

ANDRZEJ LATUSEK**HENRYK BUJAK**Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Plonowanie odmian żyta ozimego uprawianych na dwóch poziomach intensywności agrotechniki w warunkach Dolnego Śląska*

Genotype-environment interaction for yield of winter rye cultivars cultivated with the two levels of agricultural technology in climate conditions of Lower Silesia

Celem pracy była analiza interakcji genotypowo-środowiskowej oraz ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego w warunkach klimatycznych Dolnego Śląska. W opracowaniu wykorzystano plony odmian żyta ozimego z doświadczeń porejestrowych przeprowadzonych w latach 2008-2010. Doświadczenia polowe zakładano metodą pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach w Krościnie Małej, Tarnowie Śląskim, Naroczycach i Kondratowicach. Badania prowadzono na dwóch poziomach agrotechnicznych poziom intensywny różnił się od przeciętnego wyższym o 40 kg·ha⁻¹ nawożeniem azotowym, dolistnym dokarmianiem oraz pełną chemiczną ochroną roślin. Do analizy wytypowano dwie odmiany mieszańcowe Balistic i Visello oraz cztery populacyjne Agrikolo, Bosmo, Dańkowskie Diament, Herakles. Weryfikację hipotez dotyczących braku zróżnicowania kombinacji lat i miejscowości, efektów genotypowych oraz interakcji genotypowo-środowiskowych przeprowadzono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji. Wykazano występowanie istotnych interakcji genotypów ze środowiskami w obydwu wariantach uprawy. Uzyskane wyniki wskazują, że odmiana mieszańcowa Balistic plonuje najwyżej na obu poziomach agrotechnicznych. Szczegółowa analiza efektów interakcyjnych wykazała, że plony większości odmian modyfikowane były przez zmienne warunki środowiska glebowo-klimatycznego. Spośród badanych genotypów wyróżniono odmianę mieszańcową Visello, która plonowała stabilnie i wysoko na przeciętnym poziomie agrotechnicznym, natomiast w warunkach intensywnej agrotechniki stabilną, ale niskoplonującą była odmiana populacyjna Dańkowskie Diament.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, plon ziarna, stabilność plonowania, żyto ozime

The purpose of the study was an analysis of genotype-environment interaction and yield stability evaluation of winter rye varieties in climatic conditions of Lower Silesia. Experimental data were collected from trials conducted in the years 2008-2010 at the following locations: Krościna Mała,

* Praca wykonana w ramach Krajowego Programu Doświadczalnictwa Odmianowego koordynowanego przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych
Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Tarnów Śląski, Naroczyce and Kondratowice. Four population cultivars: Agrikolo, Bosmo, Dańkowskie Diament, Herakles and two hybrid cultivars: Balistic and Visello were grown at two levels of cultivation (low input and intensive). The intensive variant, as compared with the standard one, included a higher level of nitrogen fertilization (by 40 kg·ha⁻¹), application of anti-lodging chemicals, foliar feeding of plants with microelements and a complete control of fungal diseases. The verification of hypotheses concerning the lack of differences between combinations of years and the locations, the effects of genotype and genotype-environment interaction was based on multivariate analysis of variance. We found significant interactions of genotypes with environments at both levels of cultivation. Results indicate that the yields of hybrid cultivar Balistic were the highest at both agronomic levels. Detailed analysis of interaction effects showed that the yields of most varieties were modified by changing environmental conditions, soil and climate. The hybrid cultivar Visello, was stable and high-yielding at the low level of cultivation, whereas the population cultivar Dańkowskie Diament was stable but low-yielding in cultivation with intensive agricultural technology.

Key words: genotype-environment interaction, grain yield, winter rye, yield stability

WSTĘP

Wzrastające koszty środków do produkcji zbóż sprawiają, iż poszukuje się rozwiązań pozwalających na poprawę efektywności ekonomicznej pozyskiwanych surowców. Podstawowym sposobem jest dobór do warunków glebowo-klimatycznych odmiany gwarantującej wysoki i stabilny plon. Znacznym udogodnieniem w podjęciu decyzji o wyborze najbardziej wartościowej odmiany są Listy odmian zalecanych do uprawy publikowane przez wojewódzkie zespoły Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego i Rolniczego. Dzięki nim producent rolny otrzymuje rzetelną informację na temat wartości gospodarczej odmian najbardziej przydatnych do uprawy w danym rejonie rolniczym.

