

¹Zakład Herbolgii i Technik Uprawy Roli, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Wrocław ul. Orzechowa 61, 55-540 Wrocław

e-mail: rweber@iung.pulawy.pl

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

³COBORU Zibiszów

RYSZARD WEBER¹, DARIUSZ ZALEWSKI², HENRYK BUJAK²,
JAN KACZMAREK², EWA ŚMIAŁEK³

Interakcja odmian pszenicy ozimej z warunkami środowiska w kształtowaniu poziomu plonowania na podstawie wyników PDO na dolnym Śląsku

Interaction of winter wheat varieties with conditions of the habitat
in the formation of the yielding levels on the basis of post-registration cultivar
testing in lower Silesia

Streszczenie. Na podstawie wyników Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) w latach 2007–2009 oceniano stabilność plonowania odmian pszenicy ozimej. Badania przeprowadzono w 7 miejscowościach, różniących się warunkami glebowymi i klimatycznymi. Analizowano plony 11 odmian w dwu wariantach uprawy. Wariant intensywny różnił się od standardowego większym o 40 kg · ha⁻¹ nawożeniem azotowym, ochroną chemiczną przed chorobami grzybowymi, stosowaniem antywylegacza oraz dolistnym dokarmianiem roślin. Spośród badanych odmian w wariantcie standardowym większym plonowaniem odznaczały się uprawy odmiany Cubus i Rapsodia, natomiast w wariantcie intensywnym – Cubus i Nadobna. Zmienne warunki atmosferyczne, a szczególnie deficyt wody w okresie wegetacji roślin na lżejszych glebach, spowodowały mniejszą stabilność plonowania odmian pszenicy ozimej. Wykazana interakcja genotypowo-środowiskowa wskazała, że dobór odmian do uprawy na terenie Dolnego Śląska powinien uwzględniać mikrozmienność środowiskową, na którą wpływają warunki glebowo-klimatyczne panujące w określonej miejscowości.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, plon, pszenica ozima, odmiany, intensywność uprawy

WSTĘP

Pszenica ozima zajmuje największy areal uprawy w naszym kraju. Duże zróżnicowanie zarejestrowanych odmian na obszarze Polski utrudnia ich dobór do określonych warunków środowiska. Zmiany klimatyczne, związane z pogłębiającym się niedostatkim wody i wzrostem temperatury w okresie wegetacji roślin, wymuszają tworzenie nowych odmian, w znacznym stopniu przystosowanych do niekorzystnych warunków glebowo-klimatycznych [Weikai i Hunt 2001, Trethowan i in. 2005]. Obecnie w wielu krajach poszukuje się odmian odznaczających się odpornością na wysokie temperatury i niedobory wody w trakcie wegetacji [Brancourt-Hulmel i Lecomte 2003]. Odmiany pszenic różnie reagują na zmienne warunki środowiska. Przejawia się to istotną interakcją genotypowo-środowiskową a w konsekwencji – brakiem stabilności plonowania. Wieloletnie badania na obszarze Anglii, jak również doświadczenia Porejestrowego Doświadczalnictwa odmianowego (PDO) w Polsce wykazały, że w praktyce rolniczej potencjalna efektywność plonowania związana z doбором odmian nie jest w pełni wykorzystywana przez rolników [Foulkes i in. 1998, Weber, Zalewski 2006]. Odmiany wprowadzane do uprawy najczęściej odznaczają się większą efektywnością wykorzystywania azotu w porównaniu z genotypami z lat osiemdziesiątych. Jednak nadal istnieje w doborze grupa odmian azotolubnych, które wykazują istotną poprawę jakości ziarna przy sumarycznych dawkach azotu do $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. [Podolska i in. 2005, Stankowski i Rutkowska 2006]. Wytworzone przez hodowców odmiany należy przebadać pod względem wielkości interakcji genotypowo-środowiskowej i stabilności plonowania, a następnie zalecać do uprawy w określonych obszarach geograficznych kraju.

