

RYSZARD WEBER¹**DARIUSZ ZALEWSKI**²**LUDWIK KOTOWICZ**³¹ IUNG, Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia, Jelcz-Laskowice² Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza, Wrocław³ Stacja Doświadczalna Oceny Odmian Tomaszów Bolesławicki (COBORU)

Stabilność plonowania odmian pszenicy ozimej na Dolnym Śląsku*

Stability of winter wheat yields in Lower Silesia

Badano stabilność plonowania 9 odmian pszenicy ozimej na Dolnym Śląsku w latach 1999–2001. Plony odmian z sześciu zróżnicowanych pod względem glebowym środowisk Polski południowo zachodniej porównywano w standardowym i intensywnym wariancie uprawy. 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. Zarówno w wariancie intensywnym, jak i standardowym odmiany Kobra i Jawa odznaczały się wyższym plonowaniem w porównaniu do pozostałych obiektów. Wysoka stabilność odmiany Jawa w wariancie intensywnym wskazuje, że ten genotyp powinien być zalecany do uprawy na Dolnym Śląsku. Warianctwo intensywny sprzyja wysokiemu plonowaniu odmian szczególnie na glebach kompleksu pszenno-bardzo dobrego i dobrego. W wariancie ekstensywnym plony odmian w badanych środowiskach były mniej zróżnicowane niż w intensywnym systemie uprawy roli. Znaczne różnice w plonach genotypów w niektórych miejscowościach wskazują na konieczność badania nowych odmian w wielu środowiskach ze względu na istotną interakcję genotypowo-środowiskową.

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

The stability of 9 winter wheat varieties was investigated in the region of Lower Silesia (Poland) in the years 1999–2001. The yields of six environments, diverse in regard to soil conditions, were compared in the standard and intensive variants of cultivation. The intensive variant, in comparison with the standard one, differed by a 40 kg/ha higher level of nitrogen fertilisation, a complete chemical protection against fungal diseases, application of anti-lodging agents, and foliar feeding of plants with a multi-component preparation. In both the intensive and standard variants, the varieties Kobra and Jawa showed higher yields than the remaining ones. The high stability of Jawa in the intensive variant indicates that this genotype should be recommended for cultivation in Lower Silesia. The intensive variant promotes high yields in the varieties, particularly on soils of very good and good wheat complexes. In the standard variant the yields of varieties in the analysed environments were less diverse

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

than in the intensive variant of cultivation. The considerable differences in yields in some of the localities suggest the need of testing new varieties in many environments, because of the significant genotype $\times$ environment interaction.

