

JOANNA UKALSKA <sup>1</sup>  
KRZYSZTOF UKALSKI <sup>1</sup>  
TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zakład Biometrii, Katedra Ekonometrii i Statystyki, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

<sup>2</sup> Zakład Roślin Zbożowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie

## Wielowymiarowe wydzielenie fenotypowo podobnych grup obiektów w kolekcji roboczej pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.)

### Multivariate distinguishing of phenotypically similar groups of genotypes in a winter wheat (*Triticum aestivum* L.) working germplasm collection

Przedmiotem badań była część kolekcji roboczej form pszenicy ozimej zgromadzona i prowadzona przez wiele lat dla potrzeb hodowli przez Zakład Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie. Wyniki prezentowane w pracy dotyczą 51 obiektów występujących w kolekcji w latach 1999–2002. Pod uwagę wzięto 14 cech opisujących strukturę plonu, odporność na najważniejsze choroby oraz właściwości technologiczne. Celem pracy było wydzielenie grup form podobnych pod względem wszystkich badanych cech jednocześnie, a następnie analiza zróżnicowania wielocechowego wydzielonych grup genotypów. Podział na grupy wykonano za pomocą hierarchicznej analizy skupień metodą Warda w oparciu o wartości statystyki pseudo  $t^2$ , wskazujące na możliwość wyodrębnienia w kolekcji 3, 5 lub 8 grup form podobnych wielocechowo. Dla każdej możliwości podziału na grupy wykonano jednoczynnikową, wielowymiarową analizę wariancji, a następnie analizę zmiennych kanonicznych. Na podstawie uzyskanych wyników dokonano ostatecznie podziału kolekcji na 5 grup. Liczebności grup wyniosły od 4 do 22 obiektów. Pierwsze trzy zmienne kanoniczne wyjaśniły łącznie 82% całkowitej zmienności wydzielonych grup. Cechami najsilniej różnicującymi badaną kolekcję były: wysokość roślin, wyleganie, MTZ, masa i liczba ziaren z kłosa, liczba dni do kłoszenia, podatność na mączniaka prawdziwego oraz zawartość białka.

**Słowa kluczowe:** analiza zmiennych kanonicznych, analiza skupień, *Triticum aestivum* L., wielowymiarowa analiza wariancji, zasoby genowe, zróżnicowanie fenotypowe

The investigations were conducted on part of winter wheat working collection from the Plant Breeding and Acclimatization Institute, the Department of Cereals Crops in Cracow. Fifty-one genotypes (cultivars and clones) were evaluated in the years 1999–2002. Yield structure traits and susceptibility to the most important winter wheat diseases were assessed. The aim of the study was to classify the genotypes into homogeneous groups (clusters), identify the traits having the highest discriminative power in separating these groups, and characterize the genotypic diversity of the distinguished clusters for the examined traits. Hierarchical cluster analysis was carried out using Ward's procedure and squared Euclidean distance. The final number of groups (clusters) was obtained on the basis of the pseudo  $t^2$  statistic which indicating a possibility to classify the genotypes in 3, 5 or 8 groups.

For each division the MANOVA and Canonical Variable Analysis (CVA) were carried out on the basis of Mahalanobis distance. Finally, the genotypes were classified into five homogeneous groups, which including 4 to 22 objects. The three first canonical variables accounted for 82% of the total variation between groups. The following traits were found to have the highest discriminative power: plant height, lodging score, 1000-grain weight, weight per spike, number of grains per spike, number of days to heading, powdery mildew score and protein content.

**Key words:** canonical variable analysis, cluster analysis, germplasm collection, multivariate analysis of variance, phenotypic diversity, *Triticum aestivum* L.

## WSTĘP

Kolekcja robocza pszenicy ozimej prowadzona była w Zakładzie Roślin Zbożowych w Krakowie oraz wytypowanych Zakładach Doświadczalnych Hodowli i Aklimatyzacji Roślin i Stacjach Hodowli Roślin w latach 1971–2002. W czasie prowadzenia kolekcji przebadano łącznie około 1300 form pszenicy ozimej (Wojas i in., 2001). W skład kolekcji wchodziły genotypy wyhodowane w Polsce, a także pochodzące z Niemiec, Francji, Holandii, Rosji, Ukrainy. Były to zarówno odmiany zarejestrowane oraz dopuszczone do obrotu handlowego i produkcji rolniczej, jak i rody hodowlane, które zostały odrzucone na podstawie kompleksowych wyników doświadczeń przedrejestracyjnych, jednak ze względu na to, że wyróżniały się korzystnie przynajmniej jedną z badanych cech użytkowych mogły być dalej wykorzystane w hodowli jako donory tych cech (Mazurkiewicz i Struś, 1997).

