

CHARAKTERYSTYKA MIESZAŃCÓW F₂ ŻYTA OZIMEGO (*SECALE CEREALE* L.) POD WZGLĘDEM WYBRANYCH CECH IŁOŚCIOWYCH

KAMILA NOWOSAD¹, AGNIESZKA ŁĄCKA¹, JAN BOCIANOWSKI²

¹*Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
pl. Grunwaldzki 24A, 53-363 Wrocław*

²*Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań*

Synopsis. W doświadczeniu polowym przeprowadzonym w 2006 roku w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, badano 181 mieszańców pokolenia F₂ żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Oceniano wysokość rośliny, długość kłosa, długość dokłosa, liczbę kłosów z rośliny, liczbę ziaren z rośliny oraz masę ziaren z rośliny. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w oparciu o jedno- i wielowymiarową analizę statystyczną. Dla poszczególnych cech mieszańców F₂ żyta ozimego obliczono wartości minimalne, średnie i maksymalne oraz współczynnik zmienności. Relacje pomiędzy obserwowanymi cechami oceniano na podstawie współczynników korelacji. Współzależności te przedstawiono w formie graficznej na wykresie rozrzutu. Ponadto, do charakterystyki mieszańców F₂ żyta ozimego zastosowano analizę składowych głównych. Ta wielowymiarowa metoda statystyczna może służyć do redukcji danych, interpretacji zależności pomiędzy zmiennymi oraz interpretacji struktury zbioru obserwacji. Uzyskane wyniki wskazują na dużą zmienność masy ziaren (75,9%), liczby ziaren z rośliny (67,7%) i liczby kłosów z rośliny (52,3%). Natomiast stosunkowo niewielką – wysokości rośliny (10,2%), długości dokłosa (13,1%) i długości kłosa (16,5%). Dla badanych mieszańców F₂ żyta ozimego zaobserwowano bardzo silne skorelowanie pomiędzy liczbą ziaren z rośliny a liczbą kłosów z rośliny (r=0,849), masą ziaren z rośliny a liczbą kłosów z rośliny (r=0,833) oraz masą ziaren z rośliny a liczbą ziaren z rośliny (r=0,972). Analiza składowych głównych umożliwiła wskazanie mieszańców, oznaczonych numerami 22 i 73, najbardziej różniących się od pozostałych pod względem wszystkich cech rozpatrywanych łącznie.

Słowa kluczowe: analiza składowych głównych, masa ziaren, mieszańce F₂, żyto ozime

WSTĘP

Żyto ozime jest gospodarczo ważną rośliną zbożową w Polsce. Charakteryzuje się dobrym przystosowaniem do warunków glebowo-klimatycznych oraz szeregiem korzystnych cech agronomicznych i możliwością różnorodnego wykorzystania ziarna [Kolasińska i in. 2015]. Hodowla nowych odmian żyta o zmienionym składzie jakościowym ziarna oraz wysokiej produktywności możliwa jest dzięki m.in. wprowadzaniu do uprawy odmian mieszańcowych żyta [Kubicka i in. 2012]. Charakterystyka zmienności, różnorodności oraz analiza podobieństwa/zróżnicowania mieszańców pokolenia F₂ żyta ozimego (*Secale cereale* L.) ma na celu między innymi ocenę ich przydatności do potrzeb hodowlanych [Bednarek i in. 1999, Rzepka-Plewnieś

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* kamila.nowosad@upwr.edu.pl

2001, Rakoczy-Trojanowska i in. 2017]. Przy analizie tego typu wykorzystuje się niejednokrotnie informacje dotyczące wielu cech użytkowych. Stąd obok metod jednowymiarowych, niezbędne jest zastosowanie wielowymiarowych metod statystycznych. Jedną z często stosowanych metod jest analiza składowych głównych [Martinez-Calvo 2007, Rotondi i in. 2003]. Metoda ta pozwala na wyznaczenie udziału poszczególnych cech w wielocechowej zmienności mieszańców. Cechy tworzące pierwszą, drugą i następne składowe główne wykazują najsilniejszą moc dyskryminacyjną, tzn. w największym stopniu różnicują badane mieszańce.