Key words: genotype $\times$ environment interaction, stability, winter wheat

WSTĘP

Potencjał plonotwórczy odmian pszenicy ozimej jest znacznie wyższy niż obecnie uzyskiwane średnie plony na Dolnym Śląsku. Wysokie plonowanie tego gatunku uzależnione jest w głównej mierze od wyboru określonej odmiany w powiązaniu z optymalnymi zabiegami agrotechnicznymi, warunkami klimatycznymi i glebowymi występującymi na danym obszarze. W ostatnich latach na terenie Polski i Europy nastąpił znaczny wzrost areалу uprawy pszenicy. Często na stanowiskach typowych dla żyta uprawia się pszenicę, która przy optymalnej agrotechnice może osiągać wysokie i opłacalne plony (Ellmer i in., 2000; Mittler, 2000). Wzrastające koszty produkcji spowodowały, że obecnie poszukuje się odmian odznaczających się małym spadkiem plonowania przy minimalizacji nakładów na uprawę roli, nawożenie i chemiczną ochronę zasiewów (Varga i in., 2000, 2001). Wyniki badań wskazują, że istniejące w doborze odmiany odznaczają się zmienną reakcją na nawożenie azotowe (Mazurek i Sułek, 1995). Część genotypów reaguje znacznie wyższym plonowaniem w warunkach podwyższonego nawożenia, inne przy niższych dawkach azotu osiągają maksimum plonów. Efektywność wprowadzanego do gleby azotu zależy nie tylko od wysokości dawki ale również od zasobności gleby oraz warunków atmosferycznych w okresie wegetacji i fazy rozwojowej roślin (Gawrońska-Kulesza i in., 1997; Sowers i in., 1994). Na glebach słabszych dawki do 60 kg N/ha warunkują najwyższe przyrosty plonów, chociaż nawożenie w ilości 100 kg N/ha powoduje nieznaczny wzrost plonowania (Runge, 1995). Natomiast nawożenie powyżej 160 kg N/ha nawet na glebach bardzo dobrych nie wpływa już istotnie na podwyższenie plonu (Sieling i in., 1998). Badania nad plonowaniem pszenicy w zróżnicowanych środowiskach wykazały jednak że, wyższa dawka azotu nie wyrównuje negatywnego wpływu złych warunków glebowych lub klimatycznych (Mittler, 2000). Badania wpływu środowiska na zmienność plonowania niemieckich odmian pszenicy ujawniły duże zróżnicowanie genotypów w zależności od nawożenia N i stopnia intensywności uprawy (Bundessortenamt, 1998). Postęp hodowlany powoduje coraz bardziej zróżnicowaną reakcję odmian na składniki pokarmowe oraz stosowane środki chemiczne. W warunkach Polski południowo-wschodniej kombinacja czynników odznaczająca się pełną ochroną przed chorobami, stosowaniem antywylegacza i nawożeniem N w dawce 80 kg/ha spowodowała najwyższe plony odmian Parada i Rada (Jończyk, 1997). Stabilność plonowania odmian w zależności od środowiska jest w ostatnich latach rozpatrywana w wielu opracowaniach (Cox, 1991; Cox, Shelton, 1992). Stwierdzono, że niektóre odmiany odznaczające się wysokim plonowaniem w sprzyjających środowiskach plonowały również dobrze w warunkach siewu bezpośredniego (Weisz i Bowman, 1999). Domitruk i wsp. (2001) wykazali, że zróżnicowane warunki atmosferyczne miały większy wpływ na plonowanie odmian pszenicy niż środowisko glebowe. Makrorejonizacja odmian określana jako dopasowanie

cech i wymagań określonych genotypów do środowiska przyrodniczo-rolniczego pozwala uniknąć strat nawet do kilkudziesięciu procent. Mikrorejonizacja eliminuje dalsze straty rzędu kilku procent. Stąd bardzo ważne jest poszerzenie informacji o wartość gospodarczą odmian z uwzględnieniem ich reakcji na warunki siedliskowe i elementy agrotechniki, które może przyczynić się do maksymalizacji plonowania na obszarze gminy lub określonego gospodarstwa.

Celem badań było ułatwienie rekomendacji najbardziej stabilnych i wysoko plonujących odmian w warunkach standardowej i intensywnej uprawy z uwzględnieniem lat i miejscowości jako wielu środowisk.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach stabilności wykorzystano plony 9 odmian (tab. 1) uzyskane z doświadczeń Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) na Dolnym Śląsku. Spośród doświadczeń PDO wytypowano 6 miejscowości odznaczających się zróżnicowanymi warunkami glebowymi i klimatycznymi:

Tabela 1

Wartości średnie plonów w dt/ha poszczególnych genotypów w doświadczeniach
Mean yield values of the analysed genotypes (in dt/ha)

