

RYSZARD WEBER¹
DARIUSZ ZALEWSKI²
JAN KACZMAREK²

¹ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu

² Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Analiza zmienności masy tysiąca ziaren odmian pszenicy ozimej w seriach doświadczeń PDO na Dolnym Śląsku*

Variability analysis of thousand-grain weight of winter wheat varieties on the post-registration experiments (PDO) in Lower Silesia

W latach 2004–2006 oceniano stabilność masy tysiąca ziaren (MTZ) jedenastu odmian pszenicy ozimej na podstawie wyników Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO). Badania przeprowadzono w pięciu stacjach doświadczalnych różniących się warunkami glebowymi i klimatycznymi. Analizowano masę tysiąca ziaren 11 odmian w dwu wariantach uprawy. Wariant intensywny różnił się od standardowego wyższym o 40 kg/ha nawożeniem azotowym, pełną ochroną chemiczną przed chorobami grzybowymi, stosowaniem antywylegacza oraz dolistnym dokarmianiem roślin preparatem wieloskładnikowym. Celem pracy była analiza stabilności masy tysiąca ziaren 11 odmian pszenicy ozimej w zależności od warunków przyrodniczych Dolnego Śląska. Istotna interakcja odmian ze środowiskami stacji doświadczalnych wskazuje na zróżnicowaną reakcję masy tysiąca ziaren na warunki środowiska. Zmienne warunki pogodowe w trzech latach badań a szczególnie deficyt wody w okresie wegetacji roślin spowodowały mniejszą stabilność MTZ odmian pszenicy w miejscowościach Naroczyce i Tarnów. Stabilność masy tysiąca ziaren w dużym stopniu uwarunkowana jest genetycznie, jednak niektóre odmiany odznaczają się znaczną zmiennością tej składowej plonu.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, masa tysiąca ziaren, pszenica ozima

In 2004–2006, the stability of weight of thousand grains in winter wheat cultivars was estimated based on the results of Post-registration Variety Testing System (PDO) experiments. The study was conducted at five experimental sites differing in edaphic and climatic conditions. Weight of thousand grains in eleven cultivars grown in two cultivation variants was determined. The intensive variant as compared to the standard one, included nitrogen fertilization higher by 40 kg/ha, full chemical control of fungal diseases and application of a growth factor and foliar feeding of the plants with a multi-component nutrient. Significant interaction of the cultivars with the environments indicates that the

* Praca wykonana w ramach Krajowego Programu Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego koordynowanego przez COBORU

performance of particular winter wheat genotypes can vary depending on the location. Changing weather conditions in three years of the study, and especially water deficit during the vegetation season of plants, resulted in the decreased stability of weight of thousand grains in the investigated cultivars in the environments of Naroczyce and Tarnów. Stability of thousand-grain weight is a feature largely determined by genetics, but some cultivars show quite high variability of this yield component.

Key words: genotype by environment interaction, winter wheat, weight of thousand grains

WSTĘP

Obecnie gatunkiem dominującym w strukturze zasiewów Polski i Europy Zachodniej jest pszenica ozima. Poszukiwane są odmiany charakteryzujące się wysokim i stabilnym plonem w warunkach obniżonej intensywności uprawy (Brancourt-Hulmel i in., 2005). Wyniki badań na obszarze Polski wykazały zróżnicowaną reakcję odmian na poziom nawożenia i intensywność ochrony roślin (Kulig i in., 2001; Oleksiak i Mańkowski, 2005; Laudański i in., 2007). Nowe odmiany powinny być w początkowym okresie rozwoju konkurencyjne w stosunku do chwastów, wykazywać przyspieszone wschody, odporność na zasolenie gleby jak również na niedobory wody w trakcie wegetacji roślin (Brancourt-Hulmel i in., 2003; Farooq i Azam, 2007; Joshi i in., 2007). Większość publikacji stwierdza, że podstawowymi składowymi plonu jest liczba kłosów z jednostki powierzchni, liczba ziaren z kłosa i masa tysiąca ziaren — MTZ (Van Oosterom i in., 2006; Gonzalez i in., 2007). Wysokie plony są najczęściej uwarunkowane wysokimi wartościami dwóch składowych przy małej redukcji trzeciego komponentu (Mądry i in., 2007 a). Składowe plonu kształtują sumaryczny plon ziarna w zróżnicowany sposób. Często obserwowanym zjawiskiem jest ich kompensacja (Vargas i in., 2007; Weber i Biskupski, 2007). Kompensacja komponentów plonu jest wynikiem efektów plejotropowych, sprzężenia genów lub może być wywołana sekwencyjnym kształtowaniem składowych w trakcie ontogenezy jak również współzawodnictwem roślin o makro- i mikroelementy (Mądry i in., 2007 a, b; Moragues i in., 2006). Badania Mądrego (2007 a) wykazały, że odmiany różnią się znacznie pod względem składowych plonu w poszczególnych środowiskach. Często zmienność składowych plonu pomiędzy badanymi miejscowościami jest większa niż zróżnicowanie plonów ziarna analizowanych odmian. Dlatego analiza poszczególnych składowych może się przyczynić do lepszego zrozumienia efektów interakcji genotypowo-środowiskowych dla plonów badanych odmian. Zwykle stwierdza się, że masa tysiąca ziaren jest komponentem odznaczającym się mniejszą reakcją na zmiany środowiska (Drzazga i Krajewski, 2006; Matysik i in., 2007). Wysoka odziedziczalność (powtarzalność) w szerokim sensie, uzyskana w wielu seriach doświadczeń, świadczy również o silnej genetycznej determinacji tej cechy (Nawracała, 2004). Jednak nieliczne doniesienia oceniające stabilność masy tysiąca ziaren w zróżnicowanych środowiskach skłaniają do tego, aby tę składową plonu dokładnie przeanalizować pod względem jej zmienności w zależności od warunków glebowo-klimatycznych, pogodowych i uprawowych.