Celem niniejszej pracy była charakterystyka zmienności, współzależności i zróżnicowania 181 mieszańców F_2 żyta ozimego (*Secale cereale* L.) pod względem sześciu wybranych cech ilościowych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe ze 181 mieszańcami pokolenia F_2 żyta ozimego (*Secale cereale* L.) założono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w 2006 roku. Stacja ta jest zlokalizowana na północno-wschodnim skraju miasta na wysokości 122,88 m n.p.m., długości geograficznej $17^{\circ}07' E$ i szerokości geograficznej $51^{\circ}07' N$. Typ gleby w doświadczeniu określono jako madę właściwą, wytworzoną z piasku gliniastego lekkiego, podścielonego piaskiem luźnym. Pod względem przydatności rolniczej glebę zaliczono do klasy bonitacyjnej IVa oraz kompleksu żytniego bardzo dobrego. Nie zastosowano żadnego nawożenia oraz chemicznych środków zwalczania chwastów i patogenów chorobotwórczych. Warunki pogodowe w okresie prowadzonego doświadczenia były typowe dla Dolnego Śląska i nie różniły się znacznie od średnich wieloletnich. W przeprowadzonym doświadczeniu oznaczane parametry dotyczą każdej pojedynczej rośliny, tzn. 181 obiektów pokolenia F_2 . Oceniano wartości następujących cech: wysokość rośliny – WR [cm], długość kłosa – DK [cm], długość dokłosa – DD [cm], liczba kłosów z rośliny – LK [szt.], liczba ziaren z rośliny – LN [szt.], masa ziaren z rośliny – MN [g].

Normalność rozkładu obserwowanych cech była testowana z użyciem testu normalności Shapiro-Wilka [Shapiro i Wilk 1965]. Dla poszczególnych cech mieszańców F_2 żyta ozimego obliczono wartości minimalne, średnie i maksymalne oraz współczynnik zmienności. Współzależność pomiędzy obserwowanymi cechami oceniano na podstawie współczynników korelacji. Współzależności te przedstawiono w formie graficznej na wykresie rozrzutu [Cleveland 1994, Kozak i in. 2010]. Ponadto, do charakterystyki mieszańców F_2 żyta ozimego zastosowano analizę składowych głównych [Krzyśko 2000, Morrison 1967]. Ta wielowymiarowa metoda statystyczna może służyć do redukcji danych, interpretacji zależności pomiędzy zmiennymi oraz interpretacji struktury zbioru obserwacji. Wszystkie analizy przeprowadzono przy użyciu pakietu statystycznego GenStat 18.

WYNIKI I DYSKUSJA

Mieszańce pokolenia F_2 żyta ozimego (*Secale cereale* L.) charakteryzowały się bardzo dużą zmiennością masy ziaren z rośliny (współczynnik zmienności był równy 75,9%), liczby ziaren z rośliny (67,7%) oraz liczby kłosów z rośliny (52,3%). Uzyskana zmienność była znacznie większa niż w pracach innych autorów [Jaskulski i Piasecka 2007, Smagacz i Kuś 2010]. Stosunkowo niewielką zmienność mieszańce żyta ozimego wykazywały ze względu na wysokość rośliny (współczynnik zmienności był równy 10,2%), długość dokłosa (13,1%) oraz długość kłosa (16,5%) (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka cech mieszańców F₂ żyta ozimego
 Table 1. Characteristics of traits of F₂ hybrids of winter rye