Genotypy Genotypes	Środowiska — Wariant standardowy Environment — Standard cultivation variant					
	Tarnów	Kobierzyce	Oleśnica	Tomaszów	Krościna	Jelenia Góra
	Tar 1999, 2000, 2001	Kob 1999, 2000, 2001	Ol 1999, 2000, 2001	To 1999, 2000, 2001	Kro 1999, 2000, 2001	JG 1999, 2000, 2001
Kobra	70,5	93,7	71,3	55,9	71,7	57,8
Korweta	70,9	79,5	60,6	48,2	61,5	53,1
Wanda	72,9	86,5	61,1	51,0	69,1	60,0
Elena	76,4	73,6	55,0	51,4	62,6	61,1
Jawa	72,6	83,6	66,7	58,6	77,9	60,2
Almari	65	82,6	61,1	50,6	67,2	57,5
Roma	68,3	75,4	53,0	49,5	67,2	55,5
Mikon	73,1	76,8	59,8	48,9	58,5	57,4
Sakwa	74,5	87,3	65,4	55,0	68,4	57,8
wariant intensywny intensive cultivation variant						
Kobra	89,6	107,4	95,9	69,2	92,7	74,1
Korweta	84,6	88,5	75,2	53,4	83,3	65,1
Wanda	83,8	108,5	86,7	58,4	92,2	77,5
Elena	88,7	102,3	84,2	59,8	85,9	78,4
Jawa	89,1	108,8	90,0	72,1	94,4	78,6
Almari	85,8	96,9	82,2	60,6	79,5	72,2
Roma	84,3	98,8	79,4	62,6	80,2	66,1
Mikon	89,6	101,1	88,4	62,9	82,5	73,2
Sakwa	88,9	98,6	88,1	63,7	88,6	74,1

- 1. Tarnów — kompleks pszenney dobry, Tar 1999 rok; Tar 2000 rok; Tar 2001 rok,
- 2. Kobierzyce — kompleks pszenney bardzo dobry, Kob 1999 rok; Kob 2000 rok; Kob 2001 rok,
- 3. Oleśnica — kompleks pszenney dobry, Ol 1999 rok; Ol 2000 rok; Ol 2001 rok,
- 4. Tomaszów — kompleks żytni dobry, To 1999 rok; To 2000 rok; To 2001 rok,
- 5. Krościna — kompleks żytni bardzo dobry, Kro 1999 rok; Kro 2000 rok; Kro 2001 rok,
- 6. Jelenia Góra — kompleks zbożowo-górski, JG 1999 rok; JG 2000 rok; JG 2001 rok.

Doświadczenia te założono w dwóch powtórzeniach metodą pasów prostopadłych porównując wariant standardowy z intensywnym sposobem uprawy roli. 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. Wymienione odmiany badano w dwu powtórzeniach rozważając oddzielnie wariant intensywny lub podstawowy. Analizowano 3-letni okres uprawy odmian pszenicy w latach 1999-2001. Powierzchnia poletka w każdym doświadczeniu wynosiła 15 m². Stabilność plonowania odmian oceniano przy pomocy programu Sergen 3 (Caliński i in., 1998). Obliczenia przeprowadzono biorąc za podstawę plon uzyskany z każdego poletka w 6 miejscowościach przez okres 3 lat.

WYNIKI

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

Następny etap badań obejmował analizę wariancji (tab. 2), 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.

W rozważanych wariantach standardowym i intensywnym hipotezy o równości efektów głównych dla odmian i środowisk oraz o braku interakcji genotypów ze środowiskami ($G \times E$) zostały odrzucone na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Zróżnicowaną reakcję odmian na zmiany warunków środowiska można by tłumaczyć ich regresją liniową względem efektów środowiskowych. Jednak wyniki analizy wariancji wskazują, że hipotezę o braku regresji efektów interakcji względem środowiska należy przyjąć gdyż F obliczone zarówno w wariancie intensywnym jak i standardowym jest niższe od odpowiedniej wartości krytycznej. Istotne odchylenia od regresji w obu rozważanych

wariantach wskazują, że interakcja genotypów z badanymi środowiskami podlega innym układom niż prosta zależność regresyjna.

Tabela 2

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

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Number degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	
		wariant standardowy standrad cultivation variant	wariant intensywny intensive cultivation variant
Lata Year	2	3,26	2,40
Miejscowości Station	5	69,01	104,68*
Środowiska Environments	10	20,85*	23,89*
Regresja wzg. interakcji Regression on interaktion	8	24,94	23,30
Odchyl. od regresji Regression deviation	2	4,45	14,26
Genotypy Genotypes	8	4,61*	9,02*
Genotypy × lata Genotypes × year	16	0,49	1,33*
Genotypy × miejscowości Genotypes × station	40	0,93	0,65
Genotypy × środowiska Genotypes × environments	80	0,71*	0,51*
Regresja względem środowisk Regression on explanatory variable	8	0,53	1,24
Odchyl. od regresji Regression deviation	72	0,73*	0,43*
Błąd doświadczeń Experimental error	114	0,24	0,21