Celem pracy była analiza stabilności masy tysiąca ziaren kilku odmian pszenicy ozimej w warunkach Dolnego Śląska na podstawie doświadczeń Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Analizę stabilności masy tysiąca nasion wykonano na podstawie doświadczeń Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) w pięciu miejscowościach na Dolnym Śląsku (tab. 1, 2).

Tabela 1

Warunki środowiska w miejscowościach w serii doświadczeniach PDO w latach 2004–2006
Environmental conditions at locations of PDO experiments in 2004–2006

Wyszczególnienie Specification	Tarnów	Naroczycze	Zybiszów	Tomaszów	Krościna
Kompleks gleb Soil complex	2	4	1	5	2
Klasa bonitacyjna gleby Soil bonitation class	IIIa	IVa	II	IVb	IIIa
Zasobność gleby P ₂ O ₅ P ₂ O ₅ content in soil	17,7	17,1	31,0	21,2	85,0
Zasobność gleby K ₂ O K ₂ O content in soil	25,0	20,6	43,4	13,6	24,8
Zasobność gleby Mg Mg content in soil	12,6	6,0	8,4	7,4	7,8
pH gleby pH of soil	6,1	6,5	7,0	6,4	6,6
Nawożenie N na poziomie a1 Nitrogen rates a1 (kg/ha)	110	80	120	130	150
Nawożenie N na poziomie a2 Nitrogen rates a2 (kg/ha)	150	120	160	170	190
Nawożenie P ₂ O ₅ Phosphoric rates (kg/ha)	64	90	80	56	54
Nawożenie K ₂ O K ₂ O fertilization	104	84	100	116	111
Zaprawa nasienna Seed dressing	Funaben T	Funaben T	—	Sarfun T	Funaben T
Herbicyd Herbicide	Arelon Fox	Chwastox Lentipur	Granstar 15 Starane 0,4 l	Cougar	Chisel 60g Granstar 10
Fungicydy na a2 Fungicide a2	Juvel, Tango	Alert 1 l	Amistar Juvel	Juvel, Tango	Alert 1 l
Nawóz dolistny na a2 Foliar fertilization – a2	Plonvit	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Plonvit Z

W doświadczeniach rozpatrywano 11 odmian w wariacie uprawy podstawowym i intensywnym. Poziom intensywny różnił się od standardowego wyższym o 40 kg/ha nawożeniem azotowym, pełną ochroną chemiczną przed chorobami grzybowymi, stosowaniem antywylegacza oraz dolistnym dokarmianiem roślin preparatem wieloskładnikowym. Nawożenie pozostałymi makroelementami oraz inne zabiegi agrotechniczne wykonywano w jednakowym zakresie na wszystkich poletkach analizowanych doświadczeń. Każde doświadczenie było założone w układzie pasów prostopadłych w 2 powtórzeniach.

Wartości średnie masy tysiąca nasion (g) badanych odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO w latach 2004–2006

Means of thousand grain weight (g) for tested cultivars of winter wheat in PDO experiments in 2004–2006

genotyp genotype	Wariant standardowy uprawy — Standard cultivation variant				
	miejscowości — locations				
	Naroczyce	Zybiszów	Tarnów	Tomaszów	Krościna
Kobra	46,04	43,75	50,81	48,31	49,23
Tonacja	46,04	45,43	49,36	47,53	51,66
Finezja	44,64	40,95	47,95	44,43	46,27
Mewa	50,81	46,63	52,35	46,41	53,37
Zyta	48,46	44,91	52,39	49,12	51,57
Soraja	48,02	45,40	53,38	48,79	51,07
Sukces	46,49	46,77	49,82	49,16	51,16
Nadobna	40,19	40,34	47,27	42,75	48,60
Rapsodia	44,42	42,47	49,03	46,46	48,75
Rubens	36,90	32,85	43,95	35,46	42,03
Trend	49,36	44,67	50,08	45,87	50,27
Wariant intensywny uprawy — Intensive cultivation variant					
Kobra	47,03	45,96	53,08	46,90	51,52
Tonacja	44,68	46,71	54,36	46,05	51,53
Finezja	41,97	42,40	50,26	45,48	47,43
Mewa	48,01	46,91	54,33	45,78	53,94
Zyta	45,38	46,56	54,06	47,51	50,83
Soraja	46,70	44,98	55,05	46,48	52,57
Sukces	45,09	46,18	51,59	46,13	50,61
Nadobna	40,28	42,55	49,87	41,78	49,07
Rapsodia	44,13	43,40	51,01	42,14	48,89
Rubens	37,04	34,98	46,27	35,28	42,77
Trend	46,24	45,37	52,84	45,39	48,47

