

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

Ocena stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska na podstawie doświadczeń porejestrowych*

Evaluation of yield stability of winter oilseed rape cultivars on the basis of post-registration variety testing system in diversified soils and climatic conditions in Lower Silesia

W pracy przeprowadzono analizę interakcji genotypowo-środowiskowej i ocenę stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego. Wykorzystano plony odmian z doświadczeń porejestrowych przeprowadzonych na Dolnym Śląsku w latach 2008–2010 w Krościnie Małej, Naroczycach, Pawłowicach, Tarnowie Śląskim, Tomaszowie Bolesławieckim i Zybiszowie. Materiałem badawczym były cztery odmiany mieszańcowe: Extend, Nelson, Toccata i Vectra oraz sześć odmian populacyjnych: Cabriolet, Cadeli, Californium, Casoar, Castille i PR46W10. W celu uzyskania ortogonalności układu do analizy wybrano odmiany badane we wszystkich doświadczeniach przez cały analizowany okres. Interpretację stabilności plonowania przeprowadzono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji. Stabilność odmian określana jest, jako miara wkładu każdej odmiany w interakcję genotypowo-środowiskową i obliczona została za pomocą wariancji stabilności Shukli (1972) i rang Kanga (1988). Wykazano istotne zróżnicowanie plonu odmian rzepaku w analizowanych doświadczeniach oraz istotne interakcje odmian z miejscowościami i latami badań. Szczegółowa analiza efektów interakcyjnych pozwoliła wyróżnić odmiany mieszańcowe Extend, Nelson i Toccata, jako wysokoplonujące, o czym świadczą istotnie dodatnie wartości efektów głównych wyliczonych dla tych odmian. Ponadto odmiana mieszańcowa Nelson dawała wysokie i wyrównane plony we wszystkich latach badań. Jest, zatem odmianą wysokoplonującą i stabilną, czyli o szerokiej adaptacyjności.

Słowa kluczowe: odmiany, plon ziarna, rzepak ozimy, stabilność plonowania

The paper presents an analysis of genotype-environment interaction and yield stability evaluation of winter oilseed rape. Experimental data were obtained from trials conducted in the years 2008-2010

* 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.

at the following locations: Krościna Mała, Naroczyce Pawłowice, Tarnów Śląski, Tomaszów Bolesławiecki and Zybiszów. Six population cultivars: Cabriolet, Cadeli, Californium, Casoar, Castille, PR46W10 and four hybrid cultivars: Extend, Nelson, Toccata and Vectra were grown at intensive level of cultivation. Chosen sources of variability: years, locations and genotypes were analyzed in the orthogonal system. The interpretation of the stability of yield was based on multivariate analysis of variance. Statistics stability is a measure of the contribution of each variety in the genotype-environment interaction and it was calculated based on a combination of Shukla's variance stability (1972) and Kang's ranks (1988). We found a significant diversity of yield of oilseed rape in the analyzed experiments, and significant interaction between variety and locations and years of research. Detailed analysis has identified interaction effects for hybrid varieties: Extend, Nelson and Toccata, as high-yielding, as evidenced by significantly positive values calculated for the main effects of these varieties. In addition, hybrid variety Nelson gave stable and high yields in all the years of research, it is thus a stable and high-yielding variety.