W wielu badaniach kryterium adaptacyjne odmian żyta i innych gatunków do różnych warunków glebowo-klimatycznych stanowi interakcja genotypowo-środowiskowa (Dopierała i in., 2003; Kaczmarek i in., 2003; Bujak i in., 2004, 2006; Drzazga i in., 2009; Derejko i in., 2011). W oparciu o wyniki serii wielokrotnych i wieloletnich doświadczeń przeprowadza się charakterystykę stabilności genotypów, poprzez określenie reakcji badanej cechy ilościowej na warunki środowiskowe (Eskridge i in., 1991; Nabugoomu i in., 1999; Mądry, 2002). Wyniki analiz pozwalają na wyodrębnienie genotypów stabilnych o szerokiej adaptacyjności, plonujących dobrze we wszystkich środowiskach oraz genotypów niestabilnych o niskiej adaptacyjności, których plon zależy w dużym stopniu od warunków glebowo-klimatycznych. Jak przedstawiają: Becker i Leon (1988), Annicchiarico (2002), Mohammadi i Amri (2008) występowanie odmiennych reakcji odmian pozwoliło na wyróżnienie stabilności biologicznej (statycznej) i stabilności dynamicznej lub rolniczej. Statyczna stabilność odmian wykazuje minimalną wariację plonu w różnych środowiskach, może, zatem być użyteczna w ekstensywnych warunkach agrotechniki. Dynamiczna stabilność związana z reakcją wysoko plonujących odmian na zmienne warunki środowiska jest bardziej przydatna w rolnictwie intensywnym (Bujak i in., 2008). Pożądanymi w rolnictwie są odmiany stabilne i średnio lub wysokoplonujące, czyli szeroko zaadaptowane do rozważanego regionu (Annicchiarico, 2002; Mądry, 2002, 2003). Sposobów szacowania interakcji genotypowo-środowiskowej jest wiele, a wśród

nich wyróżnić można nieparametryczne metody oceny stabilności oparte na rangach genotypów w różnych środowiskach. Suma rang liczona według metody Kanga (1988), jest nieparametryczną procedurą badania stabilności, w której wykorzystuje się plony odmian i wariancje stabilności Shukli (1972), jako kryterium wyboru. Badania ukazują, iż metoda Kanga (1988) daje wartości dodatnio skorelowane z plonem, zatem może służyć do oceny dynamicznej stabilności plonowania umożliwiając wybór stabilnych i wysokoplennych odmian (Mądry, 2002; Bujak i in., 2008).

Celem pracy była analiza interakcji genotypowo-środowiskowej oraz ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego w warunkach klimatycznych Dolnego Śląska.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 6 odmian żyta ozimego objętych programem Porejestrzowego Doświadczalnictwa Odmianowego na Dolnym Śląsku w latach 2008-2010. W przeprowadzonych analizach wykorzystano dwie odmiany mieszańcowe Balistic i Visello, oraz cztery populacyjne Agrikolo, Bosmo, Dańkowskie Diament, Herakles. Doświadczenia polowe zakładano metodą pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach na poletkach o powierzchni 15m², w czterech miejscowościach: Kondratowice — klasa bonitacyjna gleby II, Krościna Mała — klasa IIIa, Tarnów Śląski — klasa IIIa i Naroczycze — klasa IVa. Średnia suma opadów została wyrażona w % normy wieloletniej za okres IV — IX. W 2008 roku niedobory wody wystąpiły w Krościnie, Naroczycach i Tarnowie, gdyż opady w rozpatrywanym okresie stanowiły od 65% do 82% średniej wieloletniej sumy opadów. Jedynie w Kondratowicach zanotowano wyższą sumę opadów w stosunku do średniej wieloletniej. W bilansie opadów w 2009 roku deficyt wystąpił w Naroczycach 94% i Tarnowie Śląskim 96% średniej wieloletniej, natomiast w pozostałych miejscowościach opady były zbliżone do średniej z wielolecia. Średnie sumy opadów w 2010 roku dla okresu IV — IX były wyższe od normy wieloletniej kształtując się na poziomie od 114% w Kondratowicach do 146% w Tarnowie Śląskim. Średnie sumy opadów w rozpatrywanym trzyleciu dla miesięcy IV — IX były na zbliżonym poziomie w Tarnowie Śląskim 464 mm i Kondratowicach 471 mm. Znacznie niższe opady w badanym okresie występowały w Krościnie Małej 361 mm i Naroczycach 356 mm. Warunki temperaturowe we wszystkich latach nie odbiegały od średnich z wielolecia. Badania prowadzono na dwóch poziomach agrotechnicznych zróżnicowanych pod względem intensywności uprawy. Poziom przeciętny (a₁) odpowiadał warunkom uprawy dostosowanym do odpowiedniej klasy gleby. Poziom wysoki (a₂) różnił się od przeciętnego wyższym o 40 kg·ha⁻¹ nawożeniem azotowym, dolistnym dokarmianiem oraz pełną chemiczną ochroną roślin. W analizie wyników uwzględniono odmiany, które występowały we wszystkich miejscowościach i w kolejnych latach badań, co pozwoliło na utworzenie ortogonalnego układu doświadczeń. Otrzymane wyniki plonu odmian z poszczególnych miejscowości opracowano statystycznie za pomocą programu SERGEN 4 (Caliński i in., 2003) do analizy serii doświadczeń odmianowych. Syntezę kolejnych lat badań i miejscowości przeprowadzono w programie EKSPLAN 2 (Krajewski i in., 2006). Efekty główne wyliczono, jako różnice pomiędzy średnim plonem analizowanej odmiany,

