

**RYSZARD WEBER**<sup>1</sup>  
**HENRYK BUJAK**<sup>2</sup>  
**JAN KACZMAREK**<sup>2</sup>  
**EDWARD GACEK**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli, Wrocław

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa

<sup>3</sup> COBORU Słupia Wielka

## Plonowanie odmian pszenicy ozimej w Polsce południowo-zachodniej\*

### Analysis of yield variability in winter wheat cultivars in South-Western Poland

Celem pracy była ocena zmienności wybranych odmian pszenicy ozimej oraz ocena ich stabilności plonowania w poszczególnych stacjach doświadczalnych województwa Opolskiego i Śląskiego. Badania stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej przeprowadzono na podstawie wyników doświadczeń porejestrowych w tych województwach. Wybrano 7 miejscowości charakteryzujących się zróżnicowanymi warunkami glebowymi. Doświadczenia były założone w dwóch powtórzeniach metodą pasów prostopadłych. Pierwszym czynnikiem doświadczenia były dwa warianty uprawy (standardowy i intensywny) wewnątrz których rozlosowywano czynnik drugi — odmiany pszenicy ozimej. Do oceny zmienności plonowania analizowanych odmian pszenicy w poszczególnych miejscowościach wykorzystano wielowymiarowe metody analiz statystycznych dla doświadczeń wielokrotnych. Wysokie plony i stopień szerokiej adaptacji w analizowanym regionie dla odmian Boomer i Rapsodia wskazują, że odmiany te powinny być zalecane do uprawy w wariancie standardowym. Natomiast odmiany Finezja i Tonacja wykazywały niskie i niewyrównane plonowanie w obu systemach uprawy. Wykazana interakcja genotypowo-środowiskowa wskazuje, że dobór odmian do uprawy na obszarze województwa opolskiego i śląskiego powinien być uzależniony od mikrozmienności środowiskowej, którą określają warunki glebowo klimatyczne panujące w określonej miejscowości.

**Słowa kluczowe:** interakcja genotypowo-środowiskowa, pszenica ozima, stabilność plonowania

The research was aimed at estimation of the variability of selected winter wheat cultivars and at assessment of their yield stability in particular experimental locations within two voivodeships: Opolskie and Śląskie. The analysis of yield stability in winter wheat cultivars was performed based on the results of post-registration variety testing trials carried out in the voivodeships mentioned. The study covered seven selected locations characterized by diverse soil conditions. The experiments had been set up in two replications by the method of split-block design, the standard tillage mode compared with

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

the intensive variant. To estimate the variability of yielding of the analyzed wheat cultivars at particular locations, multidimensional methods of statistical analysis for repeated experiments were applied. High yields as well as level of adaptation degree found for Boomer and Rapsodia indicate that these particular cultivars should be recommended for growing in the standard tillage mode. On the other hand, cultivars Finezja and Tonacja displayed low and uneven yielding values in both cultivation systems. The genotype-environment interaction revealed that the choice of cultivars for growing in the territories of the voivodeships of Opole and Silesia should depend on the environmental microvariability, which is determined by the edaphic and climatic conditions prevailing at a given site.

**Key words:** genotype-environment interaction, winter wheat, yield stability

## WSTĘP

Stale zwiększający się udział zbóż w strukturze zasiewów zmusza hodowców do poszukiwania nowych odmian odznaczających się szeroką adaptacją do zróżnicowanych warunków glebowych i klimatycznych. Obecnie pszenica uprawiana jest nie tylko na kompleksach pszennych, lecz również na glebach lżejszych zaliczanych do klasy IVa lub IVb. Odmiana pszenicy, która posiada dobre dostosowanie do warunków glebowo-klimatycznych rejonu docelowego uprawy powinna odznaczać się wysokim i stabilnym plonem w środowiskach tego rejonu oraz wykazywać wysoką stabilność plonowania w latach (Navabi i in., 2006). W doświadczałnictwie i hodowli roślin stopień szerokiej adaptacji odmian jest rozumiany jako połączenie oceny średniej genotypowej plonu i wariacji stabilności Shukli jako miary stopnia stabilności plonowania odmiany (Annicchiarico, 2002; Iwańska i in., 2009). Zmienne warunki atmosferyczne, (szczególnie zróżnicowana suma opadów w okresie wegetacji w miejscowościach w poszczególnych latach badań), w dużym stopniu ograniczają wyselekcjonowanie odmian odznaczających się niską interakcją genotypowo – środowiskową w danym rejonie uprawy (Roozeboom i in., 2008). Również reakcje odmian na warunki glebowo-przyrodnicze w poszczególnych stacjach doświadczalnych mogą być znacznie zróżnicowane (Drzazga i in. 2009). Czasami za pożądane odmiany uznaje się takie, które są lokalnie (wąsko) zaadaptowane do określonych warunków środowisk rolniczych i wykazują dużą powtarzalność w latach (Annicchiarico i in., 2006). Częsta uprawa pszenicy w płodozmianach lub w monokulturze spowodowała wyodrębnienie przez hodowców form (odmiany ścierniskowe) szczególnie przydatnych w zmianowaniu ze znacznym wysyceniem zbóż. (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2006). Rozważamy najczęściej dwa rodzaje stabilności statyczną i dynamiczną. Odmiana stabilna dynamicznie w każdym ze środowisk daje plon różniący się od średniego plonu o stałą wielkość. Forma ta nie wykazuje interakcji genotypowo-środowiskowej. Natomiast odmiana stabilna statycznie zachowuje stałą wysokość plonu we wszystkich środowiskach (Jankowski i in., 2006). Celem pracy była analiza zmienności plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej w dwóch poziomach intensywności uprawy - standardowym i intensywnym w latach 2007–2009. Przeprowadzono również ocenę stabilności plonowania badanych odmian w poszczególnych stacjach doświadczalnych województwa Opolskiego i Śląskiego.

