

HENRYK BUJAK ¹
GWIDON TRATWAL ²

¹ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa

² Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Kościelnej Wsi

Ocena stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej na podstawie doświadczeń porejestranych w Polsce*

Estimation of winter wheat yielding stability according to post-registration variety trials in Poland

Zadaniem systemu Porejestranych Doświadczalnicztwa Odmianowego (PDO) jest ułatwienie rolnikom dokonania trafego doboru najwartościowszych odmian do uprawy, dostosowanych do lokalnych warunków. Celem badań była ocena stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej w Polsce na podstawie doświadczeń porejestranych. Doświadczenia założono w 12 miejscowościach na terenie kraju, w różnych warunkach klimatyczno-glebowych. Badania przeprowadzono w ciągu trzech sezonów wegetacyjnych z 23 odmianami pszenicy ozimej na dwóch poziomach agrotechnicznych. Wykonano analizę struktury interakcji genotypowo-środowiskowej dla plonu ziarna odmian pszenicy ozimej. Dokonano także oceny efektów głównych oraz ich interakcji z latami, miejscowościami i środowiskami. Na obydwu poziomach agrotechniki, nie stwierdzono odmian stabilnych pod względem plonowania. Każdy z badanych genotypów wykazał istotną interakcję ze środowiskami klimatyczno-glebowymi. Najwyżej plonującymi odmianami na obydwu poziomach agrotechnicznych były Trend i Bogatka.

Słowa kluczowe: doświadczenia porejestrane, interakcja genotypowo-środowiskowa, pszenica ozima, stabilność plonowania

The main aim of the Post-Registration Variety Testing System is facilitating choice of the most valuable varieties adapted to at the local soil and weather conditions. The purpose of the study was estimation of winter wheat yielding stability in Poland. Field experiments were conducted at 12 locations of different soil and weather conditions. The experiments were carried out during three vegetation seasons using 23 winter wheat varieties. The reaction of winter wheat cultivars to different environment conditions was determined. The genotype \times environment interaction for chosen winter wheat varieties yield was calculated. Additionally, the estimation of main effects, their interactions with years, places and environments (environments as combinations of years and locations) was performed. No stable yielding cultivar was recorded on two levels of cultivation intensity. Each of the tested

* Praca wykonana w ramach Krajowego Programu Porejestranych Doświadczalnicztwa Odmianowego koordynowanego przez COBORU

genotypes showed significant interaction with climate and soil environment. Trend and Bogatka proved to be the highest yielding cultivars on both levels of cultivation technology.

Key words: post-registration variety trials (PDO), winter wheat, yielding stability

WSTĘP

Najważniejszym i najczęściej uprawianym zbożem w Polsce jest pszenica zajmująca około 26% ogólnego areału zbóż, przy czym forma ozima stanowi ok. 82% areału pszenicy (GUS, 2009). W Polsce prawie połowa produkowanego ziarna użytkowana jest do produkcji wielu asortymentów pieczywa, wyrobów ciastkarskich, makaronowych i innych produktów żywnościowych. Dla każdego z tych kierunków użytkowania potrzebne są odmiany o odmiennych cechach jakościowych, co sprawia, że hodowane są i rejestrowane nowe odmiany, których ziarno wykazuje cechy odpowiednie do danego kierunku wykorzystania i które są odpowiednie do uprawy w określonych warunkach klimatycznych kraju, bądź jego poszczególnych rejonach (Ignaczak, 2000; Rothkaehl, 2009).

Wartość gospodarcza odmian, po ich rejestracji, badana jest w systemie Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO), a wyniki tych badań ukierunkowane są bezpośrednio na potrzeby praktyki rolniczej (Gacek, 1998; Gacek i Behnke, 1999, 2006). Umożliwiają one tworzenie list odmian zalecanych do uprawy, które mają ułatwić rolnikom dokonanie trafnego doboru najwartościowszych odmian, dostosowanych do lokalnych warunków glebowych i klimatycznych. Badania te pozwalają także na poznanie interakcji odmian ze środowiskami glebowo-klimatycznymi oraz umożliwiają ocenę stabilności plonowania odmian. Wśród odmian pszenicy poszukuje się takich, które charakteryzują się wysokim i stabilnym plonem w różnych warunkach glebowo-klimatycznych oraz powtarzanym w kolejnych latach, czyli odmian wysokiej stabilności plonowania (Navabi i in., 2006). Czasami za pożądane genotypy uznaje się takie, które są lokalnie — wąsko zaadaptowane do określonych warunków środowiska, ale wykazują dużą powtarzalność w latach (Annicchiarico i in., 2006). Do oceny stabilności plonowania odmian wykorzystuje się wiele metod, z których najlepsze wydają się te, które łączą oceny średnich genotypowych plonów i wariancje ich zmienności (Bujak i in., 2008 a, 2008 b; Iwańska i in., 2009).