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

* Significant at the level $\alpha = 0,05$

Tabela 3 przedstawia wyniki analizy szczegółowej badanych genotypów ze względu na ich plon oraz interakcję ze środowiskiem. W wariancie standardowym uprawy Kobra, Jawa i Sakwa odznaczają się dodatnimi efektami głównymi. Odmiany te w analizowanych środowiskach plonują istotnie wyżej w porównaniu do średniej ogólnej wszystkich badanych obiektów. Niższymi plonami w 6 analizowanych miejscowościach charakteryzowały się Korweta i Roma. Pozostałe genotypy nie wykazywały istotnych odchyleń plonów od średniej generalnej. Prawie wszystkie odmiany odznaczały się istotną interakcją ze środowiskami. Jedynie Sakwa i Almari reagowały stabilnym plonowaniem na zmiany środowiska związane z kompleksem glebowym i warunkami klimatycznymi. Również w wariancie intensywnym Kobra i Jawa plonowały istotnie wyżej w porównaniu do pozostałych odmian. Korweta, Roma i Almari w warunkach zróżnicowanych kompleksów przydatności rolniczej gleb wykazywały znacznie niższe plonowanie niż pozostałe badane obiekty. Natomiast Wanda, Elena, Mikon i Sakwa nie odznaczały się

istotnymi odchyleniami plonów od średniej generalnej. Wyższą stabilność plonowania w intensywnym wariancie uprawy wykazywały Jawa, Roma, Mikon i Almari.

Tabela 3

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

Genotyp Genotype	Wariant standardowy Standard cultivation variant			Wariant intensywny Intensive cultivation variant		
	ocena efektu głównego estimate of main effect	stat. F dla efektu głównego F-stat. for main effect	stat. F dla interakcji z środowiskami F-stat. for interactions with environments	ocena efektu głównego estimate of main effect	stat. F dla efektu głównego F-stat. for main effect	stat. F dla interakcji z środowiskami F-stat. for interactions with environments
Kobra	0,70	10,57	4,02	0,81	13,63	4,57
Korweta	-0,46	8,59	2,14	-1,25	61,52	2,41
Wanda	0,21	1,38	2,65	0,36	4,77	2,63
Elena	-0,30	1,26	6,31	0,08	0,17	3,33
Jawa	0,68	14,48	2,78	0,95	46,55	1,81
Almari	-0,21	2,02	1,83	-0,52	13,35	1,88
Roma	-0,58	6,95	4,20	-0,67	34,24	1,23
Mikon	-0,44	7,56	2,23	0,08	0,44	1,48
Sakwa	0,41	15,31	0,92	0,16	1,05	2,17
Wartości krytyczne 0,05		4,96	1,90	4,96		1,90
Critical values $\alpha = 0.05$		4,96	1,90	4,96		1,90

