

HENRYK BUJAK¹**ANNA DOPIERAŁA**²**PAWEŁ DOPIERAŁA**²**KAMILA NOWOSAD**¹¹ Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza, Wrocław² Lochow - Petkus Polska Sp. z o. o.

Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej plonu odmian żyta ozimego

Analysis of genotype-environment interaction for the yield of rye cultivars

Przeprowadzono analizę interakcji odmian żyta ozimego ze środowiskami dla plonu ziarna. Materiałem badawczym było 14 odmian żyta ozimego: populacyjne — Motto, Warko, Dańkowskie Żłote, Amilo, Wibro, Hegro, Zduno, Kier, Walet, Bosmo oraz mieszańcowe — Klawo, Nawid, Ursus, Fernando. Doświadczenia polowe z badanymi odmianami zostały założone metodą pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach w latach 2001–2003 w ośmiu miejscowościach (Wrocikowo, Marianowo, Sulejów, Tomaszów Bolesławiecki, Pokój, Lubliniec, Głodowo, Wyczechy). Otrzymane wyniki plonu ziarna z poszczególnych lat i miejscowości opracowano statystycznie za pomocą programu Sergen 3 (Caliński i in., 1998) dla analizy serii doświadczeń odmianowych. Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu badanych odmian żyta ozimego w analizowanych doświadczeniach. Wykazano również istotne zróżnicowanie lat badań, miejscowości oraz występowanie interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$). Odmiany mieszańcowe, za wyjątkiem odmiany Nawid, plonują istotnie lepiej od odmian populacyjnych jednak podlegają one wpływom warunków środowiskowych. Odmiany Bosmo w standardowych oraz Warko i Hegro w intensywnych warunkach uprawy nie wykazały istotnych odchyleń od regresji, co świadczy o ich stabilności.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, plon ziarna, żyto

The paper presents results of analysis of cultivar $\times$ environment interaction in winter rye yield trials. Ten open-pollinated (Motto, Warko, Dańkowskie Żłote, Amilo, Wibro, Zduno, Kier, Walet, Hegro, Bosmo) and 4 hybrid (Klawo, Nawid, Ursus, Fernando) cultivars were sown in a split-block design with two replications at 8 locations (Wrocikowo, Marinowo, Sulejów, Tomaszów Bolesławiecki, Pokój, Lubliniec, Głodowo, Wyczechy) over a three-year period (2001–2003). The data were analyzed statistically with the computer program SERGEN 3. Mean squares for cultivars, years, locations and genotype $\times$ environment interaction were all significant. The hybrid cultivars, with the exception of Nawid, yielded higher than the open-pollinated cultivars, but they were more sensitive to changing environmental conditions. Cultivar Bosmo in standard husbandary conditions and the cultivars Warko and Hegro in intensive variant of cultivation showed stable performance.

Key words: genotype-environment interaction, grain yield, rye cultivars

WSTĘP

W badaniach nad odmianami roślin uprawnych doświadczenie założone w jednym środowisku daje jedynie informacje o zachowaniu się poszczególnych genotypów w określonej miejscowości. Zwykle dąży się do tego, aby doświadczenie dostarczyło informacji o zachowaniu się badanych genotypów (odmian) nie w jednym środowisku, a w określonym rejonie uprawy w różnych warunkach glebowo-klimatycznych. Tych informacji dostarczają doświadczenia prowadzone w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego. W analizie wyników tych doświadczeń najbardziej interesującą jest interakcja genotypowo-środowiskowa, która charakteryzuje wartość adaptacyjną odmian do różnych warunków glebowo-klimatycznych. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej umożliwia wyodrębnienie genotypów stabilnych, czyli takich, które plonują dobrze we wszystkich środowiskach oraz genotypów niestabilnych, czyli takich, których plon zależy w dużym stopniu od warunków glebowo-klimatycznych środowisk. Genotypy niestabilne można jeszcze podzielić na intensywne, czyli te, które plonują dobrze w bardziej sprzyjających środowiskach oraz ekstensywne, które względnie dobrze plonują w mniej sprzyjających środowiskach. Zagadnienie to staje się szczególnie ważne w ostatnich latach, kiedy obserwuje się dynamiczny postęp hodowlany u żyta (Kadłubiec i in., 1998; Dopierała i in., 2003). Badanie reakcji odmian w środowiskowej mikroskali przy różnych poziomach agrotechniki staje się ważnym elementem z poznawczego i utylitarne punktu widzenia. Sposobów szacowania interakcji genotypowo-środowiskowej jest wiele, a wśród nich często wykorzystywane są modele opisane w pracach Eberhat i Russela (1966), Shukli (1972), Calińskiego i wsp. (1980), Kaczmarka (1986), Mądrego (2003 a, 2003 b).

