

RYSZARD WEBER¹
DARIUSZ ZALEWSKI³
ANDRZEJ KOTECKI²
JAN KACZMAREK³

¹ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli Wrocław

² Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

³ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Ocena przydatności punktów doświadczalnych do prowadzenia PDO na Dolnym Śląsku*

Evaluation of the usefulness of experimental sites for Post-registration Variety Testing System (PDO) in Lower Silesia

W latach 2004–2006 oceniano stabilność plonowania odmian pszenicy ozimej na podstawie wyników Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO). Badania przeprowadzono w 8 punktach doświadczalnych różniących się warunkami glebowymi i klimatycznymi. Analizowano plony 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 było określenie zmienności plonowania 11 odmian pszenicy ozimej w zależności od analizowanego środowiska i ocena przydatności punktów doświadczalnych do makro i mikrorejonyzacji. Istotna interakcja odmian z punktami doświadczalnymi wskazuje na zróżnicowane plonowanie genotypów w poszczególnych miejscowościach. Zmienne warunki atmosferyczne w trzech latach badań a szczególnie deficyt wody w okresie wegetacji roślin na glebach lżejszych spowodowały mniejszą stabilność plonowania odmian pszenicy w środowiskach Naroczyce, Pawłowice i Laskowice. Wysokie wartości interakcji genotypowo-środowiskowej w miejscowościach Naroczyce i Laskowice wskazują, że na obszarze Dolnego Śląska te punkty doświadczalne są szczególnie przydatne do mikrorejonyzacji. Znaczne różnice w plonach genotypów w niektórych miejscowościach wskazują na konieczność badania nowych odmian w wielu środowiskach ze względu na interakcję genotypowo-środowiskową.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, plon, pszenica ozima

In 2004–2006, the stability of yielding of winter wheat varieties was estimated based on the results of Post-registration Variety Testing System (PDO) experiments. The study was conducted at eight experimental sites different with respect to edaphic and climatic conditions. The analysis covered the yields of eleven cultivars in two cultivation variants. The intensive variant differed from the standard

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

one in nitrogen fertilization, which was higher by 40 kg/ha. Moreover, in the intensive variant, full chemical control of fungal diseases, growth factor and foliar feeding of the plants with a multi-component nutrient were applied study. The study was aimed at determining the yield variability in eleven cultivars of winter wheat depending on the environment, and evaluating the usefulness of the experimental localities for macro- and micro-regionalization. The significant interaction of the cultivars with the experimental sites indicated the dependence of yielding of particular genotypes on field location. Changes in atmospheric conditions during the 3-year study, and particularly the water deficit in the vegetation season of plants on lighter soils, resulted in lower yield stability of the investigated cultivars in the environments of Naroczyce, Pawłowice and Laskowice. The high values of the genotype \times environment interaction at Naroczyce and Laskowice indicate that these Lower Silesian experimental sites are of particular importance for micro-regionalization. The significant differences in the yields of the genotypes studied at some of the localities suggest the necessity of investigating other cultivars in a number of different environments with a view to define the interaction between the genotype and the environment.

Key words: genotype by environment interaction, winter wheat, yield

WSTĘP

Obecnie zarówno w krajach Europy Zachodniej jak również w Polsce zboża dominują w strukturze zasiewów i zajmują w różnych regionach kraju 70–80% powierzchni uprawnej. (Krzymuski, 1998; Budzyński i Szempliński, 1999). Drastyczne ograniczenie dawek NPK w nawożeniu zbóż spowodowało w połowie lat dziewięćdziesiątych wyraźnie widoczny spadek plonów ziarna (Kus i Krasowicz, 1996). Spośród roślin zbożowych pszenica odznacza się największymi wymaganiami glebowymi i nawozowymi. Podstawowymi czynnikami decydującymi o wysokości i stabilności plonowania pszenicy ozimej są: agrotechnika uwzględniająca dobór stanowiska, optymalne nawożenie azotowe, odmiana dostosowana do lokalnych warunków środowiskowych i odpowiednia ochrona chemiczna przeciwko szkodnikom i chorobom roślin (Jańczak i in., 2005). Wieloletnie badania wykazały, że odmiany polskie różnią się znacznie pod względem reakcji na nawożenie azotowe (Stankowski i in., 2004; Podolska, 2004). Podkreśla się również, że podział i termin stosowania poszczególnych dawek azotu może w znacznym stopniu wpłynąć na plony i jakość ziarna pszenicy ozimej (Peschke i Mollenhauer, 1998; Blankenau i in., 2002). Wzrastający areal uprawy pszenicy sprawia, że obecnie poszukuje się odmian odznaczających się stabilnym plonem w zróżnicowanych warunkach środowiskowych. Wybór takich odmian utrudnia interakcja genotypów ze środowiskiem, ponieważ w jej następstwie mogą przecinać się krzywe reakcji plonów odmian w różnych środowiskach. Średnie plony odmian będą się znacznie zmieniać w różnych punktach doświadczalnych. Taki rodzaj współdziałania nazywany jest interakcją jakościową. Optymalizacja wyboru najlepszych odmian na podstawie wyników doświadczeń z większego obszaru stanowi makrorejoniację. Niektóre punkty doświadczalne — miejscowości mogą jednak odznaczać się znacznie innym plonowaniem odmian w porównaniu do wyników w makroregionie. Wydzielony podrejon reprezentowany przez daną miejscowość będzie określał mikrorejoniację. W celu oceny podobieństwa reakcji genotypów na zmienne warunki środowiska często wykorzystuje się analizę skupień, która umożliwi wydzielenie jednorodnych grup obiektów o minimalnym efekcie interakcji