Metodyka prowadzenia doświadczeń polowych z kolekcją ulegała zmianom. Początkowo stosowano doświadczenia mikropoletkowe w kilku lub nawet kilkunastu miejscowościach, a następnie (po 1989 r.) doświadczenia zakładano na poletkach o pow. 5m<sup>2</sup> w ok. 5 miejscowościach. Liczba badanych corocznie obiektów również ulegała zmianom i wahała się od około 60 do ponad 200 w latach 1987–1989.

Wartość użytkową genotypów weryfikowano wielokierunkowo w pracowniach genetyki stosowanej, fitopatologii i biochemiczno-technologicznej. Na tej podstawie każdego roku dokonywano wymiany obiektów obejmującej nawet do 20% kolekcji. Wyniki analiz statystycznych ukazujące najwartościowsze formy pod względem cech użytkowych (morfologicznych, odpornościowych i biochemicznych) corocznie przekazywano placówkom hodowlanym (Mazurkiewicz i Struś, 1997). Systematyczne opracowywanie wyników doświadczeń z odmianami i rodami zgromadzonymi w kolekcji ułatwiało hodowcom odpowiedni wybór komponentów do krzyżowań, w zależności od kierunków hodowli (Węgrzyn i in., 1992, Wojas i in., 2001).

Niniejsza praca jest trzecim opracowaniem dotyczącym genotypów zebranych w kolekcji w latach 1999–2002, w którym badane obiekty charakteryzowane są za pomocą metod wielowymiarowych. We wcześniejszych pracach przedstawiono zmienność i współzależność cech użytkowych za pomocą korelacji fenotypowych i genotypowych (Ukalski i in., 2008), oraz wyznaczono cechy najsilniej różnicujące badane genotypy stosując analizę składowych głównych na macierzy współczynników korelacji fenotypowych oraz na macierzy współczynników korelacji genotypowych (Ukalska i in., 2008). Prezentowana praca jest kontynuacją i uzupełnieniem analiz wykonanych we wspomnianych opracowaniach. Jej celem jest wydzielenie grup form pszenicy ozimej

podobnych pod względem wszystkich badanych cech jednocześnie, wskazanie cech najsilniej różnicujących wyznaczone grupy, a następnie analiza zróżnicowania wielo-  
cechowego wydzielonych grup.

## MATERIAŁ I METODY

### **Materiał**

Materiałem badawczym były formy hodowlane, które wchodziły w skład kolekcji w latach 1999–2002. W analizowanych latach kolekcja liczyła odpowiednio 107 obiektów w 1999 roku, a w następnych latach kolejno 62, 63 i 58 obiektów. Do analizy wykorzystano 51 obiektów wchodzących w skład kolekcji przez co najmniej 2 sezony wegetacyjne. Tak zebrane wyniki stanowiły niekompletną zrównoważoną klasyfikację obiekty  $\times$  lata. Pod uwagę wzięto 14 cech opisujących strukturę plonu, odporność na najważniejsze choroby oraz właściwości technologiczne, dla których stwierdzono istotną zmienność obiektową: plon, liczba ziaren w kłosie LZK, masa 1000 ziaren MTZ, masa ziaren z kłosa MZK, liczba dni wschody — kłoszenie LDK, oraz wschody — dojrzałość LDD, wysokość WYS, wyleganie WYL, odporność na rdzę brunatną RBR, odporność na mączniaka prawdziwego MAC, porastanie POR, liczba opadania LO, liczba sedymentacji LS, zawartość białka BIA.