Key words: grain yield, variety, winter oilseed rape, yield stability

WSTĘP

Ze względu na znaczną opłacalność produkcja rzepaku cieszy się dużym zainteresowaniem wśród rolników, o czym świadczy zwiększający się areał upraw szacowany na 769,3 tys. ha (GUS, 2010). Dynamicznie rozwija się także hodowla odmian, gdyż w 2010 i 2011 roku w Polsce zarejestrowano łącznie 26 nowych odmian rzepaku ozimego. Część uprawianych odmian pochodzi, z katalogu unijnego, co zwiększa możliwość właściwego doboru do uprawy i warunków glebowo-klimatycznych populacyjnych lub mieszańcowych form tego gatunku. Wprowadzanie na rynek nowych odmian wymaga sprawdzenia ich reakcji na zmienne warunki środowiska w danym rejonie rolniczym. Wzrastająca liczba zarejestrowanych odmian rzepaku wpływa na wzrost ich zróżnicowania genetycznego, a sposób reakcji na czynniki środowiskowe staje się bardziej złożony i często istotny. Dlatego większego znaczenia nabiera ocena adaptacyjności odmian, polegająca na zdolności do wysokiego i stabilnego plonowania w miejscowościach i latach docelowego rejonu uprawy. W kształtowaniu plonu rzepaku ozimego obok czynnika odmianowego dużą rolę odgrywa wpływ warunków glebowo-klimatycznych występujących w danym rejonie rolniczym (Wójtowicz i Czernik-Kołodziej, 2003), co potwierdzają wyniki badań porównawczych (Weber i in., 2003; Kamińska i in., 2010). Szczególnego znaczenia nabiera, zatem ocena stabilności plonowania odmian rzepaku w warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska, charakteryzujących się zróżnicowaną przydatnością do uprawy tego gatunku (Kaczmarek i in., 2003; Weber i in., 2003).

Najczęstszym kryterium określającym adaptacyjność odmian jest interakcja genotypowo-środowiskowa wykorzystywana w celu analizy stabilności genotypów, która polega na statystycznej analizie reakcji badanej cechy ilościowej na warunki środowiskowe w miejscowościach i latach docelowego rejonu uprawowego (Kang, 1998; Nabugoomu i in., 1999). Problem interakcji genotypowo-środowiskowej był omawiany w odniesieniu do różnic w stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego m. in. przez: Ogrodowczyk i in. (2000); Kaczmarek i in. (2003); Bujaka i in. (2008 b). W pracach tych wykazano istotną reakcję odmian na zmienne warunki środowiska glebowo-rolniczego. Wśród metod szacowania interakcji genotypowo-środowiskowej można wyróżnić także

nieparametryczne metody oceny oparte na rangach genotypów w odniesieniu do różnych środowisk. Procedurą badania stabilności, w której wykorzystuje się plonowanie odmian i wariancje stabilności jest suma rang liczona według metody Kanga (1988). Badania ukazują, iż metoda Kanga daje wartości dodatnio skorelowane z plonem, może, zatem służyć do oceny dynamicznej stabilności plonowania umożliwiającej wybór stabilnych i wysokoplennych odmian (Kang i Pham, 1991; Bujak i in., 2008 a; Bujak i in., 2008 b)