Cecha Trait	Min	Wartość średnia Mean value	Max	Współczynnik zmienności (%) Coefficient of variation (%)
Wysokość rośliny (cm) Height of plants (cm)	76,2	127,4	156	10,2
Długość kłosa (cm) Length of spikes (cm)	5,4	8,6	13,3	16,5
Długość dokłosa (cm) Length of uppermost internode (cm)	27,7	48,5	62,6	13,1
Liczba kłosów z rośliny (szt.) Number of spikes per plant (pcs)	1,0	8,8	26,0	52,3
Liczba ziaren z rośliny (szt.) Number of grains per plant (pcs)	3,0	313,4	1105,0	67,7
Masa ziaren z rośliny (g) Grains weight per plant (g)	0,1	9,1	42,8	75,9

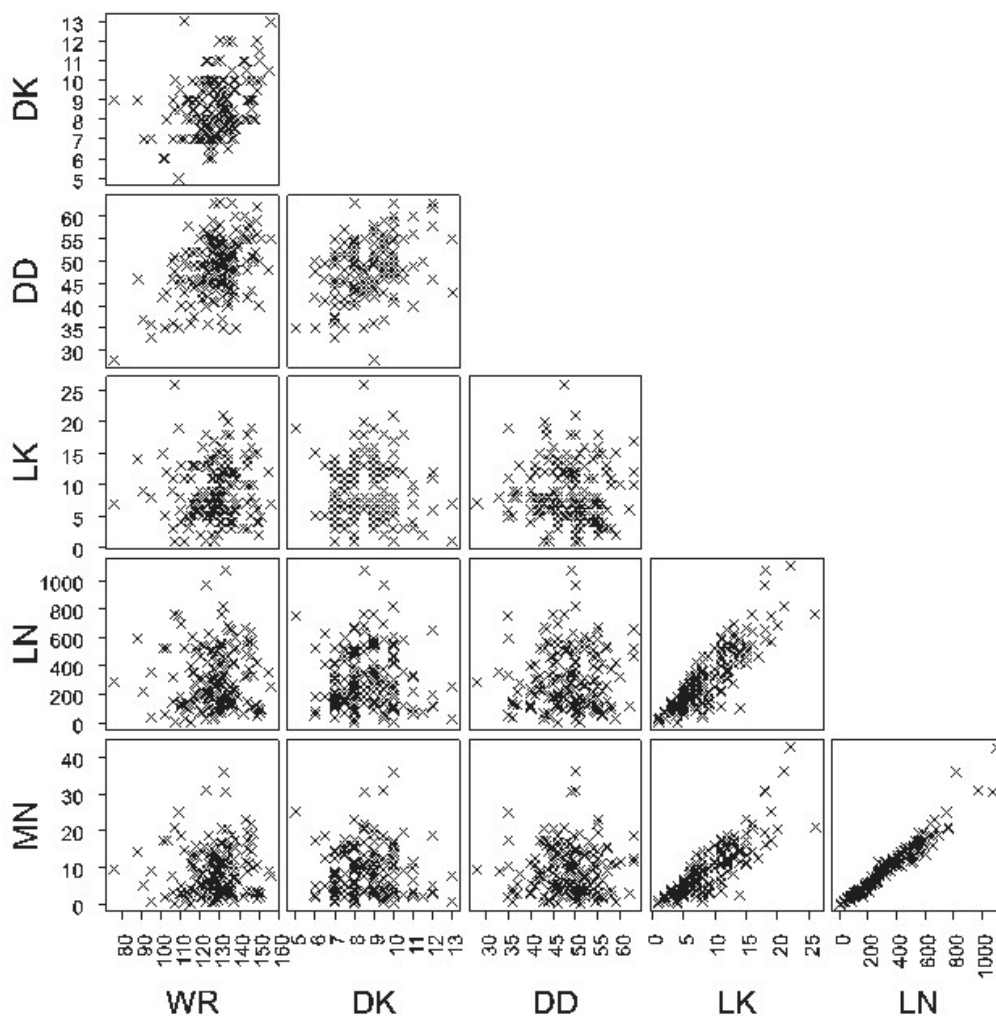
Dla badanych mieszańców F₂ żyta ozimego zaobserwowano istotne statystycznie skorelowanie pomiędzy długością kłosa a wysokością rośliny ($r = 0,334$), długością dokłosa a wysokością rośliny ($r = 0,458$), długością dokłosa a długością kłosa ($r = 0,389$), liczbą ziaren z rośliny a liczbą kłosów z rośliny ($r = 0,849$), masą ziaren z rośliny a liczbą kłosów z rośliny ($r = 0,833$) oraz masą ziaren z rośliny a liczbą ziaren z rośliny ($r = 0,972$) (tab. 2). Trzy ostatnie współzależności (LN a LK, MN a LK, MN a LN) są liniowe, natomiast te pomiędzy DK i WR, DD i WR oraz DD i DK zależności nie są liniowe (rys. 1).