a średnim plonem wszystkich odmian w czterech miejscowościach. Wszystkie przeprowadzone testy ogólne weryfikowano za pomocą statystyki F. Do analizy stabilności i adaptacji genotypów wykorzystano dane z wieloletnich serii doświadczeń odmianowych. Testowanie hipotez zerowych dotyczących braku zróżnicowania kombinacji lat i miejscowości, efektów genotypowych oraz interakcji genotypowo-środowiskowych przeprowadzono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji (Caliński i in., 2003). Ze względu na ograniczoną ilość doświadczeń w poszczególnych latach analizę wariancji wykonano dla jednokierunkowej klasyfikacji środowisk. Określenie współczynnika regresji i odchylenia od prostej regresji dokonano na podstawie modelu Eberharta i Russella (1966). Statystykę stabilności obliczono, jako miarę wkładu każdej odmiany w interakcję genotypowo-środowiskową ($G \times E$) na podstawie kombinacji wariancji stabilności Shukli (1972) i rang Kanga (1988). Kryterium przydatności odmian do uprawy stanowiła suma punktów rangowych. Odmiany o najniższej randze określa się, jako stabilne i najbardziej pożądane. W strukturze interakcji środowisk i genotypów w układzie składowych głównych uwzględniono dwa pierwsze kontrasty o najwyższym udziale w statystyce F. Plony badanych odmian oraz interakcję ze środowiskami oceniano odrębnie dla standardowego i intensywnego poziomu uprawy. Poprzez środowisko należy rozumieć doświadczenie założone w danym roku, w określonej miejscowości.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zestawienie średnich plonów populacyjnych i mieszańcowych odmian żyta ozimego z doświadczeń porejestrowych założonych w 4 miejscowościach w trzech latach badań prowadzonych w przeciętnych i intensywnych warunkach uprawy oraz średnie dla poszczególnych odmian i miejscowości przedstawiono w tabeli 1. Porównując uzyskane plony na obu poziomach agrotechnicznych zaobserwowano dodatnią reakcję wszystkich badanych odmian na wyższy poziom nawożenia i ochrony roślin. Podobne wyniki uzyskano w badaniach dla żyta (Dopierała i in., 2003; Bujak i in., 2004, 2006) oraz dla innych gatunków (Weber i Zalewski, 2006; Drzazga i in., 2009; Derejko i in., 2011). Największe różnice plonów pomiędzy porównywanymi poziomami uprawy zaobserwowano w Kondratowicach średnio 23%, natomiast najniższe w Tarnowie Śląskim średnio 12%. W tych miejscowościach pomimo zbliżonej sumy opadów w miesiącach IV — IX uzyskano istotnie najwyższe i najniższe plony odmian żyta ozimego uprawianych na dwóch poziomach agrotechniki. Wśród badanych genotypów żyta, odmiany Agrikolo, Balistic, Bosmo i Dańkowskie Diament zareagowały wyraźną zwyżką plonu średnio przekraczającą $11,2 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ na podwyższenie poziomu agrotechniki. Zarówno w przeciętnych, jak i intensywnych warunkach uprawy istotnie wysoko plonowały dwie odmiany mieszańcowe Balistic i Visello. Na przeciętnym poziomie agrotechnicznym (a_1) średnio najniżej plonowała odmiana populacyjna Bosmo $61,1 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast na poziomie intensywnym (a_2) również odmiana Bosmo i Agrikolo $72,8 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jednak pod względem statystycznym wszystkie odmiany populacyjne plonowały istotnie niżej od odmian mieszańcowych tworząc odrębne grupy jednorodne na obu poziomach uprawy.