wewnątrz utworzonych skupień (Hühn i Truberg, 2002). Model wielozmiennej analizy wariancji (MANOVA) przy uwzględnieniu składników interakcji ($G \times E$) został przedstawiony w pracach Calińskiego i wsp. (1987).

Celem pracy było określenie przydatności punktów doświadczalnych poprzez analizę zmienności plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej w warunkach standardowej i intensywnej uprawy w doświadczeniach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego na Dolnym Śląsku.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W badaniach stabilności wykorzystano plony 11 odmian pszenicy ozimej uzyskane z doświadczeń Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) na Dolnym Śląsku (tab. 1).

Tabela 1

Wartości średnie plonów w dt/ha poszczególnych genotypów w doświadczeniach
Mean yields of the genotypes tested (dt/ha)

Miejscowości Localities	Wariant standardowy — Standard cultivation variant							
	Naroczycze	Kobierzyce	Zybiszów	Tarnów	Tomaszów	Laskowice	Pawłowice	Krościna
Oznaczenia Designations	AB1;9;17	AB2;10;18	AB3;11;19	AB4;12;20	AB5;13;21	AB6;14;22	AB7;15;23	AB8;16;24
Genotyp Genotype								
Kobra	69,38	92,86	82,61	69,62	56,36	50,55	60,50	89,98
Tonacja	68,99	96,64	86,12	65,00	58,33	51,40	65,46	83,67
Finezja	68,48	95,31	81,98	64,97	51,31	55,26	64,50	81,52
Mewa	67,73	88,31	83,54	66,60	56,32	53,25	65,12	85,30
Zyta	67,48	91,94	83,46	62,09	50,77	50,20	62,52	79,47
Soraja	77,41	90,56	84,79	65,98	55,12	55,47	62,06	81,89
Sukces	69,86	92,54	82,01	64,82	56,70	50,09	62,71	86,44
Nadobna	74,67	100,79	92,70	71,69	58,90	54,52	73,39	85,23
Rapsodja	84,54	106,29	100,63	72,17	61,24	54,00	73,76	90,38
Rubens	80,13	98,57	83,99	61,81	62,15	50,92	57,55	85,26
Trend	83,86	103,08	98,61	66,26	61,70	56,41	61,10	88,79
	Wariant intensywny — Intensive cultivation variant							
Kobra	74,07	106,45	95,54	80,43	62,22	58,70	65,98	108,45
Tonacja	77,30	111,16	101,84	77,36	65,01	56,65	67,89	107,41
Finezja	73,64	108,08	94,62	78,14	60,43	60,49	66,43	104,69
Mewa	73,32	105,34	95,84	80,97	63,66	63,20	71,81	104,03
Zyta	73,64	104,32	94,13	74,81	57,06	56,82	65,62	100,07
Soraja	79,06	101,51	95,04	77,58	60,36	62,44	71,49	101,60
Sukces	74,39	100,04	88,83	74,76	61,31	57,26	63,75	102,00
Nadobna	83,24	114,01	106,74	82,83	66,68	61,37	79,15	107,68
Rapsodja	91,78	113,34	110,82	84,60	68,57	61,87	82,23	114,73
Rubens	88,38	110,98	99,35	74,19	69,33	60,71	64,06	106,94
Trend	88,38	112,25	109,83	78,45	68,10	61,68	69,96	111,68