Celem pracy była analiza stabilności plonowania kilku odmian pszenicy ozimej w warunkach Dolnego Śląska na podstawie doświadczeń Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Analizowano 3-letni okres uprawy odmian pszenicy w latach 2007–2009. W badaniach stabilności wykorzystano wyniki plonowania 11 odmian pszenicy ozimej uzyskane z doświadczeń Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) na Dolnym Śląsku (tab. 1). Do badań wytypowano doświadczenia w miejscowościach odznaczających się zróżnicowanymi warunkami glebowymi (tab. 2). Powierzchnia poletka w każdym doświadczeniu wynosiła 15 m^2 . Intensywny poziom uprawy różnił się od standardowego większym o $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nawożeniem azotowym, ochroną chemiczną przed chorobami grzybowymi, stosowaniem antywylegacza oraz dolistnym dokarmianiem roślin w fazie krzewienia roślin. Nawożenie makroelementami (N, P, K), uzależnione od zasobności gleby w doświadczeniu, oraz inne zabiegi agrotechniczne wykonywano w jednakowym zakresie na wszystkich doświadczalnych poletkach. Nawożenie fosforem i potasem zastosowano jesienią, przed siewem roślin. Siew odmian pszenicy ozimej przeprowadzono w trzeciej dekadzie września (gęstość siewu – 450 ziaren na 1 m^2). Nawożenie azotowe stosowano w dwóch lub trzech dawkach: na wiosnę, w okresie ruszenia wegetacji i w fazie początku strzelania w źdźbło. W niektórych miejscowościach w wariacie

intensywnym nawożono odmiany trzecią dawkę azotu na początku kłoszenia zbóż. Ilości stosowanych nawozów w przeliczeniu na powierzchnię 1 ha podano w tabeli 2. Każde doświadczenie było założone w układzie pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach. Analizę statystyczną zmienności plonów i interakcji $G \times E$ wykonano na podstawie metody zaproponowanej przez Calińskiego i in. [1987]. Obliczenia wykonano programem statystycznym Sergen 4.

Tabela 1. Wartości średnie plonów w dt/ha poszczególnych genotypów w doświadczeniach
Table 1. Mean yields of the tested genotypes (dt/ha)

Wariant standardowy uprawy (środowiska) Standard variant of cultivation (environments)							
Odmiana Cultivar	Naroczyce (NAR)	Kobie- rzyce (KOB)	Zybiszów (ZYB)	Kondra- towice (KON)	Kroś- cina (KRO)	Tarnów (TAR)	Toma- szów (TOM)
Finezja	65,8	93,2	83,7	86,2	82,5	68,6	57,8
Bogatka	70,6	95,8	94,3	89,9	82,6	74,7	65,2
Mewa	70,1	92,7	80,9	84,7	76,6	64,2	58,3
Zyta	72,2	84,5	83,7	80,7	77,6	59,9	57,5
Kobiera	68,6	86,9	82,2	85,9	75,2	64,4	56,4
Nadobna	71,1	99,4	85,6	93,6	77,6	77,6	57,9
Rapsodia	77,2	97,8	103,5	85,6	92,9	80,3	62,8
Satyna	71,4	90,6	86,2	86,2	78,6	69	56,1
Smuga	71,4	91,7	79,4	87,3	83,3	70,3	59,7
Naridana	74,3	92,4	93	87,6	83,9	66,9	62,4
Cubus	80,9	97	93,4	96,5	83,9	76,4	63,6
Średnia	72,1	92,9	87,8	87,7	81,3	70,2	59,8
Wariant intensywny uprawy (środowiska) Intensive variant of cultivation (environments)							
Finezja	79,4	101,1	104,6	92,6	99,7	78	66,0
Bogatka	77,7	106,1	108,1	96,2	102,8	81,9	75,4
Mewa	80,2	103,4	96,1	89,5	92,6	69,6	66,1
Zyta	81,5	92,4	96,6	86,7	94,8	68	65,3
Kobiera	82,6	99,4	98,7	91,5	96,4	76,3	66,7
Nadobna	81,4	108,1	105,5	99,9	103,5	87,3	68,8
Rapsodia	87,4	100,6	114,2	94,3	100,1	84	69,5
Satyna	88,2	100,6	104,2	95,1	100,4	77,7	69,8
Smuga	79,2	102,5	95,7	97,5	96,3	78,3	66,3
Naridana	83,2	105,2	107,8	93,9	97,1	79	71,5
Cubus	90,3	108,5	106,4	102,6	100,3	86,7	73,9
Średnia	82,8	102,5	103,4	94,5	98,5	78,8	69,0