Celem niniejszych badań było określenie interakcji genotypowo-środowiskowej genotypów z miejscowościami i latami dla plonowania populacyjnych i mieszańcowych odmian żyta ozimego w warunkach standardowej i intensywnej uprawy.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były przyjęte do programu doświadczeń porejestrowych odmiany żyta ozimego populacyjne: Motto, Warko, Dańkowskie Złote, Amilo, Wibro, Zduno, Hegro, Kier, Walet, Bosmo oraz mieszańcowe: Klawo, Nawid, Ursus, Fernando.

Doświadczenia polowe z badanymi odmianami zostały założone metodą pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach w latach 2001–2003 w ośmiu miejscowościach (Wrocikowo, Marianowo, Sulejów, Tomaszów Bolesławiecki, Pokój, Lubliniec, Głodowo, Wyczechy) na dwóch poziomach uprawy standardowym (a1) i intensywnym (a2). Poziom a1 odpowiada standardowym warunkom uprawy dostosowanym do odpowiedniej klasy gleby, poziom intensywny a2 różnił się od poziomu a1 wyższym o 40 kg/ha nawożeniem azotowym, dolistnym dokarmianiem oraz pełną chemiczną ochroną roślin przed chorobami i wyleganiem. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 15 m². Otrzymane wyniki plonu ziarna w poszczególnych latach i miejscowościach opracowano statystycznie za pomocą programu SERGEN 3 (Caliński i in., 1998) do analizy serii doświadczeń odmianowych.

Wszystkie przeprowadzone testy ogólne przedstawiono za pomocą statystyki F. Wyraża ona stosunek dwóch odpowiednich średnich kwadratów. Testowanie genotypów oparte zostało na wielowymiarowej statystyce Hottellinga T^2 , przekształconej następnie w statystykę F, natomiast testowanie interakcji genotypy $\times$ lata i genotypy $\times$ miejscowości oparto na statystyce Hottellinga-Lawleya T_0^2 , także przekształconej w statystykę F (Caliński i in., 1998). Plony badanych odmian oraz interakcję ze środowiskiem analizowano odrębnie dla standardowego i intensywnego poziomu uprawy. Poprzez środowisko należy rozumieć doświadczenie założone w poszczególnym roku, w określonej miejscowości.

WYNIKI

Średnie wartości plonów 14 odmian żyta ozimego z doświadczeń przeprowadzonych w 8 miejscowościach we wszystkich latach badań oraz średnie generalne dla odmian i miejscowości przedstawiono w tabelach 1 i 2. Z zestawień tych można zauważyć wyraźnie dodatnią reakcję wszystkich odmian na wyższy poziom nawożenia i ochrony roślin. Badane odmiany reagowały wzrostem plonu od 10,8 dt/ha (odmiana Kier) do 14,8 dt/ha (odmiana Fernando). W standardowych warunkach agrotechniki wyraźnie wyższym plonem charakteryzują się mieszańcowe odmiany Fernando, Ursus i Klawo. Również te same odmiany plonują najlepiej w warunkach zwiększonego poziomu agrotechniki. Spośród tych odmian wyróżnia się heterozyjna odmiana Fernando, której średni plon ze wszystkich lat badań przekroczył 80 dt/ha.

