

¹ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Herbologii
Technik Uprawy Roli we Wrocławiu, ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław
e-mail: rweber@iung.pulawy.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa
pl. Grunwaldzki 24A, 53-363 Wrocław
e-mail: henryk.bujak@up.wroc.pl, dariusz.zalewski@up.wroc.pl

RYSZARD WEBER¹, HENRYK BUJAK², DARIUSZ ZALEWSKI²

**Analiza zmienności plonowania
odmian pszenicy ozimej na Dolnym Śląsku
na podstawie doświadczeń porejestrowego
doświadczalnictwa odmianowego**

Yield variability of winter wheat cultivars in Lower Silesia on the basis
of post-registration trials carried out in Lower Silesia

Streszczenie. Celem pracy była analiza zmienności plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej w warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska. Analizy wykonano na podstawie wyników badań w ramach porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego i rolniczego na Dolnym Śląsku przeprowadzonych w latach 2009–2011. Wybrano doświadczenia wykonane w 7 miejscowościach odznaczających się zróżnicowanymi warunkami glebowymi. Analizowano zmienność plonów 10 odmian pszenicy ozimej. Analiza dyskryminacyjna i analiza skupień wykazały zróżnicowaną reakcję plonowania badanych odmian w poszczególnych stacjach doświadczalnych. Ustalenie mikrorejonów w dużym stopniu jest uzależnione od doboru odmian zalecanych do uprawy

w danym województwie. Odmiany Mulan i Muszelka plonowały najwyżej niezależnie od warunków glebowo-klimatycznych, natomiast Figura charakteryzowała się niższym plonowaniem.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, odmiany, zmienność plonowania

WSTĘP

Udział zbóż w strukturze zasiewów w Polsce osiągnął w wielu województwach niebezpieczną granicę 70%. Uprawa pszenicy w płodozmianach zbożowych, głównie ze względów ekonomicznych, jest najczęściej stosowana na obszarze naszego kraju. Wiele gospodarstw rolnych praktykuje również uprawę pszenicy ozimej w monokulturze. Znaczna powierzchnia zasiewów pszenicy spowodowała, że gatunek ten jest uprawiany nie tylko na kompleksach pszenno-buraczanych, lecz również na glebach lżejszych, o gorszej strukturze roli. Tak duże zróżnicowanie środowiskowe w uprawie pszenicy