Wariant standardowy NIR odmiany = 7,41 NIR środowiska = 16,63
Standard variant LSD cultivars = 7,41 LSD environments = 16,63
Wariant intensywny NIR odmiany = 6,08 NIR środowiska = 18,72
Intensive variant LSD cultivars = 6,08 LSD environments = 18,72

Tabela 2. Warunki w analizowanych środowiskach w latach 2007–2009
Table 2. Environmental conditions in 2007–2009

Wyszczególnienie Specification	Tarnów	Naroczyce	Kobierzyce	Zybiszów	Tomaszów	Krościna	Kondratowice
Kompleks gleb Soils complex	żytni b. dobry	pszenny dobry	pszenny b. dobry	pszenny b. dobry	pszenny wadliwy	pszenny dobry	pszenny b. dobry
Klasa bonitacyjna gleby Soil bonitation class	IVa	IIIa	II	II	IVa	IIIa	II
Zasobność gleby P ₂ O ₅ (mg · 100 ⁻¹) P ₂ O ₅ content in soil	27,6	8,4	28,3	10,6	26,3	50,5	21,0
Zasobność gleby K ₂ O (mg · 100 ⁻¹) K ₂ O content in soil	38,4	14,9	19,8	54,0	17,4	35,1	25,0
Zasobność gleby Mg (mg · 100 ⁻¹) Mg content in soil	10,2	24,8	14,2	13,9	6,5	8,7	15,0
pH gleby – pH of soil	5,9	6,3	6,2	7,1	6,5	6,2	6,3
Nawożenie N na poziomie a1 (kg · ha ⁻¹) Nitrogen a1	110	90	112	114	129	129	64
Nawożenie N na poziomie a2 (kg · ha ⁻¹) Nitrogen a2	150	130	152	154	169	169	104
Nawożenie P ₂ O ₅ (kg · h ⁻¹) Phosphoric rates	80	54	73	60	30	51	60
Nawożenie K ₂ O (kg · h ⁻¹) K ₂ O rates	90	81	112	90	90	99	90
Zaprawa nasienna Seed dressing	Funaben T	Funaben T	Oxafun T	Funaben T	Sarfun T	Funaben T	Vitavax
Herbicyd Herbicide	Huzar 200 g	Cougar 1,5l	Glean 22 g	Huzar 200 g	Cougar 1,5l	Chisel 60 g	Protugan 1,5l
Fungicydy a2 Fungicide a2	Alert 1	Alert1 l Artea 0,5l	Alert1 l	Alert1 l +Falcon 0,6l	Karben 0,5l	Alert1 l	Tilit Plus 0,8l
Nawóz dolistny a2 Foliar fertilisation – a2	Basfoliar 9l	Basfoliar 5l	Plonovit Z 3l	Basfoliar 6l	Basfoliar 6l	Plonovit Z 3l	Basfoliar 5l

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wstępna analiza wariancji dla każdego środowiska (miejscowości) wykazała istotną zmienność plonowania odmian w wariancie intensywnym i standardowym uprawy. Badane odmiany odznaczały się wyższym plonowaniem w warunkach intensywnego sposobu uprawy w porównaniu z wariantem o obniżonych nakładach (tab. 1). Na kompleksach pszennym dobrym i bardzo dobrym plonowanie pszenicy było wyższe niż w miejscowościach mających gleby klasy III lub IV – kompleks żytni bardzo dobry lub pszenny wadliwy (tab. 2). Analiza wariancji dla syntezy wielolecia (tab. 3) umożliwiła ocenę zmienności plonowania odmian w poszczególnych latach badań i środowiskach poprzez weryfikację następujących hipotez:

1. Wszystkie efekty główne dla lat są równe (brak różnic w plonach między latami).
2. Wszystkie efekty główne dla odmian są równe (brak różnic w plonach między odmianami).

3. Wszystkie efekty główne dla miejscowości są równe (brak różnic w plonach między miejscowościami).
4. Nie występuje interakcja odmian z miejscowościami.
5. Nie występuje współdziałanie odmian z latami.
6. Nie występuje współdziałanie odmian ze środowiskami (lata \times miejscowości \times odmiany).

