bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka. *Fragm. Agron.* 34(1): 76–91.