wymusza poszukiwanie odmian odznaczających się dobrym przystosowaniem do zmiennych warunków klimatyczno-glebowych. Plonowanie pszenicy jest również w dużym stopniu uzależnione od systemów uprawy, przedplonu oraz sumarycznych nakładów na produkcję rolną [Lepiarczyk i in. 2010]. Interakcja genotypowo-środowiskowa jest powszechnym zjawiskiem, polegającym na niejednakowej reakcji odmiany, pod względem określonej cechy, na zmienne warunki środowiskowe w badanych miejscowościach [Roozeboom i in. 2008, Paderewski i Mądry 2012]. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej umożliwia wybór odmian odznaczających się zarówno wąską, jak i szeroką adaptacją do określonych środowisk – miejscowości w rejonie uprawy. Znaczące efekty interakcyjne pomiędzy odmianami a środowiskami powodują, że ocena wartości gospodarczej odmian oparta na średnim plonie w określonym obszarze makroregionu nie jest wystarczająco wiarygodna [Anderson 2010, Annicchiarico i in. 2010]. Analiza czynnikowa zmienności plonów ziarna pszenicy ozimej w ramach porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego (PDO) umożliwiła wyodrębnienie na Dolnym Śląsku trzech podregionów nieróżniących się istotnie plonowaniem analizowanej grupy odmian [Weber i in. 2014]. Jednak ciągła wymiana starych odmian na nowe genotypy w ramach doświadczeń PDO może skutkować inną reakcją tych odmian na określone środowiska w stacjach doświadczalnych COBORU [Weber i in. 2012]. Dlatego analiza zmienności plonowania nowo zarejestrowanych odmian pszenicy ozimej w analizowanych stacjach doświadczalnych może wykazywać odmienną ocenę badanych mikroregionów i wybór odmian odznaczających się inną reakcją na zróżnicowane warunki klimatyczno-glebowe w poszczególnych latach badań. Celem pracy jest analiza zmienności plonowania nowo zarejestrowanych odmian pszenicy ozimej w zależności od warunków glebowo-klimatycznych w stacjach doświadczalnych COBORU w latach 2009–2011.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na podstawie danych porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego (PDO) na Dolnym Śląsku. Spośród lokalizacji doświadczeń PDO 7 miejscowości stanowiło próbę reprezentatywną, charakteryzującą zróżnicowane warunki klimatyczno-glebowe (tab. 1, 2). Analizowano zmienność plonów 10 odmian pszenicy ozimej wysiewanych w ramach PDO w latach 2009–2011 (tab. 3). Doświadczenia założono w dwóch powtórzeniach metodą pasów prostopadłych. Czynnikiem drugim, nieanalizowanym w tym opracowaniu, były poziomy intensywności uprawy. Wielkość poletek wynosiła 15 m². W analizowanym standardowym poziomie agrotechniki (o obniżonych nakładach na produkcję) nie stosowano oprysku roślin fungicydami. Nawożenie makroelementami oraz inne zabiegi agrotechniczne wykonywano w ograniczonym zakresie, jednakowo na wszystkich poletkach analizowanych doświadczeń. Zróżnicowane nawożenie azotowe w poszczególnych doświadczeniach (stacjach doświadczalnych) zależne było od zawartości tego makroelementu w glebie. Siew odmian pszenicy w analizowanych latach wykonywano w trzeciej dekadzie września (2008 i 2009 r.) lub w pierwszych dniach października (2011 r.). Gęstość siewu zależała od kompleksu gleby i wynosiła od 400 do 450 sztuk ziaren na 1 m².

Tabela 1. Charakterystyka stacji doświadczalnych PDO na Dolnym Śląsku
Table 1. Characteristics of trial locations PDO in across Lower Silesia

Miejscowości Trial locations	Gleby Soils	Opady/ Rainfall (mm)					
		miesiące/ months X–III			miesiące/ months IV–IX		
		2008–2009	2009–2010	2010–2011	2008–2009	2009–2010	2010–2011
Naroczyce	płowe iluwialne	269	203	207	342	489	429
Kobierzyce	czarne ziemie	222	239	brak danych	453	515	brak danych
Zybiszów	czarne ziemie	188	222	181	436	515	404
Kondratowice	czarne ziemie	239	211	170	451	493	380
Pawłowice	płowe właściwe	221	256	227	441	541	452
Tarnów	płowe właściwe	210	232	206	413	626	360
Tomaszów	płowe iluwialne	284	263	247	420	649	418

Tabela 2. Warunki środowiskowe i uprawowe w stacjach doświadczalnych w latach 2007–2009
Table 2. Environmental and tillage conditions in experimental locations 2007–2009

Wyszczególnienie Specification	Głubczyce	Kochcice	Łosiów	Modzurów	Nieznanice	Pawłowice	Pągów
Zasobność gleby P ₂ O ₅ P ₂ O ₅ content in soil	30,3	31,0	brak danych	brak danych	20,0	9,2	23,6
Zasobność gleby K ₂ O K ₂ O content in soil	29,5	21,5	brak danych	brak danych	brak danych	19,1	20,6
Zasobność gleby Mg Mg content in soil	10,2	13,8	brak danych	brak danych	brak danych	7,6	10,1
pH gleby – pH of soil	6,5	6,3	6,3	6,5	6,0	6,0	7,0
Nawożenie N na poziomie A1 Nitrogen rates A1 (kg ha ⁻¹)	120	114	89	76	100	100	136
Nawożenie P ₂ O ₅ Phosphoric rates (kg ha ⁻¹)	52	60	18	33	70	80	88
Nawożenie K ₂ O Potassium rates (kg ha ⁻¹)	78	99	48	88	105	132	120
Zaprawa nasienna Seed dressing	Sarfun T65	Funaben T	Funaben T	Sarfun T65	Oxafun	Oxafun	Premis 025 DS
Herbicyd Herbicide	Alister 165 l l	Lentipur 2 l	Alister 165 l l	Carat 350SD 0,75 l	Husar 0,2 kg	Cougar 1,3 l	Alister 165 l l