Tabela 1

Średnie wartości plonów (dt/ha) odmian żyta ozimego w standardowym wariancie uprawy w latach 2001–2003
Mean yield values (dt/ha) of the analyzed winter rye cultivars at the standard cultivation (2001–2003)

Genotypy Genotypes	Wrocikowo	Marianowo	Sulejów	Tomaszów Bol.	Pokój	Lubliniec	Głódowo	Wyczechy	Średnia Mean
Motto	69,1	57,9	66,8	58,1	46,1	60,4	62,8	51,5	59,1
Warko	67,9	55,1	63,4	55,8	49,2	57,1	63,4	52,3	58,0
Klawo (F ₁)	71,3	59,6	64,8	65,1	60,7	61,2	68,7	59,7	63,9
Dańkowskie Złote	66,9	54,4	63,1	57,2	43,0	58,5	59,6	54,0	57,1
Amilo	68,1	53,6	60,0	56,4	47,0	56,1	60,9	51,1	56,7
Wibro	67,7	58,6	65,2	54,6	49,0	54,3	60,3	53,8	57,9
Zduno	68,1	57,3	63,0	55,2	49,4	60,3	63,3	50,2	58,3
Nawid (F ₁)	66,8	56,2	66,4	61,8	44,3	55,3	65,0	55,0	58,9
Hegro	69,0	58,5	63,7	57,3	47,3	58,4	61,3	54,8	58,8
Kier	70,6	57,7	62,5	54,8	48,3	56,8	59,9	54,8	58,2
Walet	70,0	59,2	64,4	60,1	43,4	55,8	62,1	56,5	58,9
Ursus (F ₁)	76,3	62,3	65,8	65,1	54,9	62,8	65,8	60,3	64,2
Bosmo	72,8	55,6	62,9	51,8	44,5	61,4	61,1	52,6	57,8
Fernando (F ₁)	72,5	65,2	69,3	69,1	53,0	69,6	73,7	61,6	66,7
Średnia Mean	69,8	57,9	64,4	58,7	48,6	59,1	63,4	54,9	

F₁ — Odmiana mieszańcowa; Hybrid cultivar

Tabela 2

Średnie wartości plonów (dt/ha) odmian żyta ozimego w intensywnym wariacie uprawy w latach 2001–2003

Mean yield values (dt/ha) of the analyzed winter rye cultivars at the intensive cultivation (2001–2003)

Genotypy Genotypes	Wrocław	Mariano- wo	Sulejów	Tomaszów Bol.	Pokój	Lubliniec	Głódowo	Wyczechy	Średnia Mean
Motto	83,5	67,3	87,0	70,0	55,3	71,6	72,0	68,0	71,8
Warko	82,6	63,8	83,3	69,5	60,0	72,9	72,3	67,0	71,4
Klawo (F ₁)	90,1	66,5	88,3	76,4	65,3	76,8	79,5	76,4	77,4
Dańkowskie Złote	81,2	64,8	80,1	68,5	57,5	70,3	72,4	67,7	70,3
Amilo	79,9	61,4	79,1	66,8	57,0	71,5	69,6	69,6	69,4
Wibro	81,9	64,5	78,9	66,7	57,3	69,5	72,8	65,8	69,7
Zduno	82,3	64,8	83,5	68,1	59,8	68,3	72,7	65,5	70,6
Nawid (F ₁)	79,6	66,6	83,1	70,1	59,1	66,1	74,0	68,4	70,9
Hegro	81,5	68,8	84,5	65,5	56,8	67,4	73,5	70,4	71,1
Kier	81,6	62,5	81,3	67,6	58,2	64,7	70,6	65,8	69,0
Walec	83,4	68,8	82,6	67,5	59,6	71,8	73,0	67,0	71,7
Ursus (F ₁)	92,0	73,0	86,9	73,6	56,1	73,4	76,8	72,3	75,5
Bosmo	82,7	62,9	81,7	64,4	51,2	76,7	71,6	69,5	70,1
Fernando (F ₁)	92,4	78,7	92,9	79,8	67,4	84,9	82,9	73,5	81,5
Średnia Mean	83,9	66,8	83,8	69,6	85,6	71,9	73,8	69,1	

F₁ — Odmiana mieszańcowa; Hybrid cultivar

W tabeli 3 przedstawiono średnie kwadraty z łącznej analizy wariancji, które pozwoliły na weryfikację hipotez dotyczących braku zróżnicowania efektów genotypów, lat, miejscowości, środowisk oraz interakcji genotypowo-środowiskowej. Jak wynika z rezultatów analiz wariancji przedstawionych w tej tabeli wszystkie hipotezy zerowe zarówno w standardowym, jak i intensywnym wariacie uprawy zostały odrzucone. Na obydwu poziomach agrotechniki wystąpiła istotna regresyjna zależność interakcji genotypowo-środowiskowej od przeciętnego poziomu plonowania wszystkich odmian w danym środowisku, czyli od średniej środowiskowej.