Celem pracy była analiza interakcji plonowania odmian rzepaku ozimego z warunkami genotypowo-klimatycznymi Dolnego Śląska oraz ocena stabilności plonowania badanych odmian.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego i analizę interakcji plonu odmian z warunkami glebowo-klimatycznymi miejscowości przeprowadzono na podstawie wyników z doświadczeń porejestrowych przeprowadzonych na Dolnym Śląsku w latach 2008-2010. W badaniach uwzględniono sześć miejscowości o zróżnicowanej przydatności gleb do uprawy rzepaku ozimego: Krościna Mała — klasa bonitacyjna gleby IIIa, Naroczycze — klasa IVa, Pawłowice — klasa IIIb, Tarnów Śląski — klasa IIIa, Tomaszów Bolesławiecki — klasa IVa i Zybiszów — klasa IIIa. Odczyn gleby na poszczególnych doświadczeniach był optymalny lub zbliżony do optymalnego dla uprawy rzepaku, wyrażony w skali pH wynosił od 5,8 w Pawłowicach do 7,0 w Tomaszowie Bolesławieckim. Średnia suma opadów została wyrażona w % normy wieloletniej za okres IV–IX. W 2008 roku wystąpił niedobór wody, ponieważ opady w tym okresie stanowiły od 65% w Naroczycach do 100% w Pawłowicach średniej wieloletniej sumy opadów. W bilansie opadów w 2009 roku deficyt wystąpił w Naroczycach 93,7% i Tarnowie Śląskim 95,6% średniej wieloletniej, a 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 i kształtowały się na poziomie od 132,2% w Krościnie Małej do 176,8% w Tomaszowie Bolesławieckim. Warunki temperaturowe w 2010 roku, zwłaszcza niskie temperatury w okresie kwitnienia wpłynęły ujemnie na plony rzepaku, natomiast w pozostałych latach temperatura nie odbiegała od średnich z wielolecia. Doświadczenia polowe zakładano metodą pasów prostopadłych na poletkach o powierzchni 15 m² w czterech powtórzeniach. We wszystkich latach badania polowe prowadzono stosując intensywny poziom agrotechniczny. Zastosowano pełną ochronę chemiczną przed chorobami grzybowymi, regulator wzrostu oraz dolistne dokarmianie roślin preparatem wieloskładnikowym. Nawożenie azotowe oraz fosforowo-potasowe było uzależnione od zasobności gleb w te składniki. Najwyższe dawki fosforu stosowano w Tarnowie Śląskim 112 kg P₂O₅·ha⁻¹, natomiast najniższe w Krościnie Małej 40 kg P₂O₅·ha⁻¹, ze względu na dużą zasobność gleb w ten pierwiastek. Nawożenie potasowe w najwyższych dawkach zastosowano w Naroczycach i Krościnie Małej 150–160 kg K₂O·ha⁻¹, z kolei najniższe w Tarnowie Śląskim 57,5 kg K₂O·ha⁻¹. Najwyższe dawki azotu zastosowano w Tomaszowie Bolesławieckim 216 kg N·ha⁻¹ w 2010 roku, natomiast najniższe w Krościnie Małej w 2009 roku 123 kg N·ha⁻¹. Siew rzepaku we wszystkich latach badań wykonano w optymalnym,

dla warunków Dolnego Śląska, terminie, jedynie raz w Zybiszowie siew był nieznacznie opóźniony wykonany 01.09.2009. Gęstość siewu w trzech latach badań była utrzymana na optymalnym poziomie tak, aby uzyskać obsadę od 60 do 70 nasion na 1 m² dla odmian populacyjnych oraz od 45 do 55 nasion na 1 m² dla odmian mieszańcowych.

Materiał badawczy stanowiły cztery odmiany mieszańcowe: Extend, Nelson, Toccata i Vectra oraz sześć odmian populacyjnych: Cabriolet, Cadeli, Californium, Casoar, Castille i PR46W10. Ze względu na coroczną rotację odmian w doświadczeniach porejestrowych, do analizy wybrano dziesięć odmian uwzględniając jedynie te, które występowały we wszystkich miejscowościach i latach badań. Pozwoliło to na uzyskanie układu ortogonalnego lat, miejscowości i odmian. 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). Weryfikację hipotez zerowych przeprowadzono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji. Wszystkie hipotezy ogólne dla poszczególnych parametrów stabilności weryfikowano za pomocą statystyki F. Efekty główne są odchyleniami plonu poszczególnych odmian od średniej ogólnej. Określenie współczynnika regresji i odchylenia od prostej regresji dokonano na podstawie modelu Eberharta i Russella (1966). Statystyczną interpretację stabilności określono, jako miarę wkładu każdej odmiany w interakcję genotypowo-środowiskową (G×E). Na podstawie kombinacji wariancji stabilności według Shukli (1972) i rang odmian stosując metodę Kanga (1988) określono stabilność odmian. Suma rang liczona według metody Kanga przypisuje wagę 1 dla najwyższego plonu i również wagę 1 dla odmiany z najniższą wariancją. Rangi dla plonu i wariancji są sumowane, odmiany o najniższej sumie punktów rangowych są najbardziej pożądane. Strukturę interakcji genotypów i środowisk przedstawiono w układzie składowych głównych uwzględniając dwa pierwsze kontrasty o najwyższym udziale w statystyce F. Poprzez środowisko należy rozumieć doświadczenie założone w danym roku, w określonej miejscowości.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie plony odmian rzepaku ozimego z doświadczeń porejestrowych założonych w 6 miejscowościach w trzech latach badań na terenie Dolnego Śląska zamieszczono w tabeli 1. Weber i in. (2003) podają, że najbardziej przydatne do uprawy rzepaku są gleby należące do kompleksów pszennych klasy bonitacyjnej II–IIIb oraz utrzymane w wysokiej kulturze gleby kompleksów żytnich dobrych należących do IV klas bonitacyjnych. Doświadczenia były prowadzone w optymalnych dla rzepaku warunkach glebowych, jednak na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano wyraźnie zróżnicowany poziom plonowania odmian we wszystkich miejscowościach.