Tabela 1

Średnie plony ziarna (dt·ha⁻¹) odmian żyta ozimego w latach 2008–2010
Mean grain yields (dt·ha⁻¹) for the analyzed cultivars of winter rye in 2008–2010 years

Odmiana Cultivar	Krościna		Tarnów		Kondratowice		Naroczyce		Średnia — Mean	
	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂
Agrikolo	57,5	70,7	48,4	56,3	70,6	84,6	69,9	79,6	61,6 b	72,8 b
Balistic (F ₁)	76,1	84,4	70,5	78,2	88,3	106,3	84,1	94,9	79,7 a	91,0 a
Bosmo	53,0	68,9	53,0	61,9	66,4	81,3	72,0	79,0	61,1 b	72,8 b
Herakles	65,2	74,5	49,1	53,7	70,7	90,6	75,9	84,1	65,3 b	75,7 b
Visello (F ₁)	78,2	80,7	60,8	65,7	86,7	104,9	84,8	89,7	77,6 a	85,2 a
Dańkowskie Diament	65,6	74,9	56,8	64,2	68,8	89,5	74,0	82,4	66,3 b	77,8 b
Średnia — Mean	65,9 b	75,7 c	56,4 c	63,3 d	75,3 a	92,9 a	76,8 a	84,9 b	68,6	79,2
NIR _{0,05} — LSD _{0,05} , dla miejscowości — for locations, (a ₁) — 4,76										
NIR _{0,05} — LSD _{0,05} , dla miejscowości — for locations, (a ₂) — 4,39										
NIR _{0,05} — LSD _{0,05} , dla odmian — for cultivars, (a ₁) — 6,20										
NIR _{0,05} — LSD _{0,05} , dla odmian — for cultivars, (a ₂) — 7,39										

a, b, c — różnice między wartościami oznaczone różnymi literami są istotne statystycznie według testu wielokrotnego rozstępu Duncana (p≤0,05)

a, b, c — differences between the values marked with different letters are statistically significant according to Duncan's multiple range test (p≤0.05)

a₁ — standardowy poziom agrotechniki; standard level of agricultural technology

a₂ — intensywny poziom agrotechniki; intensive level of agricultural technology

F₁ — odmiana mieszańcowa; hybrid cultivar

W tabeli 2 przedstawiono średnie kwadraty z łącznej analizy wariancji dla syntezy lat, miejscowości i genotypów. Przeprowadzona analiza statystyczna pozwoliła na weryfikację hipotez dotyczących braku zróżnicowania lat i miejscowości, czyli środowisk (E), efektów genotypowych (G) oraz interakcji genotypowo-środowiskowych (G×E). W rozważanych wariantach uprawy stwierdzono istotne zróżnicowanie plonów badanych odmian, co oznacza, że odmiany charakteryzowały się odmiennym uszeregowaniem w środowiskach. Na obu poziomach agrotechnicznych wystąpiło istotne odchylenie od regresji liniowej, oznacza to, że istotność interakcji (G×E) nie można opisać prostą zależnością regresyjną wpływu lat i miejscowości na plon odmian, a to wskazuje na potrzebę szczegółowej analizy stabilności plonowania poszczególnych odmian.

Szczegółowe wyniki analiz dotyczące plonów badanych odmian oraz ich współdziałania ze środowiskami glebowo-przyrodniczymi przedstawiono w tabeli 3. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono istotnie dodatnie, jak i ujemne efekty główne dla badanych genotypów żyta. Zarówno na przeciętnym, jak i intensywnym poziomie uprawy na uwagę zasługują dwie odmiany mieszańcowe Balistic oraz Visello, ponieważ plonują one istotnie wyżej do odmian populacyjnych, o czym świadczą dodatnie wartości efektów głównych wyliczone dla tych odmian. Uzyskane wyniki statystyki F dla interakcji pozwoliły wyodrębnić genotypy stabilne, dla których stwierdzono brak istotnych interakcji (G×E), co świadczy o rolniczej stabilności plonowania tych odmian, oraz niestabilne podlegające wpływom środowiska. W przeciętnych warunkach uprawy żadną z odmian nie można uznać za stabilnie plonującą, o czym świadczą istotne wartości statystyki F dla interakcji genotypowo-środowiskowych.

Tabela 2

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

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean squares	
		poziom — level a ₁	poziom — level a ₂
Środowiska Environments (E)	11	612,99**	842,57**
Genotypy Genotypes (G)	5	787,25**	650,87**
Genotypy × Środowiska (G×E) Genotypes × Environments	55	18,48**	28,88**
Regresja względem środowiska Regression on environments	5	31,46**	82,11**
Odchylenie od regresji Regression deviation	50	17,19**	23,55**
Błąd doświadczenia Experimental error	72	7,49	12,57

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

Tabela 3

Ocena efektów głównych odmian żyta ozimego i ich interakcji ze środowiskami w obu wariantach uprawy
Estimation of main effects for winter rye varieties and testing their interaction with environments at both levels of cultivation