Analizę danych w serii doświadczeń przeprowadzonych w 7 miejscowościach przez okres 3 lat wykonano za pomocą jedno- i wielozmiennej analizy wariancji Manova (7 miejscowości po 10 odmian) oraz metody analizy dyskryminacyjnej opisanej w opracowaniach Morrisona [1976], Calińskiego i Chudzika [1980] i Krzyżkę [1990]. Powyższa analiza pozwala na ocenę plonu odmian pszenicy w przestrzeni 7-wymiarowej, zdefiniowanej przez 7 zmiennych – punktów doświadczalnych. W celu porównania wyników zastosowano również analizę skupień metodą Warda.

Tabela 3. Wartości średnie plonów (dt ha⁻¹) poszczególnych odmian w doświadczeniach PDO w latach 2009–2011Table 3. Mean yields of the tested varieties (dt ha⁻¹) in 7 experimental locations in (2009–2011)

Odmiana Cultivar	Miejscowości/ Experimental locations							Średnia Mean
	Naroczyce	Kobie- rzyce	Zybiszów	Kondra- towice	Pawło- wice	Tarnów	Tomaszów	
Figura	78,9	98,6	92,4	95,0	76,3	76,2	69,7	83,9
Muszelka	87,1	102,9	102,3	94,9	87,1	77,6	76,2	89,7
Nadobna	86,0	106,3	98,6	102,4	80,3	74,3	67,8	87,9
Rapsodia	87,7	95,8	97,4	97,8	89,3	78,6	68,8	87,9
Boomer	83,3	101,0	100,7	96,4	83,3	83,5	69,8	88,3
Kohelia	86,0	100,9	104,9	92,1	75,1	82,3	66,2	86,8
Mulan	89,4	102,1	104,2	97,0	86,7	80,4	69,7	89,9
Cubus	84,2	99,0	101,1	99,4	79,3	80,2	69,2	87,5
Brillant	86,0	100,4	98,8	97,8	82,1	78,7	70,4	87,7
Ostroga	85,4	98,7	100,1	100,2	81,4	78,8	65,0	87,1
Średnia Mean	85,4	100,6	100,0	97,3	82,1	79,0	69,3	87,7

NIR (dla średnich z odmian i lat) miejscowości = 4,64/ LSD (for mean cultivars and years) experimental locations = 4.64

NIR (dla średnich z lat i miejscowości) odmiany = 3,24/ LSD (for mean years and localities) cultivars = 3.24

NIR (dla średnich z lat) odmiany × miejscowości = 9,72/ LSD (for mean years) cultivars × experimental locations = 9.72

WYNIKI

Trójczynnikowa analiza wariancji (Anova) doświadczeń poziomu standardowego wykazała zróżnicowanie plonowania odmian (tab. 3). Na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego, w miejscowościach Kobierzyce, Zybiszów i Kondratowice, uzyskano istotnie wyższe plony pszenicy ozimej niż w gorszych warunkach glebowych, w miejscowościach Tarnów, Tomaszów i Pawłowice (NIR = 4,64; $p = 0,05$). Odmiany charakteryzowały się zróżnicowaną wielkością plonów w poszczególnych miejscowościach (tab. 3). Istotnie wyższym plonowaniem w analizowanych środowiskach odznaczały się odmiany Mulan i Muszelka. Natomiast Figura w porównaniu z pozostałymi odmianami charakteryzowała się niższym plonem (NIR = 3,24; $p = 0,05$).