Analizowano 3-letni okres badań tych odmian pszenicy w latach 2004–2006 (lata zbioru). Powierzchnia poletka w każdym doświadczeniu wynosiła 10 m². Warunki atmosferyczne w zimie na przełomie roku 2004/2005 nie stwarzały zagrożeń dla wegetacji odmian pszenicy ozimej. Niekorzystny rozkład opadów w trakcie wegetacji pszenicy oraz późna i chłodna wiosna w tym rejonie uprawy, spowodowały znaczne zróżnicowanie masy tysiąca ziaren w poszczególnych miejscowościach. Deficyt wody w maju lub czerwcu w stacjach doświadczalnych na glebach lżejszych wpłynął obniżenie tej składowej plonu. Zima na przełomie roku 2005/2006 oznaczała się zwiększonymi opadami, niestety susza pod koniec wegetacji roślin wywarła negatywny wpływ na wielkość plonów i masę tysiąca nasion odmian pszenicy ozimej. Na podstawie warunków atmosferycznych trzylecia można stwierdzić, że podstawowym czynnikiem różnicującym masę tysiąca ziaren badanych odmian w analizowanym trzyleciu były zróżnicowane opady deszczu w badanych punktach doświadczalnych. Obliczenia przeprowadzono biorąc za podstawę średnią masę tysiąca nasion uzyskaną z każdego poletka w 5 miejscowościach w okresie 3 lat. Analizę statystyczną zmienności masy tysiąca ziaren wykonano na podstawie metody zaproponowanej przez Calińskiego i wsp. (1987). W badaniach wykorzystano program Sergen 4. Analiza statystyczna w tym programie opiera się na następującym modelu matematycznym: $Y_{ijk*} = \mu_i + \alpha_i^E(j, k) + e_{ijk*}$, gdzie: μ_i oznacza przeciętny potencjalny plon

genotypu i , natomiast $\alpha_i^E(j,k)$ oznacza reakcję plonowania genotypu i na warunki środowiskowe miejsca, w którym założono doświadczenie w miejscowości j oraz roku k . Średni błąd ważony dla genotypu i w miejscowości j oraz roku k oznaczono symbolem e_{ijk} . Przyjmuje się że, μ_i jest efektem stałym modelu, a składniki $\alpha_i^E(j,k)$ oraz e_{ijk} są zmiennymi losowymi. Obliczenia wykonano oddzielnie dla wariantu intensywnego i standardowego uprawy.

WYNIKI BADAŃ

Wstępna analiza wariancji masy tysiąca ziaren dla wariantu uprawy intensywnej lub standardowej w każdym środowisku (miejscowości \times lata), miejscowości i roku wykazała znaczące różnice w masie tysiąca ziaren pomiędzy analizowanymi odmianami pszenicy ozimej.

Tabela 3

Łączna analiza wariancji dla MTZ odmian pszenicy ozimej w serii doświadczeń PDO w latach 2004–2006
Overall analysis of variance for thousand-grain weight of winter wheat cultivars in PDO experiments in 2004–2006

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody N. of degrees of freedom	Wariant standardowy Standard cultivation variant Średni kwadrat Mean square	Wariant intensywny Intensive cultivation variant Średni kwadrat Mean square
Lata — Years	2	902,39**	1224,34**
Miejscowości — locations	4	9,45*	458,26*
Środowiska (lata \times miejscowości) Environments (years \times locations)	8	34,39**	80,78**
Odmiany — cultivars	10	173,66**	137,98*
odmiany \times lata cultivars \times years	20	10,11	6,67
odmiany \times miejscowości cultivars \times locations	40	5,56	3,78
odmiany \times środowiska cultivars \times environments	80	7,24**	6,30**
Regresja wz. środowiska Regression on environments	10	9,99	15,65
Odchylenie od regresji Regression deviation	70	6,84**	4,96**
Błąd doświadczeń Experimental error	467	0,79	0,79

* Istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Następnie przeprowadzono łączną analizę wariancji dla danych z miejscowości i lat (tab. 3), która umożliwiła weryfikację następujących hipotez:

- O równości wszystkich efektów głównych dla lat,
- O równości wszystkich efektów głównych dla odmian,
- O równości wszystkich efektów głównych dla miejscowości,
- O braku interakcji odmian z miejscowościami,
- O braku współdziałania odmian z latami,

— O braku interakcji odmian ze środowiskami (odmiany \times miejscowości \times lata).