## MATERIAŁ I METODY

Badania stabilności plonowania dziewięciu odmian pszenicy ozimej przeprowadzono na podstawie wyników doświadczeń Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) w stacjach SDOO w województwie Opolskim i Śląskim. (tab. 1). Wybrane 7 miejscowości charakteryzowały się zróżnicowanymi warunkami glebowymi (tab1). Doświadczenia odmianowo-agrotechniczne przeprowadzono w latach 2006/2007 do 2008/2009. Powierzchnia poletka w każdym doświadczeniu wynosiła 15 m<sup>2</sup>.

Tabela 1

**Wartości średnie plonów w dt/ha z 3 lat odmian w doświadczeniach PDO**  
**Mean yields of the tested genotypes (dt/ha) 2007–2009**

Odmiana Cultivar	Miejscowości — Locations							Średnia Mean
	Głubczyce AB1;8;15	Kochcice AB2;9;16	Łosiów AB3;10;17	Modzurów AB4;11;18	Nieznance AB5;12; 19	Pawłowice AB6;13;20	Pągów AB7;14; 21	
	Wariant standardowy — Standard variant							
Anthus	99,4	81,9	88,0	90,0	84,3	81,9	85,33	87,26
Bogatka	98,8	84,8	81,4	100,7	81,00	89,8	88,32	89,24
Boomer	100,5	84,8	91,8	94,4	84,5	87,0	83,90	89,54
Cubus	100,6	83,4	87,8	96,4	83,2	83,3	86,72	88,78
Finezja	93,9	78,4	83,3	81,4	77,6	77,5	78,75	81,54
Rapsodia	107,5	89,1	94,9	95,8	92,6	89,9	92,68	94,63
Tonacja	89,2	81,3	82,3	90,6	80,7	79,8	83,27	83,87
Turkis	99,1	80,0	87,0	92,9	81,7	81,6	86,15	86,92
Wydma	94,9	76,6	84,8	84,2	87,0	79,6	86,88	84,84
Średnia Mean	98,2	82,2	86,8	91,8	83,6	83,4	85,78	87,40
	Wariant intensywny — Intensive variant							
Anthus	106,3	90,7	102,1	105,4	94,3	88,4	96,7	97,7
Bogatka	109,2	92,8	101,5	103,0	91,5	94,8	108,3	100,2
Boomer	105,6	96,6	100,3	113,7	89,8	90,9	96,7	99,1
Cubus	109,1	93,2	104,2	110,5	94,9	92,6	95,7	100,0
Finezja	102,9	88,9	100,1	97,8	85,7	88,1	94,4	94,0
Rapsodia	112,2	96,9	114,5	111,6	103,2	96,9	105,0	105,8
Tonacja	102,4	89,0	96,4	98,5	88,1	88,5	93,9	93,8
Turkis	112,1	91,4	100,0	105,4	91,5	89,7	94,3	97,8
Wydma	105,2	89,9	96,1	99,5	94,0	86,7	92,9	94,9
Średnia Mean	107,2	92,2	101,7	105,1	92,6	90,7	97,5	98,1

Oznaczenia: poszczególne cyfry przy literach AB oznaczają odpowiednio rok 2007; 2008 i 2009 w określonej miejscowości

Indications: specific numbers with the letters AB denote the year 2007, 2008 and 2009 in a particular location

Ciepła jesień i zima na przełomie 2006/2007 wpłynęła na dobre przezimowanie roślin. Jednak znaczne spadki temperatur w okresie kwietnia w połączeniu z brakiem opadów spowodowały słabe rozkrzewienie pszenicy. Znaczne opady deszczu o charakterze burzowym w pierwszej dekadzie lipca przyczyniły się do znacznego wylegania zbóż. Sprzyjające warunki atmosferyczne w październiku i listopadzie 2007 warunkowały jesienne krzewienie odmian. Stosunkowo ciepła zima i pierwsze miesiące wiosny spowodowały wczesne ruszenie wegetacji 2008 roku. Natomiast duży niedobór wody w maju i czerwcu był przyczyną znacznej zmienności plonowania w poszczególnych