Tabela 4

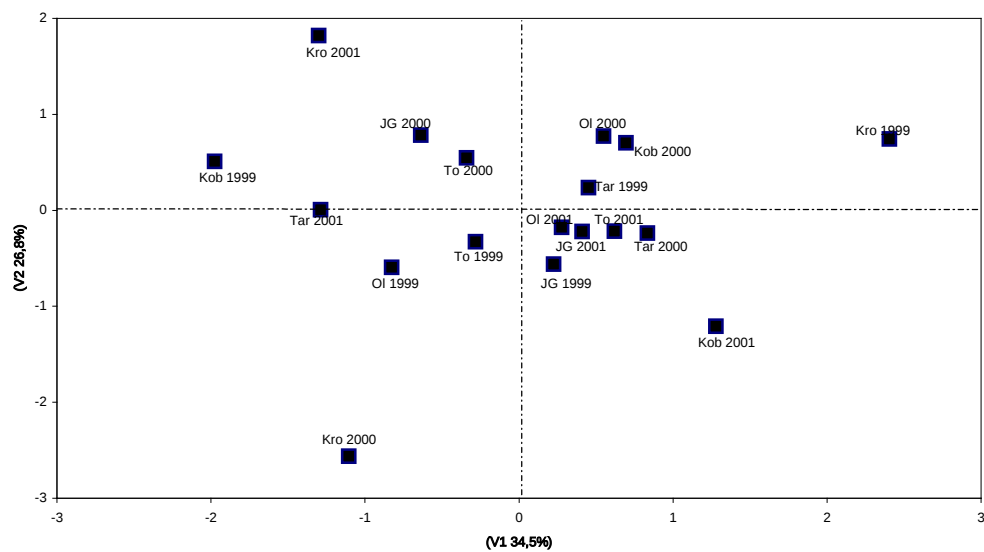
Testowanie regresji interakcji poszczególnych genotypów
Regression coefficients and F statistics for genotype interaction

Genotyp Genotype	Wariant standardowy Standard cultivation variant				Wariant intensywny Intensive cultivation variant			
	współczynnik coefficient of		stat. F dla stat F		współczynnik coefficient of		stat. F dla stat F	
	regresji regression	determinacji determination %	regresji of regression	odchylen for deviations	regresji regression	determinacji determination %	regresji of regression	odchylen for deviations
Kobra	-0,19	10,35	1,04	4,00	-0,24	18,19	2,00	4,15
Korweta	-0,20	20,66	2,34	1,89	-0,27	40,95	6,24	1,58
Wanda	0,24	24,67	2,95	2,22	0,18	17,80	1,95	2,41
Elena	0,11	2,13	0,20	6,86	0,35	50,48	9,17	1,83
Jawa	-0,005	0,01	0,00	3,09	-0,10	7,15	0,69	1,87
Almari	-0,04	1,11	0,10	2,01	-0,03	0,55	0,05	2,08
Roma	-0,09	2,01	0,18	4,57	-0,19	40,58	6,15	0,81
Mikon	0,02	0,24	0,02	2,47	0,12	14,56	1,53	1,41
Sakwa	0,15	28,37	3,56	0,73	0,17	18,09	1,99	1,97
Wartości krytyczne $\alpha = 0,05$			5,12	1,95	5,12			1,95
Critical values $\alpha = 0.05$			5,12	1,95	5,12			1,95

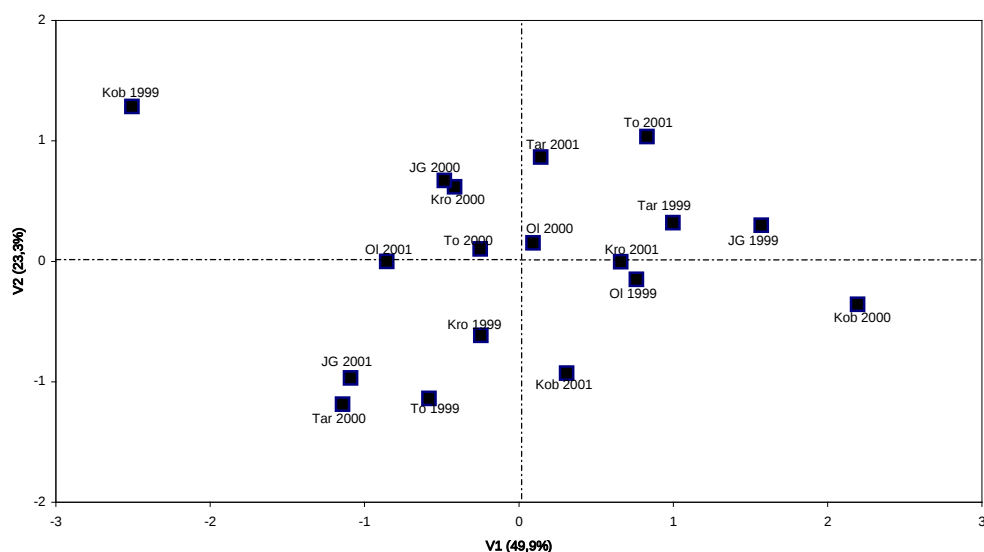
W tabeli 4 przedstawiono testowanie regresji interakcji poszczególnych genotypów względem środowiska. Niskie i w większości przypadków nieistotne współczynniki regresji zarówno w wariancie intensywnym jak i standardowym potwierdzają brak zależności regresyjnej pomiędzy plonami analizowanych odmian i środowiskami co

