

FENOTYPOWA ZMIENNOŚĆ PLONOWANIA, SKŁADU CHEMICZNEGO
ORAZ WYBRANYCH CECH JAKOŚCI BULW ŚREDNIO PÓŻNYCH
I PÓŻNYCH ODMIAN ZIEMNIAKA JADALNEGO

Marek Kołodziejczyk

Instytut Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: m.kolodziejczyk@ur.krakow.pl

Streszczenie. W badaniach polowych realizowanych w latach 2006-2011 w SD w Prusach określono wielkość i strukturę plonu, skład chemiczny oraz wybrane parametry jakości bulw sześciu średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego: Jelly, Medea, Niagara, Syrena, Ursus i Zeus. W celu określenia udziału zmienności genetycznej i środowiskowej oraz ich współdziałania w zmienności całkowitej badanych cech przeprowadzono ocenę komponentów wariacyjnych. Spośród badanych cech ziemniaka najbardziej stabilne były: udział bulw handlowych, zawartość suchej masy, skrobi i białka ogółem oraz skłonność do ciemnienia bulw surowych. Najmniej stabilną cechą okazał się udział bulw zdeformowanych. Czynniki środowiska najsilniej oddziaływały na wielkość plonu ogólnego i handlowego bulw, liczbę zawiązanych bulw oraz ich średnią masę, a także na udział frakcji bulw dużych w plonie oraz udział bulw zdeformowanych. Właściwości odmianowe w większym stopniu niż inne źródła zmienności decydowały tylko o zawartości suchej masy w bulwach. Z kolei współdziałanie odmian i lat uprawy najsilniej determinowało zawartość skrobi, białka ogółem, azotanów, skłonność do ciemnienia miąższu bulw surowych oraz udział bulw zdeformowanych.

Słowa kluczowe: ziemniak jadalny, plonowanie, skład chemiczny, jakość bulw, zmienność cech

WSTĘP

Poziom plonowania oraz jakość plonu bulw ziemniaka determinowane są zarówno właściwościami odmianowymi (genetycznymi) wynikającymi z postępu biologicznego, jak również warunkami siedliskowymi i agrotechnicznymi. Do czynników siedliskowych w największym stopniu odpowiadających za zmienność środowiskową należą warunki glebowe oraz meteorologiczne. Zdaniem Drzazgi i Krajewskiego (2001) charakter interakcji genotypowo-środowiskowej w więk-

szym stopniu zależy od warunków pogodowych panujących w danym roku niż miejsca prowadzenia eksperymentu. Jednak niska, najlepiej zerowa interakcja genotypu z latami i dowolna wartość interakcji genotypu z miejscowościami, zgodnie z tezą Węgrzyna (2001), ułatwia ocenę przydatności odmian do uprawy w danym rejonie. Prawidłowe określenie komponentów zmienności fenotypowej (środowiskowej i genotypowej) cech ziemniaka według Kellera i Baumgartnera (1982), Yildirma i Caliscana (1985), Trętowskiego i in. (1989) wymaga prowadzenia badań co najmniej przez 3 lata w jednej miejscowości lub w kilku miejscowościach w okresie 1-2 lat. Warunki pogodowe ulegają bowiem większym zmianom, zarówno w krótkim, jak i długim okresie w przeciwieństwie do czynników edaficznych, których charakter jest raczej stały.

Udział zmienności genotypowej i środowiskowej w kształtowaniu się cech ilościowych oraz jakościowych ziemniaka jest zróżnicowany. Poziom plonowania ziemniaka uprawianego w warunkach prawidłowej agrotechniki w największym stopniu uzależniony jest od przebiegu warunków pogodowych. W badaniach Kalbarczyka (2004) udział czynników agrometeorologicznych w zmienności plonu średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w latach 1972-1995 wahał się w zależności od rejonu kraju od 40 do 80%. Z kolei Trętowski i in. (1989) wykazali, że zawartość skrobi najsilniej determinowana jest przez czynnik odmianowy (ponad 50% udział w całkowitej zmienności w poszczególnych grupach wczesności odmian). Badania Bombika i in. (1996, 2003) wskazują ponadto na istotny wpływ odmiany (genotypu) i środowiska oraz interakcji genotypowo-środowiskowej na większość analizowanych cech jakości bulw ziemniaka.