Szczegółowe wyniki analiz dotyczące poszczególnych odmian oraz ich współdziałania ze środowiskami glebowo-przyrodniczymi przedstawiono w tabeli 4. Wyniki analiz szczegółowych genotypów wskazują, że wśród czternastu porównywanych odmian w standardowych warunkach uprawy jest dziesięć takich, których efekty główne można uznać za różne od zera. Wśród nich odmiany Klawo, Ursus i Walec odznaczają się dodatnimi efektami, a pozostałe wykazują ujemne efekty. Porównując odmiany o istotnych efektach głównych między sobą można stwierdzić, że najbardziej od przeciętnego plonowania odbiega odmiana Fernando, a następnie Ursus i Klawo. Wymienione odmiany wykazują również istotną interakcję ze środowiskami, czyli podlegają dość silnym wpływom środowiska, tzn. są mniej stabilne w plonowaniu. Spośród badanych odmian jedynie sześć można uznać za stabilne, ale ich efekty główne są ujemne. Odmiany populacyjne Hegro i Walec nie wykazują istotnej interakcji ze środowiskiem i można by je uznać za stabilne, a ich efekty główne przyjmują ujemne, ale nieistotne wartości.

Tabela 3

Średnie kwadraty dla źródeł zmienności w łącznej analizie wariancji
Mean squares in the combined analysis of variance

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty — Mean squares	
		wariant standardowy standard cultivation	wariant intensywny intensive cultivation
Lata — Years	2	4838,95**	12106,09**
Miejscowości — Locations	7	1734,04**	3026,44*
Lata × miejscowości Years × locations	14	1240,54**	2440,33**
Genotypy Genotypes	13	219,77**	303,27**
Genotypy × lata Genotypes × years	26	46,35**	26,06**
Genotypy × miejscowości Genotypes × locations	91	17,09*	15,96**
Genotypy × lata × miejscowości Genotypes × years × locations	182	13,46**	13003**
Regresja względem środowiska Regression on environments	13	30,12	21,11
Odchylenie od regresji Regression deviation	169	12,18	12,41
Błąd doświadczeń — Experimental error	312	5,43	4,82

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at the level $\alpha = 0.05$ ** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; significant at the level $\alpha = 0.01$

Tabela 4

Testowanie odmian żyta ozimego i ich interakcji ze środowiskami
Testing of winter rye cultivars and their interaction with environments

Genotypy Genotypes	Wariant standardowy — Standard cultivation			Wariant intensywny — Intensive cultivation		
	Ocena efektu głównego Estimate of main effect	statystyka F dla — statistic F for:		Ocena efektu głównego Estimate of main effect	statystyka F dla — statistic F for:	
		efektu głównego main effect	interakcji genotypy × miejscowości × lata interaction genotypes × years × locations		efektu głównego main effect	interakcji genotypy × miejscowości × lata interaction genotypes × years × locations
Motto	-0,50	0,44	2,68*	-0,33	0,33	1,79
Warko	-1,59	6,27*	1,91*	-0,74	1,28	2,30*
Klawo (F ₁)	4,26	10,27*	8,42*	5,23	21,04*	6,96*
Dańkowskie Złote	-2,53	11,72*	2,60*	-1,86	10,05*	1,84*
Amilo	-2,95	35,20*	1,18	-2,80	15,64*	2,69*
Wibro	-1,67	17,49*	0,76	-2,51	33,84*	1,00
Zduno	-1,26	6,40*	1,17	-1,56	7,44*	1,75*
Nawid (F ₁)	-0,75	1,65	1,62	-1,32	5,66*	1,65
Hegro	-0,82	1,96	1,63	-1,13	3,79	1,80*
Kier	-1,43	7,67*	1,28	-3,15	20,11*	2,64*
Walet	-0,68	0,83	2,66*	-0,45	0,50	2,13*
Ursus (F ₁)	4,55	35,83*	2,76*	3,32	19,26*	30,7*
Bosmo	-1,78	7,32*	20,6*	-2,08	6,14*	3,77*
Fernando (F ₁)	7,14	60,95*	3,98*	9,37	106,21*	4,43*
Wartość krytyczna $\alpha = 0,05$		4,60	1,72		4,60	1,72
Critical values $\alpha = 0.05$						