świadczy o istotnym zróżnicowaniu plonów w zależności od warunków klimatycznych panujących w poszczególnych latach. Rozważając kryterium stabilności plonowania genotypów, wyższe efekty tego parametru w intensywnym wariancie uprawy stwierdzono u odmian Jawa, Roma, Mikon i Almari. Na uwagę zasługuje nie istotne odchylenie od regresji statystyki F odmiany Sakwa, które potwierdza wyższą stabilność tej odmiany w warunkach ekstensywnych uprawy roli. Niskie lecz istotne współczynniki regresji w wariancie intensywnym stwierdzono u odmian Korweta, Elena i Roma. Nie istotne odchylenie od regresji w przypadku genotypu Jawa oraz wysoka wartość oceny efektu głównego tego obiektu wskazuje, że odmiana ta odznacza się lepszym przystosowaniem do zmiennych warunków klimatycznych i glebowych na obszarze Dolnego Śląska.

Ocenę analizowanych środowisk i genotypów pod względem interakcji $G \times E$ dokonano 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 środowisk na płaszczyźnie wykorzystano dwie pierwsze składowe główne, które stanowią oceny kontrastów pomiędzy genotypami wyliczone dla poszczególnych miejscowości. Rysunek 1 przedstawia rozmieszczenie środowisk na płaszczyźnie w układzie składowych głównych.



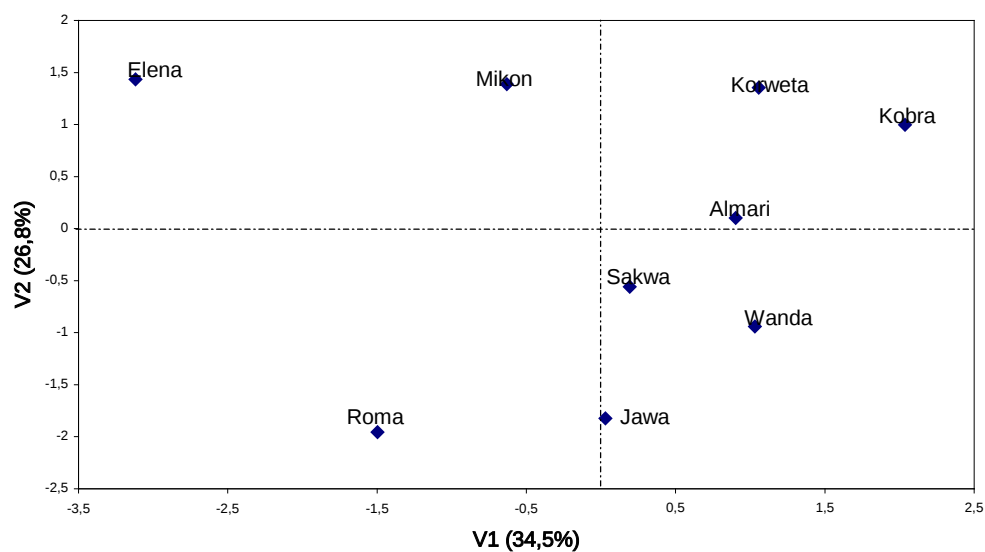
Rys. 1. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant standardowy
Fig. 1. Distribution of environments in the system of principal components — standard version
of cultivation



