

JAN BOCIANOWSKI¹, TOMASZ WARZECHA²

¹Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

²Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

WIELOCECHOWA CHARAKTERYSTYKA ODMIAN PSZENICY (*TRITICUM* L.) I PSZENŻYTA (×*TRITICOSECALE* WITTM. EX A. CAMUS) INOKULOWANYCH *FUSARIUM CULMORUM*

MULTIVARIATE CHARACTERISATION OF WHEAT (*TRITICUM* L.)
AND TRITICALE (×*TRITICOSECALE* WITTM. EX A. CAMUS) CULTIVARS
INOCULATED WITH *FUSARIUM CULMORUM*

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki wielozmiennych badań nad oceną zmienności cech ilościowych sześciu odmian pszenicy (*Triticum* L.) i 12 odmian pszenżyta (×*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus). Obserwacje dwu niezależnie przeprowadzonych doświadczeń dotyczyły czterech cech: stopnia porażenia korzeni, stopnia porażenia liści, względnej masy korzeni oraz względnej masy liści. Analizę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono za pomocą metod wielowymiarowych. Analiza zmiennych kanonicznych okazała się skutecznym narzędziem do czytelnej oceny zróżnicowania odmian pszenicy i pszenżyta. Najbardziej zróżnicowanymi odmianami pszenicy były ‘Batuta’ i ‘Korweta’ (odległość Mahalanobisa wynosiła 8,682). Najbardziej podobnymi odmianami pszenicy były ‘Bogatka’ i ‘Mewa’ (odległość Mahalanobisa wynosiła 1,693). Wartości odległości Mahalanobisa między odmianami pszenżyta wynosiły od 0,72 (między ‘Kitaro’ i ‘Lamberto’) do 10,034 (między ‘Grenado’ i ‘Presto’).

Słowa kluczowe: analiza zmiennych kanonicznych, odległości Mahalanobisa, pszenica, pszenżyto

Wstęp

Jednym z czynników zmniejszających plony zbóż jest występowanie chorób fuzaryjnych (PACKA 1994). Fuzariozy zmniejszają plon poprzez ograniczenie potencjału plonotwórczego roślin oraz pogarszają jakość ziarna, prowadząc do zmniejszenia jego

celności oraz akumulacji metabolitów wtórnych, wytwarzanych przez patogeniczne gatunki *Fusarium* spp. (MCMULLEN i IN. 1997, JONES i MIROCHA 1999, CHEŁKOWSKI i IN. 2000, WIŚNIEWSKA i KOWALCZYK 2005, GOLINSKI i IN. 2010). Do grupy patogenów pszenicy, pszenżyta, jęczmienia i innych zbóż wywołujących zgorzel siewek oraz zgniliznę korzeni można zaliczyć m.in. *Fusarium culmorum*. Gatunek ten jest również sprawcą fuzariozy kłosów, która jest dużym zagrożeniem dla zbóż drobnoziarnistych (GREY i MATHRE 1988, WIŚNIEWSKA i IN. 2002, WIŚNIEWSKA i KOWALCZYK 2005). W latach dziewięćdziesiątych XX wieku wzrosło znacznie zainteresowanie chorobami fuzaryjnymi, wywołanymi różnymi gatunkami *Fusarium* sp., na co miało wpływ nasilenie tych chorób w krajach Ameryki Północnej, w Kanadzie oraz USA (głównie w stanach Dakota Północna i Dakota Południowa oraz Minnesota). W Polsce w roku 1998 zaobserwowano wystąpienie epidemii fuzariozy pszenicy w północno-wschodniej części kraju (PROM i IN. 1997, SALAS i IN. 1997, TOMCZAK i IN. 2002). W okresie epidemicznego nasilenia choroby grzyb *F. culmorum* powoduje ogromne straty w uprawach (BAI i SHANNER 1994, PERKOWSKI i IN. 1995, 1996, 1997, CHEŁKOWSKI 1998).

Trudności w poszukiwaniu genotypów odpornych na patogeny fakultatywne, w tym *F. culmorum*, wynikają z istnienia kilku genów odpowiedzialnych za odporność rośliny na patogen, czyli za tzw. odporność poziomą (ARSENIUK 1983). Poznanie genetycznego podłoża tej zmienności może ułatwić hodowcom wybór właściwej strategii postępowania w selekcji form bardziej odpornych na fuzariozę. Na coraz większe ekonomiczne znaczenie chorób wywołanych przez *Fusarium* sp. wskazuje fakt, że ocena podatności na fuzariozę kłosa została uznana w Kanadzie za obowiązującą przy rejestracji odmian i przyznawaniu licencji na produkcję nasion (CHEŁKOWSKI 1995). W 1998 roku Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych rozszerzył badania rejestrowe pszenicy o podatność na fuzariozę kłosa (BEHNKE 1998).