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at the level $\alpha = 0.05$

Wartości współczynnika regresji, odpowiedniego współczynnika determinacji, statystyki F dla testowania hipotezy o zerowości tej regresji oraz statystyki F dla hipotezy o zerowości odchyleń od regresji dla każdej odmiany przedstawiono w tabeli 5. W standardowym wariancie uprawy istotną regresją charakteryzują się odmiany Klawo i Bosmo, przy czym tylko druga z nich daje interakcję dającą się wyjaśnić poprzez regresję ze średnim plonowaniem tego genotypu w środowisku. Niskie i nieistotne współczynniki regresji świadczą o braku regresyjnej zależności między efektami interakcyjnymi plonu pozostałych analizowanych odmian a efektami środowiska. Wyniki te świadczą o stabilności plonowania odmian żyta ozimego, dla których nie stwierdzono istotnej interakcji. Klawo oraz sześć innych odmian (Motto, Warko, Dańkowskie Żłote, Walet, Ursus, Fernando) wykazuje natomiast istotne odchylenie od regresji. Odmiany, dla których stwierdzono istotne wariancje odchyleń regresyjnych wobec nieistotnych współczynników regresji są odmianami nieprzewidywalnymi, o nieregularnej reakcji na środowisko.

Tabela 5

Testowanie regresji interakcji odmian żyta ozimego względem środowiska
Testing of regression of interaction of winter rye cultivars on environment

Genotypy Genotypes	Wariant standardowy — Standard variant				Wariant intensywny — Intensive variant			
	współczynnik coefficient of:		statystyka F dla: statistic F for:		współczynnik coefficient of:		statystyka F dla: statistic F for:	
	regresji regression	determinacji % determination	regresji regression	odchyleń deviations	regresji regression	determinacji % determination	regresji regression	odchyleń deviations
Motto	0,01	0,02	0,00	2,89*	-0,04	3,83	0,52	1,85*
Warko	0,12	13,68	2,06	1,78*	0,13	30,29	5,65*	1,73
Klawo (F ₁)	0,42	36,68	7,53*	5,74*	0,15	11,91	1,76	6,60*
Dańkowskie Żłote	0,00	0,00	0,00	2,80*	0,11	24,59	4,24	1,49
Amilo	-0,11	17,88	2,83	1,04	0,03	1,30	0,17	2,86*
Wibro	-0,02	1,21	0,16	0,81	-0,01	0,64	0,08	1,07
Zduno	-0,04	2,96	0,40	1,22	-0,06	7,90	1,12	1,73
Nawid (F ₁)	0,11	6,52	0,91	1,63	-0,09	18,22	2,90	1,45
Hegro	-0,08	13,84	20,9	1,51	-0,14	40,86	8,98*	1,15
Kier	-0,11	0,74	0,10	1,37	0,00	0,00	0,00	2,84*
Walet	0,02	0,45	0,06	2,86*	0,01	0,09	0,01	2,30*
Ursus (F ₁)	-0,03	19,55	3,16	2,39*	-0,06	4,31	0,59	3,16*
Bosmo	0,18	34,99	7,00*	1,44	-0,13	16,08	2,49	3,41*
Fernando (F ₁)	-0,14	8,34	1,18	3,93*	0,10	8,46	1,20	4,37*
Wartość krytyczna $\alpha = 0,05$								
Critical values $\alpha = 0.05$			4,67	1,75				4,67 1,75