Tabela 3. Średnie kwadraty zmienności w ogólnej analizie wariancji
Table 3. Mean square variation in the overall analysis of variances

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody N. of degrees of freedom	Średni kwadrat – Mean square	
		wariant standardowy standard cultivation variant	wariant intensywny intensive cultivation variant
Lata – Years	2	2867,29**	2597,59*
Miejscowości – Stations	6	4708,69**	5761,64**
Środowiska – Environments	12	631,42**	1001,63**
Genotypy – Genotypes	10	339,31**	283,06**
Genotypy \times lata Genotypes \times years	20	43,59	37,41
Genotypy \times miejscowości Genotypes \times station	60	34,53	30,29
Genotypy \times środowiska Genotypes \times environments	120	19,09**	21,97**
Regresja wz. środowiska Regression on explanatory variable	10	20,30	28,69
Odchylenie od regresji Regression deviation	110	18,98**	21,36
Błąd doświadczeń Experimental error	670	3,49	3,10

* – istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,05$; ** – istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,01$
* – significant at $\alpha = 0,05$; ** – significant at $\alpha = 0,01$

W badanych wariantach standardowym i intensywnym hipotezy o równości efektów głównych dla lat, miejscowości, środowisk i genotypów zostały odrzucone na poziomie istotności $\alpha = 0,01$ lub $\alpha = 0,05$. Istotna interakcja odmian z analizowanymi środowiskami świadczy o znacznym wpływie lokalnych warunków na plony odmian w latach 2007–2009. Zróżnicowanej reakcji odmian na zmiany warunków środowiska nie można wyjaśnić poprzez regresję liniową plonów poszczególnych genotypów względem efektów środowiskowych. 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 wysoce dodatnim efektem głównym odznaczały się odmiany Rapsodia, Cubus, Bogatka i Nadobna. Odmiany te w analizowanych środowiskach wykazywały istotnie większy plon w porównaniu z pozostałymi analizo-

wanych genotypami. Natomiast odmiany Zyta, Kobiera, Mewa i Satyna plonowały znacznie niżej. Odmiana Cubus odznaczała się dużą stabilnością plonów w analizowanym trzyleciu – brak interakcji ze środowiskiem. Pozostałe odmiany charakteryzowały się istotnie zróżnicowanym plonowaniem w badanych środowiskach, o czym świadczą duże wartości statystyki F dla interakcji ($G \times E$).

Tabela 4 . Testowanie poszczególnych genotypów i ich interakcji
Table 4. Testing of cultivars and their interaction with environments

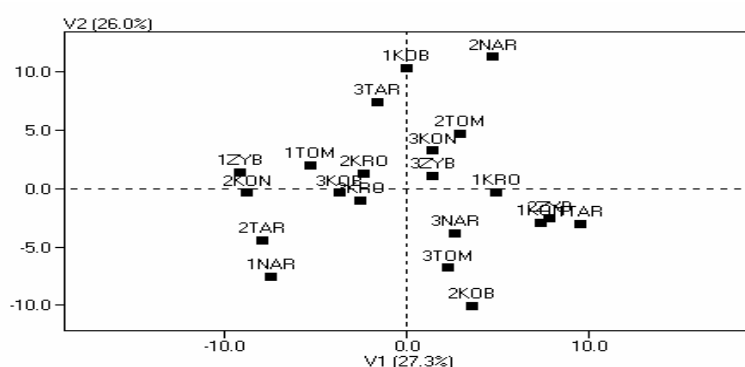
Odmiana Cultivar	Wariant standardowy			Wariant intensywny		
	ocena efektu głównego estimate for main effect	stat. F dla efektu głów- nego F stat for main effect	stat. F dla interakcji z środowi- skami F stat. for interaction with environment	ocena efektu głównego estimate for main effect	stat. F dla efektu głównego F stat for main effect	stat. F dla interakcji z środowi- skami F stat. for interaction with environment
Bogatka	2,88*	6,33	8,68*	2,63*	7,65	6,76*
Mewa	-3,61*	12,52	6,89*	-4,61*	41,46	3,82*
Zyta	-5,23*	29,94	6,07*	-6,33*	25,70	11,64*
Finezja	-1,30	1,97	5,67*	-1,18	4,35	2,41*
Kobiera	-4,74*	44,62	3,33*	-2,58*	6,74	7,38*
Nadobna	2,12*	4,94	6,05*	3,55*	11,89	7,89*
Rapsodia	6,74*	42,05	7,17*	2,90*	7,65	8,21*
Satyna	-2,21*	5,24	5,64*	0,91	0,57	10,81*
Smuga	-1,40	2,14	6,08*	-1,99*	4,90	6,05*
Naridana	1,08	2,19	3,56*	1,13	1,81	5,33*
Tubus	5,56*	195,81	1,05	5,58*	30,51	7,60*
Wartości krytyczne $\alpha = 0,05$		4,75	1,77		4,75	1,77