Ocena wrażliwości roślin na fuzaryjną zgorzel siewek na podstawie pojedynczych cech może być mało wiarygodna i w niewielkim stopniu syntetyczna, dlatego obok statystycznych jednowymiarowych metod oceny wyników doświadczeń wskazane jest stosowanie metod wielowymiarowych uwzględniających skorelowanie badanych cech.

Celem badań było określenie zróżnicowania podatności na zgorzel siewek wywołaną przez *F. culmorum* wybranych odmian pszenicy i pszenżyta ozimego wytworzonych w firmie DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. z zastosowaniem metod analizy wielozmiennej pozwalającej na uwzględnienie skorelowania cech i ocenę genotypów pod względem wszystkich cech łącznie.

Material i metody

Materiał do badań stanowiło 12 odmian pszenżyta ozimego: 'Baltiko', 'Disco', 'Fidelio', 'Grenado', 'Kitaro', 'Lamberto', 'Magnat', 'Moderato', 'Presto', 'Sorento', 'Woltario' i 'Zorro' oraz sześć odmian pszenicy ozimej: 'Batuta', 'Bogatka', 'Finezja', 'Korweta', 'Mewa', 'Smuga'. Wszystkie odmiany pochodziły z firmy DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. Obszerny opis materiału i metodyki prowadzenia doświadczenia przedstawiono w pracy WARZECHY (2009). Ziarniaki inokulowano izolatem *F. culmorum* IPO384-01 pochodzącym z Instytutu Ochrony Roślin w Wageningen w Holandii. *Fusarium culmorum* hodowano na pożywce PDA (Potato Dextrose Agar firmy Sigma)

na płytkach Petriego. Inkubację grzyba prowadzono w cieplarni mikrobiologicznej (Heraeus B 6060) w temperaturze 22°C, w ciemności przez siedem dni. Ziarniaki dezynfekowano powierzchniowo 20-procentowym roztworem preparatu Domestos przez 15 min, przemywano sterylną wodą, a następnie moczoło przez 24 h w wodzie sterylnej. Po tym czasie wykładano je na krążki pożywki PDA o średnicy 4 mm przerośniętej kulturą grzyba. Szalki z inokulowanymi ziarniakami przenoszono do szafy fitotronowej, gdzie pozostawały przez siedem dni w temperaturze 22°C/20°C (dzień/noc), w oświetleniu 130 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, fotoperiodzie 12 h/12 h i w wilgotności 100% RH (*Relative Humidity*). Po tym czasie dokonano oceny stopnia porażenia korzeni i stopnia porażenia liści. Dodatkowo wykonano pomiary względnej masy korzenia oraz względnej masy liści. Doświadczenie założono w układzie całkowicie losowym w trzech powtórzeniach. Badano 50 siewek w każdym powtórzeniu. Odmiany pszenicy i pszenżyta analizowano niezależnie.

Zastosowana wielozmienna analiza wariancji (CHATFIELD i COLLINS 1986) pozwoliła testować dwie wielozmienne hipotezy: o braku różnic pomiędzy odmianami pszenżyta i o braku różnic pomiędzy odmianami pszenicy ozimej. Obliczono odległości Mahalanobisa (MAHALANOBIS 1936) pomiędzy badanymi odmianami oraz tzw. odległości krytyczne Mahalanobisa D^2_{kr} . W celu graficznego przedstawienia badanych odmian zastosowano analizę zmiennych kanonicznych (RENCHER 1998). Umożliwia ona zobrazowanie odległości czterocechowych odmian z metryką odległości Mahalanobisa w formie graficznej i w ten sposób może ułatwić grupowanie i charakterystykę wielocechową tych odmian. Obliczono współczynniki korelacji prostej między wartościami dwu pierwszych zmiennych kanonicznych a wartościami poszczególnych cech oryginalnych w celu określenia względnego udziału każdej cechy oryginalnej w wielocechowym zróżnicowaniu badanych odmian pszenżyta i pszenicy. Wszystkie obliczenia wykonano, korzystając z pakietu statystycznego GenStat v. 7.1 (PAYNE i IN. 2003).