Po odrzuceniu stacji doświadczalnych Tarnów i Zybiszów, odznaczających się mniejszą zmiennością plonowania (Statystyka $F = 0,95; 0,98$), wielowymiarowa analiza wariancji plonów Manova wykazała istotne zróżnicowanie badanych odmian w analizowanych miejscowościach (tab. 4). Statystyka lambda Wilksa ($\Lambda = 0,0594; p < 0,0504$) dla całkowitej dyskryminacji, obliczona jako stosunek wyznacznika macierzy wariancji i kowariancji wewnątrzgrupowej do wyznacznika macierzy wariancji i kowariancji całkowitej, wykazała istotne różnice pomiędzy badanymi środowiskami (miejscowościami). Hipotezę zerową o równości centroidów (średnich plonów z 5 miejscowości) należy odrzucić na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Im mniejsza jest cząstkowa lambda Wilksa, tym większym zróżnicowaniem plonów badanych odmian odznaczają się poszczególne

Tabela 4. Zestawienie analizy funkcji dyskryminacyjnej
Table 4. Discriminant function analysis

Środowiska Environments	Lambda Wilksa Wilks's lambda	Cząstkowa lambda Wilksa Partial Wilks's lambda	F	Poziom p Level p	R ²
Naroczyce	0,0971	0,6119	1,12	0,3989	0,70
Kobierzyce	0,1256	0,4733	1,97	0,1121	0,42
Kondratowice	0,1512	0,3932	2,74	0,0376	0,88
Pawłowice	0,2188	0,2717	4,76	0,0033	0,62
Tomaszów	0,1320	0,4502	2,17	0,0844	0,85
Zmienne poza modelem					
Tarnów	0,0378	0,6362	0,95	0,5114	0,88
Zybiszów	0,0374	0,6290	0,98	0,4912	0,77

Lambda Wilksa = 0,0594; przybliżone F= 1,58; p < 0,0504

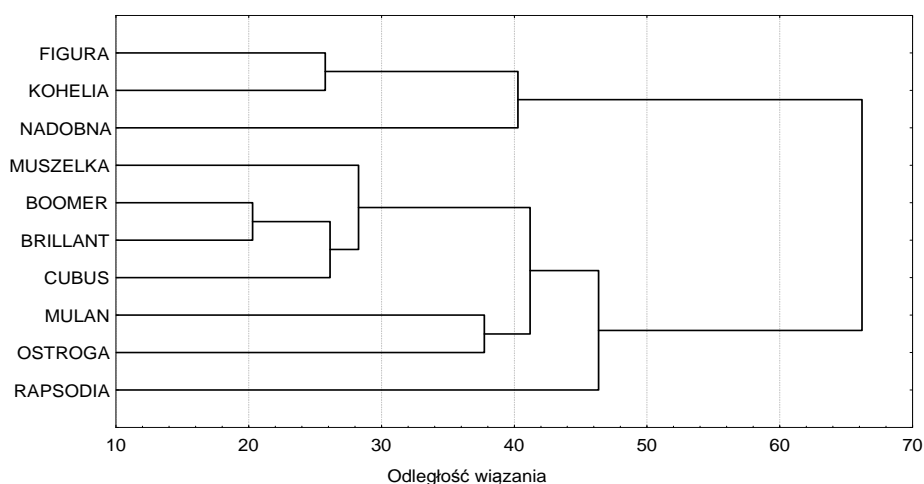
Wilks's lambda = 0.0594; approximation F = 1.58; p < 0.0504

Tabela 5. Kwadraty odległości Mahalanobisa pomiędzy plonami odmian
Table 5. Squared Mahalanobis distances between cultivars

Odmiany	(F)	(M)	(N)	(R)	(B)	(K)	(Mu)	(C)	(Br)	(O)
Figura (F)	0,0	21,0	2,49	26,8*	10,2	5,09	18,0*	2,8	7,7	9,0
Muszelka (M)	21,0*	0,0	14,9*	4,9	5,9	37,7*	15,3*	13,2	9,0	18,0*
Nadobna (N)	2,4	14,9	0,0	21,7*	8,4	10,6	9,0	2,4	7,9	7,0
Rapsodia (R)	26,8*	4,9	21,7*	0,0	4,1	36,6*	16,6*	15,9*	7,4	14,9*
Boomer (B)	10,2	5,9	8,4	4,13	0,0	16,6*	10,2	4,0	0,6	4,9
Kohelia (K)	5,09	37,7*	10,6	36,2*	16,6*	0,0	23,8*	7,5	12,3	8,9
Mulan (Mu)	18,0*	15,3*	9,0	16,6*	10,2	23,8*	0,0	8,7	12,1	5,9
Cubus (C)	2,8	13,2	2,4	15,9*	4,0	7,5	8,7	0,0	2,5	2,5
Brillant (Br)	7,7	9,0	7,9	7,4	0,6	12,3	12,1	2,5	0,0	3,8
Ostroga (O)	9,0	18,0*	7,0	14,9*	4,9	8,9	5,9	2,5	3,8	0,0