miejsowościach. Pomimo sprzyjających warunków w miesiącach jesiennych i łagodnej zimy 2008/2009 plony pszenicy były niższe niż w poprzednim roku. Ostry niedobór opadów w kwietniu i maju był również przyczyną znacznej zmienności plonowania w analizowanych województwach. Reasumując, czynnikiem znacznie różnicującym plony badanych odmian w analizowanym trzyleciu były niewyrównane opady deszczu w badanych stacjach doświadczalnych. Doświadczenia dwuczynnikowe założono w dwóch powtórzeniach metodą pasów prostopadłych porównując wariant standardowy z intensywnym sposobem uprawy roli. Podblokami były dwa warianty uprawy roli, wewnątrz których rozlosowywano odmiany pszenicy. 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. Wytypowane odmiany badano w dwu powtórzeniach rozważając oddzielnie wariant intensywny lub podstawowy, jako metodę losowanych bloków. W celu oceny zmienności plonowania analizowanych odmian pszenicy w poszczególnych miejscowościach wykorzystano analizę statystyczną zaproponowaną przez Calińskiego i in. (1987). Obliczenia programem statystycznym Sergen 4 przeprowadzono biorąc za podstawę średni plon uzyskany z każdego poletka z dwu powtórzeń w 7 miejscowościach przez okres 3 lat. W analizie statystycznej przyjęto następujący model:

$$Y_{ijk*} = \mu_i + \alpha_i^{E_i}(j, k) + e_{ijk*}$$

gdzie:  $\mu_i$  oznacza przeciętny plon potencjalny odmiany „*i*” poprzez wszystkie miejscowości i lata, natomiast  $\alpha_i^{E_i}(j, k)$  oznacza reakcję plonu odmiany „*i*” na warunki środowiskowe stacji doświadczalnej „*j*” oraz roku „*k*”. W analizie statystycznej przyjęto że  $\mu_i$  jest efektem stałym modelu, a składniki  $\alpha_i^{E_i}(j, k)$  oraz  $e_{ijk*}$  są zmiennymi losowymi.

W celu oceny stabilności plonowania analizowanych odmian i ich adaptacji do docelowego rejonu uprawy wykorzystano wariację stabilności wprowadzoną przez Shuklę (1972) oraz miarę Kanga (Kang, 1993, 1998; Mądry, 2002; Ober i in., 2004). Model mieszany analizy wariancji (Shukla, 1972) oraz jego modyfikacje były przedstawiane w innych pracach (Piecho, 1997, 1999; Mądry i Rajfura, 2003 a i b). Efekty interakcji w modelu Shukli można przedstawić w następującej postaci:

$$ge_{ij} = \beta_i e_j + d_{ij} \text{ (Eberhard i Russell, 1996; Piecho, 1999; Mądry, 2003).}$$

gdzie:  $\beta_i$  jest współczynnikiem regresji liniowej efektów interakcyjnych względem głównych efektów środowiskowych dla *i*-tej odmiany, natomiast  $d_{ij}$  jest nieobserwowaną resztą regresyjną dla *i*-tej odmiany w *j*-tym środowisku.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wstępna analiza wariancji dla każdego środowiska (miejscowości) wykazała istotnie zróżnicowaną zmienności plonowania odmian w wariancie intensywnym i standardowym (tab. 2).

Tabela 2

Warunki w analizowanych środowiskach w latach 2007–2009  
Environmental conditions in 2007–2009

Wyszczególnienie Specification	Głubczyce	Kochcice	Łosiów	Modzurów	Nieznanice	Pawłowice	Pągów
Kompleks gleb Soils comple	1	2	1	2	3	2	2
Klasa bonitacyjna gleby Soil bonitation class	II	IIIb	II	II	IVa	IIIb	IIIb
Zasobność gleby P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content in soil	30,3	31,0	—	—	20,0	9,2	23,6
Zasobność gleby K <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O content in soil	29,5	21,5	—	—	—	19,1	20,6
Zasobność gleby Mg Mg content in soil	10,2	13,8	—	—	—	7,6	10,1
pH gleby pH of soil	6,5	6,3	6,3	6,5	6,0	6,0	7,0
Nawożenie N na poziomie A1 Nitrogen rates A1 (kg/ha)	120	114	89	76	100	100	136
Nawożenie N na poziomie A2 Nitrogen rates A2 (kg/ha)	160	154	129	116	140	140	176
Nawożenie P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Phosphoric rates (kg/ha)	52	60	18	33	70	80	88
Nawożenie K <sub>2</sub> O Potassium rate	78	99	48	88	105	132	120
Zaprawa nasienna Seed dressing	Sarfun T65	Funaben T	Funaben T	Sarfun T65	Oxafun	Oxafun	Premis 025 DS
Herbicyd Herbicide	Alister 165 1 l	Lentipur 2l	Alister 165 l 1	Carat 350 SD 0,75 l	Husar 0,2 kg	Cougar 1,3 l	Alister 165 1 l
Fungicydy na A2 Fungicide A2	Juvel 1,2 l Tango	Alert 1 l	Alert 375 SC 1 l	Alert 1 l	Amistar 1l Juvel	Juvel, Tango 1,2 l	Alert 1 l
Nawóz dolistny na A2 Foliar fertilisation — A2	Plonvit	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Plonvit Z

Analiza wariancji dla danych z serii doświadczeń PDO (tab. 3) umożliwiła ocenę zróżnicowania plonowania odmian w poszczególnych latach badań i środowiskach poprzez 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 interakcji odmian z latami — (środowiska),
- o braku interakcji odmiany × miejscowości × lata.

W badanych wariantach standardowym i intensywnym stwierdzono istotne efekty główne dla lat, miejscowości, i odmian na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$  lub  $\alpha = 0,05$ .