Wyniki i dyskusja

W tabeli 1 przedstawiono średnie wartości oraz odchylenia standardowe porażenia liści i korzeni oraz względnej masy liści i korzeni badanych odmian pszenicy i pszenżyta. Część danych przedstawionych w sposób syntetyczny w tabeli 1 została zaprezentowana wcześniej w pracy WARZECHY (2009) w celu oceny zróżnicowania podatności wybranych odmian pszenicy i pszenżyta na fuzaryjną zgorzel siewek. Do oceny zastosowano tam wyłącznie metody jednowymiarowe, które są mniej wiarygodne i w niewielkim stopniu syntetyczne. Zaprezentowana w niniejszej pracy metoda wielowymiarowa, uwzględniająca skorelowanie badanych cech, jest pewnym uzupełnieniem i rozszerzeniem wyników przedstawionych w pracy WARZECHY (2009).

Przeprowadzona wielozmienna analiza wariancji (MANOVA) pozwoliła odrzucić testowaną hipotezę dotyczącą braku różnic pomiędzy sześcioma odmianami pszenicy (istotne na poziomie $\alpha = 0,01$) oraz hipotezę dotyczącą braku różnic pomiędzy 12 odmianami pszenżyta (istotne na poziomie $\alpha = 0,001$).

Poszczególne cechy mają różne znaczenie oraz różny udział w łącznym zróżnicowaniu wielocechowym, istotną kwestią jest więc identyfikacja cech charakteryzujących się największą mocą dyskryminacyjną. Statystycznym narzędziem bardzo pomocnym

Tabela 1. Średnie wartości i odchylenia standardowe porażenia liści i porażenia korzeni oraz względnej masy liści i względnej masy korzeni badanych odmian pszenicy i pszenżyta (częściowo według WARZECHY 2009)

Table 1. Mean values and standard deviations of infection of leaves, as well as roots, and root and leaf relative weight of studied wheat and triticale cultivars (partially according to WARZECHA 2009)

Odmiana Cultivar	Stopień porażenia Blight score		Masa względna (% kontroli) Relative weight (% of control)	
	liści of leaves	korzeni of roots	liści of leaves	korzeni of roots
Pszenica – Wheat				
‘Batuta’	0,60 ±0,17	3,27 ±0,15	59,26 ±3,56	34,77 ±4,51
‘Bogatka’	0,57 ±0,12	2,67 ±0,15	64,93 ±11,11	55,32 ±5,01
‘Finezja’	0,73 ±0,25	2,90 ±0,10	49,49 ±5,77	40,00 ±0,98
‘Korweta’	0,53 ±0,06	2,67 ±0,29	76,21 ±13,26	73,73 ±5,21
‘Mewa’	0,68 ±0,13	2,77 ±0,33	74,98 ±1,24	57,50 ±4,24
‘Smuga’	0,68 ±0,17	3,07 ±0,06	65,09 ±6,55	49,28 ±9,51
Średnia – Mean	0,63 ±0,15	2,89 ±0,28	64,99 ±11,57	51,77 ±13,82
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,29	0,36	14,34	9,80
Pszenżyto – Triticale				
‘Baltiko’	1,40 ±0,74	3,70 ±0,42	78,27 ±13,71	24,32 ±5,85
‘Disco’	1,10 ±0,72	3,48 ±0,07	83,92 ±12,78	42,61 ±7,89
‘Fidelio’	0,65 ±0,46	4,01 ±0,35	81,56 ±17,11	53,01 ±16,87
‘Grenado’	0,45 ±0,34	3,92 ±0,17	86,72 ±11,84	27,60 ±2,39
‘Kitaro’	0,74 ±0,07	3,68 ±0,63	57,37 ±9,23	34,03 ±11,37
‘Lamberto’	1,00 ±0,17	3,87 ±0,31	53,26 ±9,47	32,27 ±0,85
‘Magnat’	0,51 ±0,52	3,10 ±0,46	74,60 ±23,15	58,42 ±15,29
‘Moderato’	0,58 ±0,26	3,28 ±0,20	60,39 ±10,31	46,45 ±9,01
‘Presto’	2,14 ±0,15	3,46 ±0,19	42,79 ±1,03	50,27 ±1,14
‘Sorento’	1,98 ±0,67	4,27 ±0,09	33,83 ±3,85	22,46 ±2,20
‘Woltario’	0,66 ±0,28	3,52 ±0,07	62,78 ±11,06	40,55 ±3,44
‘Zorro’	0,30 ±0,51	3,07 ±0,13	50,74 ±10,23	30,94 ±1,88
Średnia – Mean	0,96 ±0,70	3,61 ±0,44	63,85 ±19,59	38,58 ±13,39
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,78	0,52	20,89	14,21

Stopień porażenia: 1 – słabe porażenie, 5 – całkowita nekroza.