### **Metody Statystyczne**

Dla każdej z analizowanych cech przyjęto losowy model, opisany w pracy Ukalskiego i wsp. (2009), postaci  $y_{ij} = m + g_i + r_j + e_{ij}$ , gdzie  $y_{ij}$  jest obserwacją cechy u  $i$ -tego obiektu w  $j$ -tym roku,  $m$  jest średnią ogólną,  $g_i$  jest losowym efektem  $i$ -tego obiektu,  $r_j$  jest losowym efektem środowiskowym  $j$ -tego roku,  $e_{ij}$  jest losową resztą, złożoną z efektu interakcji genotypowo-środowiskowej oraz błędu. Wartości genotypowe jako losowe efekty główne genotypów, oszacowano za pomocą najlepszego nieobciążonego predyktora BLUP (Searle, 1987; Cooper i in., 2001), a następnie wykorzystano w zastosowanych metodach wielowymiarowych.

Zastosowano trzy metody wielowymiarowe, których wyniki uzupełniają się wzajemnie pozwalając na wyznaczenie oraz dokładną charakterystykę homogenicznych grup obiektów (Harch i in., 1997). Jako pierwszą zastosowano hierarchiczną analizę skupień metodą Warda (Ward, 1963) w celu wyznaczenia grup obiektów podobnych wielo-  
cechowo. Wykorzystano w niej, jako miarę podobieństwa, kwadrat odległości euklidesowej między genotypami (Crossa i Franco 2004), obliczony na podstawie wartości BLUP dla 14 cech w skali standaryzowanej (Mohammadi i Prasanna, 2003). Przy ustalaniu liczby skupień (homogenicznych grup obiektów) wzięto pod uwagę trzy kryteria statystyczne umożliwiające obiektywny podział obiektów na grupy: statystykę pseudo F (Caliński i Harabasz, 1974), statystykę pseudo  $t^2$  (Duda i Hart, 1973) oraz kryterium skupień sześciennych (Sarle, 1983).

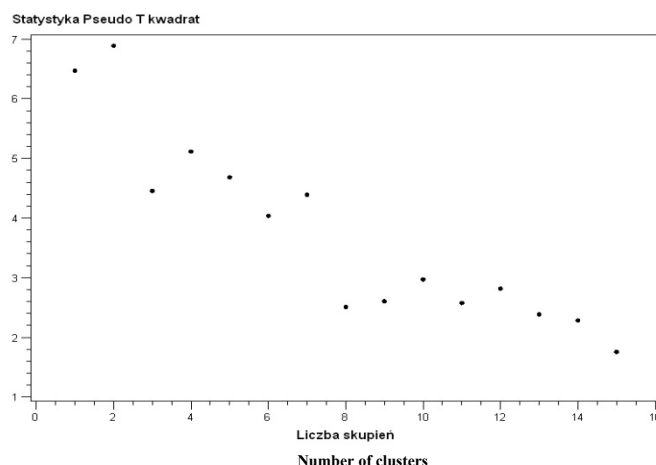
Kolejną zastosowaną metodą wielowymiarową była analiza wariancji (MANOVA), dzięki której sprawdzono istotność wielo-  
cechowego zróżnicowania wydzielonych grup (Krzanowski, 1988). Podobieństwo między grupami mierzono za pomocą odległości Mahalanobisa wektorów średnich rozważanych 14 cech (Crossa i Franco, 2004). Następnie wykonano analizę zmiennych kanonicznych w celu dokonania charakterystyki

wielocechowego podobieństwa wydzielonych grup, tj. przedstawienia ich podobieństwa (w kategoriach odległości Mahalanobisa) oraz wykrycia cech o największej mocy różnicującej (dyskryminacyjnej) te grupy (Krzanowski, 1988; Crossa i in., 2002).

Przedstawione analizy statystyczne zostały wykonane przy użyciu kilku procedur pakietu SAS, tj. MIXED, FASTCLUST i CANDISC (SAS/STAT User's Guide, 2002).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 przedstawiono wykres wartości statystyki pseudo  $t^2$ , który umożliwia wyznaczenie liczby grup obiektów podobnych. Liczba grup jest odczytywana na osi odciętych dla następnego po „lokalnym maksimum”, wartości statystyki pseudo  $t^2$ . Wartości tej statystyki wskazywały, zatem, na możliwość podziału genotypów na 3, 5, 8 lub więcej grup. Pozostałe statystyki pomocne przy ustalaniu liczby skupień, których wykresów nie zamieszczono w pracy, wskazywały na następujące możliwości podziału genotypów na grupy: statystyka pseudo F — 3 grup; kryterium skupień sześciennych — 9 grup. W takiej niejednoznacznej sytuacji najczęściej wybierany jest podział, który ze względu na rozważaną tematykę badawczą wydaje się być najbardziej słuszny. W niniejszych badaniach ostateczną decyzję wyboru liczby grup, spośród możliwości wskazanych przez podane statystyki, podjęto po wykonaniu analizy zmiennych kanonicznych wybierając podział, pozwalający na wyjaśnienie największej części wielocechowej zmienności średnich grupowych. Zdecydowano, jednak że z praktycznego punktu widzenia, liczba grup nie powinna być większa niż 9, ale większa niż 3.