Celem pracy była analiza zmienności genotypowej i środowiskowej plonowania, składu chemicznego oraz wybranych cech jakości bulw średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego.

MATERIAŁ I METODY

Badania realizowano w latach 2006-2011 w Stacji Doświadczalnej w Prusach (50°07'N i 20°05'E) należącej do Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Jednoczynnikowe doświadczenie polowe w układzie losowanych bloków z 3 replikacjami założono na czarnoziemie zdegradowanym, wytworzonym z lessu, zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego i I klasy bonitacyjnej. W badaniach oceniano plonowanie, skład chemiczny oraz wybrane parametry jakości bulw sześciu średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego: Jelly, Medea, Niagara, Syrena, Ursus i Zeus.

Ziemniaki wysadzano w II dekadzie kwietnia w rozstawie 75 x 35 cm. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 15,75 m². Przedplonem była pszenica ozima. Nawożenie

organiczne w formie obornika – 30 t·ha⁻¹ stosowano jesienią, natomiast nawozy mineralne wiosną w ilości: 100 kg N, 90 kg P₂O₅ i 150 kg K₂O w przeliczeniu na 1 ha. Chwasty zwalczano metodą mechaniczno-chemiczną, stosując dwukrotne obsypywanie oraz herbicydy Afalon Dyspersyjny 450 SC w dawce 2 l·ha⁻¹ oraz Targa Super 05 EC w dawce 1,5 l·ha⁻¹. Przeciw zarazie ziemniaka zastosowano (Ridomil Gold MZ 68 WG w dawce 2 kg·ha⁻¹ oraz dwukrotnie Infinito 687,5 SC w dawce 1,2 l·ha⁻¹).

Zbiory ziemniaka przeprowadzano między 20 września a 6 października. Przed zbiorem, z każdego poletka pobierano próby o masie około 10 kg w celu określenia struktury plonu bulw oraz wykonania analiz laboratoryjnych. Wielkość plonu handlowego bulw oszacowano na podstawie udziału frakcji bulw o średnicy poprzecznej powyżej 35 mm, wydzielając bulwy zdeformowane w stopniu ciężkim. Bulwy duże stanowiła frakcja o średnicy powyżej 50 mm. W bulwach ziemniaka określono zawartość suchej masy (metodą suszarkowo-wagową) skrobi (na wadze Remimanna), białka ogółem (metodą Kjeldahla, N x 6,25), azotanów (metodą potencjometryczną) oraz dokonano oceny ciemnienia miąższu bulw surowych po 10 min, 1 i 4 godz. od przekrojenia (wg skali 9^o, gdzie 9 – oznacza brak ciemnienia, a 1 – ciemnienie najsilniejsze).

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej, wykonując analizę wariancji. Istotność różnic między obiektami weryfikowano testem Tukey'a na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Ocenę zmienności cech poszczególnych odmian ziemniaka dokonano za pomocą współczynnika zmienności. W celu określenia udziału poszczególnych źródeł zmienności oraz ich współdziałania w zmienności całkowitej badanych cech przeprowadzono ocenę komponentów wariancyjnych według modelu losowego wykorzystując program Statistica 10. Wzajemne relacje oszacowanych komponentów wariancyjnych oraz ich struktura procentowa były podstawą oceny wpływu czynnika odmianowego oraz lat na zmienność badanych cech ziemniaka.

Lata badań znacząco różniły się warunkami termicznymi oraz ilością i rozkładem opadów, co znajduje odzwierciedlenie w wartościach współczynników Sieliana-ninova (tab. 1). W sześcioletnim cyklu badań trzy okresy wegetacji ziemniaka sklasyfikowano jako optymalne oraz po jednym jako: dość suchy, dość wilgotny i skrajnie wilgotny. We wszystkich latach średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka była wyższa od średniej z wielolecia. Najcieplejszym okresem wegetacji odznaczał się rok 2007 ze średnią temperaturą 16,0°C, a najchłodniejszym lata 2008 i 2010 o średniej temperaturze 15,2°C. Rozkład opadów atmosferycznych był bardzo nierównomierny, a ich suma od kwietnia do września w poszczególnych latach badań wahała się w szerokim zakresie od 297 mm w 2006 r. do 843 mm w 2010 r.