Oznaczenia: Poszczególne cyfry przy literach AB oznaczają odpowiednio rok 2004; 2005 i 2006 w określonej miejscowości;

Designations: The numbers at the AB letters mean the years 2004, 2005 and 2006 at particular localities, respectively

Spośród doświadczeń PDO wytypowano 8 miejscowości odznaczających się zróżnicowanymi warunkami glebowymi (tab. 2). Analizowano 3-letni okres uprawy odmian

pszenicy w latach 2004–2006. Powierzchnia poletka w każdym doświadczeniu wynosiła 15 m². Siew w 2004 roku w wykonywano warunkach suszy glebowej, która spowodowała słabsze rozkrzewienie roślin na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego i dobrego. Łagodna zima pozwoliła na osiągnięcie wysokich plonów szczególnie w miejscowościach Kobierzyce i Zybiszów.

Tabela 2

Warunki w analizowanych środowiskach w latach 2004–2006
Environmental conditions in 2004–2006

Wyszczególnienie Specification	Tarnów	Naroczycze	Pawłowice	Kobierzyce	Zybiszów	Tomaszów	Krościna	Jecz- Laskowice
Kompleks gleb Soil complex	2	4	2	1	1	5	2	4
Klasa bonitacyjna gleby Soil bonitation class	IIIa	IVa	IIIb	II	II	IVb	IIIa	Iva
Zasobność gleby P ₂ O ₅ P ₂ O ₅ content in soil	17,7	17,1	10,3	22,0	31,0	21,2	85,0	13,0
Zasobność gleby K ₂ O K ₂ O content of soil	25,0	20,6	10,7	38,0	43,4	13,6	24,8	23,5
Zasobność gleby Mg Mg content of soil	12,6	6,0	8,4	3,5	8,4	7,4	7,8	7,4
pH gleby pH of soil	6,1	6,5	—	6,8	7,0	6,4	6,6	5,5
Nawożenie N na poziomie a1 N fertilization at a 2 level (kg/ha)	110	80	100	81	120	130	150	90
Nawożenie N na poziomie a2 N fertilization at a 2 level (kg/ha)	150	120	140	121	160	170	190	130
Nawożenie P ₂ O ₅ P ₂ O ₅ fertilization (kg/ha)	64	90	40	101	80	56	54	80
Nawożenie K ₂ O K ₂ O fertilization	104	84	60	112	100	116	111	120
Zaprawa nasienna Seed dressing	Funaben T	FunabenT	FunabenT	Oxafun T	—	Sarfun T	FunabenT	FunabenT
Herbicyd Herbicide	Arelon Fox	Chwastox Lentipur	Cougar	Glean 22 g	Granstar 15 Starane 0,41	Cougar	Chisel 60g Granstar 10	Maraton
Fungicydy na a2 Fungicide a2	Juvel, Tango	Alert 1 l	Amistar	Alert 1 l	Amistar Juvel	Juvel, Tango	Alert 1 l	Alert 1 l
Nawóz dolistny na a2 Foliar fertilization – a2	Plonvit	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Plonvit Z	Basfoliar

Doświadczenia te założono w dwóch powtórzeniach metodą pasów prostopadłych niekompletnych, porównując wariant standardowy z intensywnym sposobem uprawy roli. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 10 m². W poziomie intensywnym stosowano wyższe o 40 kg/ha nawożenie azotowe niż w wariacie standardowym, pełną ochronę chemiczną przed chorobami grzybowymi, antywylegacz oraz dolistne dokarmianie roślin preparatem wieloskładnikowym (tab. 2). Wymienionych zabiegów pielęgnacyjnych nie wykonano w wariacie standardowym. Nawożenie pozostałymi makroelementami oraz inne zabiegi

agrotechniczne wykonywano w jednakowym zakresie na wszystkich poletkach analizowanych doświadczeń.

Warunki atmosferyczne w zimie na przełomie roku 2004/2005 nie stwarzały zagrożeń dla odmian pszenicy ozimej. Natomiast późna i chłodna wiosna oraz niekorzystny rozkład opadów w trakcie wegetacji pszenicy w tym rejonie uprawy, spowodowały znaczne zróżnicowanie plonów w poszczególnych miejscowościach. Deficyt wody w maju lub czerwcu zanotowano w stacjach doświadczalnych na glebach lżejszych. Zima na przełomie roku 2005/2006 oznaczała się znacznymi opadami, lecz susza pod koniec wegetacji roślin spowodowała także ograniczenie plonowania odmian pszenicy ozimej. Reasumując, czynnikiem znacznie różnicującym plony badanych odmian w analizowanym trzyleciu były niewyrównane opady deszczu w badanych punktach doświadczalnych.