Blight score: 1 – weak damage, 5 – total damage.

w rozwiązaniu tego problemu jest analiza zmiennych kanonicznych, której wyniki dla odmian pszenicy i pszenżyta przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Współczynniki korelacji między dwiema pierwszymi zmiennymi kanonicznymi a cechami pszenicy i pszenżyta

Table 2. Correlation coefficients between two first canonical variates and characteristics of wheat and triticale

Cecha – Trait	Pszenica – Wheat		Pszenżyto – Triticale	
	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂
Stopień porażenia korzeni – Root blight score	0,862*	– 0,424	– 0,327	0,224
Stopień porażenia liści – Leaf blight score	0,551	0,273	0,342	0,757**
Względna masa korzenia – Root relative weight	– 0,992**	– 0,105	0,587*	– 0,669*
Względna masa liści – Leaf relative weight	– 0,792	– 0,573	– 0,653*	– 0,56
Wartości własne – Eigenvalues	11,70	1,19	8,99	2,78
Procent wyjaśnianej wielocephowej zmienności obiektów Percentage of elucidated multivariate variability of objects	88,12	8,92	61,16	18,92

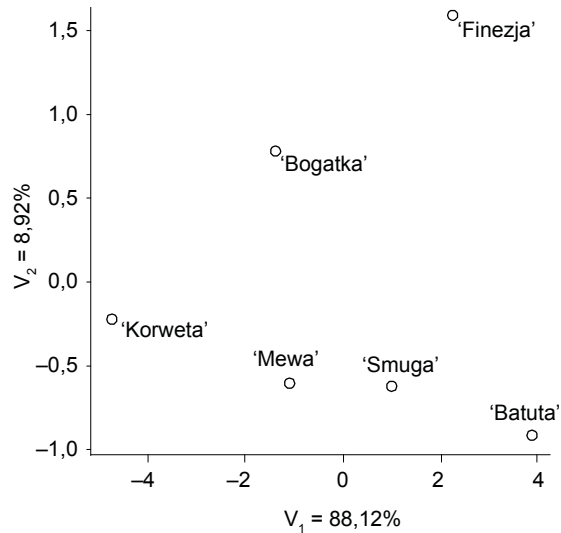
*Istotne na poziomie 0,05.

**Istotne na poziomie 0,01.

*Significant at 0.05 level.

**Significant at 0.01 level.

Rozpatrując odmiany pszenicy, stwierdzono, iż dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniają w sumie 97,04% ogólnej zmienności. Na rysunku 1 przedstawiono odmiany pszenicy w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych. Na wykresie współrzędnymi punktu danej odmiany są wartości, odpowiednio, pierwszej i drugiej zmiennej kanonicznej. Największy, istotny, wpływ na pierwszą zmienną kanoniczną miały: względna masa korzenia (zależność ujemna) oraz stopień porażenia korzeni (zależność dodatnia) (tab. 2). Wpływ tych dwóch cech na zróżnicowanie badanych odmian wynika z faktu, iż w ciągu siedmiu dni trwania testu grzyb *F. culmorum* w pierwszej kolejności atakował system korzeniowy. We wcześniejszych pracach wykazano, że *F. culmorum* w większym stopniu poraża system korzeniowy niż liście pszenżyta (WARZECHA i GÓRAL 2005). Podobne tendencje zaobserwowano u pszenicy i jęczmienia (GREY i MATHRE 1988, WOJCIECHOWSKI i IN. 1997, WARZECHA 2009). Druga zmienna kanoniczna nie była istotnie skorelowana z żadną z obserwowanych cech (tab. 2). Największym zróżnicowaniem pod względem wszystkich cech łącznie (mierzonych odległościami Mahalanobisa) charakteryzowały się odmiany ‘Batuta’ i ‘Korweta’ (odległość Mahalanobisa między nimi wynosiła 8,682). Najbardziej podobne były odmiany ‘Bogatka’ i ‘Mewa’ (1,693). Tendencje te są również widoczne w przypadku analizy na podstawie pojedynczych cech (tab. 1). Wartości odległości Mahalanobisa dla wszystkich par odmian pszenicy przedstawiono w tabeli 3.