**Rys. 1. Wykres wartości statystyki pseudo  $t^2$**   
**Fig. 1. A graph of pseudo  $t^2$  statistic values**

Badane odmiany i rody hodowlane podzielono, za pomocą hierarchicznej analizy skupień, na 5 grup (skupień). Grupy te składają się z obiektów bardziej podobnych wielocechowo w obrębie grup, niż między grupami. W tabeli 1 przedstawiono podział

obiektów w kolekcji. Wyodrębnione grupy mają różną liczebność, od 4 (grupa 5) do 22 (grupa 1). Średnie i współczynniki zmienności wydzielonych grup podano w tabeli 2.

Grupę pierwszą stanowią formy wysokie, plonujące powyżej średniej ogólnej w kolekcji, o najwyższej, spośród rozważanych grup, MZK. W skład tej grupy wchodzi najplenniejsze, w rozważanym okresie, polskie odmiany: Kobra, Zyta, Wanda, Korweta oraz zagraniczne tj. Pegassos, Piko i, Rubens. Odporność na mączniaka i rdzę brunatną występuje w tej grupie na nieco wyższym poziomie niż średni, ale genotypy te charakteryzują się słabszymi cechami jakości technologicznej i znacznym porastaniem.

Grupę drugą stanowią formy wysokie, plonujące najniżej, spośród rozważanych grup, o małym kłosie i dużych ziarnach, najwyższej, spośród rozważanych grup, MTZ. Charakteryzują się wyrównanymi i wyższymi od średniej, LO i LS, najwyższą zawartością białka oraz znaczną odpornością na porastanie. Odmiany wchodzące w skład tej grupy (zwłaszcza polska odmiana Tortija oraz Elana i rody pochodzące z hodowli strzeleckiej) to odmiany o najlepszych własnościach technologicznych ziarna.

Tabela 1

**Grupy genotypów pszenicy ozimej wydzielone za pomocą analizy skupień metodą Warda i statystyki pseudo  $t^2$**

**Groups of winter wheat genotypes distinguished using Ward's clustering method and pseudo  $t^2$  statistic**

Grupa Group	Liczebność Amount	Genotypy Genotypes
1	22	ACHAT; AND1774/91; ASTRON; BUSSARD; HAVEN; KOBRA; KONTRAST; KORWETA; LAD487/93; NAD4139/94; NAD66/92; OZH3019; PEGASSOS; PIKO; RUBENS; SMH3195; STH135; STH9055; TARSO; WANDA; WILGA; ZYTA
2	8	ARBOLA; BOA492; HUNTER; MOB3508/93; SMH4070; STH124; STH348; TORTIJA
3	11	AND808/92; BEGRA; CLUB; ELENA; ESTICA; EURIS; GLOCKNER; LAD480/93; OLH1389; STH362; ZODIAC
4	6	FLAIR; JUBILATKA; KAJA; NAD141/92; STH234; SZD3878
5	4	MIB204/92; RENAN; STH395; VDH1143/94

W skład grupy trzeciej wchodzi obiekty średnio wysokie, wyrównane pod względem wylegania, które przyjmuje wartości poniżej średniej kolekcyjnej. Plonują na średnim poziomie, LZK, MTZ oraz MZK przyjmują wartości poniżej średniej. Obiekty te charakteryzują się najniższą odpornością na RBR i niską także na MAC. Mają najmniejszą zawartość białka, ale podwyższoną, w stosunku do średniej, LO, LS i odporność na porastanie. Do grupy tej zaliczona została odmiana Begra będąca przez długie lata wzorcem cech jakościowych jednak o niskiej plenności.

Grupa czwarta to formy najniższe w kolekcji, i najbardziej odporne na wyleganie (odmiany Flair, Jubilatka, Kaja przeznaczone do uprawy na terenach o zwężonych i wilgotnych glebach). Obiekty z tej grupy to genotypy najpóźniej plonujące, charakteryzujące się dużymi kłosami o małych ziarnach. Są bardzo zróżnicowane pod względem porastania, odznaczają się najniższą wartością LS, niższą niż średnia LO i zawartością białka.