Tabela 1

Średnie plony nasion (dt·ha⁻¹) odmian rzepaku ozimego w latach 2008–2010
Mean seed yields (dt·ha⁻¹) of the analyzed cultivars of winter oilseed rape in years 2008–2010

Odmiana Cultivar	Miejscowość — Location						Średnia Mean
	Krościna	Naroczyce	Pawłowice	Tarnów	Tomaszów Bol.	Zybiszów	
	klasa gleb — class of soil						
	IIIa	IVa	IIIb	IIIa	IVa	IIIa	
Cabriole	54,9	46,9	33,6	40,5	31,0	50,4	42,9 c
Cadeli	52,9	47,0	33,8	40,6	30,2	47,0	41,9 c
Californium	65,1	46,2	33,1	41,8	29,2	51,7	44,5 abc
Casoar	56,5	50,3	35,3	46,4	33,4	47,8	44,9 abc
Castille	54,8	46,6	34,2	42,2	34,4	48,4	43,4 bc
Extend (F ₁)	59,4	50,4	41,7	42,7	38,8	54,2	47,9 a
Nelson (F ₁)	61,5	50,7	41,0	43,2	36,1	55,0	47,9 a
PR46W10	55,9	48,4	34,7	42,2	33,5	53,1	44,6 abc
Toccata (F ₁)	60,1	51,7	37,4	45,1	36,7	52,7	47,3 ab
Vectra (F ₁)	55,8	53,4	34,1	42,8	32,8	53,3	45,4 abc
Średnia Mean	57,7 a	49,2 c	35,9 e	42,7 d	33,6 f	51,3 b	45,1

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}, dla miejscowości — for locations — 4,03

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}, dla odmian — for cultivars — 2,34

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)

F₁ — odmiana mieszańcowa; hybrid cultivar

Muśnicki i Jerzak (1992) podają, że rzepak najlepiej plonuje na roli uprawianej w sposób klasyczny i umieszczony po roślinach strączkowych, a wiosną obficie nawożony azotem. Najwyższe plony średnio 57,7 dt·ha⁻¹ uzyskiwano w Krościnie Małej gdzie rzepak był uprawiany na glebie klasy IIIa, a przedplonem był groch siewny. Najniższe plony otrzymano w Tomaszowie Bolesławieckim (klasa bonitacyjna IVa) średnio 33,6 dt·ha⁻¹. Porównując oba przypadki można dostrzec wyraźną reakcję odmian na lepsze warunki glebowe i uprawowe w Krościnie Małej, pomimo niższych niż w Tomaszowie Bolesławiecki opadów atmosferycznych. W badaniach Wójtowicz i Czernik-Kołodziej (2003) bez względu na poziom intensywności uprawy, najwyżej plonowały odmiany mieszańcowe, natomiast różnica pomiędzy średnimi plonami odmian najplenniejszych, a najniżej plonujących wynosiła 20%. Uzyskane wyniki pokazują, że spośród wszystkich ocenianych odmian istotnie najwyżej plonowały dwie odmiany mieszańcowe Nelson i Extend średnio 47,9 dt·ha⁻¹ natomiast istotnie nisko populacyjne odmiany Cabriole 42,9 dt·ha⁻¹ i Cadeli 41,9 dt·ha⁻¹. Porównując odmiany rzepaku w obrębie poszczególnych miejscowości można dostrzec wyraźnie większe zróżnicowanie plonów, niż w przypadku średnich wyliczonych dla samych odmian. Wykonane zestawienie potwierdza, że plonowanie tego gatunku jest modyfikowane w większym stopniu przez zmienne warunki glebowe i czynniki klimatyczne niż genotyp samej odmiany. W badaniach Koteckiego i in. (2004) warunki pogodowe korzystne dla rozwoju generatywnego rzepaku ozimego spowodowały, że plony nasion pomiędzy dwoma latami prowadzenia doświadczeń różniły się o ponad 40%. Z doświadczeń Kaczmarka i in. (2003) wynika, że plony odmian rzepaku ozimego w większym stopniu były uzależnione od przebiegu warunków atmosferycznych,