Odmiana Cultivar	Poziom agrotechniki a ₁ The level of agricultural technology a ₁			Poziom agrotechniki a ₂ The level of agricultural technology a ₂		
	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 interaction (G×E)		efektu głównego main effect	interakcji interaction (G×E)
Agrikolo	-7,01	36,72**	2,57**	-6,41	19,62**	2,40*
Balistic (F ₁)	11,14	94,30**	2,53**	11,75	83,39**	1,90
Bosmo	-7,51	35,57**	3,05**	-6,43	14,37**	3,31**
Herakles	-3,35	8,30*	2,59**	-3,49	4,99*	2,80**
Visello (F ₁)	9,04	75,26**	2,09*	6,02	20,71**	2,00*
Dańkowskie Diament	-2,31	5,19*	1,97*	-1,43	1,70	1,37
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,05$ Critical value at $\alpha = 0.05$		4,84	1,92		4,84	1,92
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,01$ Critical value at $\alpha = 0.01$		9,65	2,50		9,65	2,50

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; ** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$

* Significant at the level $\alpha = 0.05$; ** Significant at the level $\alpha = 0.01$

Wyniki analiz na intensywnym poziomie uprawy (a₂) pozwalają wyróżnić odmianę Balistic, jako odmianę intensywną o istotnym dodatnim efekcie głównym oraz niepodlegającą wpływom środowiska, o czym świadczy brak interakcji ze środowiskami. Odmiana populacyjna Dańkowskie Diament plonowała na przeciętnym dla wszystkich odmian poziomie, jednak jest odmianą stabilną niepodlegającą modyfikującemu wpływowi środowiska glebowo-klimatycznego. Najgorszą ocenę otrzymała odmiana

Bosmo, gdyż plonuje najniżej w stosunku do pozostałych odmian, ponadto jej plon w istotny sposób modyfikowany jest przez zmienne warunki środowiska. Otrzymane wyniki dla interakcji odmian ze środowiskami glebowo-rolniczymi znajdują odzwierciedlenie w badaniach przeprowadzonych w oparciu o doświadczenia porejestrowe dla żyta (Dopierała i in., 2003; Bujak i in., 2006, 2008) oraz innych gatunków (Weber i in., 2007; Drzazga i in., 2009; Derejko i in., 2011).

Dalszą ocenę stabilności plonowania odmian żyta ozimego przeprowadzono za pomocą wariacji stabilności, współczynnika regresji liniowej, współczynnika determinacji oraz miar i rankingu Kanga (tab. 4).

Tabela 4

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

Odmiana Cultivar	Wariancja stabilności Stability of variance	Odchylenie od wariancji Deviation from variance	Współczynnik Coefficient of		Miara Measure YS	Ranking Kanga Kang rank
			regresji regression	determinacji determination (%)		
Poziom agrotechniki a ₁ The level of agricultural technology a ₁						
Agrikolo	19,49**	17,39*	0,05	1,69	-7	5
Balistic (F ₁)	19,09**	12,63	-0,21	27,38	0*	3
Bosmo	23,95**	20,38**	-0,07	2,75	-8	6
Herakles	19,67**	12,87	0,21	27,73	-6	4
Visello (F ₁)	14,91*	11,47	0,16	19,91	3*	1
Dańkowskie						
Diament	13,80	11,21	-0,14	17,04	1*	2
Wartość graniczna YS = -2,8 Limit value YS = -2.8						
Poziom agrotechniki a ₂ The level of agricultural technology a ₂						
Agrikolo	30,43**	25,99**	-0,10	5,84	-7	5
Balistic (F ₁)	22,60**	21,67**	-0,04	0,91	0*	1
Bosmo	44,85**	22,83**	-0,32	40,22	-8	6
Herakles	36,84**	23,50**	0,24	27,25	-6	4
Visello (F ₁)	24,28**	9,15	0,30	60,37	-2*	3
Dańkowskie						
Diament	14,27*	14,62*	-0,09	7,22	-1*	2
Wartość graniczna YS = -4,0 Limit value YS = -4.0						