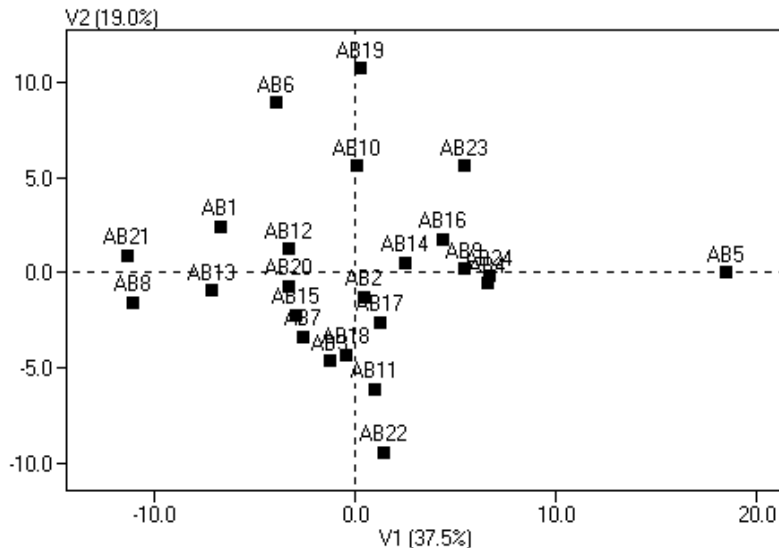
* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$

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

Oceniając przeciętną wysokość plonowania odmian żyta ozimego za pomocą wartości efektów głównych oraz odpowiednich statystyk F można stwierdzić, że w intensywnym wariancie uprawy odmiany mieszańcowe Fernando, Klawo i Ursus odznaczały się wyższymi plonami w porównaniu do pozostałych analizowanych genotypów (tab. 4). Odmiany te wykazywały się jednak istotną reakcją na warunki środowiska. Spośród analizowanych odmian jedynie trzy (Motto, Wibro i Nawid) można uznać za stabilne nie podlegające

wpływow warunków środowiska glebowo- klimatycznego, przy czym Motto plonuje na poziomie średniej ogólnej badanych genotypów. Dalszą analizę stabilności plonowania odmian żyta przeprowadzono za pomocą regresji łącznej interakcji poszczególnych genotypów względem środowiska. Odmiany populacyjne Warko i Klawo charakteryzują się istotną regresją, przy braku istotnych odchylen od regresji (tab. 5). Wyniki te pozwalają na wyjaśnienie, że ich interakcja ze środowiskami wynika całkowicie z regresyjnej zależności średniego plonowania genotypu w środowisku. Zerowe odchylenia od regresji zaobserwowano ponadto u czterech odmian (Dańkowskie Złote, Wibro, Zduno, Nawid), które również można uznać za stabilne w plonowaniu.

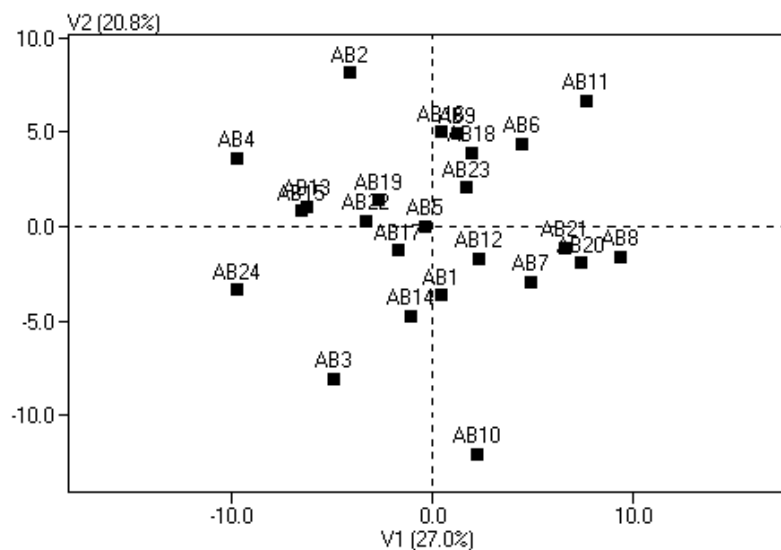
W celu uzyskania więcej informacji o zachowaniu się odmian żyta w zróżnicowanych warunkach glebowo-pogodowych przeprowadzono badanie struktury interakcji genotypowo-środowiskowej za pomocą analizy składowych głównych. Uwzględniając dwa pierwsze kontrasty o najwyższym udziale w statystyce F, przedstawiono rozmieszczenie środowisk w układzie składowych głównych dla standardowego (rys. 1) i intensywnego (rys. 2) poziomu agrotechniki.