* – istotność $\alpha = 0,05$; * – significance $\alpha = 0,05$

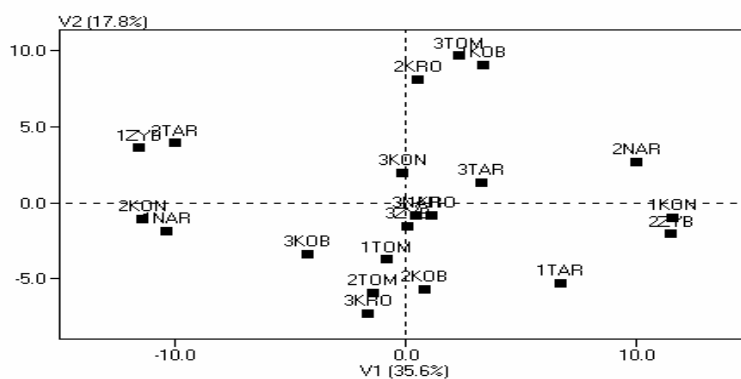
W wariancie intensywnym odmiany Cubus, Nadobna, Bogatka i Rapsodia odznaczały się większym plonowaniem niż pozostałe odmiany (tab. 4). Natomiast Mewa, Zyta, Kobiera i Smuga w warunkach zróżnicowanych kompleksów przydatności rolniczej gleb charakteryzowały się mniejszym plonowaniem od pozostałych obiektów. W analizowanym wariancie uprawy wszystkie odmiany odznaczały się niestabilnym plonowaniem w poszczególnych latach badań i miejscowościach. Świadczą o tym istotne statystyki F dla interakcji ze środowiskami.

Ocenę analizowanych środowisk (miejscowości) pod względem interakcji $G \times E$ przeprowadzono poprzez podział statystyki F tej interakcji na składniki odpowiadające poszczególnym kontrastom (odchyleniom) 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 wyrażają ocenę zmienności plonowania pomiędzy genotypami wyliczoną dla poszczególnych miejscowości. Rysunek 1 i 2 przedstawiają 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 tej miejscowości różnią się znacznie od średnich plonów uzyskanych w analizowanych latach badań na Dolnym Śląsku. Analizując wariant standardowy (rys. 1) można zauważyć, że najbardziej oddalone od początku układu są środowiska 1NAR i 2NAR, jak również punkty 1KOB i 2KOB oznaczające miejscowości Naroczyce i Kobierzyce w 2007 i 2008. W środowiskach tych średni plon analizowanych odmian znacznie odbiegał od plonów genotypów w innych miejscowościach. Na rysunku 2 przedstawiono środowiska w układzie dwóch pierwszych składowych głównych dla wariantu intensywnego. Również i w tym wariantcie uprawy punkty 1NAR i 2NAR, określające środowisko Naroczyce w latach 2007 i 2008, a także punkty 1KON i 2KON oraz 1ZYB i 2ZYB, oznaczające miejscowości Kondratowice i Zbyszów (w tych samych latach) wykazują znaczne oddalenie od początku układu współrzędnych. Wskazuje to na istotne różnice plonowania odmian w tych środowiskach w porównaniu z pozostałymi miejscowościami na Dolnym Śląsku.