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

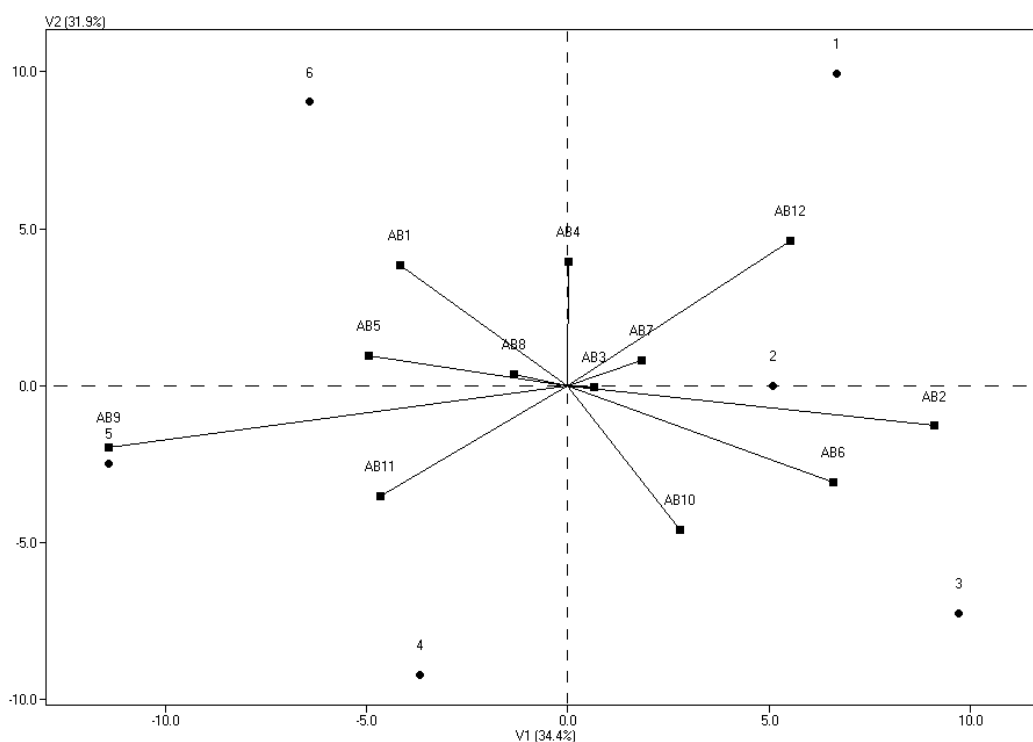
** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; ** Significant at the level $\alpha = 0.01$

Odmiany o najniższej sumie punktów rangowych wykazują największy stopień szerokiej adaptacji w rejonie uprawy (Mądry, 2002). W badaniach przeprowadzonych przez Bujaka i in. (2008) uzyskano dodatnio skorelowany wynik rankingu Kanga i plonu, i jak podają Autorzy zastosowana przez nich metoda może służyć do wyboru stabilnych i wysokoplennych odmian. Analiza oszacowanych wartości wariacji stabilności i pozostałych miar pozwoliła na wyodrębnienie genotypów wykazujących istotne różnicowanie wysokości plonów w zmiennych warunkach glebowo-klimatycznych oraz

genotypów stabilnych o szerokiej adaptacyjności do różnych warunków środowiska. W przeprowadzonych badaniach na przeciętnym poziomie uprawy szeroką adaptacyjnością wyróżniała się mieszańcowa odmiana Visello, natomiast w warunkach intensywnej agrotechniki odmiana Balistic, o czym świadczą najniższe wartości rankingu Kanga oszacowane dla tych odmian (tab. 4). Na obu poziomach uprawy wysoką ocenę otrzymała także populacyjna odmiana Dańkowskie Diament, o czym świadczy stabilność plonowania wynikająca z niskich i nieistotnych współczynników oszacowanych dla wariacji stabilności. Najgorszymi zdolnościami adaptacji odmianowo-środowiskowej charakteryzują się odmiany populacyjne Bosmo i Agrikolo. Odmiany, które otrzymały istotnie wysokie oceny w rankingu Kanga plonują średnio na wysokim poziomie i powtarzalnie w latach. Populacyjna odmiana Dańkowskie Diament nie reagowała istotnie na zmianę przydatności środowiska glebowo-rolniczego do uprawy w poszczególnych miejscowościach, jednak plonowała poniżej przeciętnej dla wszystkich odmian. Dlatego przydatność tej odmiany do uprawy w makroregionie Dolnego Śląska jest uzasadniona dla gospodarstw stosujących przeciętną agrotechnikę. Odmiany mieszańcowe Balistic oraz Visello mogą uzyskać wstępne rekomendacje do uprawy na tym terenie niezależnie od poziomu uprawy.

Badanie struktury interakcji genotypów i środowisk uzupełniono za pomocą analizy składowych głównych. Wektorowe rozmieszczenie środowisk i genotypów przedstawiono na płaszczyźnie w układzie dwóch pierwszych składowych głównych dla standardowego (rys. 1) i intensywnego (rys. 2) agrotechnicznego poziomu uprawy. Zarówno w standardowym, jak i intensywnym wariancie uprawy można zauważyć znaczne oddalenie odmian od początku układu współrzędnych. Świadczy to o dużym zróżnicowaniu plonów żyta w miejscowościach i kolejnych latach badań oraz wysokim udziale odmian w interakcji genotypowo-środowiskowej.

Na obu poziomach agrotechnicznych zaobserwowano znaczne zróżnicowanie plonowania odmian w poszczególnych środowiskach. Zaprezentowany układ w formie biplotu dla warunków przeciętnej agrotechniki obrazuje, iż odmiana Balistic dawała najbardziej wyrównane plony w stosunku do pozostałych odmian, które charakteryzuje znacznie większe oddalenie od początku układu współrzędnych. Klasyfikując środowiska można zauważyć, że najbardziej wyrównane plony uzyskiwano w Naroczycach w 2009 roku oraz w Kondratowicach w 2008 roku. Na przeciętnym poziomie agrotechnicznym populacyjna odmiana Herakles dawała najbardziej wyrównane plony w miejscowości Krościna Mała w 2008 roku.