Tabela 2. Współczynniki korelacji fenotypowej cech mieszańców F₂ żyta ozimego
 Table 2. Correlation coefficients of study traits of F₂ hybrids of winter rye

Cecha/Trait	WR	DK	DD	LK	LN	MN
WR (cm)	1					
DK (cm)	0,344***	1				
DD (cm)	0,458***	0,389***	1			
LK (szt./pcs)	0,029	-0,044	-0,006	1		
LN (szt./pcs)	0,042	-0,031	0,039	0,849***	1	
MN (g)	0,072	-0,021	0,036	0,833***	0,972***	1

*** istotne na poziomie 0,001; significant at 0.001 level

WR – wysokość rośliny/height of plant; DK – długość kłosa/length of spike; DD – długość dokłosa/length of uppermost internode; LK – liczba kłosów/number of spikes; LN – liczba ziaren/number of grain; MN – masa ziaren/grain weight



Rys. 1. Zależności pomiędzy cechami ilościowymi 181 mieszańców F_2 żyta ozimego (*Secale cereale* L.) (WR – wysokość rośliny; DK – długość kłosa; DD – długość dokłosa; LK – liczba kłosów z rośliny; LN – liczba nasion z rośliny; MN – masa nasion z rośliny)

Fig. 1. Relationship between the quantitative traits of 181 F_2 hybrids of winter rye (*Secale cereale* L.) (WR – height of plants; DK – length of spikes; DD – length of uppermost internode; LK – number of spikes per plant; LN – number of seeds per plant; MN – seeds weight per plant)

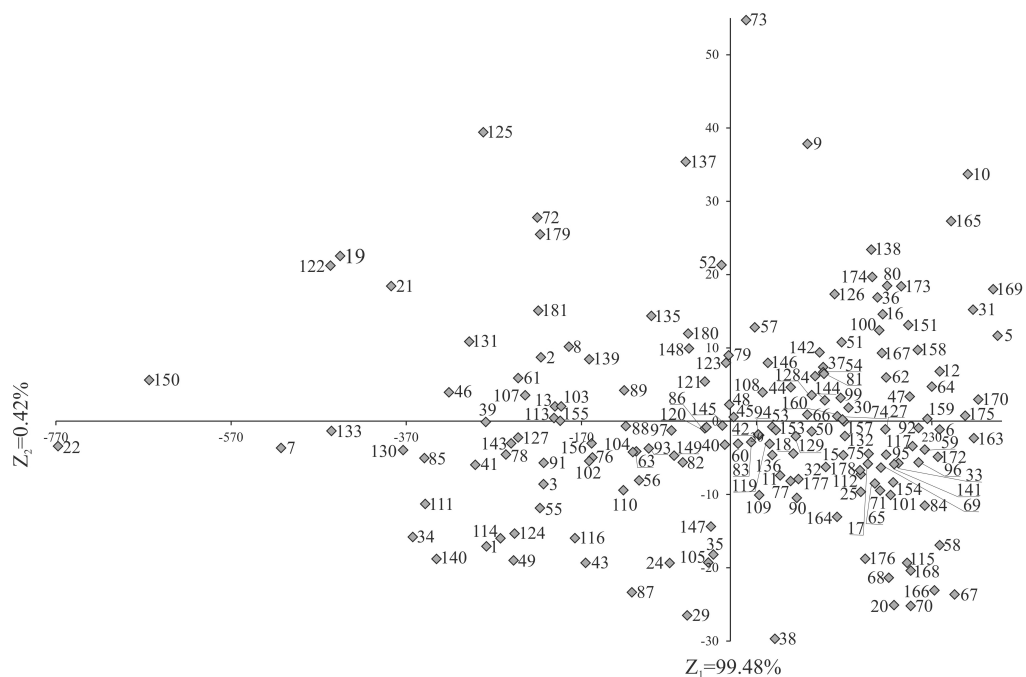
Wyniki analizy składowych głównych przedstawiono w tabeli 3. Pierwsze dwie zmienne składowe główne wyjaśniały 99,9% ogólnej zmienności międzymieszańcowej dla wszystkich rozpatrywanych cech traktowanych łącznie. Pierwsza z nich wyjaśniała 99,5% łącznej zmienności, natomiast druga 0,42% (tab. 3, rys. 2). Pierwsza składowa główna była silnie ujemnie skorelowana z liczbą ziaren z rośliny ($r = -1,000$), masą ziaren z rośliny ($r = -0,972$) oraz liczbą