Grupę piątą stanowią najwcześniej plonujące, dość niskie formy o przeciętnym plonie, dużych kłosach i małych ziarnach. Są to obiekty podatne na porastanie, o dużej LO i LS

oraz większej niż średnia zawartości białka. Charakteryzują się niższą niż średnia odpornością na RBR, ale najwyższą na MAC (ród MIB 204 oraz odmiana Renan).

Tabela 2

**Średnie i współczynniki zmienności (CV) wydzielonych 5 grup form pszenicy ozimej**  
**Means and coefficients of variation (CV) for studied traits of winter wheat genotypes in five homogeneous groups**

Cecha Trait	Grupa 1 Group 1		Grupa 2 Group 2		Grupa 3 Group 3		Grupa 4 Group 4		Grupa 5 Group 5		Ogółem Total	
	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%
Płon Yield (dt/ha)	78,83	4	74,33	3	76,00	5	77,22	5	76,27	4	76,19	5
LZK	45,72	5	41,60	8	43,49	3	45,99	6	45,14	4	44,27	8
MTZ (g)	45,20	6	47,45	6	43,41	5	41,48	5	40,92	5	44,59	7
MZK (g)	2,06	6	1,94	5	1,95	3	1,92	5	1,94	5	2,01	7
LDK	27,74	5	28,94	8	28,63	6	30,26	4	24,73	8	28,44	7
LDD	77,62	2	77,90	3	77,88	2	78,63	1	75,11	2	77,09	2
WYS (cm)	103,39	4	103,67	8	97,72	6	83,96	13	90,23	8	98,44	9
WYL (1-9)	7,04	10	6,93	8	7,62	5	8,31	4	7,95	5	7,46	12
RBR (1-9)	6,68	13	7,09	12	5,55	19	7,62	7	6,04	20	6,63	17
MAC (1-9)	6,84	5	6,39	6	6,57	8	7,04	4	7,31	6	6,73	8
POR (1-9)	3,20	21	3,80	25	4,59	28	3,44	48	2,74	22	3,50	37
LO	238,94	6	251,03	4	258,68	4	242,48	12	265,49	5	249,52	11
LS (cm <sup>3</sup> )	27,39	19	35,51	5	31,59	12	25,92	19	32,15	10	30,08	19
BIA (%)	12,03	3	12,93	2	11,92	2	12,04	1	12,33	2	12,15	5

LZK — Liczba ziaren z kłosa; No. of grains per spike

MTZ — Masa 1000 ziaren; 1000-grain weight

MZK — Masa ziaren z kłosa; Weight per spike

LDK — Liczba dni do kłoszenia; No. of days to heading

LDD — Liczba dni do dojrzałości; No. of days to maturity

WYS — Wysokość;— Plant height

WYL — Wyleganie; Lodging score

RBR — Podatność na rdzę brunatną; Brown rust score

MAC — Podatność na mączniaka prawdziwego; Powdery mildew score

POR — Porastanie; Preharvest to sprouting score

LO — Liczba opadania; Falling number

LS — Liczba sedymentacji; Sedimentation value

BIA — Zawartość białka; Protein content

Tabela 3

**Odległości Mahalanobisa pomiędzy 5 grupami genotypów pszenicy ozimej (powyżej diagonalnej) oraz prawdopodobieństwa im odpowiadające (poniżej diagonalnej)**  
**Pairwise Mahalanobis distances between five groups of winter wheat genotypes (above diagonal) and probabilities (below diagonal)**

Grupa Group	1	2	3	4	5
1		15,86	12,48	23,12	26,80
2	0,0001		17,54	26,84	35,45
3	0,0001	0,0004		19,84	29,63
4	<0,0001	0,0001	0,0006		30,22
5	0,0001	<0,0001	0,0002	0,0009	

Na wydzielonych grupach genotypów podobnych wielocechowo przeprowadzono jednoczynnikową, wielowymiarową analizę wariancji, w której rolę poziomów czynnika pełniły grupy natomiast obiekty w grupach stanowiły powtórzenia. Stwierdzono istotne różnice wektorów średnich badanych cech pomiędzy grupami za pomocą testów

wielowymiarowych (Krzanowski, 1988) dostępnych w procedurze CANDISC pakietu SAS. Odległości Mahalanobisa pomiędzy grupami oraz ich istotność podano w tabeli 3. Wszystkie te odległości były istotnie większe od 0, co potwierdza trafność podziału genotypów na grupy istotnie zróżnicowane wielocechowo.