Tabela 1. Warunki opadowo-termiczne w okresie wegetacji ziemniaka w latach 2006-2011
Table 1. Meteorological conditions during potato vegetation in years 2006-2011

Rok – Year	Miesiąc – Month						Średnia/Suma Mean/Sum
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
temperatura – temperature (°C)							
2006	9,2	13,2	17,7	22,2	17,7	15,2	15,8
2007	9,4	15,3	18,4	19,4	21,0	12,4	16,0
2008	8,6	14,1	18,5	19,1	18,2	12,8	15,2
2009	11,4	13,6	16,2	20,2	18,8	15,4	15,9
2010	9,1	13,1	17,6	20,7	18,7	12,2	15,2
2011	10,2	13,7	17,8	17,6	19,2	15,8	15,7
Wielolecie 1971-2000 Long-term period	8,0	13,4	16,2	17,8	17,5	13,2	14,4
opady – rainfalls (mm)							
2006	36	60	62	28	93	18	297
2007	15	57	59	72	125	213	541
2008	35	28	26	142	45	111	387
2009	0	100	163	72	67	40	442
2010	40	303	135	105	128	132	843
2011	78	61	44	194	68	8	453
Wielolecie 1971-2000 Long-term period	50	74	94	81	76	60	435
współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa – Selyaninov's hydrothermic coefficient*							
2006	1,3	1,5	1,2	0,4	1,7	0,4	1,0
2007	0,5	1,2	1,1	1,2	1,9	5,7	1,8
2008	1,4	0,6	0,5	2,4	0,8	2,9	1,4
2009	0,0	2,4	3,4	1,2	1,2	0,9	1,5
2010	1,5	7,5	2,6	1,6	2,2	3,6	3,0
2011	2,5	1,4	0,8	3,6	1,1	0,2	1,6

(+) nadmiar i (–) niedobór opadów w stosunku do potrzeb opadowych ziemniaka późnego (Dzieżyc 1987) – (+) excess and (–) deficit of rainfall in relationship to water requirement of late potato,

*klasyfikacja: 0,0-0,4 skrajnie suchy, 0,4-0,7 bardzo suchy, 0,7-1,0 suchy, 1,0-1,3 dość suchy, 1,3-1,6 optymalny, 1,6-2,0 dość wilgotny, 2,0-2,5 wilgotny, 2,5-3,0 bardzo wilgotny, >3,0 skrajnie wilgotny – classification: 0.0-0.4 extremely dry. 0.4-0.7 very dry. 0.7-1.0 dry. 1.0-1.3 fairly dry. 1.3-1.6 optimum. 1.6-2.0 fairly wet. 2.0-2.5 wet. 2.5-3.0 very wet. >3.0 extremely wet.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie wartości plonu ogólnego bulw wahały się od 44,7 do 55,4 t·ha⁻¹, natomiast plonu handlowego od 42,4 do 49,6 t·ha⁻¹ (tab. 2). W sześcioletnim okresie badań największą zmiennością plonów odznaczała się odmiana Syrena (34,4 i 34,9%), a najmniejszą odmiana Zeus (11,2 i 12,4%). W badaniach Sawickiej (2001) współczynnik zmienności plonowania 37 odmian ziemniaka wynosił średnio 28,1%. Wielkość plonu ogólnego i handlowego bulw w największym stopniu determinowane były warunkami pogodowymi w poszczególnych latach (ponad 76% zmienności całkowitej). Właściwości odmianowe wyjaśniały 4,2% zmienności plonu ogólnego oraz 0,2% plonu handlowego bulw. Z kolei interakcja odmian z latami odpowiadała w 17,9% za zmienność plonu ogólnego oraz w 21,0% za zmienność plonu handlowego bulw. W badaniach Sawickiej i Pszczółkowskiego (2004) warunki meteorologiczne wyjaśniały ponad 95% wariancji plonu ogólnego oraz handlowego bulw, właściwości odmian ponad 3%, a interakcja tych czynników niespełna 1% całkowitej zmienności. Autorzy nie podają jednak udziału błędu doświadczenia, który może stanowić nawet ok. 50% zmienności całkowitej (Bombik i Boligłowa 1994). Decydujący wpływ warunków pogodowych oraz znacznie mniejszy cech odmianowych na plonowanie ziemniaka potwierdzają również badania Yildrima i Caliskana (1985).