Rys. 1. Położenie odmian pszenicy w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych

Fig. 1. Distribution of wheat cultivars in the space of two first canonical variates

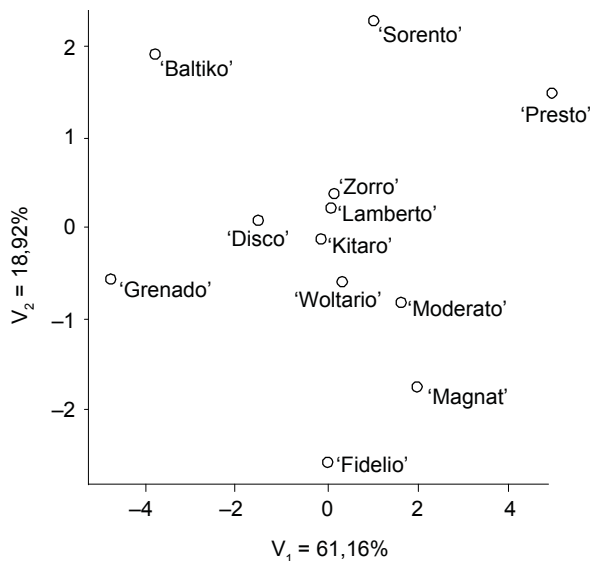
Tabela 3. Odległości Mahalanobisa dla odmian pszenicy

Table 3. Mahalanobis' distances for wheat cultivars

Odmiana Cultivar	'Batuta'	'Bogatka'	'Finezja'	'Korweta'	'Mewa'	'Smuga'
'Batuta'	0					
'Bogatka'	5,555	0				
'Finezja'	3,068	3,782	0			
'Korweta'	8,682	3,600	7,230	0		
'Mewa'	5,140	1,693	4,068	3,890	0	
'Smuga'	3,007	2,899	2,539	5,775	2,299	0

$D^2_{kr} = 5,449$.

Dla odmian pszenżyta dwie pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniały w sumie 80,08% ogólnej zmienności. Położenie odmian pszenżyta w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych przedstawiono na rysunku 2. Dodatnim istotnym wpływem na pierwszą zmienną kanoniczną charakteryzowała się względna masa korzenia, a ujemnym – względna masa liści (tab. 2). Druga zmienna kanoniczna była istotnie dodatnio skorelowana ze stopniem porażenia liści, a ujemnie – ze względną masą korzeni (tab. 2). Jedyne stopień porażenia korzeni nie był skorelowany ani z pierwszą, ani z drugą



Rys. 2. Położenie odmian pszenżyta w układzie dwu pierwszych zmiennych kanonicznych

Fig. 2. Distribution of triticale cultivars in the space of two first canonical variates

zmienną kanoniczną. Najmniej zróżnicowanymi odmianami pszenżyta były 'Kitaro' i 'Lamberto' (0,72), a największym zróżnicowaniem charakteryzowały się odmiany 'Grenado' i 'Presto' – odległość Mahalanobisa pomiędzy nimi wynosiła 10,034 (tab. 4). Odmiany te różniły się istotnie pod względem stopnia porażenia liści (ocena w skali bonitacyjnej) oraz względnej masy liści i względnej masy korzeni.

Przedstawiona charakterystyka wielozmienna badanych odmian pszenicy i pszenżyta jest ich przekonującą ilustracją oraz potwierdzeniem jej efektywności w układzie współrzędnych dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych. Wynika to z faktu, iż zmienne te wyjaśniały znaczną część całkowitej zmienności (97,04% i 80,08% dla odmian, odpowiednio, pszenicy i pszenżyta). Jest to więc metoda wiarygodna, czego potwierdzeniem może być jej szerokie stosowanie przez hodowców i genetyków (SHAM-SUDDIN 1985, GÓRCZYŃSKI i MĄDRY 1988, HUMPREYS 1991, DAOYU i LAWES 2000, VAYLAY i VAN SANTEN 2002, ADUGNA i LABUSCHAGNE 2003, YEATER i IN. 2004, BOCIANOWSKI i RYBIŃSKI 2008, BOCIANOWSKI i SKOMRA 2008, BOCIANOWSKI i IN. 2009, RYBIŃSKI i IN. 2009, BOCIANOWSKI i STOKŁOSA 2010, PRACZYK i IN. 2010, SEIDLER-ŁOŻYKOWSKA i IN. 2010, RYBIŃSKI i IN. 2011, SEIDLER-ŁOŻYKOWSKA i BOCIANOWSKI 2012). Odmiany najbardziej zróżnicowane pod względem wszystkich cech traktowanych łącznie mogą stanowić interesujący materiał do krzyżowania w dalszych badaniach nad pszenicą i pszenżytem.