głównie rozkładu opadów w okresie wegetacji niż od potencjalnej produktywności gleb, ponieważ na glebach klasy IIIb uzyskano wyższe plony niż na glebach klasy II. Podobną zależność zaobserwowano w badaniach własnych wykazując istotne różnice w plonowaniu rzepaku uprawianego na glebach o takich samych klasach bonitacyjnych w Krościnie Małej, Tarnowie Śląskim i Zybiszowie. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wysokie plony rzepaku w Krościnie Małej w 2009 roku było właściwie dobrane stanowisko, na którym przedplonem był groch siewny.

Przeprowadzona analiza wariancji (tab. 2) dla syntezy poszczególnych źródeł zmienności pozwoliła na weryfikację hipotez dotyczących braku zróżnicowania kombinacji lat i miejscowości (E), efektów genotypowych (G) oraz interakcji genotypowo-środowiskowych (G×E). Testowanie źródeł zmienności przeprowadzono w oparciu o wyniki statystyki F wyliczonej na podstawie średnich kwadratów z analizy wariancji. Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonów badanych odmian dla wszystkich wyodrębnionych źródeł zmienności. Wykazano istotne zróżnicowanie lat i miejscowości oraz istotny wpływ warunków glebowo-klimatycznych na plonowanie odmian. W badaniach wystąpiło istotne odchylenie od regresji liniowej, co oznacza, że istotność interakcji (G×E) nie można opisać prostą zależnością regresyjną wpływu lat i miejscowości na plon odmian oraz wskazuje na potrzebę szczegółowej analizy stabilności plonowania.

Tabela 2

Ogólna analiza wariancji dla plonów odmian rzepaku ozimego
General analysis of variance for yield of winter oilseed rape varieties

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean squares	Statystyka F Statistics F	Wartość krytyczna Critical value	
				0,05	0,01
Środowiska Environments (E)	17	1155,77**	525,53	1,64	2,00
Genotypy Genotypes (G)	9	77,67**	6,22	3,18	5,35
Genotypy × Środowiska (G×E) Genotypes × Environments	153	12,68**	5,77	1,23	1,34
Regresja względem środowiska Regression on environments	9	26,99**	12,27	1,90	2,44
Odchylenie od regresji Regression deviation	144	11,79**	5,36	1,24	1,35
Błąd doświadczenia Experimental error	486	2,20			

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

Dokonano szczegółowej charakterystyki plonów oraz oceny współdziałania odmian ze środowiskami glebowo-rolniczymi, a wyniki tych analiz przedstawiono w tabeli 3. Wartości statystycznie istotnych dodatnich efektów głównych przyjętych za kryterium wyboru najlepszych odmian wskazują na odmiany mieszańcowe: Extend, Nelson i Toccata, które plonowały istotnie wyżej od pozostałych. Najgorsze oceny otrzymały odmiany populacyjne Cadeli, Cabriolet oraz Castille, o czym świadczą istotnie ujemne wartości efektów głównych, ponadto ich plon w istotny sposób modyfikowany był przez