Dominującą rolę w fenotypowej zmienności elementów składowych plonu bulw odgrywały lata badań. Udział tego źródła zmienności w kształtowaniu się średniej masy bulw wynosił 54,8%, natomiast w przypadku liczby zawiązanych bulw 39,3%. Zmienność genotypowa tych cech stanowiła natomiast 20,8 i 30,6% całkowitej zmienności (tab. 2). Większy udział zmienności środowiskowej niż genotypowej w kształtowaniu się elementów składowych plonu skutkuje dużym zróżnicowaniem poziomu plonowania w poszczególnych latach, przy czym jak wskazują badania Kołodziejczyka (2000), liczba zawiązanych bulw silniej determinuje wielkość plonu niż średnia masa bulw. Największą stabilnością ilości zawiązanych bulw charakteryzowała się odmiana Jelly, a najmniejszą odmiana Zeus, z kolei najbardziej stabilną pod względem średniej masy bulw okazała się odmiana Ursus, a najmniej odmiana Niagara. Udział frakcji bulw handlowych (o średnicy > 35 mm) w plonie ogólnym badanych średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego kształtował się w wąskim zakresie od 93,3 do 97,8%, a współczynnik zmienności od 1,5 do 4,5%. Mniej stabilną cechą okazał się udział frakcji bulw dużych (o średnicy > 50 mm), który wahał się od 58,6 do 79,1%, a współczynnik zmienności od 12,2 do 31,4% (tab. 2). Również Sawicka (2001) w swoich badaniach wykazała, że zmienność fenotypową udziału frakcji bulw handlowych najsilniej determinowała interakcja odmian z latami (41,8%), natomiast w przypadku frakcji bulw dużych dominującą rolę odgrywały lata badań (53,5%). Zmienność genotypowa stanowiła 16,1% całkowitej

Tabela 2. Charakterystyka zmienności plonu bulw oraz jego struktury
Table 2. Characteristics of variability of tuber yield and its structure

Cecha – Feature	Parametry statystyczne Statistical measure	Odmiana – Cultivar					
		Jelly	Medea	Niagara	Syrena	Ursus	Zeus
Plon ogólny bulw Total yield of tubers (t·ha ⁻¹)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean	44,7	46,9	51,2	48,6	48,6	55,4
	zakres zmienności – variability range <i>V</i> *	23,6-63,5 30,2	24,9-62,8 24,8	25,8-63,7 26,8	17,5-69,1 34,4	26,2-60,7 24,1	42,1-63,4 11,2
Plon handlowy bulw Marketable yield of tubers (t·ha ⁻¹)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean	42,4	43,1	46,2	45,1	45,1	49,6
	zakres zmienności – variability range <i>V</i>	21,0-62,6 31,9	20,4-57,6 27,5	20,5-57,9 28,0	14,5-63,9 34,9	24,6-55,4 24,5	38,1-58,1 12,4
Średnia masa bulwy Average weight of tubers (g)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean	119	106	95	121	109	78
	zakres zmienności – variability range <i>V</i>	79-188 26,9	60,5-148 28,0	53-148 33,6	71-172 24,8	86-136 15,5	42,6-113 28,5
Liczba bulw z rośliny Number of tubers per plant	średnia arytmetyczna – arithmetic mean	11,1	12,9	16,3	11,1	13,1	20,8
	zakres zmienności – variability range <i>V</i>	7,8-15,5 21,3	9,0-18,6 23,8	10,2-29,4 37,2	7,5-17,0 24,5	8,3-18,9 22,9	14,3-37,9 38,4
Udział bulw handlowych Share of commercial tubers (%)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean	96,8	95,3	95,2	97,8	96,8	93,3
	zakres zmienności – variability range <i>V</i>	93,7-99,2 1,8	84,1-99,2 4,5	83,0-98,8 4,1	93,7-99,4 1,5	93,0-98,8 1,8	88,3-97,8 2,6
Udział bulw dużych Share of large tubers (%)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean	76,7	71,8	66,9	79,1	73,2	58,6
	zakres zmienności – variability range <i>V</i>	56,1-94,3 16,2	19,6-93,1 31,4	28,1-88,6 25,3	40,0-95,1 19,2	56,2-89,3 12,2	29,5-79,5 23,5