Celem niniejszej pracy była ocena stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej w Polsce, a w szczególności poznanie genotypów stabilnych najkorzystniej reagujących na intensywne warunki uprawy oraz odmian, które można zarekomendować do mniej korzystnych warunków uprawy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły zarejestrowane i przyjęte do doświadczeń porejestrowych odmiany pszenicy ozimej. W badaniach uwzględniono 23 odmiany pszenicy ozimej. Analizowano plonowanie odmian pszenicy ozimej na dwóch poziomach agrotechniki a1 i a2 (a1 — poziom standardowy, a2 — poziom intensywny, gdzie stosuje się zwiększone nawożenie o 40 kg N oraz ochronę chemiczną) w ramach Porejestrowego

Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO). Doświadczenia zakładano w układzie pasów prostopadłych (split-block) w dwóch powtórzeniach, na poletkach o powierzchni do zbioru 12,0 m². Doświadczenia połowe przeprowadzono w 12 miejscowościach zlokalizowanych w zachodniej Polsce, w różnych warunkach klimatyczno-glebowych. Założono je na glebach zaliczanych do kompleksów przydatności rolniczej od 1 do 5 i klas bonitacyjnych od I do IVb. Badania prowadzono w ciągu trzech kolejnych sezonów wegetacyjnych (2005/2006, 2006/2007, 2007/2008).

Otrzymane wyniki w poszczególnych latach i miejscowościach poddano analizom statystycznym zgodnie z metodyką dla serii analiz odmianowych (Caliński i in., 2003). Do obliczeń statystycznych wykorzystano program komputerowy Sergen 4. Przeprowadzono następujące analizy: wstępną, genotypów, ocenę efektów genotypowych, analizę interakcji genotypów z latami, miejscowościami i środowiskami rozumianymi jako kombinacje lat i środowisk.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wiedza o reakcjach odmian w różnych warunkach środowiskowych pozwala na dobór najwłaściwszej do określonych warunków glebowo-klimatycznych gospodarstwa. W tym celu należy analizować wyniki doświadczeń pochodzących z jak największej liczby miejscowości przez okres kilku lat. Doświadczenia takie określane mianem wielokrotnych doświadczeń odmianowych dają pełną wiedzę o zachowaniu się genotypów w miejscowościach reprezentatywnych dla danego środowiska, o ich reakcji na zmienne warunki glebowo-klimatyczne, jak i reakcję na polepszenie bądź pogorszenie warunków uprawy (Elandt, 1956; Caliński, 1967; Kaczmarek, 1986; Mądry i in., 2010).

Tabela 1

Średnie kwadraty z analizy wariancji dla badanych cech
Analysis of variance mean squares for the assessed traits

Źródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody DF	Plon ziarna — Grains yield	
		przeciętny poziom uprawy (a1) average level of cultivation	intensywny poziom uprawy (a2) intensive level of cultivation
Lata (T) — Years	2	19015,63**	20974,38**
Miejscowości (P) — Locations	11	8379,22**	13089,90**
Środowiska (E) — Environments	22	1310,31**	1619,59**
Genotypy (G) — Genotypes	22	199,81**	254,04**
Interakcja genotypy × lata (GT) Genotype × year interaction	44	47,24**	32,84**
Interakcja genotypy × miejscowości (GP) Genotype × location interaction	242	28,49**	31,33**
Interakcja genotypy × środowiska (GE) Genotype × environment interaction	484	20,47**	22,27**
Odchyl. regresji — Regression deviation	462	19,37**	12,41**
Błąd doświadczalny — Error	792	5,15	5,75

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significance at $\alpha = 0.05$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significance at $\alpha = 0.01$

Średnie kwadraty zmienności z łącznej analizy wariancji dla plonu ziarna przedstawiono w tabeli 1.

Wyniki te pozwoliły na weryfikację hipotez zerowych o braku zróżnicowania genotypów, lat, miejscowości i środowisk, rozumianych jako kombinacje lat z miejscowościami oraz interakcji genotypów z latami, miejscowościami i środowiskami. Wykazano istotność zróżnicowania między odmianami, miejscowościami oraz latami badań dla obu poziomów uprawy. Wystąpiła także istotna interakcja genotypów z badanymi środowiskami glebowo-klimatycznymi.

W tabeli 2 zestawiono średnie plony odmian pszenicy ozimej w poszczególnych sezonach wegetacyjnych. Najwyższe plony uzyskano w sezonie wegetacyjnym 2007/2008. Najwyższymi planami na standardowym poziomie agrotechnicznym (a1) wykazały się Rapsodia (75,3 dt/ha), Bogatka (74,4 dt/ha), Trend (73,6 dt/ha) i Flair (71,9 dt/ha). Na intensywnym poziomie agrotechnicznym (a2) najlepiej plonowały Rapsodia (84,0 dt/ha), Bogatka (83,6 dt/ha) i Kris (83,6 dt/ha). Można zatem stwierdzić, że spośród badanych odmian, niezależnie od poziomu agrotechniki, najlepiej plonowały Rapsodia i Bogatka. Najwyższy wzrost plonu spowodowany podwyższeniem poziomu intensywności agrotechniki stwierdzono dla odmiany Kris.