W rozważanych wariantach standardowym i intensywnym hipotezy o równości efektów głównych dla lat, miejscowości i środowisk oraz o braku interakcji odmian ze środowiskami ($G \times E$) zostały odrzucone na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Natomiast z powodu zwiększonej liczby analizowanych odmian w porównaniu z miejscowościami nie było możliwości dokładnego testowania hipotezy o braku różnic między efektami głównymi genotypów. Zróżnicowaną reakcją odmian na zmiany warunków środowiska nie można wyjaśnić ich regresją liniową względem efektów środowiskowych. Istotne odchylenia od regresji w obu rozważanych wariantach wskazują, że interakcja odmian z badanymi środowiskami nie może być opisana prostą zależnością regresyjną.

W tabeli 4 przedstawiono odchylenia poszczególnych odmian od średniej masy tysiąca nasion oraz wartości statystyki F dla interakcji odmian z latami, miejscowościami i środowiskami. W wariacie standardowym i intensywnym uprawy Mewa, Zyta i Soraja odznaczały się dodatnimi efektami głównymi. Odmiany te w analizowanych środowiskach odznaczają się istotnie wyższą masą tysiąca ziaren w porównaniu do średniej ogólnej wszystkich badanych obiektów.

Tabela 4

Testowanie poszczególnych odmian i ich interakcji z środowiskami w doświadczeniach PDO dla MTZ
Testing of cultivars and their interaction with environments in PDO experiments for thousand-grain weight

Odmiana Cultivar	Wariant standardowy — Standard variant			Wariant intensywny — Intensive variant		
	ocena efektu głównego estimate for main effect	stat. F dla efektu głównego F stat for main effect	stat. F dla interakcji ze środowiskami ¹ F stat. for interaction with environments	ocena efektu głównego estimate for main effect	stat. F dla efektu głównego F stat for main effect	stat. F dla interakcji ze środowiskami F stat. for interaction with environments
Kobra	0,89	2,13	7,84	1,955*	35,09	2,26
Tonacja	1,27*	18,71	1,80	1,722*	14,55	4,23
Finezja	-1,88	2,80	26,25	-1,433	2,70	15,79
Mewa	3,18*	23,52	8,94	2,851*	32,65	5,17
Zyta	2,56*	61,54	2,21	1,927*	60,14	1,28
Soraja	2,60*	14,48	9,71	2,213*	6,27	16,24
Sukces	1,95*	34,14	2,31	0,977*	4,46	4,45
Nadobna	-2,90*	30,98	5,65	-2,235*	11,84	8,76
Rapsodia	-0,51	0,31	17,15	-1,026	2,11	10,38
Rubens	-8,49*	131,78	11,37	-7,67*	79,72	15,34
Trend	1,32	5,17	6,98	0,720	3,30	3,27
Wartości krytyczne $\alpha=0,05$ Critical value		5,32	1,96		3,84	1,96

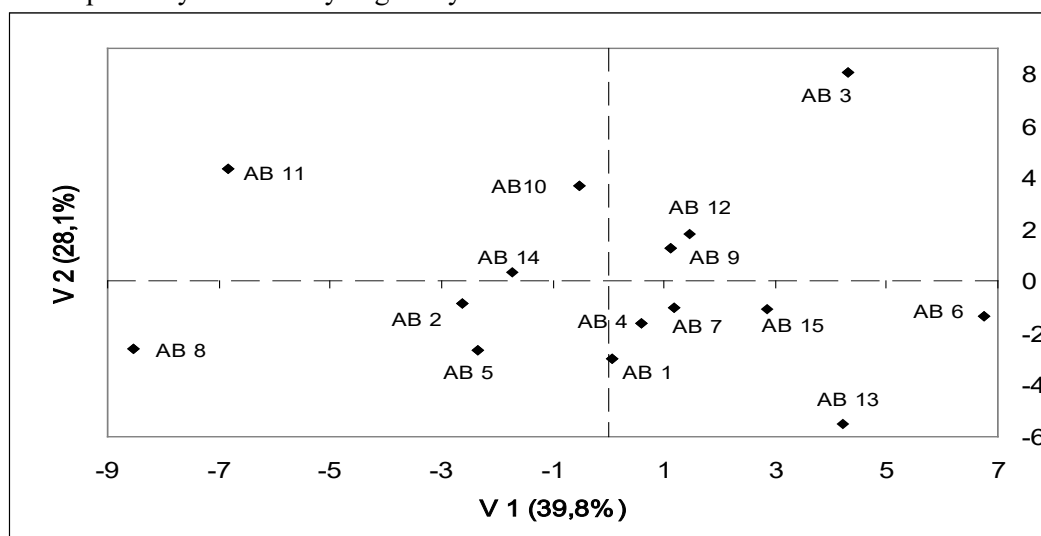
*- Istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0,05$

¹ Środowiska (lata \times miejscowości); Environments (years \times locations)

Niższą masą tysiąca ziaren w 5 analizowanych miejscowościach charakteryzowały się odmiany Rubens i Nadobna. Większość odmian odznaczała się nie stabilną masą tysiąca ziaren w trzech analizowanych latach w 5 miejscowościach co wskazuje na istotne efekty

interakcji $G \times E$. Jedynie Tonacja w wariancie standardowym i Zyta w systemie intensywnym charakteryzowały się wysoką stabilnością masy tysiąca nasion niezależną od lat badań i miejscowości. Świadczy o tym niska wielkość statystyki F interakcji z środowiskami dla tych odmian w porównaniu z wartością graniczną = 1,96.