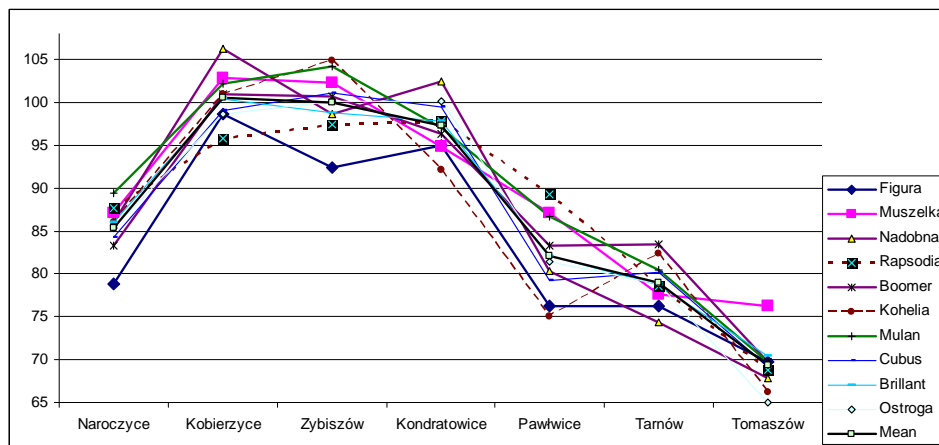
miejsowości. Zarówno wartości lambdy cząstkowej Wilksa, jak i test F związany z indywidualnym wkładem danej zmiennej (miejsowości) do mocy dyskryminacyjnej modelu wskazują, że największy wpływ na zmienność odmian wywarły warunki glebo-wo-klimatyczne w miejscowościach Kondratowice, Pawłowice i Tomaszów. Natomiast pozostałe stacje doświadczalne (środowiska) w mniejszym stopniu wpłynęły na różnice w plonach odmian pszenicy. Plony odmian pszenicy w poszczególnych miejscowościach wykazywały również znaczne współzależności z pozostałymi zmiennymi (miejsowości), o czym świadczą duże wartości korelacji kanonicznej R². Dlatego obliczenie różnic pomiędzy analizowanymi genotypami w przestrzeni euklidesowej, nieuwzględniającej korelacji pomiędzy badanymi miejscowościami, może być obciążone dużym błędem. Tabela 5 przedstawia kwadraty odległości Mahalanobisa, które stanowią miary odległości między 2 odmianami w przestrzeni zdefiniowanej przez 5 środowisk. Istotna odległość pomiędzy 2 odmianami wskazuje na zróżnicowaną reakcję odmian pod względem plonowania na warunki środowiskowe w 5 analizowanych miejscowościach. Odległość Mahalanobisa jest podobna do standardowej odległości euklidesowej, uwzględnia ona jednak dodatkowo korelacje między badanymi zmiennymi. Im większe są odległości

wykazane w tabeli 4, tym dalej od siebie umiejscowione są analizowane odmiany i tym większą moc dyskryminacyjną ma przedstawiony model w różnicowaniu plonów badanych odmian. Odmiany Muszelka i Rapsodia odznaczały się odmienną reakcją na zmienne warunki glebowo-klimatyczne w 5 miejscowościach. Świadczą o tym istotne odległości Mahalanobisa między wymienionymi odmianami a pozostałymi obiektami. Muszelka charakteryzowała się najwyższym plonowaniem w porównaniu z pozostałymi badanymi odmianami. Natomiast odmienna reakcja plonowania odmiany Rapsodia może wynikać z jej przynależności do grupy C (odmiany pastewne) jakości technologicznej ziarna. W celu porównania plonów 10 odmian pszenicy w przestrzeni utworzonej przez badane środowiska wykonano również analizę skupień metodą Warda (rys. 1). Im bliższe jest względem siebie położenie odmian, tym większe jest podobieństwo reakcji plonu odmian