Tabela 3. Współczynniki korelacji między dwoma pierwszymi składowymi głównymi a cechami żyta ozimego

Table 3. Correlation coefficients between the two first principal components and the characters of winter rye

Cecha/Trait	PCA 1	PCA 2
Wysokość rośliny/Height of plants (cm)	-0,042	-0,993***
Długość kłosa/Lenght of spikes (cm)	0,031	-0,376***
Długość dokłosa/Length of uppermost internode (cm)	-0,039	-0,551***
Liczba kłosów z rośliny/Number of spikes per plant (szt./pcs)	-0,849***	0,012
Liczba ziaren z rośliny/Number of grains per plant (szt./pcs)	-1,000***	0,0002
Masa ziaren z rośliny/Grains weight per plant (g)	-0,972***	-0,0298
Wartości własne/Eigenvalues	42640	182
Procent wyjaśnianej wieloczechowej zmienności obiektów The percentage of variation explained multivariate objects	99,5	0,42

*** istotne na poziomie 0,001/significant at 0.001 level

Rys. 2. Rozmieszczenie 181 mieszańców F₂ żyta ozimego w przestrzeni pierwszej i drugiej składowej głównejFig. 2. The distribution of 181 F₂ hybrids of winter rye for the first and second principal components

kłosów z rośliny ($r = -0,849$) (tab. 3). Wskazuje to, że wymienione trzy cechy były wzajemnie dość silnie skorelowane dodatnio. Są one oznaką istnienia czynnika genetycznego (także w części środowiskowego), który w znacznym stopniu warunkuje jednocześnie wszystkie te cechy. Ten czynnik może obejmować poligeny sprzężone lub/ oraz działające plejotropowo. Cechy najsilniej skorelowane z pierwszą składową główną miały największy udział w wielocechowym zróżnicowaniu obiektów (tab. 3, rys. 2). Dla drugiej składowej głównej stwierdzono istotną statystycznie ujemną korelację z wysokością roślin ($r = -0,993$), długością dokłosa ($r = -0,551$) oraz długością kłosa ($r = -0,376$) (tab. 3).

Zastosowanie analizy składowych głównych pozwoliło na wyróżnienie mieszańców, oznaczonych numerami 19, 22, 73, 122, 125 i 150 najbardziej różniących się od pozostałych pod względem wszystkich sześciu cech rozpatrywanych łącznie.