Obliczenia przeprowadzono biorąc za podstawę średni plon uzyskany z każdego poletka w 8 miejscowościach w okresie 3 lat. W celu oceny zmienności plonowania analizowanych odmian pszenicy w poszczególnych miejscowościach wykorzystano analizę statystyczną zaproponowaną przez Calińskiego, Czajkę i Kaczmarka (1987). Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu 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

Wstępna analiza wariancji dla każdego środowiska (miejscowości) wykazała istotne zróżnicowanie plonów odmian zarówno w wariancie intensywnym, jak i standardowym.

Analiza wariancji dla syntezy wielolecia (tab. 3) umożliwiła ocenę zmienności lat, punktów doświadczalnych (miejscowości) i odmian oraz weryfikację następujących hipotez:

- o braku interakcji odmian z miejscowościami,
- o braku współdziałania odmian z latami,
- o braku interakcji odmian ze środowiskami.

W rozważanych wariantach standardowym i intensywnym stwierdzono duży wpływ warunków atmosferycznych na plony badanych odmian w latach 2004–2006. Również średnie plonowanie badanych genotypów w poszczególnych miejscowościach wykazywało znaczną zmienność. Na kompleksach pszennym dobrym i bardzo dobrym plony odmian były jednak wyższe niż w miejscowościach posiadających gleby klasy III lub IV. Analiza wariancji wykazała, że średnie plony odmian w poszczególnych punktach doświadczalnych odznaczały się dużą zmiennością. Wysoka wartość interakcji genotypowo-środowiskowej wskazuje również na znaczne zróżnicowaną reakcję

poszczególnych odmian na warunki środowiska panujące w badanych miejscowościach w każdym roku badań. Duży wpływ na plony badanych odmian wywarły różniące się warunki glebowo-klimatyczne, a szczególnie zmienna ilość sumarycznych opadów w każdej miejscowości w okresie wegetacji roślin. 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 genotypów z badanymi środowiskami nie może być opisana prostą zależnością regresyjną.

Tabela 3

Średnie kwadraty zmienności w ogólnej analizie wariancji
Mean square variation in the overall analysis of variances

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody No. of degrees of freedom	Wariant standardowy Standard cultivation variant	Wariant intensywny Intensive cultivation variant
		średni kwadrat — mean square	średni kwadrat — mean square
Lata Years	2	10863,53**	19625,81**
Miejscowości Localities	7	7821,02**	11900,31**
Środowiska Environments	14	1645,02**	1718,52**
Genotypy Genotypes	10	310,78**	403,7**
Genotypy × lata Genotypes × years	20	36,73*	58,84*
Genotypy × miejscowości Genotypes × localities	70	37,35*	33,14*
Genotypy × środowiska Genotypes × environments	140	26,24**	23,77**
Regresja wz. Środowiska Regression on explanatory variable	10	32,73	18,61
Odchylenie od regresji Regression deviation	130	25,74**	24,17**
Błąd doświadczeń Experimental error	606	4,81	4,03

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

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

Tabela 4 przedstawia wyniki analizy szczegółowej badanych genotypów ze względu na ich plon oraz interakcję z środowiskiem. W wariancie standardowym uprawy Rapsodia, Nadobna i Trend odznaczają się dodatnimi efektami głównymi. Odmiany te w analizowanych środowiskach odznaczają się istotnie wyższym plonowaniem w porównaniu do średniej ogólnej wszystkich badanych obiektów. Istotnie niższymi plonami w 8 badanych miejscowościach charakteryzowały się Finezja, Zyta i Sukces. Natomiast pozostałe genotypy nie wykazywały istotnych odchyleń plonów od średniej generalnej. Wszystkie badane odmiany odznaczały się istotną interakcją ze środowiskami. Szczególnie Kobra i Mewa reagowały znaczną zmiennością plonowania na zmiany środowiska związane z warunkami glebowymi i klimatycznymi.