Tabela 4. Odległości Mahalanobisa dla odmian pszenżyta
Table 4. Mahalanobis' distances for triticale cultivars

Odmiana Cultivar	'Balti- ko'	'Disco'	'Fide- lio'	'Gre- nado'	'Kita- ro'	'Lam- berto'	'Ma- gnat'	'Mode- rato'	'Presto'	'Soren- to'	Wola- tio	'Zorro'
'Baltiko'	0											
'Disco'	2,944	0										
'Fidelio'	6,407	4,054	0									
'Grenado'	3,070	3,796	5,438	0								
'Kitaro'	4,637	2,725	3,254	4,719	0							
'Lamberto'	4,802	3,025	3,254	4,993	0,72	0						
'Magnat'	6,879	4,06	3,616	7,067	3,275	3,554	0					
'Moderato'	6,237	3,718	3,643	6,525	2,167	2,431	1,424	0				
'Presto'	8,779	6,646	6,683	10,034	5,698	5,430	4,534	4,392	0			
'Sorento'	5,689	4,656	5,083	6,652	3,163	2,516	5,219	4,118	4,784	0		
Wolatio	5,059	2,713	3,001	5,151	0,844	1,303	2,439	1,447	5,314	3,597	0	
'Zorro'	5,131	3,631	5,239	5,721	2,328	2,838	3,658	2,542	5,967	4,461	2,326	0

$$D_{kr}^2 = 6,308.$$

Wnioski

1. Zastosowanie metody analizy wielu zmiennych pozwoliło na wyodrębnienie odmian o skrajnych wartościach podatności na *Fusarium culmorum* ocenianej na podstawie wszystkich badanych cech łącznie.

2. W grupie badanych odmian pszenicy najbardziej podatna okazała się 'Batuta', a najmniej – 'Korweta'. Wśród odmian pszenżyta pod względem wszystkich analizowanych cech łącznie najmniejszą wrażliwością na fuzaryjną zgorzel siewek cechowała się odmiana 'Grenado', a największą – 'Presto'.

3. Wyniki uzyskane z zastosowaniem metody analizy zmiennych kanonicznych potwierdzają jej przydatność do efektywnej oceny wielocechowego podobieństwa i charakterystyki odmian pszenicy i pszenżyta.

Literatura

- ADUGNA W., LABUSCHAGNE M.T., 2003. Cluster and canonical variate analyses in multilocations trials of linseed. J. Agric. Sci. 140: 297-304.
- ARSENIUK E., 1983. Genetyczne uwarunkowanie odporności roślin na choroby. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 150: 191-203.
- BAI G., SHANNER G., 1994. Scab of wheat: prospects for control. Plant Dis. 78: 760-766.

Bocianowski J., Warzecha T., 2012. Wielocechowa charakterystyka odmian pszenicy (*Triticum* L.) i pszenżyta (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) inokulowanych *Fusarium culmorum*. Nauka Przyr. Technol. 6, 1, #14.