Rys. 1. Dendrogram analizy skupień plonów pszenicy ozimej w zróżnicowanych środowiskach
 Fig. 1. Dendrogram of the cluster analysis for yields of winter wheat cultivars in different environments

na środowiska. Analizując skupienia odmian, można wyróżnić kilka grup pod względem ich środowiskowej reakcji. Jednoelementowe grupy tworzą odmiany Rapsodia, Ostroga i Mulan. Drugą grupę stanowią odmiany Boomer, Brillant i Cubus. Wymienione odmiany odznaczają się znaczną odległością euklidesową w stosunku do trzeciej grupy odmian (Figura, Kohelia i Nadobna). Przedstawiony dendrogram (rys. 1) określa odległości euklidesowe pomiędzy badanymi genotypami w przestrzeni 5-wymiarowej, jednak nie uwzględnia współzależności pomiędzy badanymi miejscowościami (środowiskami). Dlatego niektóre odległości Mahalanobisa nie odzwierciedlają oddalenia poszczególnych odmian w przestrzeni euklidesowej. Można jednak zauważyć dużą zbieżność wyników. Zarówno w tabeli 4, jak i na przedstawionym dendrogramie widać, że Rapsodia odznacza się znacznym oddaleniem od pozostałych odmian pod względem zmienności plonowania w badanych miejscowościach. Natomiast mała odległość euklidesowa pomiędzy odmianami Boomer i Brillant oraz nieistotna odległość Mahalanobisa wskazują na duże podobieństwo w reakcji



Rys. 2. Zmienność plonowania (dt ha^{-1}) odmian pszenicy w poszczególnych stacjach doświadczalnych Dolnego Śląska

Fig. 2. Yield variability (dt ha^{-1}) of wheat cultivars in different experimental stations in Lower Silesia

plonu wymienionych odmian na środowisko. Na podstawie wykresu obrazującego zmienność plonów badanych odmian w porównaniu ze średnią w poszczególnych miejscowościach można stwierdzić, że odmiany Mulan i Muszelka odznaczały się zwiększoną stabilnością plonowania i adaptacją do warunków środowiskowych Dolnego Śląska (rys. 2).

DYSKUSJA

Wyniki badań potwierdziły znaczne różnice w plonowaniu odmian pszenicy w województwie dolnośląskim. Szczególnie w stacjach doświadczalnych Pawłowice i Kondratowice badane odmiany wykazywały bardziej zróżnicowane plony niż w pozostałych miejscowościach. Jednak porównując zmienność plonowania innego zestawu odmian w latach 2001–2003 lub w latach 2004–2006, można stwierdzić, że analizowane miejscowości wywierały odmienny wpływ na plony pszenicy [Weber Zalewski 2006, Weber i in. 2014]. Pożądana odmiana pszenicy powinna odznaczać się stabilnym plonem we wszystkich środowiskach rejonu docelowego i wykazywać wysoką stabilność plonowania w latach [Navabi i in. 2006]. Stopień szerokiej adaptacji odmiany określa prawdopodobieństwo, że jej plon jest wyższy o określoną wielkość od średnich plonów w środowiskach danego rejonu uprawy [Iwańska i in. 2008]. Większość odmian odznaczających się szeroką adaptacją w zmiennych warunkach środowiskowych określonego regionu uprawy wykazuje wyższe plony od średniej badanych odmian w tych środowiskach [Shah i in. 2009, Sharma i in. 2010]. Jednak zróżnicowane warunki środowiskowe w poszczególnych województwach naszego kraju powodują, że wykorzystanie odmian o lokalnej, wąskiej adaptacji może przyczynić się do wyższych plonów pszenicy ozimej [Annicchiarico i in. 2006, Drzazga i in. 2009]. Znaczna liczba odmian zarejestrowanych na terenie naszego kraju w ciągu ostatnich lat wskazuje, że analiza zmienności plonu nowych od-

mian w poszczególnych mikroregionach stacji doświadczalnych nabiera coraz większego znaczenia.