Również w wariancie intensywnym Rapsodia, Nadobna i Trend plonowały wyżej w porównaniu do pozostałych odmian. Natomiast Sukces, Soraja, Zyta i Finezja w warunkach zróżnicowanych kompleksów przydatności rolniczej gleb odznaczały się niższym plonowaniem niż pozostałe obiekty. Wyższą stabilność plonowania w intensywnym wariancie uprawy wykazywały Soraja i Zyta.

Tabela 4

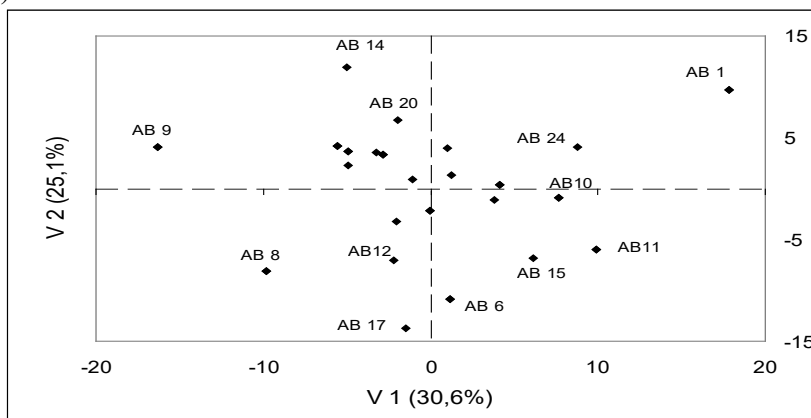
Testowanie poszczególnych genotypów i ich interakcji
Testing of genotypes and their interactions

Genotyp Genotype	Wariant standardowy — Standard cultivation variant			Wariant intensywny — Intensive cultivation variant		
	ocena efektu głównego estimate for main effect	stat.F dla efektu głównego F stat for main effect	stat. F dla interakcji z środowiskami 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	-1,46	1,46	5,08	-1,73	4,73	2,23
Tonacja	-0,99	0,95	3,57	-0,14	0,04	1,74
Finezja	-2,52	6,62	3,37	-2,40	6,76	3,00
Mewa	-2,17	2,60	6,32	-0,94	0,63	4,95
Zyta	-4,45	37,76	1,84	-4,91	56,33	1,50
Soraja	-1,28	2,89	1,98	-2,08	12,35	1,23
Sukces	-2,29	6,41	2,87	-5,42	44,15	2,34
Nadobna	3,55	14,95	2,96	4,50	21,44	3,31
Rapsodja	7,44	44,75	4,34	7,78	46,51	4,56
Rubens	-0,39	0,13	4,11	1,03	0,91	4,08
Trend	4,54	37,41	1,93	4,33	11,27	5,83
Wartości krytyczne Critical values $\alpha = 0,05$		4,60	1,71		4,60	1,71

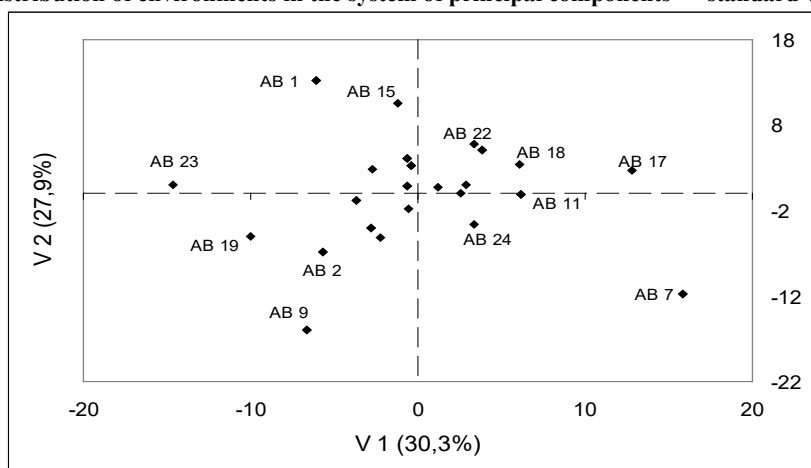
Ocenę analizowanych środowisk (miejscowości) pod względem interakcji $G \times E$ przeprowadzono poprzez podział statystyki F tej interakcji na składniki odpowiadające poszczególnym kontrastom (porównaniom) między genotypami. Odpowiednia statystyka F wyrażona w procentach statystyki F dla interakcji $G \times E$ z ogólnej analizy wariancji pokazuje jaką część tej interakcji pochłania dany kontrast. W celu graficznego przedstawienia środowisk na płaszczyźnie wykorzystano dwie pierwsze składowe główne, które stanowią oceny kontrastów pomiędzy genotypami wyliczone dla poszczególnych miejscowości. Rysunek 1 i 2 przedstawia rozmieszczenie środowisk na płaszczyźnie w układzie składowych głównych. Środowisko o wysokim udziale w interakcji $G \times E$ odznacza się dużą odległością od początku układu współrzędnych. Plony odmian w tym środowisku — miejscowości różnią się znacznie od średnich plonów uzyskanych w analizowanych latach badań.