Tabela 2

Plony ziarna (dt/ha) odmian pszenicy ozimej w sezonach 2006–2008
Winter wheat yield (dt/ha) in vegetation seasons 2006–2008

Odmiana Cultivar	Przeciętny poziom uprawy (a1) Average level of cultivation				Intensywny poziom uprawy (a2) Intensive level of cultivation			
	2005\06	2006\07	2007\08	średnia mean	2005\06	2006\07	2007\08	średnia mean
	Tonacja	62,75	67,28	78,67	69,56	70,25	81,08	87,38
Finezja	62,22	69,25	80,22	70,56	69,84	80,86	89,80	80,17
Bogatka	68,19	70,06	84,83	74,36	74,72	83,22	92,84	83,59
Sakwa	62,86	67,05	81,59	70,50	71,31	78,03	91,75	80,36
Mewa	62,03	68,61	76,08	68,91	67,19	78,83	84,70	76,91
Zyta	62,06	65,19	74,67	67,31	68,39	76,56	84,00	76,32
Kris	66,62	67,50	80,78	71,63	74,58	84,42	91,69	83,57
Nutka	64,56	68,69	79,28	70,84	70,58	79,39	86,92	78,96
Sukces	62,22	69,14	75,81	69,06	68,00	79,72	84,39	77,37
Turnia	61,59	64,67	80,11	68,79	70,50	77,14	89,69	79,11
Flair	63,56	68,94	83,20	71,90	70,86	80,67	90,80	80,78
Kobiera	59,39	65,39	77,75	67,51	69,06	77,95	85,81	77,60
Nadobna	65,11	66,70	80,69	70,83	71,33	82,00	89,86	81,07
Rapsodia	68,42	70,92	86,53	75,29	75,12	81,97	95,11	84,07
Rywalka	59,56	64,30	76,22	66,69	65,67	74,19	83,14	74,33
Trend	67,64	69,28	83,86	73,59	74,47	82,39	91,31	82,72
Dorota	62,78	64,61	80,72	69,37	72,95	78,45	88,86	80,09
Fregata	58,58	70,11	73,58	67,42	65,45	80,19	82,03	75,89
Muza	62,28	61,86	74,22	66,12	68,11	74,94	82,17	75,07
Smuga	61,31	70,06	76,97	69,45	69,11	81,53	85,94	78,86
Zawisza	62,58	66,33	78,31	69,07	71,86	77,34	87,83	79,01
Legenda	62,58	68,89	76,14	69,20	69,94	80,31	85,97	78,74
Wydma	60,42	66,14	78,64	68,40	70,97	78,83	89,11	79,64
Średnia — Mean	63,01	67,43	82,60	72,43	72,68	80,13	88,91	79,54
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		1,29		0,27		1,36		0,28

Analizując wyniki otrzymane z analizy szczegółowej genotypów w standardowych warunkach agrotechniki (tab. 3) można stwierdzić, że wśród 23 porównywanych odmian 11 było takich, których efekty główne, czyli odchylenia od średniej ogólnej, były różne od zera na poziomie istotności co najmniej 0,05.

Tabela 3

**Ocena efektów głównych genotypów pszenicy ozimej oraz testowanie interakcji genotypowo-
środowiskowej dla plonu ziarna**
**Estimation of main effects for winter wheat genotypes and testing genotype-environment interaction
for grain yield**