Ocenę analizowanych środowisk i genotypów pod względem interakcji $G \times E$ przeprowadzono poprzez podział statystyki F tej interakcji na składniki odpowiadające poszczególnym kontrastom między genotypami. Odpowiednia statystyka F wyrażona w procentach statystyki F dla interakcji $G \times E$ z ogólnej analizy wariancji pokazuje, jaką część tej interakcji pochłania dany kontrast. W celu graficznego przedstawienia zmienności MTZ w środowiskach w przestrzeni dwuwymiarowej wykorzystano metodę składowych głównych. Rysunek 1 przedstawia rozmieszczenie środowisk na płaszczyźnie w układzie dwóch pierwszych składowych głównych.



Środowiska; Environments

2004		2005		2006	
AB1 — Naroczyce	AB6 — Naroczyce	AB11 — Naroczyce			
AB2 — Zybiszów	AB7 — Zybiszów	AB12 — Zybiszów			
AB3 — Tarnów	AB8 — Tarnów	AB13 — Tarnów			
AB4 — Tomaszów	AB9 — Tomaszów	AB14 — Tomaszów			
AB5 — Krościna	AB10 — Krościna	AB15 — Krościna			

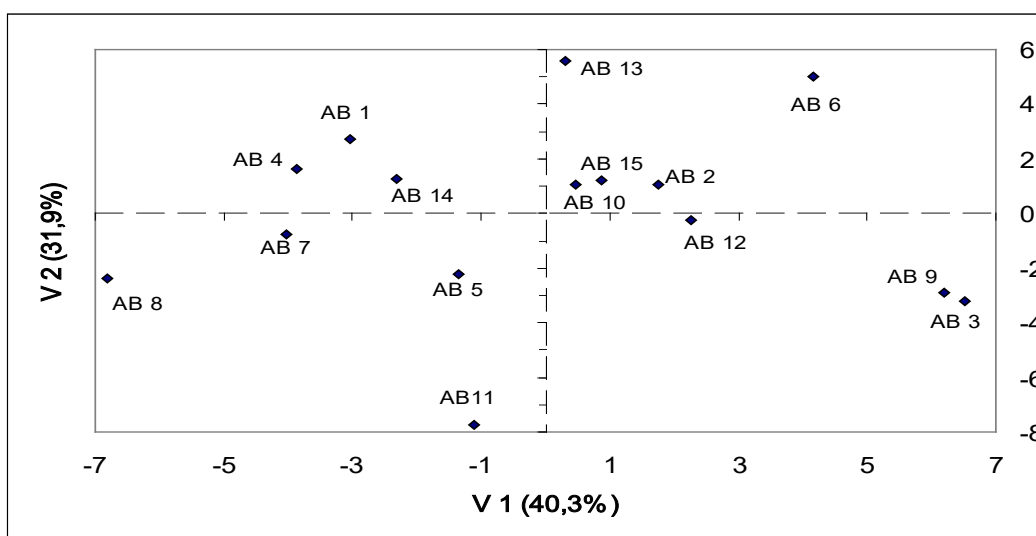
Rys. 1. Przedstawienie środowisk dla MTZ w układzie składowych głównych — wariant standardowy
Fig. 1. Distribution of environments for thousand-grain weight in the system of principal components — standard variant

Środowisko o wysokim udziale w interakcji $G \times E$ odznacza się dużą odległością od początku układu współrzędnych. Analizując wariant standardowy można stwierdzić, że bliskie sąsiedztwo punktów AB4, AB9 i AB14 reprezentujących środowisko Tomaszów w latach 2004, 2005 i 2006. Niewielkie oddalenie tych punktów od początku układu świadczy o małym wpływie warunków pogodowych na zróżnicowanie masy tysiąca ziaren w tej

stacji oceny nasion i dobrej reprezentacji tej miejscowości dla obszaru Dolnego Śląska w różnych warunkach pogodowych lat.

Więszym udziałem w sumie kwadratów odchyłeń interakcji genotypowo środowiskowej cechowały się środowiska Kobierzyce (AB5, AB10, AB15) i Zybyszów (AB2, AB7 i AB12). Świadczą o tym większe odległości wymienionych punktów od początku układu współrzędnych. Największy udział w sumie kwadratów odchyłeń dla interakcji $G \times E$ wykazują środowiska AB3, AB8 i AB13 oraz AB6 i AB11 oznaczające miejscowości Tarnów i Naroczyce. Wymienione stacje oceny nasion wywierały znacznie zróżnicowany wpływ na masę tysiąca nasion badanych odmian w poszczególnych latach badań w porównaniu do innych stacji.