- BEHNKE M., 1998. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. COBORU, Słupia Wielka.
- BOCIANOWSKI J., LIERSCH A., BARTKOWIAK-BRODA I., 2009. Badanie zmienności fenotypowej mieszańców F₁ CMS *ogura* rzepaku ozimego i ich form rodzicielskich za pomocą statystycznych metod wielowymiarowych. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops 30: 161-184.
- BOCIANOWSKI J., RYBIŃSKI W., 2008. Wykorzystanie analizy zmiennych kanonicznych do wielo-
cechowej charakterystyki dwurzędowych i wielorzędowych linii DH jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E 63, 3: 53-61.
- BOCIANOWSKI J., SKOMRA U., 2008. Wykorzystanie analizy zmiennych kanonicznych do wielo-
cechowej charakterystyki odmian chmielu zwyczajnego (*Humulus lupulus* L.). Pam. Puław. 148: 107-118.
- BOCIANOWSKI J., STOKŁOSA A., 2010. Ocena kielkowania odmian botanicznych owsa głuchego (*Avena fatua* L.) w różnych warunkach świetlnych i termicznych za pomocą analizy zmiennych kanonicznych. Nauka Przyr. Technol. 4, 5, #65.
- CHATFIELD C., COLLINS A.J., 1986. Introduction to multivariate analysis (revised edition). Chapman & Hall, London.
- CHEŁKOWSKI J., 1995. Prace genetyczno-hodowlane z zakresu odporności zbóż na fuzariozy. Hod. Rośl. Nasienn. 4: 26-27.
- CHEŁKOWSKI J., 1998. Distribution of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal grains. W: Mycotoxins in agriculture and food safety. Red. K.K. Sinha, G.D. Bathnagar. Dekker, New York: 45-64.
- CHEŁKOWSKI J., WIŚNIEWSKA H., ADAMSKI T., GOLIŃSKI P., KACZMAREK Z., KOSTECKI M., PERKOWSKI J., SURMA M., 2000. Effect of *Fusarium culmorum* head blight on mycotoxin accumulation and yield traits in barley double haploids. J. Phytopathol. 148: 541-545.
- DAOYU Z., LAWES G.S., 2000. Manova and discriminant analysis of phenotypic data as a guide for parent selection in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) breeding. Euphytica 114: 151-157.
- GOLIŃSKI P., WASKIEWICZ A., WIŚNIEWSKA H., KIECANA I., MIELNICZUK E., GROMADZKA K., KOSTECKI M., BOCIANOWSKI J., RYMANIAK E., 2010. Reaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to infection with *Fusarium* spp.: mycotoxin concentration in grain and chaff. Food Additiv. Contam. 27, 7: 1015-1024.
- GÓRCZYŃSKI J., MĄDRY W., 1988. A study of genetic divergence of plants by multivariate methods. Genet. Pol. 29: 341-352.
- GREY W., MATHRE D.E., 1988. Evaluation of spring barley for reaction to *Fusarium culmorum* seedling blight and root rot. Can. J. Plant Sci. 68: 23-30.
- HUMPREYS M.O., 1991. A genetic approach to the multivariate differentiation of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars. Heredity 66: 437-443.
- JONES R.K., MIROCHA C.J., 1999. Quality parameters in small grains from Minnesota affected by *Fusarium* head blight. Plant Dis. 83: 506-511.
- MAHALANOBIS P.C., 1936. On the generalized distance in statistics. Proc. Nat. Inst. Sci. India Part A 12: 49-55.
- MCMULLEN M.P., ENZ J., LUKACH J., STOVER R., 1997. Environmental conditions associated with *Fusarium* head blight epidemics of wheat and barley in the Northern Great Plains, North America. Cereal Res. Commun. 25, 2/3: 777-778.
- PACKA D., 1994. Wpływ toksyn fuzaryjnych na przebieg mitozy u zbóż i bobiku. Hod. Rośl. Nasienn. 1: 3-7.
- PAYNE R., MURREY D., HARDING S., BAIRD D., SOUTOU D., LANE P., 2003. GenStat for Windows (7th edition) – introduction. VSN Int., Oxford, England.
- PERKOWSKI J., KIECANA I., CHEŁKOWSKI J., 1995. Susceptibility of barley cultivars and lines to *Fusarium* infection and mycotoxins accumulation in kernels. J. Phytopathol. 143: 547-551.
- PERKOWSKI J., KIECANA I., SCHUMACHER U., MÜLLER H.M., CHEŁKOWSKI J., GOLIŃSKI P., 1996. Head blight and biosynthesis of *Fusarium* toxins in barley kernels field inoculated with *Fusarium culmorum*. Eur. J. Plant Pathol. 102, 5: 491-496.

Bocianowski J., Warzecha T., 2012. Wielocechowa charakterystyka odmian pszenicy (*Triticum* L.) i pszenżyta (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) inokulowanych *Fusarium culmorum*. Nauka Przyr. Technol. 6, 1, #14.