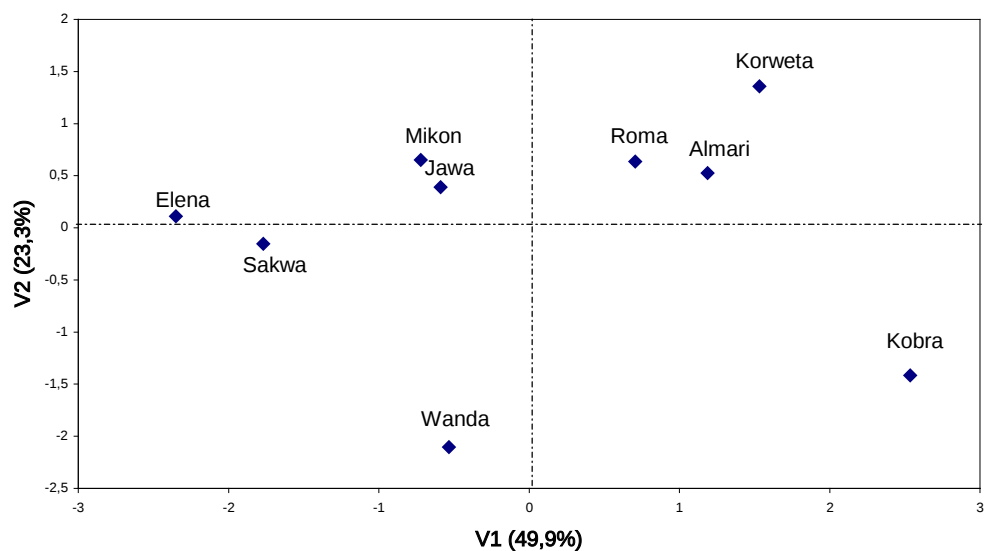
Rys. 2. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant intensywny
Fig. 2. Distribution of environments in the system of principal components — intensive version of cultivation

Środowisko o wysokim udziale w interakcji $G \times E$ odznacza się dużą odległością od początku układu współrzędnych. Analizując wariant standardowy można stwierdzić, że najbardziej oddalone od początku układu są środowiska Kro 1999; Kro 2000 i Kro 2001 oznaczające miejscowość Krościn. Środowisko to charakteryzuje się średnim plonem odmian znacznie odbiegającym od plonów genotypów w innych miejscowościach. Znaczne różnice w plonowaniu odmian w Krościnie w porównaniu do pozostałych środowisk wynikają ze zmiennych warunków klimatycznych panujących w tej miejscowości w okresie badanego trzylecia. Świadczą o tym duże odległości pomiędzy środowiskami Kro 1999; Kro 2000 i Kro 2001. Rysunek 2 przedstawia środowiska w układzie dwu pierwszych składowych głównych dla wariantu intensywnego. Porównując rysunek 1 z rozmieszczeniem środowisk w wariantcie intensywnym można stwierdzić większe rozproszenie punktów określających poszczególne miejscowości przy tym systemie uprawy. Wariant intensywny zróżnicował znacznie środowiska charakteryzujące się kompleksem pszennym dobrym w porównaniu do miejscowości o gorszych warunkach glebowych. Jednak duże oddalenie środowisk Kob 1999, Kob 2000 i Kob 2001 (Kobierzyce) oraz Tar 2000 i Tar 2001 (Tarnów) wskazuje, że plony odmian w dużym stopniu uzależnione były od temperatury i opadów w okresie badanych trzech lat.

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



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



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

Wielkość interakcji genotypów ze środowiskami obrazuje odcinek (wektor) wartości statystyki F wyprowadzony od każdego punktu do początku układu. Największy udział w sumie kwadratów odchyleń dla interakcji $G \times E$ wykazują odmiany Elena i Roma.