Odmiana Cultivar	Przeciętny poziom uprawy (a1) Average level of cultivation					Intensywny poziom uprawy (a2) Intensive level of cultivation				
	ocena efektu głównego estimation of main effect	stat. F dla efektu głównego stat. F for main effect	statystyka f dla interakcji z stat. f for interaction with			ocena efektu głównego estimation of main effect	stat. F dla efektu głównego stat. F for main effect	statystyka F dla interakcji z: stat. F for interaction with		
			latami years	miejsco- wościami places	środowi- skami environments			latami years	miejsco- wościami places	środowi- skami environments
Tonacja	-0,28	0,19	0,01	1,27	3,03**	0,28	0,18	0,92	0,69	2,78**
Finezja	0,72	1,37	1,61	0,92	2,79**	0,87	2,21	1,69	0,68	2,24**
Bogatka	4,52	30,88**	1,40	0,51	4,83**	4,30	24,35**	0,19	0,78	4,97**
Sakwa	0,66	0,57	1,13	0,95	5,54**	1,07	1,47	3,17	1,10	5,07**
Mewa	-0,94	1,85	3,08	1,90	3,45**	-2,39	8,27**	0,99	1,10	4,51**
Zyta	-2,54	17,86**	2,82	1,21	2,63**	-2,98	14,26**	0,44	1,41	4,07**
Kris	1,79	5,05*	1,65	0,51	4,63**	4,27	34,33**	0,18	0,93	3,47**
Nutka	1,00	2,74	0,46	1,99	2,67**	-0,33	0,15	0,14	1,22	4,78**
Sukces	-0,79	0,84	2,82	1,93	5,36**	-1,93	4,51*	1,42	2,33	5,38**
Turnia	-1,05	4,32*	4,79*	2,49*	1,88**	-0,19	0,05	2,31	0,98	4,30**
Flair	2,06	10,19**	2,74	1,82	3,04**	1,48	5,86*	1,50	2,18	2,45**
Kobiera	-2,33	13,51**	1,14	0,65	2,94**	-1,69	4,95*	0,07	0,36	3,79**
Nadobna	0,99	2,48	1,94	1,73	2,90**	1,77	6,12*	0,42	1,55	3,35**
Rapsodia	5,45	25,03**	1,11	1,88	8,65**	4,77	49,02**	4,19*	3,38**	3,04**
Rywalka	-3,15	34,73**	0,10	2,75*	2,09**	-4,96	55,12**	0,09	3,21**	2,92**
Trend	3,75	20,99**	1,36	2,72*	4,90**	3,43	16,87**	0,17	3,23**	4,55**
Dorota	-0,47	0,54	4,06*	1,33	3,01**	0,79	1,29	2,26	1,57	3,18**
Fregata	-2,42	8,13**	9,15	1,72	5,25**	-3,41	12,72**	4,53*	1,25	5,97**
Muza	-3,72	32,59**	5,36*	1,46	3,10**	-4,22	46,97**	2,60	1,40	2,49**
Smuga	-0,40	0,23	3,36	0,88	5,00**	-0,43	0,26	2,02	0,92	4,75**
Zawisza	-0,77	1,02	0,06	0,50	4,23**	-0,29	0,22	2,96	0,90	2,48**
Legenda	-0,64	0,79	3,13	0,93	3,78**	-0,55	0,45	0,86	0,54	4,45**
Wydma	-1,44	2,66	0,50	0,94	5,72**	0,34	0,19	0,54	1,15	4,04**
Wartość krytyczna $\alpha = 0,05$		4,30	3,44	2,26	1,56	$\alpha=0,05$	4,30	3,44	2,26	1,56
Critical value $\alpha = 0.05$										
Wartość krytyczna $\alpha = 0,01$		7,95	5,72	3,18	1,86	$\alpha=0,01$	7,95	5,72	3,18	1,86
Critical value $\alpha = 0.01$										

Wśród nich pięć odmian, tj.: Bogatka, Kris, Flair, Rapsodia i Trend odznaczyły się dodatnimi, a sześć — Zyta, Turnia, Kobiera, Rywalka, Fregata i Muza ujemnymi efektami. Porównując genotypy między sobą można zauważyć, że najbardziej od przeciętnego poziomu plonowania odbiegają w kierunku dodatnim odmiany Rapsodia, Bogatka i Trend, a najbardziej w kierunku ujemnym od średniego plonu odbiegają Muza i Rywalka.

Odmiany Turnia, Dorota i Muza wykazują istotną interakcję z latami badań, tzn., że ich plon był istotnie modyfikowany przez warunki klimatyczne w poszczególnych latach badań. Pozostałe odmiany charakteryzowały się stabilnością plonowania w analizowanym okresie. Reakcje odmian w miejscowościach, w kolejnych latach badań, na obydwu poziomach uprawy, mierzone wartościami statystyki F dla interakcji odmian ze środowiskami były istotnie różne na poziomie istotności, co najmniej 0,05 dla wszystkich odmian (tab. 3).

Spśród badanych odmian pszenicy ozimej można wyróżnić jako wysoko i stabilnie plonujące w latach i miejscowościach w warunkach standardowej agrotechniki odmiany Bogatka, Rapsodia, Flair i Kris. Odmiana Trend plonuje również powyżej przeciętnego plonu jednak jej poziom plonowania jest istotnie modyfikowany przez warunki klimatyczno-glebowe miejscowości (tab. 3).

W warunkach intensywnej agrotechniki 13 odmian wykazało efekty główne różne od zera na poziomie istotności 0,05 (tab. 3). W tym wariancie uprawy sześć odmian — Bogatka, Kris, Flair, Nadobna, Rapsodia i Trend uzyskały istotnie dodatnie wartości oceny efektu głównego. Odmiany Mewa, Zyta, Sukces, Kobiera, Rywalka, Fregata i Muza charakteryzowały się istotnie ujemnymi oszacowaniami efektu głównego. Porównując genotypy między sobą stwierdzono, że Bogatka, Kris i Rapsodia najbardziej odbiegły w kierunku dodatnim od przeciętnego plonowania. Najbardziej w kierunku ujemnym od średniego plonu, spośród badanych odmian, podobnie jak na przeciętnym poziomie uprawy, odbiegały Rywalka i Muza (tab. 3).

Istotną interakcję odmian z latami na poziomie α_2 wykazały odmiany Rapsodia i Fregata, a z miejscowościami Rapsodia, Rywalka i Trend. Podobnie jak w przeciętnych warunkach uprawy, plony wszystkich odmian pszenicy ozimej były istotnie modyfikowane przez warunki klimatyczno-glebowe w poszczególnych miejscowościach, o czym świadczą istotne wartości statystyki F dla interakcji odmian ze środowiskami (tab. 4).