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

Stabilność plonowania jest oceniana w wielu publikacjach w kraju i za granicą [Laudański i in. 2006, Mądry i in. 2006, Brancourt-Hulmel i Lecomte 2003, Vargas i in. 2007, Domitruk i in. 2001]. Najczęściej rozróżnia się dwa rodzaje stabilności: statyczną i dynamiczną. Genotyp stabilny dynamicznie w każdym ze środowisk daje plon różniący się od średniego plonu wszystkich genotypów w danym środowisku o stałą wielkość. Genotyp ten nie wykazuje interakcji ze środowiskiem ($G \times E$). Natomiast genotyp stabilny statycznie odznacza się stałą wysokością plonowania we wszystkich analizowanych środowiskach [Jankowski i in. 2006]. Efekty interakcji potrójnej $G \times E$ (genotyp \times miejscowość \times lata) mają największe znaczenie w zmienności plonowania odmian pszenicy ozimej [Mądry i in. 2006, Brancourt-Hulmel i Lecomte 2003]. Jednak w zmiennych warunkach klimatycznych Polski interakcja miejscowości \times lata może w dużym stopniu przyczynić się do zróżnicowanych plonów odmian pszenicy ozimej. Badania Laudąńskiego i in. [2007] wykazały, że oprócz warunków atmosferycznych duże znaczenie w kształtowaniu poziomu plonowania mają jakość stanowiska, liczba zabiegów ochrony roślin i nawożenie makroelementami. Na podstawie doświadczeń w ramach Krajowego Programu Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego koordynowanego przez COBORU wyróżniono w poszczególnych okręgach uprawy pszenicy w Polsce odmiany odznaczające się zwiększoną stabilnością plonowania w standardowym lub intensywnym wariacie uprawy roli [Oleksiak i Mańkowski 2005]. Stwierdzono również istotny wzrost masy tysiąca ziaren w przypadku stosowania intensywnej technologii produkcji [Kulig i in. 2001]. Optymalizacja wyboru najlepszych odmian na podstawie wyników doświadczeń z większego obszaru geograficznego tworzy makrorejoniację. Niektóre punkty doświadczalne – miejscowości mogą jednak odznaczać się znacznie innym plonowaniem odmian w porównaniu z plonowaniem w makroregionie (Naroczyce i Kobierzycy – wariant standardowy lub Kondratowice i Zybiszów wariant intensywny uprawy). Wydzielony podrejon reprezentowany przez daną miejscowość będzie określał mikrorejoniację.

Obecnie w wielu regionach świata poszukuje się obszarów, w których dla określonych odmian interakcja genotypu ze środowiskiem odznacza się nieistotnymi wartościami [Roozeboom i in. 2008]. W celu oceny podobieństwa reakcji genotypów na zmienne warunki środowiska często wykorzystuje się analizę skupień, która umożliwia wydzielenie jednorodnych grup obiektów o minimalnym efekcie interakcji wewnątrz utworzonych skupień [Hühn i Truberg 2002]. Rolniczą stabilność plonowania można również oszacować na podstawie metody rang grup jednorodnych R_D i współczynnika zmienności [Bujak i in. 2008]. Można przypuszczać, że znaczne różnice w plonowaniu odmian w doświadczeniach w Naroczycach i Kobierzycach w stosunku do pozostałych środowisk były spowodowane zmiennymi warunkami klimatycznymi panującymi w tych miejscowościach w latach 2007–2009. Szczególnie nierównomierne opady w latach badań w tych miejscowościach mogły spowodować znaczne różnice plonów odmian w analizowanym okresie. Świadczą o tym duże odległości na wykresie pomiędzy analizowanymi miejscowościami w poszczególnych latach.

WNIOSKI

1. Wielkość plonowania odmian pszenicy ozimej w dużym stopniu zależy od intensywności uprawy, o czym świadczą zróżnicowane plony w analizowanych wariantach uprawy (poziom standardowy $78,8 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$; poziom intensywny $90,0 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$).

2. Wysokim i stabilnym plonowaniem charakteryzowała się jedynie odmiana Cubus w uprawie o obniżonych nakładach ($84,5 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$). Intensywny system uprawy roli przyczynił się do znacznej zmienności plonowania odmian Zyta i Satyna (F dla interakcji 11,64; 10,81). Odmiany Zyta, Kobiera, Mewa i Satyna z powodu znacznie niższych plonów nie powinny być zalecane do uprawy w standardowym wariantcie uprawy.