Stare odmiany wykazywały najczęściej większą stabilność plonowania w porównaniu z nowo wytworzonymi formami [Fufa i in. 2005]. Plony starych odmian pszenicy, wytworzonych pod koniec XX w., uzależnione były głównie od liczby kłosów na jednostce powierzchni. Natomiast nowe odmiany odznaczają się zróżnicowanym wpływem poszczególnych komponentów plonu: typ pojedynczego kłosa, formy uzależnione od liczby i masy ziarna z kłosa, typ gęstego łanu [Sanches-Gracia i in. 2012]. Dlatego różnice w plonach tych odmian w poszczególnych środowiskach makroregionu mogą być większe niż w przypadku starych form pszenicy. Obecnie coraz większą rolę przypisuje się hodowli nowych odmian, o małych wymaganiach odnośnie do intensywności uprawy [Brancourt-Hulmel i in. 2005, Trethowan i in. 2005]. Na podstawie zmiennych warunków atmosferycznych w latach 2009–2011 można stwierdzić, że czynnikiem w małym stopniu różnicującym plony badanych odmian były opady deszczu w punktach doświadczalnych. Natomiast duży wpływ na zmienność plonowania wywarły warunki glebowe w poszczególnych miejscowościach. Zróżnicowana reakcja odmian na warunki środowiskowe Dolnego Śląska w dużym stopniu była związana z pochodzeniem badanych odmian. Odmiany Boomer Brillant i Cubus, wytworzone w zagranicznych stacjach hodowli roślin w Szwecji, Niemczech i Francji, odznaczały się inną zmiennością plonowania niż formy wyhodowane w stacjach hodowli roślin w kraju.

WNIOSKI

1. Ustalenie mikroregionów odznaczających się istotnie zróżnicowanymi plonami pszenicy jest w dużym stopniu uzależnione od doboru odmian aktualnie zalecanych do uprawy w poszczególnych województwach naszego kraju. Analiza dyskryminacyjna wykazała, że środowiska – miejscowości Pawłowice i Tomaszów w największym stopniu przyczyniły się do znacznych różnic w plonowaniu badanych odmian.

2. Na glebach kompleksu pszenno-buraczanego pszenica ozima niezależnie od odmiany wykazywała wyższe plony niż w warunkach gleb klasy III lub IV. W analizowanych warunkach glebowo-klimatycznych odmiany Mulan i Muszelka odznaczały się wyższymi i mniej zróżnicowanymi plonami w badanych środowiskach.

3. Na podstawie analizy skupień można stwierdzić, że odmiana pastewna Rapsodia oraz odmiany wywodzące się z zagranicznych stacji hodowli (Boomer Brillant i Cubus) wykazywały inną reakcję pod względem zmienności plonowania na zróżnicowane warunki środowiskowe Dolnego Śląska niż pozostałe odmiany.

PIŚMIENNICTWO

- Anderson W.K., 2010. Closing the gap between actual and potential yield of Rainer wheat. The impacts of environment, management and cultivar. *Field Crops Res.* 116, 14–22.
- Annicchiarico P., Chiapparino E., Perenzin M., 2010. Response of common wheat varieties to organic and conventional production systems across Italian locations, and implications for selection. *Field Crops Res.* 116, 230–238.