Wyniki analizy zmiennych kanonicznych dla wydzielonych grup przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

**Skumulowana wariancja dla trzech pierwszych zmiennych kanonicznych rozróżniających 5 grup genotypów pszenicy ozimej oraz współczynniki korelacji między tymi zmiennymi, a 14 cechami użytkowymi**  
**The cumulated variance for the first three canonical variables distinguishing five groups of winter wheat genotypes and coefficients of correlation between the variables and the traits estimated**

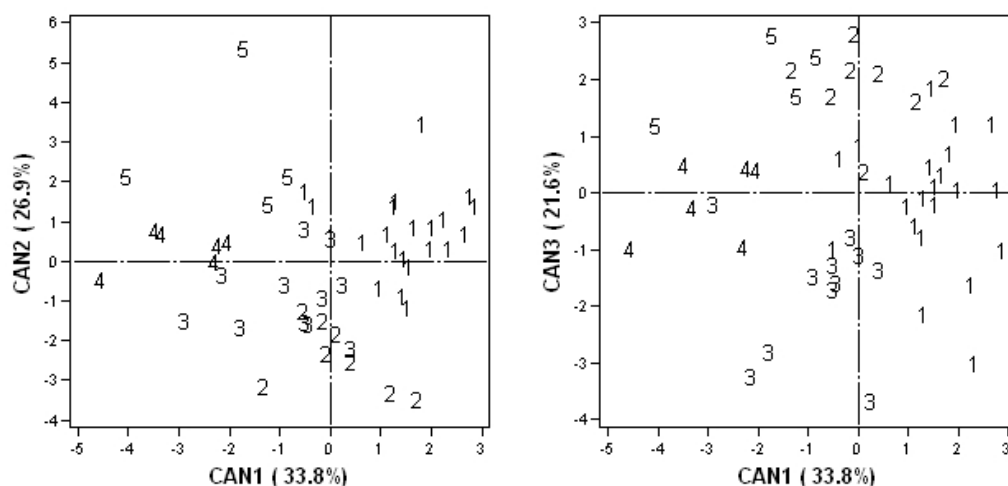
Cecha — Traits		Zmienne kanoniczne — Canonical variables		
		CAN1	CAN2	CAN3
	Plon Grain yield (dt/ha)	0,29	0,42	-0,19
LZK	Liczba ziaren z kłosa No. of grains per spike	0,07	0,59	-0,17
MTZ	Masa 1000 ziaren 1000-grain weight (g)	0,57	-0,46	0,24
MZK	Masa ziaren z kłosa Weight per spike (g)	0,54	0,29	-0,09
LDK	Liczba dni do kłoszenia No. of days to heading	-0,20	-0,51	-0,25
LDD	Liczba dni do dojrzałości No. of days to maturity	0,00	-0,38	-0,29
WYS	Wysokość Plant height (cm)	0,82	-0,25	0,05
WYL	Wyleganie Lodging score (1-9)	-0,73	0,22	-0,18
RBR	Podatność na rdzę brunatną Brown rust score (1-9)	-0,02	-0,04	0,40
MAC	Podatność na mączniaka prawdziwego Powdery mildew score (1-9)	-0,18	0,63	0,09
POR	Porastanie Preharvest to sprouting score (1-9)	-0,15	-0,45	-0,39
LO	Liczba opadania Falling number	-0,36	-0,12	0,02
LS	Liczba sedymentacji Sedimentation value (cm <sup>3</sup> )	-0,09	-0,48	0,31
BIA	Zawartość białka Protein content (%)	-0,01	-0,49	0,78
	Skumulowana wariancja (%) Cumulated variance (%)	33,76	60,65	82,28