Wykazano również istotne współdziałanie lat z miejscowościami oraz istotną potrójną interakcję plonów badanych odmian z miejscowościami w poszczególnych latach badań dla każdego poziomu intensywności uprawy. Świadczy to o znaczny wpływ warunków atmosferycznych na plony badanych odmian w poszczególnych miejscowościach w latach 2007–2009. Na kompleksach pszennym dobrym i bardzo dobrym plony odmian były jednak wyższe niż w miejscowościach posiadających gleby klasy III lub IV.

Tabela 3

**Średnie kwadraty zmienności plonu w łącznej analizie wariancji**  
**Mean square variation of yields in the overall analysis of variances**

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody No. of degrees of freedom	Wariant standardowy Standard variant	Wariant intensywny Intensive variant
		średni kwadrat — mean square	
Lata Years	2	5301,00**	6431,67**
Miejscowości Locations	6	883,02*	1193,67*
Lata × miejscowości Years × locations	12	723,75**	884,75**
Odmiany Cultivars	8	303,59*	298,50**
Odmiany × lata Cultivars × years	16	37,71	61,63
Odmiany × miejscowości Cultivars × locations	48	24,72	26,54
Odmiany × lata × miejscowości Cultivars × years × locations	96	34,15**	36,98**
Regresja wz. środowiska Regression on explanatory variable	8	15,21	72,12
Odchylenie od regresji Regression deviation	88	35,87**	33,79**
Błąd doświadczeń Experimental error	166	15,69	13,80

\*- Istotne na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ ; \*\*- Istotne na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$

Różniące się warunki glebowo-klimatyczne w latach badań jak również zmienna ilość sumarycznych opadów w każdej miejscowości w okresie wegetacji roślin spowodowały, że plony badanych odmian były inne w każdym roku badań. Zróżnicowaną reakcję odmian na zmiany warunków środowiska nie można wyjaśnić poprzez regresję liniową plonów poszczególnych genotypów względem efektów środowiskowych — interakcja lata × miejscowości (tab. 3). Istotne odchylenia od regresji w wariancie standardowym i intensywnym wskazują, że interakcja genotypów z badanymi środowiskami nie może być opisana prostą zależnością regresyjną. Tabela 4 przedstawia średnie odchylenia plonów poszczególnych genotypów od średniej ogólnej oraz wielkości ich interakcji ze środowiskiem. W wariancie standardowym uprawy Boomem i Rapsodia odznaczały się dodatnim efektem głównym. Odmiany te w analizowanych środowiskach wykazywały istotnie wyższy plon w porównaniu do średniej ogólnej wszystkich badanych obiektów. Natomiast Tonacja i Finezja plonowały na niższym poziomie. Pozostałe genotypy nie wykazywały istotnych odchyleń plonów od średniej generalnej. Spośród badanych odmian

w wariancie standardowym Anthus, Boomer, Finezja i Tonacja odznaczały się wyższą stabilnością plonów. Natomiast wysokie wartości statystyki F dla interakcji odmian Turkis i Wydma z badanymi środowiskami wskazują, że odmiany te odznaczały się znaczną zmiennością plonowania w badanych miejscowościach. W wariancie intensywnym Rapsodia odznaczała się wyższym plonowaniem w porównaniu do pozostałych odmian. Natomiast Wydma, Tonacja i Finezja w warunkach zróżnicowanych kompleksów przydatności rolniczej gleb charakteryzowały się niższym plonowaniem niż pozostałe obiekty. W intensywnym wariancie uprawy Wydma i Tonacja wykazywały podwyższoną stabilność plonowania analizowanych warunkach środowiskowych. Nie stabilnym plonowaniem odznaczały się Turkis, Rapsodia i Finezja w poszczególnych latach badań i miejscowościach.

Tabela 4

**Testowanie poszczególnych odmian i ich interakcji**  
**Testing of particular cultivars and their interaction**

Odmiana Cultivar	Wariant standardowy Standard variant			Wariant intensywny Intensive variant		
	ocena efektu głównego estimation of the main effect	stat. F dla efektu głównego F stat for the main effect	stat. F dla interakcji z środowiskami F stat. for interaction with environments	ocena efektu głównego estimation of the main effect	stat. F dla efektu głównego F stat for the main effect	stat. F dla interakcji z środowiskami F stat. for interaction with environments
Anthus	-0,141	0,03	1,14	-0,443	0,16	2,09
Bogatka	1,835	2,64	1,92	2,034	2,91	2,43
Boomer	2,141	6,35	1,09	0,959	0,47	3,35
Cubus	1,376	1,32	2,16	1,880	3,49	1,73
Finezja	-5,857	32,04	1,61	-4,155	8,86	3,33
Rapsodia	7,224	31,63	2,48	7,645	25,40	3,94
Tonacja	-3,536	12,43	1,51	-4,302	21,72	1,46
Turkis	-0,480	0,12	3,01	-0,365	0,05	4,82
Wydma	-2,562	2,12	4,66	-3,253	18,93	0,96
Wartości krytyczne Critical values $\alpha =$ 0.05		4,75	1,81		4,75	1,81

Istotne wartości wariancji stabilności w wariancie standardowym uprawy dla odmian Bogatka, Rapsodia i Wydma potwierdziły znaczne zróżnicowanie plonowania badanych odmian w analizowanych punktach doświadczalnych (tab. 5). Odmiana Anthus odznaczająca się niskim współczynnikiem regresji i wyższą wartością statystyki YS w porównaniu do wartości granicznej wykazuje ekstensywny trend środowiskowy i szeroką adaptację do warunków klimatyczno-glebowych Górnego Śląska. Na podstawie miary Kanga można zalecić na standardowym poziomie uprawy odmiany Boomer i Rapsodia wykazujące wyższe plony w porównaniu do średniej wartości plonowania badanych odmian.