Rysunek 2 przedstawia środowiska w układzie dwu pierwszych składowych głównych dla wariantu intensywnego.



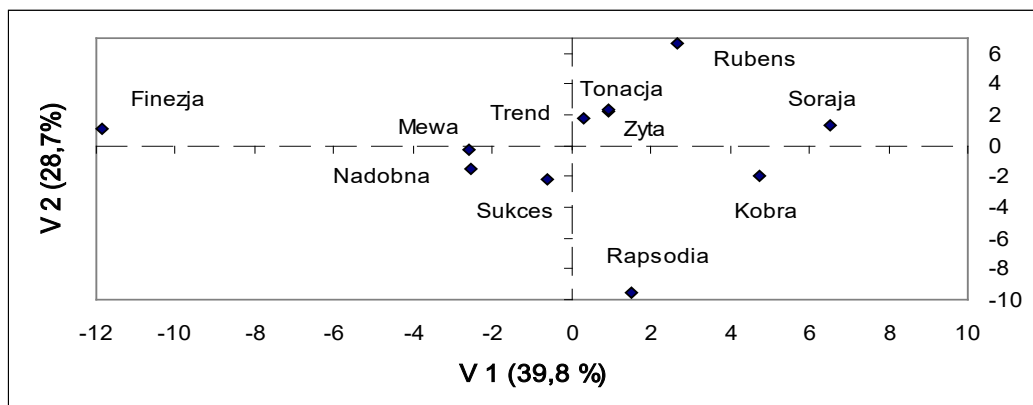
Rys. 2. Przedstawienie środowisk dla MTZ w układzie składowych głównych — wariant intensywny
Fig. 2. Distribution of environments for thousand-grain weight in the system of principal components — intensive variant

Porównując rysunek 1 z rozmieszczeniem środowisk w wariancie intensywnym można stwierdzić znaczne różnice ułożenia punktów określających poszczególne miejscowości w tym systemie uprawy. W wariancie intensywnym uprawy najmniejszą zmienność masy tysiąca ziaren w latach 2004–2006 stwierdzono w miejscowości Kobierzyce (AB5, AB10 i AB15). Położenie tych punktów blisko początku układu wskazuje również na znaczne podobieństwo średnich masy tysiąca ziaren odmian w tej stacji z średnimi wynikami uzyskanymi na terenie Dolnego Śląska. Pewnym podobieństwem pod względem zmienności tego komponentu plonu u odmian cechuje się środowisko Zybyszów. Świadczą o tym małe odległości euklidesowe pomiędzy punktami AB15, AB10 i AB2, AB12. Do drugiej grupy środowisk odznaczających się zwiększonym wpływem na zmienność

analizowanego komponentu plonu u odmian należy zaliczyć Tomaszów (AB4 — 2004 rok, AB14 — 2006 rok) i Naroczyce AB1 — 2004. Środowiska te mieszczą się w lewej górnej ćwiartce wykresu. Odmienny wpływ na zmienność masy tysiąca nasion odmian wywierają środowiska Tomaszów (AB9 — 2005 rok) i Tarnów (AB3 — 2004 rok) wstępujące w prawej dolnej ćwiartce omawianego wykresu. W wariancie intensywnym uprawy środowiska AB3, AB8 i AB13 oraz AB6 i AB11 oznaczające miejscowości Tarnów i Naroczyce wykazywały masę tysiąca ziaren w dużym stopniu uzależnioną od zmiennych warunków klimatycznych w danym roku badań. Świadczy o tym duży rozrzut punktów w układzie dwóch pierwszych składowych głównych.

Znaczne odległości punktów reprezentujących poszczególne stacje w latach w wariancie intensywnym lub ekstensywnym upraw wskazują na dużą odmienną zróżnicowania masy tysiąca ziaren badanych odmian pszenicy ozimej w zależności od typu gleby, nawożenia lub środków ochrony roślin jak również warunków atmosferycznych panujących w danym roku.

Posługując się analizą składowych dualnych można także analizować strukturę interakcji $G \times E$ ze względu na odmiany. Wektorowe przedstawienie odmian w układzie składowych głównych dla wariantu standardowego przedstawiono na rysunku 3.