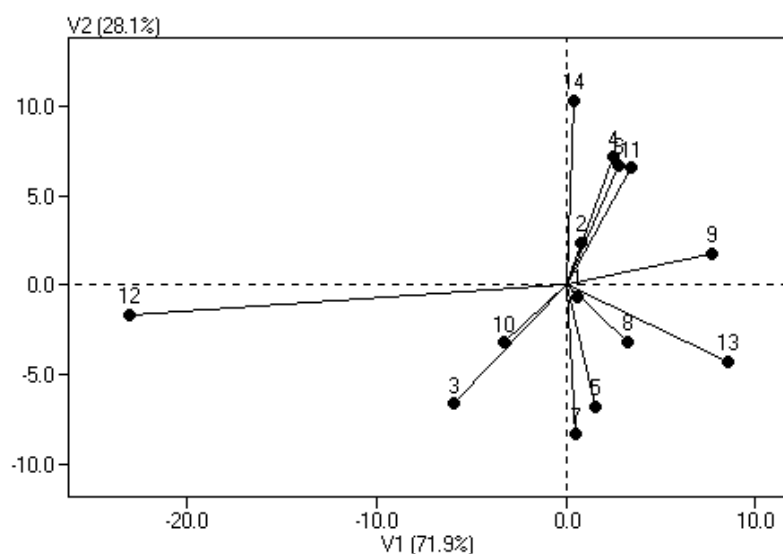
Środowiska — Environments:

AB1 — Wrocikowo	2001	AB9 — Wrocikowo	2002	AB17 — Wrocikowo	2003
AB2 — Marianowo	2001	AB10 — Marianowo	2002	AB18 — Marianowo	2003
AB3 — Sulejów	2001	AB11 — Sulejów	2002	AB19 — Sulejów	2003
AB4 — Tomaszów B.	2001	AB12 — Tomaszów B.	2002	AB20 — Tomaszów B.	2003
AB5 — Pokój	2001	AB13 — Pokój	2002	AB21 — Pokój	2003
AB6 — Lubliniec	2001	AB14 — Lubliniec	2002	AB22 — Lubliniec	2003
AB7 — Głodowo	2001	AB15 — Głodowo	2002	AB23 — Głodowo	2003
AB8 — Wyczechy	2001	AB16 — Wyczechy	2002	AB24 — Wyczechy	2003

Rys. 1. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych: wariant standardowej uprawy
Fig. 1. Representation of the location environments in the system of principal components: standard cultivation variant



Rys. 2. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant intensywnej uprawy
Fig. 2. Representation of the location environments in the system of principal components — intensive cultivation variant

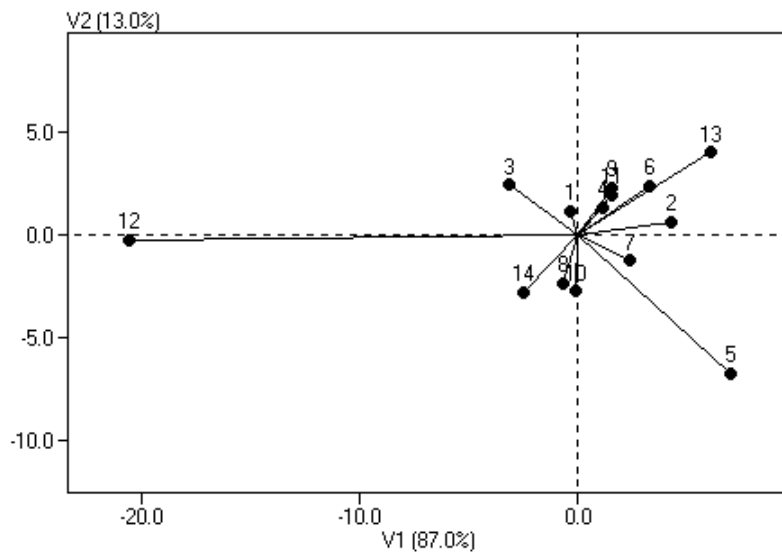


Odmiany — Cultivars:

1 — Motto 3 — Klawo F₁ 5 — Amilo 7 — Zduno 9 — Hegro 11 — Walet 13 — Bosmo
 2 — Warko 4 — Dańkowskie Złote 6 — Wibro 8 — Nawid F₁ 10 — Kier 12 — Ursus F₁ 14 — Fernando F₁