Wszystkie badane odmiany pszenicy ozimej w warunkach zarówno standardowej, jak i intensywnej agrotechniki są niestabilne pod względem plonowania, a ich interakcji ze środowiskiem nie można bezpośrednio wytłumaczyć regresyjną zależnością plonu od średniej środowiska.

Wartość współczynnika regresji, determinacji oraz statystyki F dla regresji i odchyłeń dla poszczególnych genotypów umożliwia częściowe wyjaśnienie interakcji genotypowo-środowiskowej (tab. 4). Dodatkowo, pomocne są wykresy przedstawiające graficznie charakter tej interakcji. Dzięki takiemu podejściu możliwy jest podział odmian na intensywne, ekstensywne oraz nieprzewidywalne, tj. takie, których reakcji na zmieniające się warunki środowiska w statystyczny sposób nie można przewidzieć (Caliński in., 2003).

Tabela 4

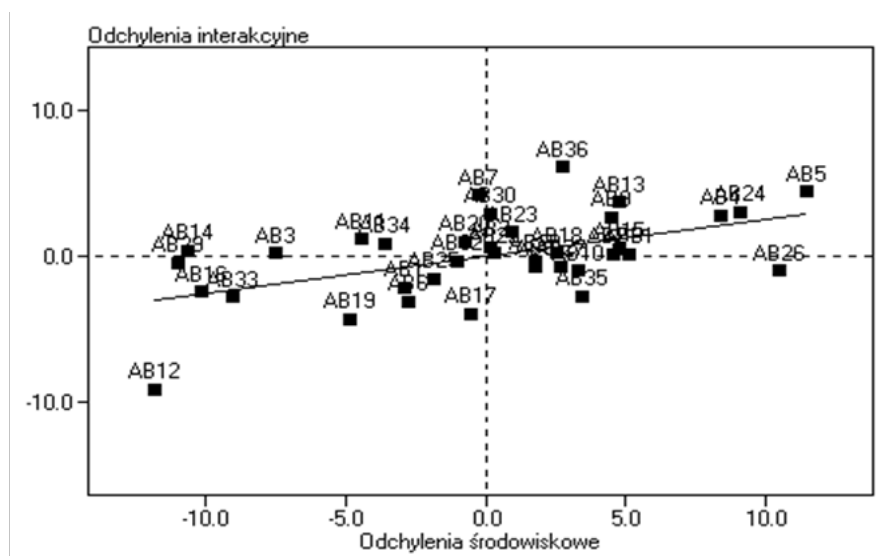
Testowanie regresji interakcji poszczególnych genotypów względem środowiska dla plonu ziarna
Testing of regression interaction for genotypes regarding to environment for grain yield

Odmiana Cultivar	Przeciętny poziom uprawy (a1) Average level of cultivation				Intensywny poziom uprawy (a2) Intensive level of cultivation			
	współczynnik ratio of		statystyka F dla interakcji z stat. F for interaction with		współczynnik ratio of		statystyka F dla interakcji z: stat. F for interaction with	
	regresji regression	determin. (%) determination	regresji regression	odchyleń deviation	regresji regression	determin. (%) determination	regresji regression	odchyleń deviation
Tonacja	-0,06	1,45	0,31	3,13**	-0,08	2,70	0,58	2,83**
Finezja	-0,06	1,30	0,28	2,88**	-0,05	1,25	0,27	2,32**
Bogatka	-0,16	6,47	1,45	4,73**	-0,05	0,59	0,12	5,17**
Sakwa	0,10	2,20	0,47	5,68**	0,07	1,40	0,30	5,24**
Mewa	-0,04	0,53	0,11	3,60**	-0,11	3,34	0,73	4,57**
Zyta	-0,01	0,02	0,00	2,76**	-0,16	8,48	1,95	3,90**
Kris	0,23	13,10	3,16	4,22**	0,18	11,46	2,72	3,22**
Nutka	0,25	27,95	8,15**	2,01**	0,26	17,42	4,43*	4,14**
Sukces	0,12	3,30	0,72	5,43**	0,04	0,32	0,07	5,62**
Turnia	0,01	0,12	0,03	1,97**	0,32	30,89	9,38**	3,11**
Flair	0,11	4,32	0,95	3,04**	0,05	1,43	0,31	2,53**
Kobiera	-0,17	11,15	2,63	2,73**	-0,06	1,07	0,23	3,93**
Nadobna	-0,15	9,47	2,20	2,75**	-0,06	1,55	0,33	3,45**
Rapsodia	0,45	26,72	7,66*	6,64**	0,18	13,09	3,16	2,77**
Rywalka	0,02	0,27	0,06	2,18**	-0,02	0,11	0,02	3,06**
Trend	0,16	6,12	1,37	4,82**	0,04	0,55	0,12	4,74**
Dorota	-0,10	3,63	0,79	3,04**	0,10	4,14	0,91	3,20**
Fregata	-0,18	6,83	1,54	5,13**	-0,28	16,57	4,17	5,21**
Muza	-0,19	13,72	3,34	2,81**	-0,23	27,46	7,95*	1,89**
Smuga	-0,44	44,53	16,86**	2,91**	-0,27	20,28	5,34*	3,97**
Zawisza	-0,06	0,89	0,19	4,39**	0,10	4,70	1,04	2,47**
Legenda	0,00	0,00	0,00	3,96**	0,10	2,70	0,58	4,53**
Wydma	0,15	4,79	1,06	5,71**	-0,07	1,47	0,31	4,17**
Wartość krytyczna $\alpha = 0,05$ Critical value $\alpha = 0,05$			4,32	1,57	$\alpha = 0,05$	4,32 1,57		
Wartość krytyczna $\alpha = 0,01$ Critical value $\alpha = 0,01$			8,02	1,88	$\alpha = 0,01$	8,02 1,88		