W wariancie intensywnym uprawy, wśród odmian zakwalifikowanych do grupy szeroko dostosowanych do zmiennych warunków siedliskowych Boomer i Rapsodia odznaczały się niestabilnym trendem środowiskowym. Natomiast Cubus i Anthus

wykazywały stabilne plony nieróżniące od średnich plonów badanych odmian i dobre przystosowanie do uprawy na obszarze województwa opolskiego i terenie Górnego Śląska.

Tabela 5

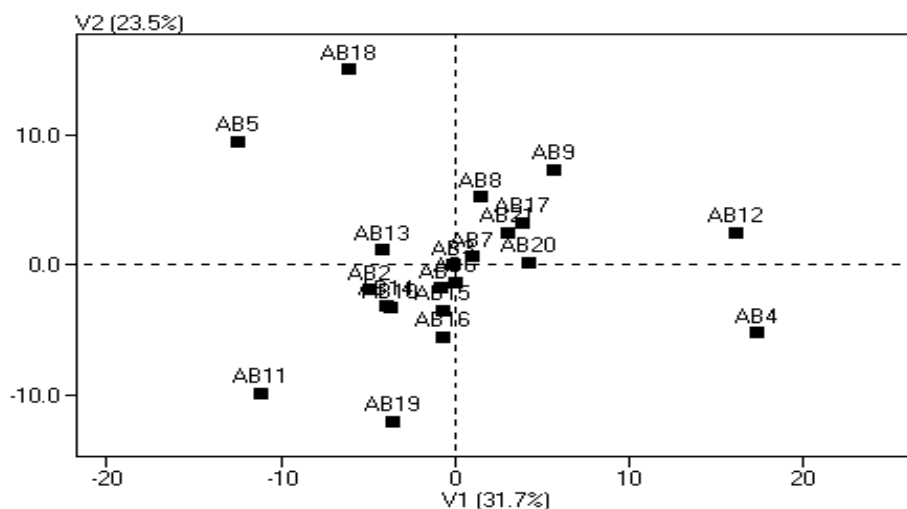
**Miary stabilności i adaptacji obiektów w standardowych i intensywnych warunkach uprawy**  
**Measures of stability and adaptation for winter rye cultivars in standard and intensive agricultural conditions**

Odmiana Cultivar	Wariancja stabilności Stability of variance	Odchylenie od wariancji Deviation from variance	Współczynnik regresji Regression	Współczynnik determinacji Determination coefficient	Miara Kanga Measure YS	Ranking Kanga Kang rank
Poziom agrotechniki — The level of agricultural technology A1						
Anthus	16,63	11,72	0,19*	32,09*	4*	3
Bogatka	55,43**	47,27**	-0,11	3,58	1	5
Boomer	15,63	14,64	0,12	10,91	8*	1
Cubus	26,82*	24,63	0,08	3,78	3*	4
Finezja	25,39	20,90	-0,16	14,45	-2	8
Rapsodia	30,94**	27,15	0,11	6,29	6*	2
Tonacja	22,26	20,30	-0,11	7,16	1	6
Turkis	26,29	25,09	-0,02	0,31	1	7
Wydma	61,36**	52,21**	-0,11	3,10	-6	9
Wartość graniczna — Limit value YS = 1,8						
Poziom agrotechniki — The level of agricultural technology A2						
Anthus	19,24	17,21	0,12	13,58	3*	2
Bogatka	49,56**	43,91**	-0,06	1,87	1*	5
Boomer	55,19**	45,69**	0,14	7,43	-1	6
Cubus	16,36	17,34	0,03	1,29	8*	1
Finezja	40,09**	26,81*	-0,23*	27,52*	-8	9
Rapsodia	53,61**	47,62**	0,04	0,91	2*	3
Tonacja	21,49	17,30	-0,15	20,49	-1	7
Turkis	51,45**	37,99**	0,21	17,93	-4	8
Wydma	13,88	13,68	-0,10	11,93	2*	4
Wartość graniczna — Limit value YS = 0,2						