* Współczynnik zmienności (%) – Coefficient of variation (%)

zmienności udziału bulw handlowych i 13,6% udziału bulw dużych w plonie ogólnym. Badania Sawickiej i Pszczółkowskiego (2004) dotyczące zmienności struktury plonu 16 średnio późnych i późnych odmian ziemniaka wskazują na dominującą rolę lat badań (62-85%) w zmienności fenotypowej bulw wszystkich frakcji wielkościowych oraz znacząco mniejszą rolę cech odmianowych (11-34%) i interakcji tych czynników (3-7%). Duży wpływ warunków środowiska na strukturę plonu stwierdzili także McKerron i in. (1982).

Średnia zawartość suchej masy w bulwach badanych odmian ziemniaka jadalnego w latach 2006-2011 wahała się od 19,8 do 24,3%, a skrobi od 13,4 do 15,9% (tab. 3). Najmniejszymi wartościami tych cech odznaczała się odmiana Niagara, a największymi Ursus. Współczynnik zmienności zawartości suchej masy w bulwach kształtował się w zakresie od 4,5 do 8,2%, natomiast w przypadku skrobi od 3,3 do 9,9%. Analiza wariancji zawartości suchej masy oraz skrobi w bulwach przypisała większy udział zmienności genotypowej (38,3 i 36,9%) niż środowiskowej (32,4 i 18,7%). Udział współdziałania tych czynników w zmienności fenotypowej, w przypadku zawartości suchej masy, wynosił 21,8%, a skrobi – 38,2% (tab. 4). Trętowski i in. (1989) oraz Mazurczyk (1994) również wykazali dominującą rolę genotypu w kształtowaniu zawartości skrobi w bulwach. W badaniach Sawickiej i in. (2011) zawartość suchej masy w 55,9% zależała od odmiany, a w 31,6% od warunków meteorologicznych. Duży wpływ czynników genetycznych na wartość tej cechy potwierdzają także Holden i in. (2003) oraz Styszko i Kamasa (2006). Odmianą zależność stwierdzili natomiast Bombik i in. (2007). Ich badania wykazały, że zawartość suchej masy oraz skrobi w największym stopniu uzależnione były od warunków wegetacji w poszczególnych latach (26 i 35%), jednak przy dużym udziale błędu doświadczenia wynoszącym odpowiednio 52% dla zawartości suchej masy i 39% dla zawartości skrobi. Średnia zawartość białka ogółem w bulwach poszczególnych odmian ziemniaka wahała się od 1,80 do 1,98%. Zawartość tego składnika okazała się cechą o dużej stabilności, o czym świadczy współczynnik zmienności, który wynosił przeciętnie 11,5%, z wahaniami od 9,3 do 14,9%. Mniej stabilną cechą była zawartość azotanów. Średnia koncentracja tej formy azotu w bulwach kształtowała się w zakresie od 37,2 do 57,1 mg NO₃·kg⁻¹, a współczynnik zmienności od 10,5 do 37,1%. Zawartość białka ogółem oraz azotanów determinowane były głównie współdziałaniem odmian i lat (51,0 i 50,1%). Zmienność środowiskowa w przypadku tych cech stanowiła odpowiednio 39,9 i 20,8% zmienności całkowitej, natomiast właściwości odmianowe wyjaśniały 1,3% wariancji zawartości białka i 19,0% koncentracji azotanów. Bombik i in. (2003) uważają, że odmiany ziemniaka różnią się genetycznie uwarunkowaną predyspozycją do gromadzenia białka, ale jak inne cechy jakościowe, również zawartość białka modyfikowana jest czynnikami siedliska. Koncentracja azotanów w bulwach również uzależniona jest od warunków opadowo-termicznych w okresie wegetacji

Tabela 3. Charakterystyka zmienności składu chemicznego oraz wybranych parametrów jakości bulw ziemniaka
Table 3. Characteristics of variation of chemical composition and tuber quality parameters