Środowiska — Environments:

AB1	Krościna — 2009	AB7	Naroczyce — 2010
AB2	Tarnów — 2009	AB8	Kondratowice — 2010
AB3	Naroczyce — 2009	AB9	Krościna — 2008
AB4	Kondratowice — 2009	AB10	Tarnów — 2008
AB5	Krościna — 2010	AB11	Naroczyce — 2008
AB6	Tarnów — 2010	AB12	Kondratowice — 2008

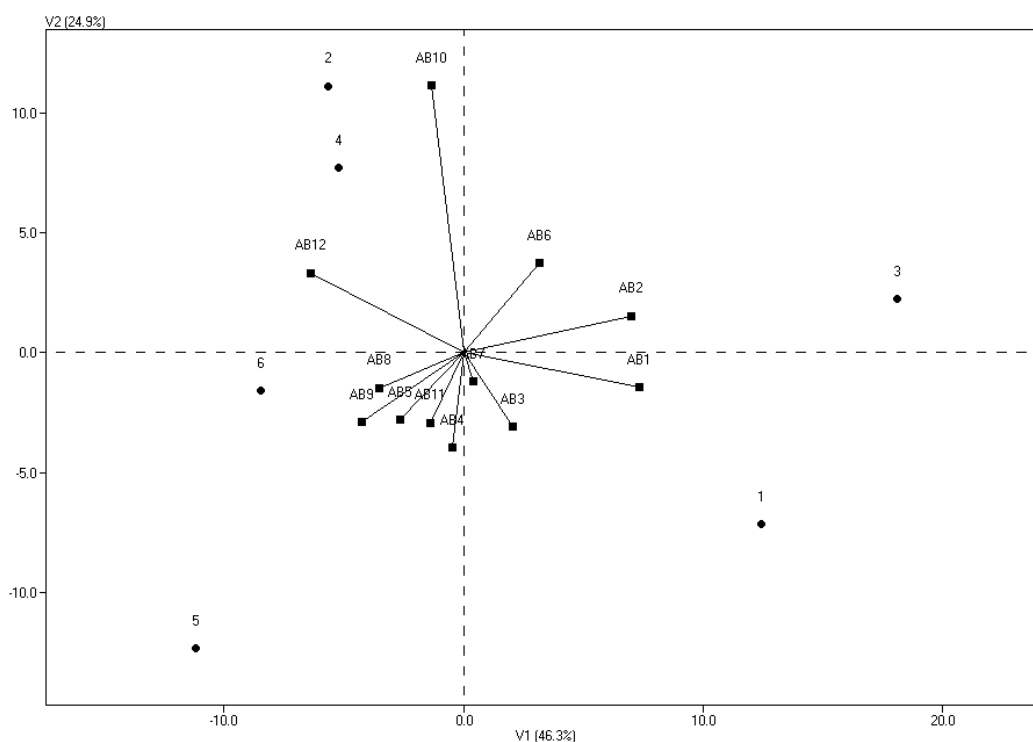
Odmiany — Cultivars:

1 — Agrikolo; 2 — Balistic; 3 — Bosmo; 4 — Dańkowskie Diament; 5 — Herakles; 6 — Visello

Rys. 1. Struktura interakcji środowisk i genotypów w układzie składowych głównych dla standardowego wariantu uprawy

Fig. 1. The structure of interaction between environments and genotypes in the system of the main components for standard agricultural level

W warunkach intensywnej agrotechniki uzyskano odmienny rozkład środowisk i genotypów w układzie dwóch pierwszych składowych głównych. Zaobserwowano, że zwiększenie nakładów na uprawę wpłynęło na wyraźne ustabilizowanie plonów odmiany mieszańcowej Visello oraz populacyjnej Dańkowskie Diament, pozostałe odmiany wykazywały duże zróżnicowanie plonowania. Rozkład środowisk w przyjętym układzie składowych głównych jest znacznie bardziej wyrównany. Największą zmienność plonowania poszczególnych odmian stwierdzono w Tarnowie Śląskim w 2008 roku. Rozmieszczenie środowisk i odmian na płaszczyźnie opisanego układu nie pozwala wnioskować na temat przydatności miejscowości do uprawy wybranych odmian żyta.