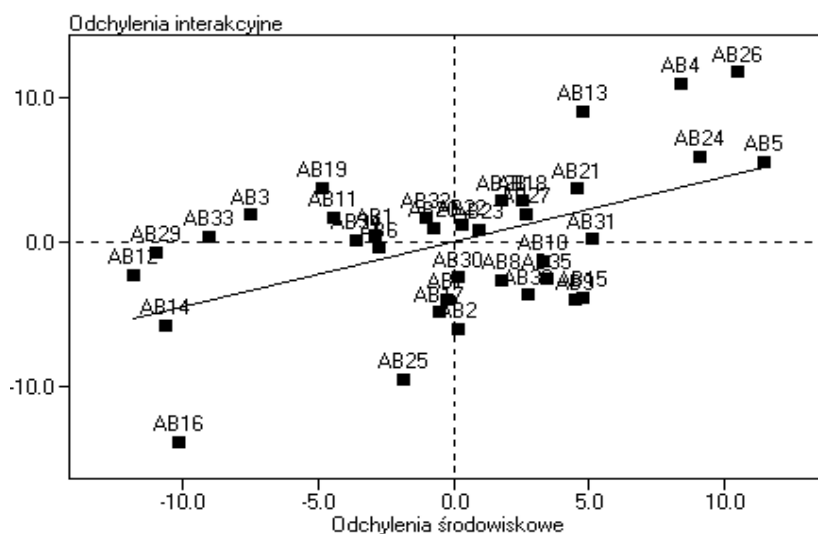
Na przeciętnym poziomie uprawy odmiany Nutka i Rapsodia wykazały istotne, dodatnie interakcje względem średniej środowiskowej. W świetle uzyskanych wyników można, zatem je uznać za odmiany intensywne, ponieważ wraz z poprawą warunków środowiska ich plon wzrasta (rys. 1 i 2). Odmianę Smuga na tym poziomie agrotechniki zaliczyć można do genotypów ekstensywnych ze względu na istotną ujemną regresyjną zależność w stosunku do średniej środowiskowej. W badanym trzyleciu odmianę Smuga, na poziomie a1, można uznać za taką, która wykazuje pozytywną interakcję ze środowiskami o przeciętnie niższych plonach, a negatywną ze środowiskami o przeciętnie wyższych plonach.

Na poziomie intensywnym odmiany Nutka i Turnia wykazały istotny dodatni współczynnik regresji, czyli wykazują pozytywną interakcję ze środowiskami o przeciętnie wyższych plonach (formy intensywne). Odmiany Muza i Smuga, na poziomie intensywnej

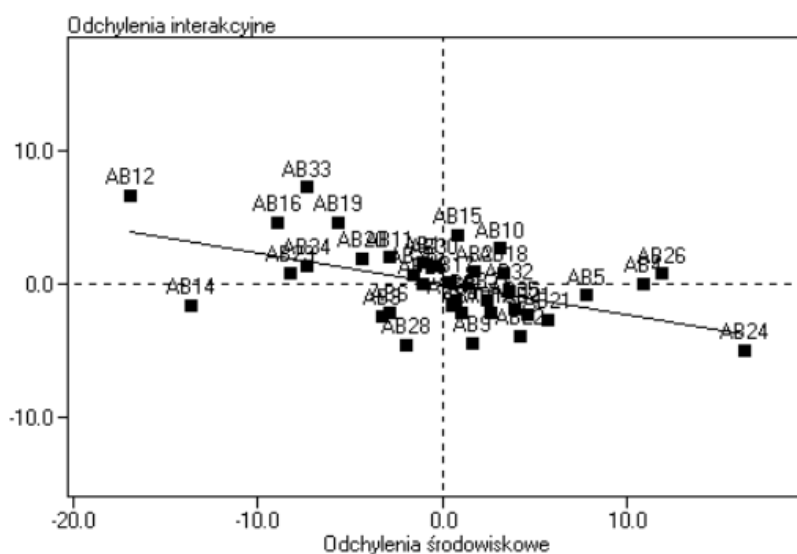
agrotechniki, zaliczyć można do genotypów ekstensywnych — wykazały istotnie ujemną interakcję ze środowiskami (rys. 3 i 4).