Cecha – Feature	Parametry statystyczne Statistical measure	Odmiana – Cultivar					
		Jelly	Medea	Niagara	Syrena	Ursus	Zeus
Zawartość suchej masy Dry matter content (%)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean zakres zmienności – variability range \bar{V}	21,3 18,0-22,9 8,1	20,7 17,0-22,3 8,2	19,8 17,1-21,8 7,1	21,9 20,6-24,0 4,5	24,3 21,0-26,3 7,6	22,7 20,1-24,7 6,2
Zawartość skrobi Starch content (%)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean zakres zmienności – variability range \bar{V}	14,4 12,0-16,0 9,9	13,6 12,7-14,7 5,0	13,4 12,6-14,1 3,3	14,6 13,1-16,8 9,6	15,9 13,2-18,0 9,2	15,5 13,3-17,1 8,9
Zawartość białka ogółem Total protein content (%)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean zakres zmienności – variability range \bar{V}	1,98 1,65-2,39 10,5	1,98 1,58-2,20 9,3	1,85 1,50-2,34 14,9	1,97 1,57-2,27 10,1	1,92 1,58-2,26 12,9	1,80 1,37-2,07 11,5
Zawartość azotanów Nitrate content (mg NO ₃ ·kg ⁻¹)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean zakres zmienności – variability range \bar{V}	37,2 18,1-50,2 31,7	55,2 35,3-72,2 22,5	42,7 22,1-63,1 37,1	57,1 43,2-69,4 14,3	49,0 43,4-60,1 10,5	47,3 28,1-73,0 28,3
Udział bulw zdeformowanych Share of deformed tubers (%)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean zakres zmienności – variability range \bar{V}	4,0 0,0-10,7 66,7	4,6 0,0-9,4 69,5	7,1 0,0-14,0 62,3	6,5 0,0-11,0 51,2	5,2 0,0-9,0 57,4	8,1 1,8-15,5 52,8
Ciemnienie bulw surowych po 1 godzinie (skala 9°) Raw tuber darkening after 1 hour (9° scale)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean zakres zmienności – variability range \bar{V}	8,4 7,3-9,0 6,4	8,2 6,8-8,8 8,7	7,9 7,4-8,4 4,2	8,2 7,6-8,6 3,5	8,4 7,8-8,9 4,5	8,1 7,6-8,6 4,1
Ciemnienie bulw surowych po 4 godzinach (skala 9°) Raw tuber darkening after 4 hours (9° scale)	średnia arytmetyczna – arithmetic mean zakres zmienności – variability range \bar{V}	8,1 6,3-8,9 10,0	7,8 6,1-8,6 9,1	7,6 6,5-8,5 7,7	7,9 6,8-8,8 6,1	8,0 7,4-8,8 5,8	7,8 6,3-8,6 7,9

Tabela 4. Komponenty wariacyjne badanych cech ziemniaka
Table 4. Variance components of examined characteristics of potato

Cecha – Feature	Komponenty wariacyjne Variance components				Udział w całkowitej zmienności (%) Proportion of total variation (%)			
	odmiany cultivars	lata years	odmiany x lata cultivars x years	błąd error	odmiany cultivars	lata years	odmiany x lata cultivars x years	błąd error
Plon ogólny bulw – Total yield of tubers	8,0	143,9**	33,7**	3,2	4,2	76,2	17,9	1,7
Plon handlowy bulw – Marketable yield of tubers	0,3	129,3**	35,6**	4,1	0,2	76,4	21,0	2,4
Średnia masa bulwy – Average weight of tubers	227,5**	599,0**	211,7**	54,4	20,8	54,8	19,4	5,0
Liczba bulw z rośliny – Number of tubers per plant	12,7**	16,3**	10,7**	1,8	30,6	39,3	25,8	4,3
Udział bulw handlowych Share of commercial tubers	1,63*	0,90	4,21**	3,35	16,1	8,9	41,8	33,2
Udział bulw dużych – Share of large tubers	42,0**	165,9**	63,1**	39,1	13,6	53,5	20,3	12,6
Zawartość suchej masy – Dry matter content	1,82**	1,54**	1,04**	0,36	38,3	32,4	21,8	7,5
Zawartość skrobi – Starch content	0,84**	0,42**	0,86**	0,14	36,9	18,7	38,2	6,2
Zawartość białka – Total protein content	0,00	0,02**	0,03**	0,00	1,3	39,9	51,0	7,8
Zawartość azotanów – Nitrate content	33,8*	37,0*	89,3**	18,1	19,0	20,8	50,1	10,1
Udział bulw zdeformowanych Share of deformed tubers	1,68*	5,72**	3,13**	4,69	11,0	37,6	20,6	30,8
Ciemnienie bulw surowych po 1 godz. Raw tuber darkening after 1 hour	0,02	0,02	0,12**	0,06	9,5	9,5	54,5	26,5
Ciemnienie bulw surowych po 4 godz. Raw tuber darkening after 4 hours	0,04	0,06*	0,17**	0,09	11,1	16,4	46,6	25,9