- Annicchiarico P., Russi L., Piano E., Veronesi F., 2006. Cultivar adaptation across Italian locations in four turf grass species. *Crop Sci.* 46, 264–272.
- Brancourt-Hulmel M., Heumez E., Pluchard P., Beghin D., Depatureaux C., Giraud A., Le Gouis J., 2005. Indirect versus direct selection of winter wheat for low-input or high-input levels. *Crop Sci.* 45, 1427–1431.
- Caliński T., Chudzik H., 1980. Grupowanie populacji na podstawie wyników wielozmiennej analizy wariancji. *Algorytmy biometryczne i statystyczne* 9, 139–167.
- 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.
- Fufa H., Baenziger P.S., Beecher B.S., Graybosch R.A., Eskridge K.M., Nelson L.A., 2005. Genetic improvement trends in agronomic performances and end-use quality characteristics among hard red winter wheat cultivars in Nebraska. *Euphytica* 144, 187–198.
- Iwańska M., Mądry W., Drzazga T., Rajfura A., 2008. Zastosowanie miar statystycznych do oceny stopnia szerokiej adaptacji odmian pszenicy ozimej na podstawie serii doświadczeń przedrejestrowych. *Biul. IHAR* 250, 67–86.
- Krzyżko M., 1990. *Analiza dyskryminacyjna*. WNT, Warszawa, 5–155.
- Lepiarczyk A., Łabza T., Pużyńska K., 2010. Produktynność pszenicy ozimej Turmia i Rysa wysiewanej w siewie czystym i mieszanym w zależności od systemu uprawy roli. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 65 (3), 42–50.
- Morrison D.F., 1976. *Multivariate statistical methods*, 2nd ed. Mc Graw – Hill, New York, 4–252.
- Navabi A., Yang R.C., Helm J., Spaner D.M., 2006. Can spring wheat – growing megaenvironments in the Northern Great Plains be dissected for representative locations or niche-adapted genotypes? *Crop Sci.* 46, 1107–1116.
- Paderewski J., Mądry W., 2012. Zastosowania modelu AMMI do analizy reakcji odmian na środowiska. *Biul. IHAR* 263, 161–188.
- Roozeboom K.L., Schapaugh W.T., Tuinstra M.R., Vanderlip R.L., Milliken G.A., 2008. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects, and grouping test locations. *Crop Sci.* 48, 317–330.
- Shah S.H., Shah S.M., Khan M.I., Ahmed M., Hussain I., Eskridge K.M., 2009. Nonparametric methods in combined heteroscedastic experiments for assessing stability of wheat genotypes in Pakistan. *Pak. J. Bot.* 41, 711–730.
- Sharma R.C., Morgounov A.I., Braun H.J., Akin B., Keser M., Bedoshvili D., Bagci A., Martius C., Van Ginkel M., 2010. Identifying high yielding stable winter wheat genotypes for irrigated environments in Central and West Asia. *Euphytica* 171, 53–64.
- Sanches-Gracia M., Alvaro F., Martin-Sanches J.A., Sillero J.C., Escribano J., Royo C., 2012. Breeding effects on the genotype x environment interaction for yield of bread wheat grown in Spain during the 20th century. *Field Crops Res.* 126, 79–86.
- Trethowan R.M., Reynolds M., Sayre K., Ortiz-Monasterio I., 2005. Adapting wheat cultivars to resource conserving farming practices and human nutritional needs. *Ann. Appl. Biol.* 146, 405–413.
- Weber R., Bujak H., Kaczmarek J., Gacek E., 2012. Analiza przestrzennego podobieństwa plonowania odmian pszenicy ozimej na obszarze województwa śląskiego i opolskiego. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 67, 62–73.
- Weber R., Bujak H., Zalewski D., Kotowicz L., Sekutowski T., 2014. Analiza czynnikowa zmienności plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO na Dolnym Śląsku. *Nauka Przyr. Technol.* 8, 1, # 10, 1–11.

Weber R. Zalewski D., 2006. Wpływ interakcji genotypowo-środowiskowej na plonowanie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 240/241, 33–42.

Summary. The aim of the study was to assess the variability of the yield of winter wheat cultivars grown during 2009–2011 in different climatic and soil conditions in Lower Silesia, Poland. The data from the post-registration variety testing system for 10 cultivars from seven locations were subjected to discriminant and cluster analyses depending on the microregions. Definition of microregions is related to a large extent upon a set of cultivars recommended for a particular voivodeship (province). Cultivars Mulan and Muszelka were top yielders whereas Figura was a low yielding cultivar.

Key words: winter wheat, cultivars, variability of yield