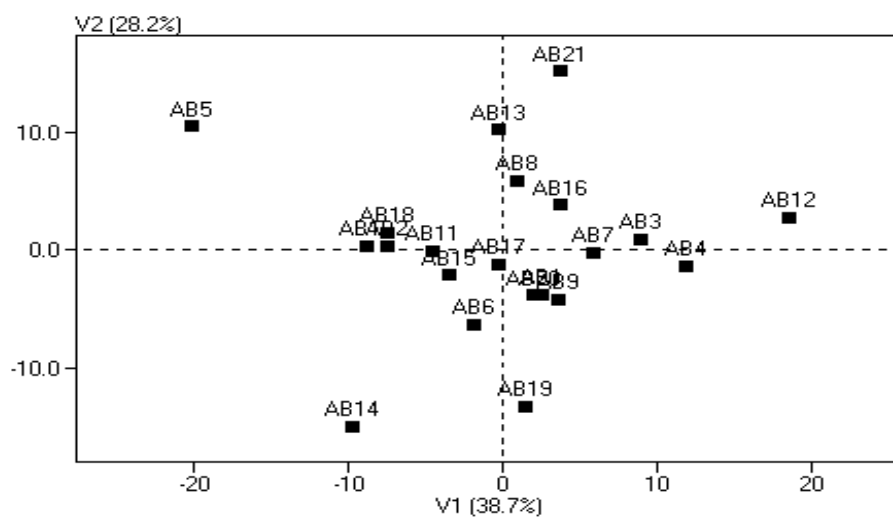
W celu graficznego przedstawienia zmienności plonowania odmian pszenicy ozimej w stacjach doświadczalnych wykorzystano analizę składowych głównych. Rysunki 1 i 2 przedstawiają rozmieszczenie miejscowości w poszczególnych latach badań na płaszczyźnie w układzie dwóch pierwszych składowych głównych. Miejscowość wysokim udziale w interakcji  $G \times E$  odznacza się dużą odległością od początku układu współrzędnych. Plony odmian w tej stacji doświadczalnej różnią się znacznie od średnich plonów uzyskanych w analizowanych latach badań na Górnym Śląsku. Analizując wariant standardowy (rys. 1) można zauważyć, że najbardziej oddalone od początku układu są środowiska AB4, AB11 i AB18 oraz AB5, AB12 i AB19, oznaczające miejscowości Modzurów i Nieznanice. Środowiska te wykazują średni plon odmian znacznie odbiegający od średnich plonów odmian na Górnym Śląsku. Znaczne różnice w plonowaniu odmian w wymienionych doświadczeniach w porównaniu do pozostałych środowisk były spowodowane ze zmiennymi warunkami klimatycznymi panującymi w tych miejscowościach w latach 2007–2009. Szczególnie nierównomierne opady oraz przejściowe okresy suszy spowodowały znaczne różnice plonów badanych odmian w analizowanym trzyleciu. Świadczą o tym duże odległości pomiędzy analizowanymi



środowiskami w poszczególnych latach (AB4 — AB11 — AB18 lub AB5 — AB12 — AB19).



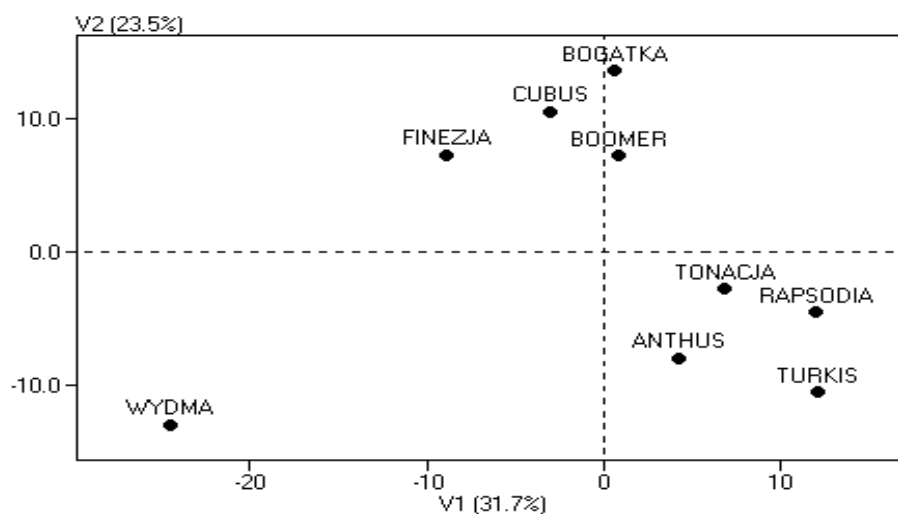
Rys. 1. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant standardowy  
 Fig. 1. Distribution of environments in the system of principal components — standard version



Rys. 2. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant intensywny  
 Fig. 2. Distribution of environments in the system of principal components — intensive version