Przedstawiona charakterystyka wielocechowa badanych mieszańców F_2 żyta ozimego (*Secale cereale* L.) jest potwierdzeniem jej efektywności w układzie współrzędnych dwóch pierwszych składowych głównych. Wynika to z faktu, że składowe te wyjaśniały znaczną część całkowitej zmienności (99,9%). Tak więc strata informacji wynikająca z przedstawienia podobieństwa mieszańców na płaszczyźnie wynosi jedynie 0,1%. O przydatności metody składowych głównych świadczyć może chociażby jej szerokie zastosowanie w hodowli i genetyce m.in.: pszenżyta ozimego [Mądry i in. 2007], pszenicy ozimej [Ukalska i in. 2008, Zalewski i Weber 2006], pszenicy jarej [Studnicki i in. 2009], lucerny [Wyrzykowska i Stankiewicz 2006], żyta ozimego [Kubicka i in. 2012, Weber i in. 2015].

WNIOSKI

1. Badane mieszańce F_2 żyta ozimego odznaczały się dużą zmiennością fenotypową dla rozpatrywanych cech ilościowych, szczególnie pod względem masy ziaren z rośliny, liczby ziaren z rośliny i liczby kłosów z rośliny.
2. Analiza składowych głównych okazała się efektywną metodą oceny różnorodności fenotypowej mieszańców. Ocena ta dostarczyła informacji, które ułatwiają wykorzystanie mieszańców w hodowli form rodzicielskich żyta ozimego.
3. Analiza składowych głównych umożliwiła wskazanie mieszańców najbardziej różniących się od pozostałych pod względem wszystkich cech rozpatrywanych łącznie. Mieszańce 22 i 73 stanowią mogą wartościowy materiał do dalszych prac hodowlanych.

PIŚMIENNICTWO

- Bednarek P. T., Kubicka H., Zawada M., Brukwiński W. 1999. Zastosowanie markerów AFLP do badania zmienności genetycznej w obrębie form rodzicielskich mieszańca heterozyjnego żyta otrzymanego na bazie cytoplazmy „Pampa”. Biul. IHAR 211: 229–237.
- Cleveland W.S. 1994. The elements of graphing data. 2nd edition summit. New York: Hobart, USA, pp. 297.
- Jaskulski D., Piasecka, J. 2007. Reakcja żyta i pszenżyta ozimego na uprawę po zbożach jarych i ugorze. Acta Sci. Pol., Agricultura 6(3): 17–25.
- Kolasińska I., Jagodziński J., Brukwiński W., Banaszak K., Kozber B., Krysztofiak R., Materka M. 2015. Wartościowe komponenty rodzicielskie dla hodowli mieszańców żyta. Biul. IHAR 278: 27–38.
- Kozak M., Bocianowski J., Sakwojć S., Wnuk A. 2010. Call for more graphical elements in statistical teaching and consultancy. Biometrical Letters 47: 57–68.
- Krzyżko M. 2000. Wielowymiarowa analiza statystyczna. Wyd. UAM Poznań, ss. 353.