Rys. 1. Regresja efektów interakcyjnych odmiany Nutka względem środowiska na przeciętnym poziomie agrotechniki dla plonu ($b = 0,25$). AB1-AB36 środowiska jako kombinacje lat i miejscowości
 Fig. 1. Regression of yield interaction effects for variety Nutka at the average level of cultivation ($b = 0.25$). Environments AB1-AB36 as combinations of years and places

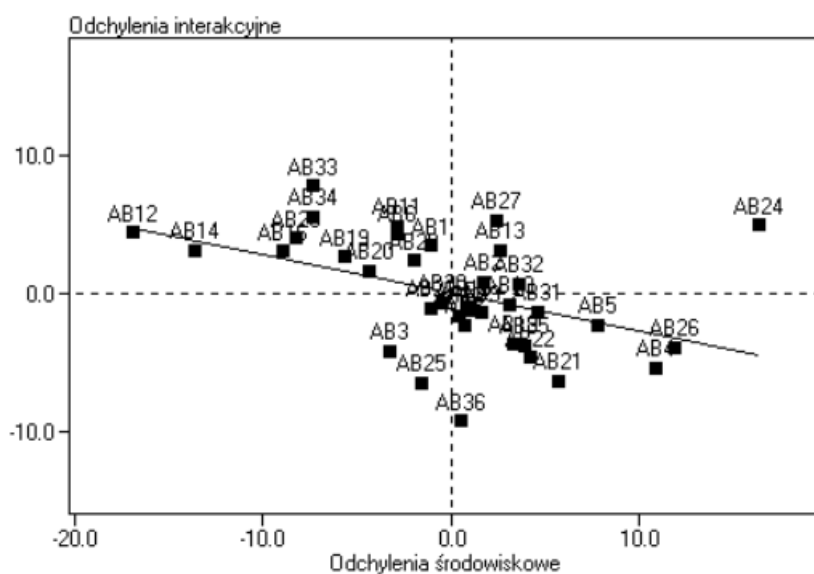


Rys. 2. Regresja efektów interakcyjnych odmiany Rapsodia względem środowiska na przeciętnym poziomie agrotechniki dla plonu ($b = 0,45$). AB1-AB36 środowiska jako kombinacje lat i miejscowości
 Fig. 2. Regression of yield interaction effects for variety Rapsodia at the average level of cultivation ($b = 0.45$). Environments AB1 - AB36 as combinations of years and places



Rys. 3. Regresja efektów interakcyjnych odmiany Muza względem środowiska na intensywnym poziomie agrotechniki dla plonu ($b = -0,23$). AB1 - AB36 środowiska jako kombinacje lat i miejscowości

Fig. 3. Regression of yield interaction effects for variety Muza at the intensive level of cultivation ($b = -023$). Environments AB1-AB36 as combinations of years and places



Rys. 4. Regresja efektów interakcyjnych odmiany Smuga względem środowiska na intensywnym poziomie agrotechniki dla plonu ($b = -0,27$). AB1 - AB36 środowiska jako kombinacje lat i miejscowości

Fig. 4. Regression of yield interaction effects for variety Smuga at the intensive level of cultivation ($b = -0.27$). Environments AB1-AB36 as a combinations of years and places

Uzyskane wyniki, o znacznym udziale wariacji efektów interakcji odmian pszenicy ozimej ze środowiskami glebowo-klimatycznymi w zmiennych warunkach przyrodniczych Polski znajdują odzwierciedlenie w badaniach przeprowadzonych w oparciu o wyniki doświadczeń porejestrowych (Mądry, 2003; Weber i in., 2006; 2007; Drzazga i in., 2009; Derejko i in., 2011). Coraz częściej w opracowaniach dotyczących badania interakcji odmian ze środowiskiem spotyka się ocenę ich stopnia adaptacyjności do rejonu uprawy (Mądry, 2002; 2003; Mądry i in. 2006; Bujak i in., 2008 a; 2008 b). Ułatwia to wybór odmian o wąskiej adaptacji, przydatnych do mikrorejonizacji, a więc do rejonów lub podrejonów o określonych warunkach klimatyczno-glebowych (Grüneberg i in., 2005). Jednak znaczny udział interakcji odmian z miejscowością i latami w ogólnej zmienności plonów w tego typu doświadczeniach utrudnia wybór odmian odznaczających się szeroką adaptacją do określonych rejonów kraju (Mądry i in., 2006). Zróżnicowania reakcja odmian na warunki środowiskowe oraz duża rotacja odmian w doświadczeniach porejestrowych wskazują na konieczność badania nowych odmian pod kątem ich interakcji ze środowiskami i stabilności plonowania.