Analizując wariant standardowy (rys. 1) można stwierdzić, że najbardziej oddalone od początku układu są środowiska AB1, AB9 i AB17 oraz AB14 i AB6, oznaczające miejscowości Naroczyce i Laskowice. Środowiska te charakteryzują się średnim plonem odmian znacznie odbiegającym od plonów genotypów w innych miejscowościach. Znaczne różnice w plonowaniu odmian w wymienionych doświadczeniach w porównaniu

do pozostałych środowisk wynikają ze zmiennych warunków klimatycznych panujących w tych miejscowościach w okresie badanego trzylecia. Świadczą o tym duże odległości pomiędzy analizowanymi środowiskami w poszczególnych latach (AB1-AB9-AB17 lub AB6-AB14).



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

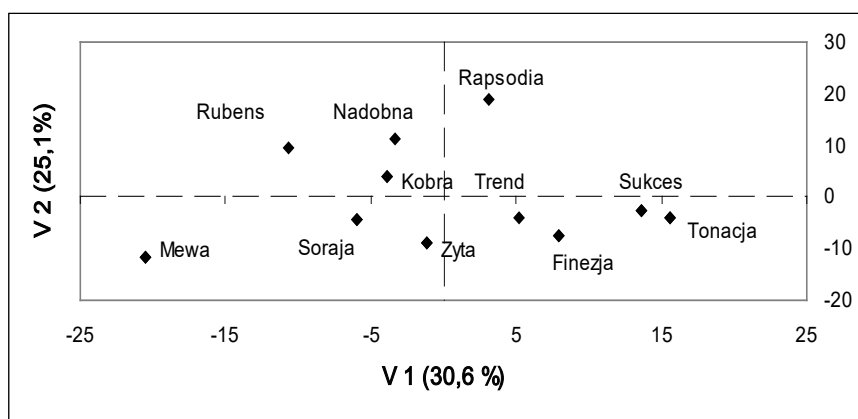


Rys. 2. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant intensywny
Fig. 2. Distribution of environments in the system of principal components — intensive variant

Rysunek 2 przedstawia środowiska w układzie dwu pierwszych składowych głównych dla wariantu intensywnego. Również i w tym wariacie punkty AB1, AB17 i AB9 oznaczające środowisko Naroczyce wykazują znaczne oddalenie od początku układu współrzędnych, co wskazuje na znaczne różnice w plonowaniu odmian w porównaniu do pozostałych miejscowości. Środowisko to wykazuje również znaczne różnice w plonowaniu pszenicy w poszczególnych latach badań, o czym świadczą znaczne odległości pomiędzy punktami AB1, AB17 i AB9.

Porównując rysunek 1 z rozmieszczeniem środowisk w wariancie intensywnym można stwierdzić, że eliminacja z badań tego punktu doświadczalnego może przyczynić się do bardziej efektywnej oceny makrorejonizacji odmian w pozostałych badanych miejscowościach. Wariant intensywny i standardowy zróżnicował znacznie środowiska niekorzystnym rozkładem opadów w okresie wegetacji. Duże oddalenie środowisk AB1, AB17 i AB9 (Naroczyce) i AB7, AB15 i AB 23 (Pawłowice) w wariancie intensywnym wskazuje, że plony odmian w większym stopniu uzależnione były od temperatury i opadów w okresie badanych trzech lat szczególnie na glebach lżejszych.

Posługując się analizą składowych dualnych można analizować strukturę 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 obrazuje odcinek (wektor) wartości statystyki F wyprowadzony od każdego punktu do początku układu. Największy udział w sumie kwadratów odchyłeń dla interakcji $G \times E$ wykazują odmiany Rapsodia i Mewa. Genotypy te odznaczają się bardziej zmiennym plonowaniem w badanych środowiskach niż pozostałe obiekty. Natomiast wyższą stabilnością plonowania charakteryzują się Zyta, Soraja i Trend.