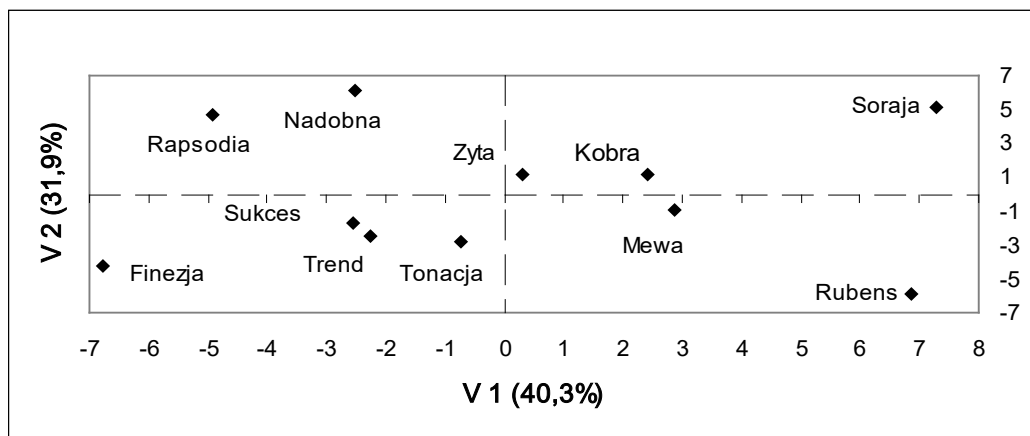
Rys. 3. Wektorowe przedstawienie odmian dla MTZ interakcji (odmiany \times środowiska) w układzie składowych głównych — wariant standardowy

Fig. 3. Vectors of cultivars for thousand-grain weight for ($G \times E$) interaction in the system of principal components — standard variant

Wielkość interakcji odmian ze środowiskami obrazuje długość wektora wyprowadzonego od punktu dla każdej odmiany do początku układu. Na podstawie wykresu obrazującego wariant standardowy uprawy można wyróżnić odmiany Trend, Zyta i Tonacja nie wykazujące znacznej interakcji z analizowanymi środowiskami pod względem masy tysiąca ziaren. Są to odmiany stabilne dla MTZ. Do drugiej grupy odmian wykazujących odmienną reakcję na uprawę w badanych miejscowościach lecz również o niskiej interakcji $G \times E$ i stabilności dla MTZ należy zaliczyć odmiany Mewa, Nadobna i Sukces.

Trzecią grupę odmian o większym udziale w sumie kwadratów odchyłeń dla interakcji $G \times E$ wykazują w wariancie standardowym odmiany Rapsodia i Kobra. Są to odmiany niestabilne dla MTZ. Odmiany te odznaczają się bardziej zróżnicowaną masą tysiąca ziaren w badanych środowiskach niż pozostałe obiekty. Znacznie odmienną reakcją na analizowane środowiska odznacza się odmiana Finezja występująca w lewej górnej ćwiartce analizowanego wykresu. Odmiana ta charakteryzuje największym udziałem w sumie kwadratów odchyłeń dla interakcji $G \times E$.

W wariancie intensywnym (rys. 4) podobną reakcją na zmienne warunki środowiskowe odznaczają się odmiany Kobra i Mewa. Drugą grupę tworzą odmiany Sukces, Trend i Tonacja znajdujące się w lewej dolnej ćwiartce wykresu. Nieco większym udziałem w interakcji $G \times E$ odznaczają się odmiany Rapsodia i Nadobna. Odmiana Zyta znajduje się blisko początku układu współrzędnych i wykazuje najmniejszą interakcję z środowiskiem. Natomiast odmiany Soraja, Rubens lub Finezja stanowią odrębne grupy jednoelementowe o znacznej odmiennej reakcji (pod względem masy tysiąca ziaren) na uprawę w analizowanych środowiskach.



Rys. 4. Wektorowe przedstawienie odmian dla MTZ interakcji (odmiany \times środowiska) w układzie składowych głównych — wariant intensywny

Fig. 4. Vectors of cultivars for thousand-grain weight for ($G \times E$) interaction in the system of principal components — intensive variant

Głównym czynnikiem różnicującym masę tysiąca nasion wymienionych odmian były prawdopodobnie niewyrównane opady deszczu w okresie formowania się ziarna w kłosie w analizowanych miejscowościach. Wprawdzie w warunkach kompleksów pszennych (Tarnów, Krościna) można stwierdzić tendencję do wyżej masy tysiąca ziaren badanych odmian, jednak niedobory wody w glebie w krytycznych fazach rozwoju pszenicy wpłynęły w największym stopniu na wielkość tego komponentu plonu. Powyższy wniosek potwierdzają badania innych autorów (Kulig i in., 2001). Głównym powodem niższej masy tysiąca ziaren odmian na glebach lekkich były również niedobory wody w okresie wegetacji pszenicy co potwierdza również w swych badaniach Mittler (2000).

Przedstawione wyniki badań wskazują, że stabilność masy tysiąca ziaren w dużym stopniu uwarunkowana genetycznie, podlega jednak znacznym zmianom w zależności od sposobu uprawy roli. Część odmian w warunkach standardowego wariantu uprawy odznacza się na obszarze Dolnego Śląska zwiększoną stabilnością. Są to odmiany Tonacja i Trend. Natomiast intensywny system uprawy sprzyja zwiększonej stabilności MTZ u odmiany Zyta. Na uwagę zasługuje również grupa odmian (Finezja, Rapsodia, Rubens, Soraja) odznaczająca się znaczną niestabilnością masy tysiąca ziaren w warunkach Dolnego Śląska zarówno w wariancie intensywnym jak również standardowym uprawy.