Podano w niej procent wielocechowej zmienności średnich grupowych, wyjaśniony przez trzy pierwsze zmienne kanoniczne oraz wartości współczynników korelacji tych zmiennych z cechami. Trzy pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniły łącznie 82% zmienności wielocechowej między grupami. Z pierwszą zmienną kanoniczną, wyjaśniającą 34% całkowitej zmienności pomiędzy grupami, najsilniej skorelowana była

dotąd wysokość roślin ( $r = 0,82$ ; tab. 1) i ujemnie wyleganie ( $r = -0,73$ ). Zatem cechy te miały największą moc dyskryminacyjną wśród badanych cech, czyli najsilniej rozróżniały wydzielone grupy genotypów. Również MTZ i MZK były dość silnie, dodatnio, skorelowane z pierwszą zmienną kanoniczną ( $r$  odpowiednio 0,57 i 0,54), zatem są to także cechy silnie różnicujące badane grupy genotypów pszenicy ozimej.

Druga zmienna kanoniczna, która wyjaśniała 27% zmienności międzygrupowej, była najsilniej skorelowana z podatnością na mączniaka prawdziwego ( $r = 0,63$ ), LZK ( $r = 0,59$ ) oraz ujemnie z liczbą dni do kłoszenia ( $r = -0,51$ ). Trzecia zmienna kanoniczna była najsilniej skorelowana z zawartością białka ( $r = 0,78$ ).

Rozmieszczenie wydzielonych grup genotypów w układzie pierwszej i drugiej oraz pierwszej i trzeciej zmiennej kanonicznej przedstawiono na rysunku 2.



**Rys. 2. Rozmieszczenie 5 grup genotypów pszenicy ozimej w układzie 1 i 2 (CAN1 i CAN2) oraz 1 i 3 zmiennej kanonicznej (CAN1 i CAN3); liczby na wykresie oznaczają numery grup, do których zaliczono genotypy — tab. 1**

**Fig. 2. Scatter plots of five groups of winter wheat genotypes for the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> (CAN1 and CAN2) and for the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> canonical variables (CAN1 and CAN3); numbers indicate the groups, see Table 1, in which particular genotypes are included**

Na podstawie prezentowanych wykresów można porównać i scharakteryzować wyznaczone grupy. Najbardziej oddalone od siebie grupy genotypów to grupy o numerach 2 i 5, czyli te, dla których odległość Mahalanobisa była największa (35,45; tab. 3). Obiekty w grupie 2 charakteryzują się przeciętnymi wartościami pierwszej zmiennej kanonicznej (CAN1), małymi wartościami drugiej (CAN2) i dużymi trzeciej (CAN3). Oznacza to, że genotypy w tej grupie to formy wysokie, podatne na wyleganie, o średniej MTZ i MZK, podatne mączniaka, ale o najwyższej zawartości białka, zaś genotypy z grupy 5 (małe wartości CAN1, duże wartości CAN2 i CAN3) to formy niskie, odporne na wyleganie, o małej MTZ i MZK, ale o najwyższej odporności na mączniaka i dużej zawartości białka. Najbardziej podobne do siebie są grupy 1 i 3 (odl. Mahalanobisa = 12,48). Grupa pierwsza



to genotypy wysokie i średnio-wysokie o wyższej niż średnia MTZ i MZK, a w skład grupy trzeciej wchodziły formy średnio-wysokie o nieco niższych wartościach MTZ i MZK. Natomiast obie grupy charakteryzują się podobną odpornością na mączniaka i zawartością białka. Na podstawie omawianego wykresu (rys. 2), w podobny sposób, można scharakteryzować pozostałe grupy genotypów w kolekcji.

Prezentowane wyniki wielowymiarowych analiz statystycznych, mających na celu podział genotypów pszenicy ozimej w kolekcji roboczej na grupy homogeniczne, wskazują, że najważniejszymi cechami różniącymi wydzielone grupy były wysokość roślin, podatność na wyleganie, cechy struktury plonu (MTZ, MZK i LZK), podatność na mączniaka i zawartość białka. Natomiast plenność, która jest ważną cechą selekcyjną, na tle pozostałych badanych cech miała mniejsze znaczenie dyskryminujące. Jest to zjawisko uzasadnione i potwierdzone praktyką selekcji hodowlanej, w której, w pierwszej kolejności, zwracana jest uwaga na wysoki plon, a dopiero w dalszej, brane są pod uwagę inne cechy użytkowe (Węgrzyn, 1988; Śmiałowski, 2005). Zatem obiekty w kolekcji roboczej, której podstawowym celem jest dostarczenie materiałów wyjściowych dla hodowli, charakteryzują się wysokimi wartościami plonu i jednocześnie małym jego różnicowaniem.