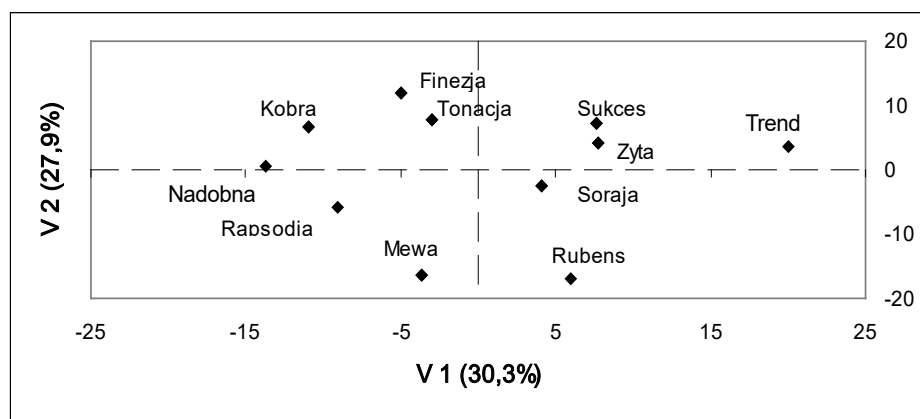


Rys. 3. Wektorowe przedstawienie genotypów w układzie składowych głównych — wariant standardowy

Fig. 3. Vectors of genotypes in the system of principal components — standard variant

W wariancie intensywnym (rys. 4) Trend, Rubens, Nadobna i Mewa odznaczały się niestabilnym plonowaniem w badanych środowiskach. Soraja i Zyta cechowały się najbardziej stabilnym plonem. Porównując konfigurację poszczególnych odmian w wariancie intensywnym i standardowym można zauważyć duże różnice. Wskazuje to na odmienną reakcję odmian na warunki środowiskowe w miejscowościach przy wysokich i standardowych dawkach nawożenia azotowego, stosowanych środkach ochrony roślin i warunkach atmosferycznych.

Rapsodia, Nadobna i Trend odznaczały się istotnie wyższymi plonami w porównaniu do pozostałych odmian zarówno w wariancie standardowym, jak i intensywnym. Wymienione odmiany zasługują na rekomendację na Dolnym Śląsku. Należy jednak zwrócić uwagę, że przy intensywnej agrotechnice występowała znaczna zmienność plonowania w poszczególnych latach badań. Wysokie plony tych odmian w wariancie intensywnym uzależnione są w dużym stopniu od korzystnego rozkładu opadów w okresie wegetacji, który zapewnia optymalną wilgotność gleby w krytycznych fazach rozwoju roślin.



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

Przedstawione wyniki badań wskazują na znacznie zróżnicowaną reakcję odmian na zmienne warunki środowiskowe, chociaż prezentacja środowisk i odmian za pomocą przedstawionych wykresów przedstawia jedynie około 60% zmienności plonów analizowanych genotypów. Powyższy wniosek potwierdzają badania innych autorów (Kulig i in., 2001). Głównym powodem niższych plonów odmian na glebach lekkich był deficyt wody w okresie wegetacji pszenicy, co potwierdza również w swych badaniach Mittler (2000). Stwierdzono jednak, że odmiany pszenicy bardziej tolerancyjne na stres wodny w krytycznych fazach rozwoju odznaczają się istotnie wyższym plonem w porównaniu do innych genotypów (Gupta i in., 2001; Foulkes i in., 2001). Analizując stabilność fenotypową pszenicy kanadyjskiej w różnych środowiskach wykazano szczególnie wpływ zróżnicowanych opadów deszczu na ujawnianie się zmienności plonowania badanych odmian (Domitruk i in., 2001). Brancourt i Lecomete (2003) wykazali, że interakcja genotypowo środowiskowa w 77% wpłynęła na zmienność 13 linii pszenicy w warunkach uprawy na obszarze Francji. Najczęściej podkreśla się, że głównymi czynnikami wpływającymi na jakość ziarna i zróżnicowane plony pszenicy są temperatura i opady w okresie wegetacji (Brancourt i Lecomete, 2003; Yan i Hunt, 2001).