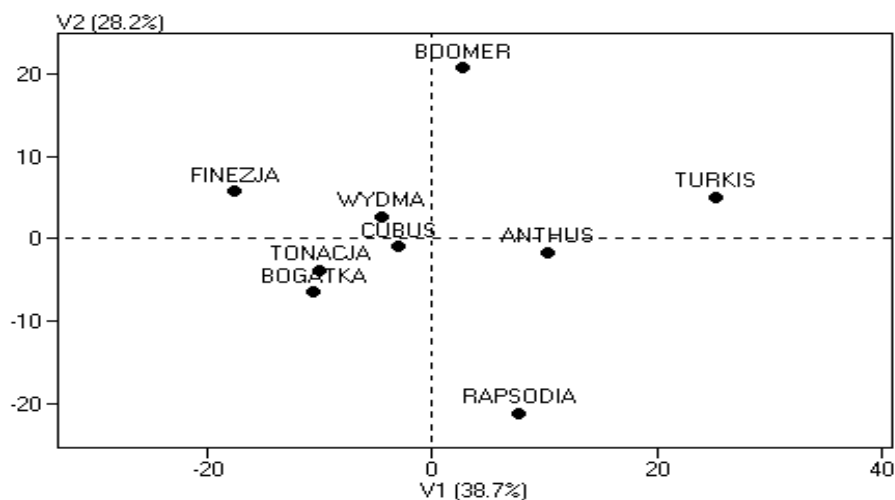
Rysunek 2 przedstawia miejscowości w danym roku badań w układzie dwu pierwszych składowych głównych dla wariantu intensywnego. Również i w tym wariacie uprawy punkty AB5, AB12 i AB19 określające miejscowość Nieznanice oraz punkty AB14 i AB21 oznaczające miejscowość Pągów wykazują znaczne oddalenie od początku układu współrzędnych. Wskazuje to na istotne różnice w plonowaniu odmian w tych stacjach doświadczalnych w porównaniu do średnich plonów badanych odmian pszenicy na Górnym Śląsku. Miejscowości te odznaczają się również znacznymi różnicami w plonowaniu pszenicy w poszczególnych latach badań, o czym świadczą znaczne odległości pomiędzy punktami AB5, AB12 i AB19 oraz AB14 i AB21. Porównując rysunek 1 z rozmieszczeniem środowisk w wariacie intensywnym można stwierdzić większe rozproszenie poszczególnych miejscowości w wariacie intensywnym. Zwiększona dawka nawożenia azotowego oraz pełna ochrona roślin przyczyniła się do wyższych plonów i ujawniła potencjalną zmienność genotypów w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych. Świadczą o tym znaczne różnice w plonowaniu badanych odmian w wariacie intensywnym i standardowym w miejscowości Pągów.

Posługując się analizą składowych dualnych można badać składniki interakcji  $G \times E$  ze względu na genotypy. Genotypy w układzie składowych głównych dla wariantu standardowego przedstawiono na rysunku 3. Wielkość (udział) interakcji poszczególnych genotypów ze środowiskami przedstawia odcinek (wektor) wartości statystyki F wyprowadzony od każdego punktu do początku układu. Analiza punktów obrazujących zmienność plonowania badanych odmian potwierdziła wyniki z tabeli 4 i 5. Największym wpływem na sumę kwadratów odchyleń dla interakcji  $G \times E$  odznacza się odmiana Wydma. Genotyp ten charakteryzuje się bardziej zróżnicowanymi plonami w badanych środowiskach niż pozostałe obiekty.



Rys. 3. Wektorowe przedstawienie genotypów w układzie składowych głównych – wariant standardowy  
Fig. 3 Vectors of genotypes in the system of principal components – standard version

Natomiast wyższą stabilność plonowania wykazywały Anthus i Boomer. W wariancie intensywnym (rys. 4). Rapsodia i Turkis odznaczały się znacznym oddaleniem od początku układu współrzędnych, co wskazuje na dużą zmienność plonowania w badanych środowiskach. Natomiast Cubus i Wydma charakteryzowały się bardziej stabilnym plonem. Porównując odległości poszczególnych odmian od siebie w wariancie intensywnym i standardowym można zauważyć duże zróżnicowanie. Świadczy to o zmiennej reakcji odmian na dawki nawożenia azotowego, stosowane środki ochrony roślin i warunki atmosferyczne.



Rys. 4. Wektorowe przedstawienie genotypów w układzie składowych głównych — wariant intensywny  
Fig. 4. Vectors of genotypes in the system of principal components — intensive version

Zróżnicowany poziom nawożenia oraz intensywności ochrony chemicznej umożliwia wyróżnienie odmian do intensywnego modelu produkcji, których plony są wyższe od średniej środowiskowej a jednocześnie stabilne (Oleksiak i Mańkowski, 2005). W zmiennych warunkach przyrodniczych Polski oraz wielu innych krajów na świecie wariancja efektów interakcji (miejsce  $\times$  lata) wykazuje znaczny udział w zmienności plonu ziarna pszenicy ozimej. Natomiast efekty interakcji potrójnej (genotypy  $\times$  miejscowości  $\times$  lata) mają największe znaczenie wśród wszystkich efektów interakcji genotypowo-środowiskowej ( $G \times E$ ). Jeśli wariancja genotypowa przeważa nad wariancją efektów interakcji (genotyp  $\times$  punkt doświadczalny) to hodowca może uzyskać dobrą skuteczność selekcji rodów hodowlanych o wysokiej stabilności w danym rejonie. W sytuacji odwrotnej lepsza może się okazać strategia selekcji genotypów o wąskiej adaptacji. W takim przypadku dużą rolę może odegrać mikrorejonizacja, a więc podział rejonu na podrejon (powiat, gmina) o określonych warunkach klimatyczno-glebowych (Grüneberg i in., 2005). Odmiany o znacznej zmienności plonowania w makrorejonie mogą w utworzonych podregionach odznaczać się wysokim i stabilnym plonowaniem. Znaczny udział interakcji potrójnej (genotyp  $\times$  miejscowość  $\times$  lata) w ogólnej zmienności plonów w tego typu

doświadczeniach utrudnia selekcję odmian odznaczających się szeroką adaptacją w określonych rejonach kraju (Mądry i in., 2006). Głównym czynnikiem wpływającym na zmienność plonowania odmian w poszczególnych latach badań była zróżnicowana suma i rozkład opadów w trakcie wegetacji. Stres wodny może spowodować redukcję wszystkich składowych plonu w zróżnicowanych proporcjach uzależnionych od genotypu (Gonzalez i in., 2007). Niektóre odmiany odznaczają się jednak stabilnym plonowaniem pomimo dużych niedoborów wody w krytycznych fazach rozwoju roślin (Ahmad i in., 2003).