Rys. 3. Wektorowe przedstawienie odmian żyta ozimego w układzie składowych głównych — wariant standardowej uprawy

Fig. 3. Vector representation of winter rye cultivars in the system of principal components — standard cultivation variant



Rys. 4. Wektorowe przedstawienie odmian żyta ozimego w układzie składowych głównych — wariant intensywniej uprawy

Fig. 4. Vector representation of winter rye cultivars in the system of principal components — intensive cultivation variant

Zarówno w standardowym, jak i intensywnym wariancie można zauważyć duże zróżnicowanie plonowania odmian żyta w miejscowościach w kolejnych latach badań. Świadczą o tym duże odległości od początku układu współrzędnych i między sobą punktów obrazujących miejscowości w poszczególnych latach. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono wektorowe rozmieszczenie odmian żyta ozimego w układzie dwóch pierwszych składowych głównych odpowiednio dla standardowych i intensywnych warunków uprawy. Znaczne oddalenie od środka układu współrzędnych odmiany mieszańcowej Ursus wskazuje na dużą interakcję tej odmiany ze środowiskami zarówno w standardowych (rys. 3), jak i intensywnych (rys. 4) warunkach uprawy. Wynika to z faktu, że odmiana ta miała słabe wschody w 2002 roku i jej plon był wyraźnie niższy od pozostałych odmian. W pozostałych latach odmiana ta plonowała wysoko, co potwierdzają również wysokie dodatnie wartości efektów głównych oraz ich istotna interakcja ze środowiskami. Najniższym poziomem interakcji genotypowo-środowiskowej, w obydwu wariantach uprawy charakteryzowała się odmiana Motto. Pomędzy niektórymi punktami obrazującymi badane odmiany żyta występują znaczne odległości, co świadczy o znacznym modyfikującym wpływie warunków glebowo-klimatycznych na plonowanie tych odmian.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu badanych odmian żyta ozimego w analizowanych doświadczeniach. Wykazano istotne zróżnicowanie lat badań,

- miejsowości oraz występowanie interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) dla obydwu wariantów uprawy.
2. Odmiany mieszańcowe Fernando, Klawo i Ursus plonują istotnie lepiej od odmian populacyjnych w obydwu wariantach uprawy, jednak podlegają one istotnym wpływom warunków środowiskowych.
 3. Odmiana Bosmo w standardowych oraz odmiany Warko i Hegro w intensywnych warunkach uprawy wykazują interakcję genotypowo-środowiskową, dającą się w pełni wyjaśnić poprzez regresję ze średnim plonowaniem genotypów w środowisku.
 4. Odmiany populacyjne plonowały na niższym poziomie, lecz były z reguły stabilniejsze w plonowaniu.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1980. Analiza jednorocznej serii ortogonalnej doświadczeń odmianowych ze szczególnym uwzględnieniem interakcji odmianowo-środowiskowej. *Analiza ogólna. Biul. Oceny Odmian* 2 (12): 67 — 81.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. Podręcznik użytkownika programu Sergen 3. IGR Poznań.
- Dopierała P., Bujak H., Kaczmarek J., Dopierała A. 2003. Ocena interakcji genotypowo-środowiskowej plonu populacyjnych i mieszańcowych odmian żyta ozimego. *Biul. IHAR* 230: 243 — 253.
- Eberhart S. A., Russel W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36 — 40.
- Kaczmarek Z. 1986. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej w doświadczeniach zakładanych w blokach niekompletnych. *Rocz. Nauk. AR Poznań*.
- Kadłubiec W., Bujak H., Kaczmarek J., Grochowski L. 1998. Ocena podobieństwa populacyjnych i mieszańcowych odmian żyta ozimego. *Biul. IHAR* 205/206: 23 — 29.
- Mądry W. 2003 a. Zastosowanie modeli mieszanych Shukli i regresji łącznej do analizy stabilności i adaptacji genotypów. Cz. I. Podstawy teoretyczne. *Biul. IHAR* 226/227: 7 — 14.
- Mądry W. 2003 b. Zastosowanie modeli mieszanych Shukli i regresji łącznej do analizy stabilności i adaptacji genotypów. Cz. II. Przykład dla pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 226/227: 15 — 23.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 89: 327 — 345.