* istotne przy $\alpha = 0,05$, ** istotne przy $\alpha = 0,01$, *** istotne przy $\alpha = 0,01$, ** significant at $\alpha = 0,01$.

ziemniaka (Grudzińska i Zgórska 2008). Najmniejszą ilość tej formy azotu zdaniem Cieślik (1995) oraz Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej (2000) kumulują bulwy ziemniaka w latach o optymalnej ilości opadów przy średniej temperaturze powietrza 16-18°C.

Udział bulw zdeformowanych najsilniej determinowany był przez warunki pogodowe (37,6%), w mniejszym stopniu wynikiem współdziałania odmian z latami (20,6%), a najslabiej przez czynnik odmianowy (11,0%). Udział bulw zdeformowanych w stopniu ciężkim okazał się cechą o niskiej stabilności. Średni współczynnik zmienności tej cechy wynosił 60,0%. Z kolei do stabilnych cech jakości bulw ziemniaka zaliczyć można skłonność miąższu bulw surowych do ciemnienia. Dominującą rolę w zmienności fenotypowej tej cechy odgrywało współdziałanie odmian z latami (od 46,6 do 54,5%). Udział zmienności środowiskowej w zmienności całkowitej kształtował się na poziomie 9,5-16,4%, natomiast zmienności genotypowej od 9,5 do 11,1%. W badaniach Sawickiej (1991) cechy genotypu decydowały w 11-39% o zmienności ciemnienia miąższu bulw surowych różnych grup wczesności odmian.

WNIOSKI

1. Spośród ocenianych cech ziemniaka najbardziej stabilne były: udział bulw handlowych, zawartość suchej masy, skrobi i białka ogółem oraz skłonność do ciemnienia bulw surowych. Średnie zróżnicowanie stwierdzono w przypadku plonu ogólnego i handlowego bulw, liczby zawiązanych bulw i ich średniej masy, udziału bulw dużych oraz zawartości azotanów. Najmniej stabilną cechą okazał się natomiast udział bulw zdeformowanych.

2. Zmienność środowiskowa oraz współdziałanie odmian z latami silniej determinowały zmienność fenotypową badanych cech ziemniaka niż czynnik genetyczny. Właściwości odmianowe w większym stopniu niż inne źródła zmienności decydowały tylko o zawartości suchej masy w bulwach.

3. Spośród analizowanych źródeł zmienności, czynniki środowiska najsilniej oddziaływały na wielkość plonu ogólnego i handlowego bulw, liczbę zawiązanych bulw oraz ich średnią masę, a także na udział frakcji bulw dużych w plonie oraz udział bulw zdeformowanych.

4. Współdziałanie odmian i lat uprawy miało większy wpływ na fenotypową zmienność składu chemicznego i jakości bulw niż na kształtowanie się plonów oraz elementów składowych plonu. Największy udział tego źródła zmienności w zmienności całkowitej stwierdzono w przypadku udziału bulw handlowych, zawartości skrobi, białka ogółem, azotanów oraz skłonności do ciemnienia miąższu bulw surowych.