Genotypy te odznaczają się bardziej zmiennym plonowaniem w badanych środowiskach niż pozostałe obiekty. Natomiast wyższą stabilnością plonowania charakteryzują się Sakwa, Almari i Wanda. W wariancie intensywnym (rys. 4) Kobra i Wanda odznaczały się znaczną zmiennością plonowania w badanych środowiskach. Natomiast Jawa, Mikon, Roma i Almari cechowały się bardziej stabilnym plonowaniem. Porównując odległości poszczególnych genotypów od siebie w wariancie intensywnym i standardowym można zauważyć również duże różnice. Wskazuje to na zróżnicowaną reakcję odmian na dawki nawożenia azotowego, stosowane środki ochrony roślin i warunki atmosferyczne.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania pozwoliły na wyróżnienie dwu odmian Jawy i Kobry najwyżej plonujących (w obu wariantach) w analizowanych środowiskach. Niższą stabilnością plonowania charakteryzowała się Kobra, ponieważ stwierdzono u niej istotne statystyki F dla interakcji ze środowiskami i dla odchyleń od regresji.
2. Wysoka stabilność odmiany Jawa w wariancie intensywnym wskazuje, że ten genotyp powinien być zalecany do uprawy na terenie Dolnego Śląska.
3. Wariant intensywny sprzyja wysokiemu plonowaniu odmian szczególnie na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego.
4. W wariancie standardowym plony odmian w badanych środowiskach były mniej zróżnicowane niż w intensywnym systemie uprawy roli. Rekomendacja odmian nabiera więc większego znaczenia w warunkach intensywnej uprawy pszenicy.
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

- Bundessortenamt (HRSG). 1998. Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfruchte, Leguminosen (grobkörnig, Hackfrüchte). Hannover. 13f.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. Podręcznik użytkownika programu Sergen 3. Poznań 1998: 5 — 59.
- Cox D. J. 1991. Breeding for hard red winter wheat cultivars adapted to conventional-till and no-till systems in northern latitudes. *Euphytica* 58, 1: 57 — 63.
- Cox D. J., Shelton D. R. 1992. Genotype-by-tillage interactions in hard red winter wheat quality evaluation. *Agron. J.* 84: 627 — 630.
- Domitruk D. R., Duggan B. L., Fowel D. B. 2001. Genotype-environment interaction of no-till winter wheat in Western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 81: 7 — 16.
- Ellmer F., Peschke H., Köhn W., Chmielewski F. M., Baumecker M. 2000. Tillage and fertilizing effects on sandy soils. Review and selected results of long-term experiments at Humboldt University Berlin *J. Plant Soil Sci.* 163: 267 — 272.

- Gawrońska-Kulesza, A. Suwara I., Kaczmarek M. 1997. Rola przedplonu i poziomu nawożenia azotem w kształtowaniu łanu i plonu pszenicy ozimej. Ogól. Konf. Nauk. 15.IX.1997 — Rzeszów — Optymalizacja produkcji roślinnej w zmiennych warunkach ekologicznych.: 36 — 37.
- Jończyk K. 1997. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od wybranych elementów agrotechniki. Biul. IHAR 204: 173 — 180.
- Mazurek J., Sułek A. 1995. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR 194: 77 — 80.
- Mittler S. 2000. Ökoviabilität von Winterweizen unter Standortbedingungen Nordostdeutschlands Dissertation Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität Berlin: 1 — 155.
- Runge M. 1995. Wirkung unterschiedlicher N-Düngungsregime und Fungizidmassnahmen auf den Ertrag. Lehr- und Versuchsanstalt für integrierten Pflanzenbau e. V. Jahresbericht 25f.
- Sieling K. Schroder H., Finck M., Hanus H. 1998. Yield, N uptake and apparent N-use efficiency of winter wheat and winter barley grown in different cropping systems. J. of Agricul. Sci. Cambridge 131: 375 — 387.
- Sowers K. E., Pan W. L., Miller B. C., Smith J. L. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen applications in soft white winter wheat. Agron. J. 86: 942 — 948.
- Varga B., Svecnjak Z., Pospisil A. 2000. Grain yield and yield components of winter wheat grown in two management systems. Bodenkultur 3: 145 — 150.
- Varga B., Svecnjak Z., Pospisil A. 2001. Winter wheat cultivars performance as affected by production systems in Croatia. Agron. J. 93: 961 — 966.
- Weisz R. Bowman D. T. 1999. Influence of tillage system on soft red winter wheat cultivars selection. J. of Production-agriculture 12 (3): 415 — 418.