Postęp hodowlany w ostatnim dwudziestolecu jest głównym czynnikiem przyrostu plonu. Obecnie zalecane są odmiany pszenicy o szerokich możliwościach adaptacji do

zmiennych warunków środowiskowych (tzw. uniwersalne) lub odznaczające się wysokimi i stabilnymi plonami na niewielkim obszarze uprawy. Jednak znaczne zróżnicowanie warunków klimatycznych w poszczególnych rejonach powoduje, że coraz większego znaczenia nabiera mikrorejonizacja, która często obejmuje teren powiatu lub nawet gminy. Dobrze dobrane punkty doświadczalne PDO testujące odmiany pszenicy w poszczególnych województwach przyczyniają się do bardziej dokładnej rejonizacji uprawy. Na podstawie wyników PDO można wydzielić odmiany przydatne nie tylko do konkretnego systemu intensywności uprawy, ale także określić ich makro lub mikrorejonizację.

WNIOSKI

1. Istotna interakcja odmian z punktami doświadczalnymi wskazuje na zróżnicowane plonowanie genotypów w poszczególnych miejscowościach.
2. Zmienne warunki atmosferyczne w trzech latach badań a szczególnie deficyt wody w okresie wegetacji roślin na glebach lżejszych spowodowały mniejszą stabilność plonowania odmian pszenicy w środowiskach Naroczyce, Pawłowice i Laskowice.
3. Wysokie wartości interakcji genotypowo-środowiskowej w miejscowościach Naroczyce i Laskowice wskazują, że na obszarze Dolnego Śląska te punkty doświadczalne są szczególnie przydatne do mikrorejonizacji.
4. Z powodu zróżnicowanej liczby analizowanych genotypów w doświadczeniach porejestrowych w każdym roku, interakcja genotypowo-środowiskowa może ulegać znacznym zmianom. Dlatego liczba punktów doświadczalnych o zmiennych warunkach glebowo-klimatycznych nie powinna być w dużym stopniu zredukowana.
5. Znaczne różnice w plonach genotypów w niektórych miejscowościach wskazują na konieczność badania nowych odmian w wielu środowiskach ze względu na interakcję genotypowo-środowiskową.

LITERATURA

- Brancourt-Hulmel M., Lecomte C. 2003. Effect of environmental varieties on genotype \times environment interaction of winter wheat. *Crop Sci.* 43: 608 — 617.
- Blanckau K., Olf H. W., Kuhlmann H. 2002. Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied. *J. Agronomy & Crop Science* 188, 146 — 154.
- Budzyński W., Szempliński W. 1999. Rośliny zbożowe. W: *Szczegółowa Uprawa Roślin*. red. Z. Jasińska i A. Kotecki AWA, Wrocław 33 — 262.
- 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.
- Domitruk D.R., Duggan B.L., Fowler D. B. 2001. Genotype-environment interaction of no-till winter wheat in Western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 81: 7 — 16.
- Foulkes M. J., Scott R. K., Sylvester-Bradley R. 2001. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions. *J. Agric. Sci. Cambridge* 137: 1 — 16.
- Gupta N. K., Gupta S., Kumar A. 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. *J. Agronomy & Crop Science* 186: 55 — 62.

- Hühn M., Truberg B. 2002. Contributions to the analysis of genotype \times environment interactions: Theoretical results of the application and comparison of clustering techniques for the stratification of field test sites. *J. Agronomy & Crop Science* 188: 65 — 72.
- Jańczak C., Filoda G., Matysiak R. 2005. Elements of integration in winter wheat protection programs. *Acta Agrobotanika* 58, 1: 29 — 26.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zajac T. 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR* 218/219: 117 — 126.
- Kuś J., Krasowicz S. 1996. Możliwości produkcyjne rolnictwa na tle badań środowiskowych i technologicznych. *Fragm. Agron.* 1: 39 — 51.
- Krzymuski J. 1998. Zmiany w strukturze zasiewów i wartości przedplonów w latach 1971–1995. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A*, 113: 9 — 20.
- Mittler S. 2000. Ökoviabilität von Winterweizen unter Standortbedingungen Nordostdeutschlands. Dissertation Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin: 4 — 155.
- Peschke H., Mollenhauer S. 1998. N_{min} — Gehlt im Boden, mineralische N — Düngung und Entzug von Winterweizen im Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Berlin-Dahem. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 161: 9 — 15.
- Podolska G. 2004. Efektywność agrotechnicznych oddziaływań w wykorzystaniu potencjału plonowania pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 231: 55 — 64.
- Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K. 2004. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 3: 1363–1671.
- Yan W., Hunt L. A. 2001. Interpretation of genotype \times environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci.* 41: 19 — 25.