PIŚMIENNICTWO

- Bombik A., Boligłowa E., 1994. Zmienność cech jakości ziemniaka jadalnego spowodowana nawożeniem dolistnym. *Fragm. Agron.*, 2, 52-57.
- Bombik A., Rymśza K., Markowska M., Stankiewicz C., 2007. Variability analysis of selected quantitative characteristics in edible potato varieties. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 6(3), 5-15.
- Bombik A., Stankiewicz C., Starczewski J., 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa w ocenie wybranych cech jakości ziemniaka. *Biul. IHAR*, 226/227(2), 539-546.
- Bombik A., Starczewski J., Skrzypczyński T., 1996. Ocena odmianowej i spowodowanej zmianowaniem zmienności plonu bulw i innych cech ziemniaka. *Biul. IHAR*, 200, 393-397.
- Drzazga T., Krajewski P., 2001. Zróżnicowanie środowisk pod względem stopnia interakcji w seriach doświadczeń z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR*, 218/219, 111-115.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K., 2000. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany, miejsca uprawy i terminu zbioru. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(25) Supl., 46-51.
- Grudzińska M., Zgórska K., 2008. Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(60), 98-106.
- Holden N. M., Brereton A. J., Sweeney J., Fealy R., 2003. The predicted change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agric. For. Meteorol.*, 116, 181-196.
- Kalbarczyk R., 2004. Czynniki agrometeorologiczne a plony ziemniaka w różnych rejonach Polski. *Acta Agrophysica*, 4(2), 339-350.
- Keller E., Baumgartner M., 1982. Beeinflussung von Qualitätseigenschaften durch Genotyp und Umwelt. *Kartoffelbau*, 33, 12-15.
- Kołodziejczyk M., 2000. Kształtowanie się plonu bulw łanu i pojedynczej rośliny ziemniaka jadalnego. *Biul. IHAR*, 214, 221-230.
- Mazurczyk W., 1994. Skład chemiczny dojrzałych 30 odmian ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.*, 44, 55-63.
- McKerron D.K., Marshall B., Jefferies R.A., 1988. The distributions of tuber sizes in droughted and irrigated crops of potato. II. Relation between size and weight of tubers and the variability of tuber – size distributions. *Potato Res.*, 31(2), 279-288.
- Sawicka B., 2001. Soil variability cv. potato productivity. *Acta Agrophys.* 52, 235-243.
- Sawicka B., 1991. Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białkopodlaskim. *Rozpr. hab. nr 141, Wyd. AR Lublin*, ss. 76.
- Sawicka B., Michałek W., Pszczółkowski P., 2011. Uwarunkowania potencjału plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. IHAR* 259, 219-228.
- Sawicka B., Pszczółkowski P., 2004. Fenotypowa zmienność struktury plonu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. IHAR*, 232, 53-66.
- Styszko L., Kamasa J., 2006. Relacje pomiędzy odpornością odmian ziemniaka na patogeny a plonem skrobi w latach o różnym poziomie plonowania. *Postępy w Ochronie Roślin*, 46(2), 512-516.
- Trętowski J., Boligłowa E., Bombik A., 1989. Zmienność plonu i zawartości skrobi u odmian ziemniaka różnych grup wczesności. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 382, 70-77.
- Węgrzyn S., 2001. Możliwości wykorzystania metod statystycznych do opracowania wyników doświadczeń w hodowli roślin. *Biul. IHAR*, 218/219, 5-14.
- Yildirim M.B., Caliskan C.F., 1985. Genotype x environment in potato. *Am. Potato J.*, 65, 371-375.

PHENOTYPIC VARIATION OF YIELDING, CHEMICAL COMPOSITION
AND QUALITY CHARACTERISTICS OF MEDIUM-LATE AND LATE
CULTIVARS OF EDIBLE POTATO

Marek Kołodziejczyk

Institute of Plant Production, University of Agriculture in Kraków
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Krakow
e-mail: m.kolodziejczyk@ur.krakow.pl

Abstract. In the field experiment conducted in 2006-2011 at the Experimental Station in Prusy determined were the amount and structure of yield, chemical composition and selected quality parameters of tubers of 6 medium late and late cultivars of edible potato: Jelly, Medea, Niagara, Syrena, Ursus and Zeus. An assessment of variation components was conducted in order to determine the share of genetic and environmental variation and their contribution to the total variation of the analysed features. Considering the studied potato features the most stable were: the share of marketable tubers, content of dry matter, total starch and protein and a tendency to raw tuber flesh darkening. The share of deformed tubers proved to be the least stable feature. The environmental factors most strongly affected the amount of total and marketable yield, the number of tubers set and their average weight, but also the share of large tuber fraction in yield and the share of deformed tubers. Cultivar properties, to a greater extent than other sources of variability, determined only the content of dry matter in tubers. On the other hand, interaction of cultivars and years of cultivation most strongly determined the contents of starch, total protein, nitrates, tendency to raw tuber flesh darkening and the share of deformed tubers.

Keywords: edible potato, yielding, chemical composition, tuber quality, variability of characteristics