Środowiska — Environments:

AB1	Krościna — 2009	AB7	Naroczyce — 2010
AB2	Tarnów — 2009	AB8	Konratowice — 2010
AB3	Naroczyce — 2009	AB9	Krościna — 2008
AB4	Konratowice — 2009	AB10	Tarnów — 2008
AB5	Krościna — 2010	AB11	Naroczyce — 2008
AB6	Tarnów — 2010	AB12	Konratowice — 2008

Odmiany — Cultivars:

1 — Agrikolo; 2 — Balistic; 3 — Bosmo; 4 — Dańkowskie Diament; 5 — Herakles; 6 — Visello

Rys. 2. Struktura interakcji środowisk i genotypów w układzie składowych głównych dla intensywnego wariantu uprawy

Fig. 2. The structure of interaction between environments and genotypes in the system of the main components for intensive agricultural level

WNIOSKI

1. Uzyskanie najwyższych plonów w Konratowicach, a najniższych w Tarnowie Śląskim uzależnione było w większym stopniu od produktywności gleb niż od warunków atmosferycznych panujących w okresie prowadzenia doświadczeń.
2. Szczegółowa analiza parametrów stabilności świadczy o szerokiej adaptacyjności odmiany populacyjnej Dańkowskie Diament do uprawy w warunkach makroregionu Dolnego Śląska.

3. Odmiany mieszańcowe Balistic i Viesello plonują istotnie wysoko na obu poziomach agrotechniki i mogą uzyskać wstępne rekomendacje do uprawy na terenie Dolnego Śląska.
4. Zróżnicowane reakcje odmian na warunki środowiskowe oraz coroczna ich rotacja w doświadczeniach porejestrowych wskazuje na konieczność badania nowych odmian pod kątem ich interakcji ze środowiskami i stabilności plonowania.

LITERATURA

- Annicchiarico P. 2002. Genotype \times Environment Interactions — Challenges and Opportunities for Plant Breeding and Cultivar Recommendations. *FAO Plant Prod. and Protect.* 174: 5 — 29.
- Becker H. C., Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1 — 23.
- Bujak H., Dopierała A., Dopierała P., Nowosad K. 2006. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej plonu odmian żyta ozimego. *Biul. IHAR* 240/241: 151 — 160.
- Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J. 2008. Ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie parametrycznych i nieparametrycznych metod. *Biul. IHAR* 250: 189 — 202.
- Bujak H., Bojarczuk J., Kaczmarek J. 2004. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania rodów hodowlanych żyta ozimego. *Biul. IHAR* 231: 255 — 264.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski J. 2003. Podręcznik użytkownika programu Sergen 4. IGR Poznań 2003.
- Derejko A., Mądry W., Gozdowski D., Rozbicki J., Golba J., Piechociński M., Studnicki M. 2011. Wpływ odmian, miejscowości i intensywności uprawy oraz ich interakcji na plon pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO. *Biul. IHAR* 259: 131 — 146.
- 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.
- Drzazga T., Paderewski J., Mądry W., Kajewski P. 2009. Ocena rodzajów reakcji plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO na przestrzenne zmienne warunki przyrodnicze w kraju. *Biul. IHAR* 253: 71 — 82.
- Eberhart S. A., Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, 6: 36 — 40.
- Eskridge K. M., Byrne P.F., Crossa J. 1991. Selecting stable cultivars by minimizing the probability of disaster. *Field. Crops. Res.*, 27: 169 — 181.
- Kaczmarek J., Kotecki A., Kotowicz L., Weber R. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania odmian rzepaku ozimego w doświadczeniach PDO. *Biul. IHAR* 226/227/2: 395 — 403.
- Kang M. S. 1988. A rank sum method for selecting high yielding and stable crop genotypes. *Cereal Res. Commun.* 16: 111 — 115.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. Podręcznik użytkownika programu EKSPLAN wersja 2 (2006).
- Mądry W. 2002. Skuteczność kryterium YS Kanga, opartego na średniej i stabilności plonu w wyborze genotypów zbóż o szerokiej adaptacji w rejonie uprawnym. *Roczn. Nauk Roln., Seria A*, 116: 11 — 24.
- Mądry W. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy \times środowiska. Cz. II, Model mieszany Shukli i model regresji łącznej. *Coll. Biom.* 207 — 220.
- Mohammadi R., Amri A. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica* 159: 419 — 432.
- Nabugoomu F., Kempton R. A., Talbot M. 1999. Analysis of Series of Trials Where Varieties Differ in Sensitivity to Locations. *J. Agric. Biol. Env. Stat.*, Vol. 4, No. 3: 310 — 325.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Weber R., Zalewski D. 2006. Wpływ interakcji genotypowo-środowiskowej na plonowanie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 240/241: 33 — 42.
- Weber R., Zalewski D., Kotecki A., Kaczmarek J. 2007. Ocena przydatności punktów doświadczalnych do prowadzenia PDO na Dolnym Śląsku. *Biul. IHAR* 245: 5 — 16.