WNIOSKI

1. Wykazano istotne zróżnicowanie badanych odmian pszenicy ozimej dla plonu oraz ich interakcję z latami, miejscowościami i środowiskami na obydwu poziomach intensywności uprawy.
2. Niezależnie od poziomu agrotechniki, najlepiej plonowały odmiany Rapsodia i Bogatka. Odmiana Kris charakteryzowała się najwyższym przyrostem plonu spowodowanym podwyższeniem intensywności agrotechniki.
3. Niezależnie od zastosowanej agrotechniki wszystkie badane odmiany wykazały istotną interakcję ze środowiskiem klimatyczno-glebowym, co wskazuje na małą stabilność plonowania w latach.
4. Wśród odmian o istotnej interakcji genotypowo-środowiskowej wysoko plonowały na obydwu poziomach agrotechnicznych Bogatka, Kris, Flair i Trend oraz Rapsodia i Nadobna w warunkach intensywnej agrotechniki.
5. Istotnie dodatnie wartości współczynnika regresji plonów względem środowiska u odmiany Nutka na obydwu poziomach agrotechniki oraz u odmiany Turnia na poziomie intensywnej agrotechniki pozwalają na ich zaliczenie do odmian intensywnych, czyli silnie reagujących wzrostem plonów spowodowanych poprawą warunków siedliskowych. Odmiana Smuga na obydwu poziomach agrotechniki uzyskała ujemne wartości współczynnika regresji, co świadczy o tym, że jest odmianą ekstensywną.

LITERATURA

- Annicchiarico P., Russi L., Piano E., Veronesi F. 2006. Cultivar adaptation across Italian locations in four turf grass species. *Crop Sci.* 46: 264 — 272.
- Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J. 2008 a. Ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie parametrycznych i nieparametrycznych metod. *Biul. IHAR* 250: 189 — 201.

- Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J. 2008 b. Zastosowanie metody rang grup jednorodnych i współczynnika zmienności do badania stabilności plonowania odmian żyta. *Biul. IHAR* 250: 217 — 224.
- Caliński T. 1967. Model analizy wariancji dla doświadczeń wielokrotnych. *Roczn. Nauk Rol. Seria A*, 93: 549 — 579.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P. 2003. Podręcznik użytkownika programu SERGEN 4. Metodyka statystyczna i obsługa programu SERGEN (Wersja 4 dla Windows) przeznaczonego do analizy serii doświadczeń odmianowych i genetyczno-hodowlanych. Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu.
- 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 w doświadczeniach PDO. *Biul. IHAR* 259: 131 — 146.
- Drzazga T., Paderewski J., Mądry W., Krajewski P. 2009. Ocena rodzajów reakcji plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO na przestrzenne zmienne warunki przyrodnicze kraju. *Biul. IHAR* 253: 71 — 82.
- Elandt R. 1956. O pewnych testach interakcji w doświadczeniach wieloletnich i wielokrotnych. Zagadnienie rejonizacji. *Zast. Mat.*: 38 — 45.
- Gacek E. 1998. Program porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego w Polsce. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* 3: 32 — 34.
- Gacek E., Behnke M. 1999. Stan realizacji porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego w Polsce. *Hod. Rośl. Nasien.* 3: 42 — 47.
- Gacek E., Behnke M. 2006. Wdrażanie postępu biologicznego do praktyki rolniczej w warunkach gospodarki rynkowej. *Biul. IHAR* 240/241: 83 — 90.
- Grüneberg W. J., Manrique K., Hang D., Hermann M. 2005. Genotype × environment interactions for a diverse set of sweet potato clones evaluated across varying ecogeographic conditions in Peru. *Crop Sci.* 45: 2160 — 2171.
- GUS. 2009. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich w 2009 r. Warszawa: 80 ss.
- Ignaczak S. 2000. Rośliny zbożowe. Wyd. Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz.
- Iwańska M., Mądry W., Rajfura A., Drzazga T. 2009. Porównanie syntetycznych wskaźników stopnia szerokiej adaptacji odmian na przykładzie serii doświadczeń przedrejestrowych z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 253: 31 — 45.
- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. *Roczn. AR w Poznaniu. Rozprawy Naukowe* 155.
- 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 Rol., seria A*, 116: 11 — 24.
- Mądry W. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy × środowiska. Cz. II. Model mieszany Shukli i model regresji łącznej. *Coll. Biom.*: 207 — 220.
- 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.
- Mądry W., Mańkowski D. R., Kaczmarek Z., Krajewski P., Studnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczalnictwa, genetyki i hodowli roślin. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR* 34/2010: 13 — 163.
- Navabi A., Yang R. C., Helm J., Spaner D. M. 2006. Can spring wheat - growing mega environments in the Northern Great Plains be dissected for representative locations or niche-adapted genotypes? *Crop Sci.* 46: 1107 — 1116.
- Rothkaehl J. 2009. Rynek pszenicy w Polsce. Jakość pszenicy zwyczajnej i system jej oceny. FAPA Warszawa.
- 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 przeprowadzenia PDO na Dolnym Śląsku. *Biul. IHAR* 245: 5 — 16.