- Kubicka H., Gozdowski D., Puchalski J., Łuczak W., Martyniszyn A. 2012. Wielocechowa ocena zróżnicowania form lokalnych żyta o różnym pochodzeniu geograficznym pod względem cech morfologicznych i użytkowych. *Biul. IHAR* 264: 105–115.
- Martinez-Calvo J. 2007. Study of a germplasm collection of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) by multivariate analysis. *Genetic Resources Crop Evol.* 55: 695–703.
- Mądry W., Gozdowski D., Rozbicki J., Pojmał M., Samborski S. 2007. Formowanie się plonu ziarna przez jego składowe u rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w różnych warunkach środowiskowych. *Biul. IHAR* 244: 127–147.
- Morrison D.F. 1990. *Multivariate statistical methods*. New York; McGraw-Hill Book, pp. 338.
- Rakoczy-Trojanowska M., Krajewski P., Bocianowski J., Schollenberger M., Wakuliński W., Milczarski P., Masojć P., Targońska-Karasek M., Banaszak Z., Banaszak K., Brukwiński W., Orczyk W., Kilian A. 2017. Identification of single nucleotide polymorphisms associated with brown rust resistance, α -amylase activity and pre-harvest sprouting in rye (*Secale cereale* L.). *Plant Mol. Biol. Rep.* 35: 366–378.
- Rotondi A., Magli M., Ricciolini C., Baldoni L. 2003. Morphological and molecular analyses for the characterization of a group of Italian olive cultivars. *Euphytica* 132: 129–137.
- Rzepka-Pleweń D. 2001. Zmienność populacji żyta (*Secale cereale* L.) selekcjonowanych w kierunku tolerancji na niedobory azotu w kulturach hydroponicznych. *Biul. IHAR* 220: 191–206.
- Shapiro S.S., Wilk M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591–611.
- Smagacz J., Kuś J. 2010. Wpływ długotrwałego stosowania płodozmianów zbożowych na plonowanie zbóż oraz wybrane chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.* 27(4): 119–134.
- Studnicki M., Mądry W., Śmiałowski T. 2009. Wielocechowa analiza różnorodności fenotypowej w kolekcji roboczej pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 252: 91–104.
- Ukalska J., Ukalski K., Śmiałowski T., Mądry W. 2008. Badanie zmienności i współzależności cech użytkowych w kolekcji roboczej pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) za pomocą metod wielowymiarowych. Część II. Analiza składowych głównych na podstawie macierzy korelacji fenotypowych i genotypowych. *Biul. IHAR* 249: 45–57.
- Weber R., Bujak H., Nowosad K., Gacek E., Kotowicz L. 2015. Analiza zmienności porażenia odmian żyta ozimego przez grzyb *Puccinia recondita* na Dolnym Śląsku. *Pol. J. Agron.* 23: 82–87.
- Wyrzykowska M., Stankiewicz C. 2006. Wielowymiarowa analiza zmienności cech rolniczych różnych form lucerny mieszańcowej (*Medicago sativa* ssp. *media*). *Biul. IHAR* 249: 243–251.
- Zalewski D., Weber R. 2006. Ocena interakcji genotypowo-środowiskowej i stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 242: 33–43.

K. NOWOSAD, A. ŁĄCKA, J. BOCIANOWSKI

CHARACTERISTIC OF SELECTED QUALITATIVE TRAITS FOR F₂ HYBRIDS OF WINTER RYE (*SECALE CEREALE* L.)

Summary

In a field experiment carried out at the Agricultural Experimental Station “Swojec” of Wrocław University of Environmental and Life Sciences in 2006, 181 hybrids of F₂ generation of winter rye were examined. The height of plants, the length of spikes, the length of uppermost internode, the number of spikes per plant, the number of grains per plant and grains weight per plant were assessed. The obtained results were statistically analysed based on one and multi-dimensional statistical methods. The minimum, mean and maximum values as well as coefficient of variation were calculated for every trait of F₂ hybrids. The relationships between the observed traits were analysed based on correlation coefficients. These correlations are presented graphically on the scatterplot. In addition, principal component analysis was used to characterize F₂ hybrids of winter rye. This multidimensional statistical method can be used to reduce data,

interpret the relationships between variables and interpreted the structure of observation set. The obtained results indicate a high variability of grains weight (75.9%), the number of grains per plant (67.7%) and the number of spikes per plant (52.3%). On the other hand, a relatively small one by the height of plants (10.2%), the length of uppermost internode (13.1%) and the length of spikes (16.5%). For the respondents hybrids F₂ of winter rye, a very strong correlation was observed between the number of grains per plant and the number of spikes per plant ($r = 0.849$), the grains weight per plant and the number of spikes per plant ($r = 0.833$) and the seeds weight per plant and the number of seeds per plant ($r = 0.972$). The analysis of the main components made it possible to identify hybrids, numbered 22 and 73, which are the most different from the others in terms of all features considered together.

Key words: qualitative traits, winter rye, principal component analysis

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 12.04.2018

Do cytowania – *For citation*

Nowosad K., Łącka A., Bocianowski J. 2018. Charakterystyka mieszańców F₂ żyta ozimego (*Secale cereale* L.) pod względem wybranych cech ilościowych. *Fragm. Agron.* 35(2): 71–78.