WNIOSKI

1. Istotna interakcja genotypowo-środowiskowa wskazuje na nie jednakową reakcję badanych odmian pod względem masy tysiąca ziaren na zróżnicowane warunki przyrodnicze i pogodowe.
2. Największym udziałem w sumie kwadratów odchyleń dla interakcji $G \times E$ odznaczały się stacje Naroczycze i Tarnów niezależnie od intensywności uprawy. Zróżnicowanie odmian pod względem masy tysiąca ziaren w tych miejscowościach było także nie jednakowe w poszczególnych latach badań.
3. Zróżnicowane pod względem intensywności systemy uprawy spowodowały znaczne różnice w stabilności masy tysiąca ziaren u analizowanych odmian. W wariancie standardowym uprawy najniższą interakcję $G \times E$ i największą stabilność stwierdzono u odmiany Tonacja natomiast w warunkach intensywnego sposobu uprawy u odmiany Zyta.

LITERATURA

- Brancourt-Hulmel M., Heurez E., Pluchard P., Beghin D., Depatureaux C., Giraud A., Le Gouis J. 2005. Indirect versus direct selection of winter wheat for low-input or high-input levels. *Crop Sci.* 45: 1427 — 1431.
- Brancourt-Hulmel M., Lecomte C. 2003. Effect of environmental varieties on genotype \times environment interaction of winter wheat. *Crop Sci.* 43: 608 — 617.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987. A model for the analysis of series of experiments repeated at several places over a period of years. I. Theory. *Biul. Oceny Odm.*, 10: 7 — 33.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987. A model for the analysis of series of experiments repeated at several places over a period of years. II. Example. *Biul. Oceny Odm.* 10: 35 — 71.
- Drzazga T., Krajewski P. 2006. Analiza zależności plonu od wybranych cech użytkowych na podstawie doświadczeń hodowlanych z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR 240/241*: 5 — 11.
- Farooq S., Azam F. 2007. A new allopolyploid wheat for stressed lands and poverty alleviation. *Field Crops Res.* 100, (2/3): 369 — 373.
- Gonzalez A., Martin I., Ayerbe L. 2007. Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress : phenology, growth, and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 58: 29 — 37.
- Joshi A. K., Chand R., Arun B., Singh R. P., Ortiz R. 2007. Breeding crops for reduced-tillage management in the intensive, rice-wheat systems of South Asia. *Euphytica* 153 (1/2): 135 — 151.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zajac T. 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR 218/219*, 117 — 126.

- Laudański Z., Mańkowski D. R., Siczko L. 2007. Próba oceny technologii uprawy pszenicy ozimej na podstawie danych ankietowych gospodarstw indywidualnych. Część II. Ocena technologii uprawy. Biul. IHAR 244 : 45 — 57.
- Matysik P., Nita Z., Matysik E.. 2007. skuteczność kryteriów selekcji pszenicy ozimej w pokoleniu F4 na podstawie komponentów plonu. Biul. IHAR 244: 99 — 109.
- Mądry W. Gozdowski D., Rozbicki J, Pojmaj M., Samborski S. 2007 a. Związki między plonem ziarna a jego składowymi w populacji rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w trzech stacjach doświadczalnych. Biul. IHAR 245: 77 — 94.
- Mądry W. Gozdowski D., Rozbicki J, Pojmaj M., Samborski S. 2007 b. Formowanie się plonu ziarna przez jego składowe u rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w różnych warunkach środowiskowych. Biul. IHAR 244: 127 — 143.
- Moragues M., Gracia del Moral L. F., Moralejo M., Royo C. 2006. Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin. I Yield components. Field Crops Res. 95: 194 — 205.
- Mittler S. 2000. Ökoviabilität von Winterweizen unter Standortbedingungen Nordostdeutschlands. Dissertation Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, 4 — 155.
- Nawracała J. 2004. Zarys genetyki zbóż – Genetyczne podstawy hodowli pszenicy (*Triticum aestivum* L.) t. 1, (praca zbior. Red. A. G.) Górny IGR PAN Poznań: 181 — 327.
- Oleksiak T., Mańkowski D.R. 2005. Interakcja odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach środowiskowych na podstawie wyników badań ankietowych. Biul. IHAR 235: 5 — 11.
- Van Oosterom E. J., Weltzien E., Yadav O. P., Bidinger F. R. 2006. Grain yield components of pearl Millet under optimum conditions can be used to identify germplasm with adaptation to arid zones. Field Crop Res. 96: 407 — 421.
- Vargas M., Crossa J., Reynolds M.P., Dhungana P., Eskridge K. M. 2007. Structural equation modeling for studying genotype × environment interactions of physiological traits affecting yield in wheat. J. Agric. Sci. 145:151 — 161.
- Weber R. Biskupski A. 2007. Wpływ gęstości oraz terminu siewu na elementy struktury plonu i plon odmian pszenicy ozimej w warunkach gleby lekkiej. Acta Sci. Pol. Agricultura 6 (3): 77 — 85.