3. Dobór odmian do uprawy na terenie Dolnego Śląska powinien być uzależniony od mikrozmienności środowiskowej, którą określają warunki glebowo-klimatyczne panujące w miejscowościach.

PIŚMIENNICTWO

- Bujak H., Jedynski S., Kaczmarek J., 2008. Ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie parametrycznych i nieparametrycznych metod. *Biuletyn IHAR* 250, 189–201.
- 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 variates 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.
- 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., Sylwester–Bradley R., Scott R.K., 1998. Evidence for differences between winter wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertilizer nitrogen. *J. Agric. Sci.* 130, 29–44.
- 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. Agron. Crop Sci.*, 188, 65–72.
- Jankowski P., Zieliński A., Mądry W., 2006. Analiza interakcji genotyp – środowisko dla pszenicy ozimej z wykorzystaniem metody graficznej biplot typu GGE, część I *Metodyka. Biul. IHAR* 240/241, 51–60.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zając T., 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR* 218/219, 117–126.
- Laudański Z., Mańkowski D.R., Sieczko L., 2007. Próba oceny technologii uprawy pszenicy ozimej na podstawie danych ankietowych gospodarstw indywidualnych. Część II Ocena technologii uprawy. *Biul. IHAR* 244, 45–57.
- Laudański Z., Mańkowski D.R., Rozbicki J., Samborski S., 2006. Próba oceny interakcji ze środowiskiem wybranych odmian pszenżyta ozimego (\times *Triticosecale* Wittmack). *Folia Univ. Agric. Stein., Agricultura* 247, (100), 97–112.

- 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.
- Oleksiak T., Mańkowski D.R., 2005. Interakcja odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach środowiskowych na podstawie wyników badań ankietowych. *Biul. IHAR* 235, 5–11.
- Podolska G., Krasowicz St., Sułek A., 2005. Ocena ekonomiczna i jakościowa technologii uprawy pszenicy ozimej przy różnym poziomie nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 139, 175–188.
- Roozeboom K.L., Schapaugh W.T., Tuinstra M. R., Vanderlip R. L., Milliken G.A. 2008. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. *Crop Sci.* 48, 317–330.
- Trethowan R.M., Reynolds M., Sayre K., Ortiz-Monasterio I., 2005. Adapting wheat cultivars to resource conserving farming practices and human nutritional needs. *Ann. Appl. Biol.* 146, 405–413.
- Stankowski S., Rutkowska A., 2006. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna i maki pszenicy ozimej w zależności od dawki i terminu nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 5(1), 53–61.
- Vargas M., Crossa J., Reynolds M.P., Dhungana P., Eskridge K.M., 2007. Structural equation modeling for studying genotype \times environment interactions of physiological traits affecting yield in wheat. *J. Agric. Sci.* 145, 151–161.
- Weber R., Zalewski D., 2006. Wpływ interakcji genotypowo-środowiskowej na plonowanie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 240/241, 33–42.
- Weikai Y., Hunt L.A., 2001. Interpretation of genotype \times environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci.* 41, 19–25.

Praca wykonana w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego koordynowanego przez COBORU

Summary. Yields of 11 cultivars of winter wheat were evaluated in post-registration (recommended list) trials in Lower Silesia in the years 2007–2009. The experiments were conducted in standard and intensive cropping systems at 7 locations differing in weather and soil conditions. The intensive variant, in comparison with the standard one, differed by a 40 kg·h⁻¹ higher level of nitrogen fertilisation, the application of anti-lodging chemicals, foliar feeding of plants with microelements and complete control of fungal diseases. The cultivars Rapsodia and Cubus were the best yielders in standard systems, whereas Cubus and Nadobna gave high yields in the intensive system. Changing atmospheric conditions in the three studied years, and especially water deficit during the vegetation season of plants on lighter soils, resulted in lower yield stability of the investigated wheat cultivars. Considerable differences in yields in some of the localities suggest the need for testing new varieties in many environments, because of the significant genotype \times environment interaction.

Key words: genotype \times environment interaction, winter wheat, yield, cultivars, intensity of cultivation