- PERKOWSKI J., STACHOWIAK J., KIECANA I., GOLIŃSKI P., CHELKOWSKI J., 1997. Natural occurrence of *Fusarium* mycotoxins in Polish cereals. Cereal Res. Commun. 25, 2/3: 379-380.
- PRACZYK M., BOCIANOWSKI J., SILSKA G., 2010. Analiza zmienności wybranych cech ilościowych w kolekcji lnu włóknistego (*Linum usitatissimum* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 555: 339-345.
- PROM L.K., STEFFENSON B.J., SALAS B., FETCH T.G.JR, CASPER H.H., 1997. Barley accessions resistant to *Fusarium* head blight and the accumulation of deoxynivalenol. Cereal Res. Commun. 25, 2/3: 807-808.
- RENCHER A.C., 1998. Multivariate statistical inference and applications. Wiley, New York.
- RYBIŃSKI W., SZOT B., BOCIANOWSKI J., RUSINEK R., 2011. Geometric properties of grasspea seeds and their mechanical loads. Int. Agrophys. 25: 271-280.
- RYBIŃSKI W., SZOT B., RUSINEK R., BOCIANOWSKI J., 2009. Estimation of geometric and mechanical properties of seed of Polish cultivars and lines representing selected species of pulse crops. Int. Agrophys. 23: 257-267.
- SALAS B., STEFFENSON B.J., CASPER H.H., PROM L.K., 1997. *Fusarium* species pathogenic to barley and their associated toxins. Cereal Res. Commun. 25, 3/1: 483-487.
- SEIDLER-ŁOŻYKOWSKA K., BOCIANOWSKI J., 2012. Evaluation of variability of morphological traits of selected caraway (*Carum carvi* L.) genotypes. Ind. Crops Prod. 35: 140-145.
- SEIDLER-ŁOŻYKOWSKA K., KRÓL D., BOCIANOWSKI J., 2010. Zawartość olejku eterycznego i jego skład w owocach pochodzących z kolekcji kminku zwyczajnego (*Carum carvi* L.). Rośl. Oleiste – Oilseed Crops 31: 147-160.
- SHAMSUDDIN A.K.M., 1985. Genetic diversity in relation to heterosis and combining ability in spring wheat. Theor. Appl. Genet. 70: 306-308.
- TOMCZAK M., WIŚNIEWSKA H., STĘPIEŃ Ł., KOSTECKI M., CHELKOWSKI J., GOLIŃSKI P., 2002. Deoxynivalenol, nivalenol and moniliformin occurrence in wheat samples with scab symptoms in Poland (1998-2000). Eur. J. Plant Pathol. 108, 7: 625-630.
- VAYLAY R., VAN SANTEN E., 2002. Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. Crop Sci. 42: 534-539.
- WARZECHA T., 2009. Podatność wybranych odmian pszenicy i pszenżyta z hodowli DANKO na fuzaryjną zgorzel siewek powodowaną przez *Fusarium culmorum*. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 251: 95-105.
- WARZECHA T., GÓRAL H., 2005. Podatność auto- i alloplazmatycznych linii pszenżyta na zgorzel siewek wywołaną przez *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 236: 109-113.
- WIŚNIEWSKA H., CHELKOWSKI J., PERKOWSKI J., BUŚKO M., BOCIANOWSKI J., 2002. Components of resistance against *Fusarium culmorum* in spring wheat. J. Appl. Genet. 43 A: 345-354.
- WIŚNIEWSKA H., KOWALCZYK K., 2005. Resistance of cultivars and breeding lines of spring wheat to *Fusarium culmorum* and powdery mildew. J. Appl. Genet. 46, 1: 35-40.
- WOJCIECHOWSKI S., CHELKOWSKI J., PONITKA A., ŚLUSARKIEWICZ-JARZINA A., 1997. Evaluation of spring and winter wheat reaction to *Fusarium culmorum* and *Fusarium avenaceum*. J. Phytopathol. 145: 99-103.
- YEATER K.M., BOLLERO G.A., BULLOCK D.G., RAYBURN A.L., RODRIGUEZ-ZAS S., 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. Crop Sci. 44: 185-189.

MULTIVARIATE CHARACTERISATION OF WHEAT (*TRITICUM* L.)
AND TRITICALE (\times *TRITICOSECALE* WITTM. EX A. CAMUS) CULTIVARS
INOCULATED WITH *FUSARIUM CULMORUM*

Summary. The paper presents a multivariate approach to the estimation of variability for quantitative traits of six cultivars of wheat (*Triticum* L.) and 12 cultivars of triticale (\times *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus). Four characteristics were under consideration: the degree of infection of roots, as well as leaves, and relative weight of roots and leaves. The obtained results were computed with statistical multivariate methods application. Canonical variates analysis has proved to be an effective tool for clear assessing of the studied wheat and triticale cultivars differences. The most diverse varieties of wheat were 'Batuta' and 'Korweta' (Mahalanobis distance was 8.682). The most similar varieties of wheat were 'Bogatka' and 'Mewa' (Mahalanobis distance was 1.693). Mahalanobis distance values between the triticale varieties ranged from 0.72 (between 'Kitaro' and 'Lamberto') to 10.034 (between 'Grenado' and 'Presto').

Key words: canonical variate analysis, Mahalanobis distances, triticale, wheat

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Jan Bocianowski, Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, Poland, e-mail: jboc@up.poznan.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

17.10.2011

Do cytowania – For citation:

Bocianowski J., Warzecha T., 2012. Wielocechowa charakterystyka odmian pszenicy (*Triticum* L.) i pszenżyta (\times *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) inokulowanych *Fusarium culmorum*. *Nauka Przyr. Technol.* 6, 1, #14.