#### WNIOSKI

1. Na podstawie hierarchicznej analizy skupień metodą Warda, oraz wartości statystyki pseudo  $t^2$  wydzielono 5 jednorodnych, pod względem 14 rozważanych cech, grup form pszenicy ozimej w obrębie badanej kolekcji roboczej. Stwierdzono istotne, wielocechowe różnice średnich wartości badanych cech pomiędzy grupami.
2. Trzy pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniły łącznie 82% wielocechowej zmienności między grupami. Spośród rozważanych cech najsilniej dyskryminującymi wydzielone grupy były: wysokość roślin i podatność na wyleganie, cechy struktury plonu: masa tysiąca ziaren, masa i liczba ziaren z kłosa, odporność na mączniaka prawdziwego oraz zawartość białka.
3. Zastosowane metody wielowymiarowe oceny zmienności badanych obiektów w kolekcji roboczej pszenicy ozimej umożliwiły obiektywny, przydatny dla hodowli, dobór źródeł genetycznych wykorzystywanych w programach krzyżowań. Prace powinny być kontynuowane na nowych zestawach form pszenicy ozimej.

#### LITERATURA

- Caliński T., Harabasz J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Comm. Stat.* 3: 1 — 27.
- Cooper M., Woodruff D. R., Phillips I. G., Basford K. E., Gilmour A. R. 2001. Genotype-by-management interactions for grain yield and grain protein concentration of wheat. *Field Crops Research* 69: 47 — 67.
- Crossa J., Bellon M. R., Franco J. 2002. Quantitative method for classifying farmers using socioeconomic variables In: *Quantitative analysis of data from participatory methods in plant breeding*. Bellon M. R., Reeves J. (Eds), CIMMYT, Mexico: 113 — 127.
- Crossa J., Franco J. 2004. Statistical methods for classifying genotypes. *Euphytica* 137: 19 — 37.
- Duda, R. O., Hart P. E. 1973. *Pattern classification and science analysis*, New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Harch B. D., Basford K. E., DeLacy I. H., Lawrence P. K. 1997. The analysis of large scale data taken from the world groundnut (*Arachis hypogaea* L.) germplasm collection I. Two-way quantitative data. *Euphytica* 95: 27 — 38.
- Khattree R., Naik D. N. 2000. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Krzyszowski W. J. 1988. Principles of multivariate analysis: a users perspective. Oxford Univ. Press, Oxford: 563 pp.
- Mazurkiewicz B., Struś M. 1997. Kolekcje pszenicy ozimej jako czynnik postępu hodowlanego. *Biul. IHAR* 204: 81 — 97.
- Mohammadi S. A., Prasanna M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants -salient statistical tools and considerations. *Crop Sci.* 43: 1235 — 1248.
- Sarle W. S. 1983. Cubic Clustering Criterion, SAS Technical Report A-108, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SAS/STAT User's Guide, Version 8.2. 2002. SAS Institute, Cary, NC.
- Searle S. R. 1987. Linear models for unbalanced data. J. Wiley & Sons, New York.
- Śmiałowski T. 2005. Ocena rodów pszenicy ozimej z polskiej hodowli w doświadczeniach przedrejestrowych w roku 2004. *Biul. IHAR* 235: 13 — 22.
- Ukalski K., Ukalska J., Śmiałowski T., Mądry W. 2008. Badanie zmienności i współzależności cech użytkowych w kolekcji roboczej pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) za pomocą metod wielowymiarowych. Część I. Korelacje fenotypowe i genotypowe. *Biul. IHAR* 249: 35 — 43.
- 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.
- Ward J. H. jr. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Statist. Assoc.* 58: 236 — 244.
- Węgrzyn S. 1988. Ocena postępu hodowlanego pszenicy ozimej na podstawie wyników doświadczeń hodowlanych. *Prace badawcze grupy problemowej. IHAR, Radzików*: 15 — 28.
- Węgrzyn S., Mazurkiewicz B., Kuc I. 1992. Zmienność wybranych cech w kolekcji pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 181/182: 23 — 30.
- Wojas T., Węgrzyn S., Śmiałowski T. 2001. Uwarunkowania genetyczne oraz współzależność plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) *Biul. IHAR* 218/219: 39 — 48.