#### WNIOSKI

1. W warunkach standardowego poziomu uprawy szeroką adaptacją w analizowanym regionie odznaczały się odmiany pszenicy ozimej Boomer i Rapsodia. Wykazywały one wyższe plony w porównaniu do średniej wartości plonowania wszystkich badanych odmian.
2. W wariancie intensywnym uprawy, wśród odmian zakwalifikowanych do grupy o szerokiej adaptacji do zmiennych warunków siedliskowych Boomer i Rapsodia odznaczały się niestabilnym trendem środowiskowym. Natomiast Cubus i Anthus wykazywały stabilne plony nieróżniące od średnich plonów badanych odmian i dobre przystosowanie do uprawy na obszarze Górnego Śląska.
3. Wybór odmian do uprawy na obszarze województwa opolskiego i śląskiego powinien być uzależniony od położenia gospodarstwa rolnego w stosunku do analizowanych stacji doświadczalnych i wybranego systemu uprawy. Świadczą o tym znacznie odchylenia od średnich plonów badanych odmian w miejscowościach Modzurów i Nieznanice w systemie standardowym uprawy oraz Nieznanice i Pagów w wariancie intensywnym.

#### LITERATURA

- Ahmad R., Qadir S., Ahmad N., Hussain K. 2003. Yield potential and stability of nine wheat varieties under water stress conditions. *Int. J. Agr. Biol.* 5 (1): 7 — 9.
- Annicchiarico P. 2002. Defining adaptation strategies and yield stability targets in breeding programmers. In M.S. Kang, ed. *Quantitative genetics, genomics, and plant breeding*: 365 — 383. Wallingford, UK, CABI.
- Annicchiarico P., Russi L., Piano E., Veronesi F. 2006. Cultivar adaptation across Italian locations in four turf grass species. *Crop Sci.* 46: 264 — 272.
- 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., Paderewski J., Madry W., Krajewski P. 2009. Ocena rodzajów reakcji plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO na przestrzennie zmienne warunki przyrodnicze kraju. *Biul. IHAR* 253: 71 — 82.
- Eberhart S. A., Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36 — 40.
- 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.

- Iwańska M., Mądry W., Rajfura A., Drzazga T. 2009. Porównanie syntetycznych wskaźników stopnia szerokiej adaptacji odmian na przykładzie serii doświadczeń przedrejstrowych z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 253: 31 — 45.
- Grüneberg W. J., Manrique K., Hang D., Hermann M. 2005. Genotype  $\times$  environment interactions for a diverse set of sweet potato clones evaluated across varying ecogeographic conditions in Peru. *Crop Sci.* 45: 2160 — 2171.
- Jankowski P., Zieliński A., Mądry W. 2006. Analiza interakcji genotyp  $\times$  środowisko dla pszenicy ozimej z wykorzystaniem metody graficznej biplot typu GGE część I *Metodyka*. *Biul. IHAR* 240/241: 51 — 60.
- Kang M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: consequences for growers. *Agron. J.* 85: 754 — 757.
- Kang M. S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. Agronomy* 62: 200 — 252.
- Mądry W. 2002. Skuteczność kryterium YS Kanga, opartego na średniej i stabilności plonu w wyborze genotypów zbóż o szerokiej adaptacji w rejonie uprawnym. *Roczn. Nauk Roln. Seria A* 116:11 — 24.
- Mądry W., Talbot M., Ukalski K., Drzazga T., Iwańska M. 2006. podstawy teoretyczne znaczenia efektów genotypowych i interakcyjnych w hodowli roślin na przykładzie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 240/241: 13 — 32.
- Navabi A., Yang R. C., Helm J., Spaner D. M. 2006. Can spring wheat — growing mega environments in the Northern Great Plains be dissected for representative locations or niche-adapted genotypes? *Crop Sci.* 46: 1107 — 1116.
- Ober E.S., Clark C.J.A., Le Bloa M., Royal A., Jaggard K. W., Pidgeon J. D. 2004. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. *Field Crops Research* 90: 213 — 234.
- Oleksiak T., Mańkowski D.R. 2005. Interakcja odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach środowiskowych na podstawie wyników badań ankietowych. *Biul. IHAR* 235: 5 — 19.
- Roozeboom K. L., Schapaugh W. T., Tuinstra M. T., Vanderlip R. L., Milliken G. A. 2008. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. *Crop. Sci.* 48: 117 — 330.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype  $\times$  environment components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. 2006. Sortenversuche in Thüringen — Stoppelweizen: 1 — 5.