zmienne warunki środowiska. Testowanie interakcji genotypów ze środowiskami przeprowadzono za pomocą statystyki F, która wykazała istotny wpływ warunków glebowych i klimatycznych na plon wszystkich odmian rzepaku. Uzyskane wyniki analiz nie pozwoliły wyodrębnić genotypów stabilnych, dla których nie stwierdzono istotnych wartości interakcji ($G \times E$), co świadczy o braku stabilności tych odmian. Przeprowadzone badania potwierdzają, iż plonowanie rzepaku ozimego jest w istotny sposób modyfikowane przez zmienne warunki środowiska glebowo-klimatycznego występujące w danym rejonie rolniczym. Zróznicowana reakcja odmian rzepaku na warunki środowiskowe wskazuje na konieczność badania ich interakcji z miejscowościami i latami w celu określenia wielkości interakcji genotypowo-środowiskowej i stabilności plonowania (Kaczmarek i in., 2003).

Tabela 3

Ocena efektów głównych odmian rzepaku ozimego i testowanie ich interakcji ze środowiskami
Estimation of main effects for winter oilseed rape varieties and testing their interactions with environments

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimate of main effect	Statystyka F dla: — Statistic F for:	
		efektu głównego main effect	interakcji interaction ($G \times E$)
Cabriole	-2,18	14,80**	2,93**
Cadeli	-3,18	20,27**	4,53**
Californium	-0,57	0,23	12,75**
Casoar	-0,12	0,02	6,53**
Castille	-1,63	6,96*	3,46**
Extend (F_1)	2,79	11,47**	6,18**
Nelson (F_1)	2,83	14,62**	5,00**
Pr46w10	-0,45	0,41	4,36**
Toccata (F_1)	2,21	11,20**	3,95**
Vectra (F_1)	0,29	0,10	7,98**
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,05$ Critical value $\alpha = 0,05$		4,45	1,64
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,01$ Critical value $\alpha = 0,01$		8,40	2,00

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

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

Dalszą ocenę stabilności plonowania przeprowadzono na podstawie miar stabilności i adaptacji obiektów (tab. 4). Analiza oszacowanych wartości wariancji stabilności i pozostałych miar pozwoliła na wyodrębnienie genotypów wykazujących istotne zróżnicowanie wysokości plonów w zmiennych warunkach glebowo-klimatycznych. W badaniach przeprowadzonych przez Bujaka i in. (2008 b) uzyskano dodatnią współzależność nieparametrycznej metody Kanga z plonem badanych odmian rzepaku. Autorzy podkreślają, iż zastosowana metoda może służyć do wyboru najlepszych odmian do uprawy. W przeprowadzonych badaniach na podstawie metody Kanga istotnie wysoką adaptacyjnością wynikającą z przypisanych rang wyróżniały się odmiany mieszańcowe: Nelson, Extend, Toccata. Plonowały one najwyżej, jednak podlegały modyfikującym wpływom środowiska. Najgorszymi parametrami adaptacji odmianowo-środowiskowej charakteryzowały się odmiany populacyjne Cabriole i Cadeli, dające niskie i w istotny sposób modyfikowane przez warunki środowiska plony. Częściowe wyjaśnienie interakcji

genotypowo-środowiskowej umożliwia regresyjną zależność tej interakcji od przeciętnego poziomu plonowania wszystkich genotypów w danym środowisku.

Tabela 4

Miary stabilności i adaptacji odmian rzepaku ozimego
Measures of stability and adaptation of winter oilseed rape cultivars

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 (%)		
Cabriolet	5,67**	6,16**	0,00	0,00	-7	8
Cadeli	9,63**	9,46**	-0,03	0,80	-8	9
Californium	29,96**	16,87**	0,29**	37,09	-5	6
Casoar	14,57**	13,34**	-0,06	2,85	-3	4
Castille	6,97**	5,67**	-0,11*	22,01	-6	7
Extend (F ₁)	13,69**	10,25**	-0,15	21,13	2*	2
Nelson (F ₁)	10,78**	10,48**	0,02	0,25	3*	1
PR46W10	9,20**	8,86**	0,05	3,39	-4	5
Toccata (F ₁)	8,19**	8,26**	-0,02	0,67	1*	3
Vectra (F ₁)	18,15**	16,74**	0,02	0,18	*	*

Wartość graniczna — Limit value YS = -3

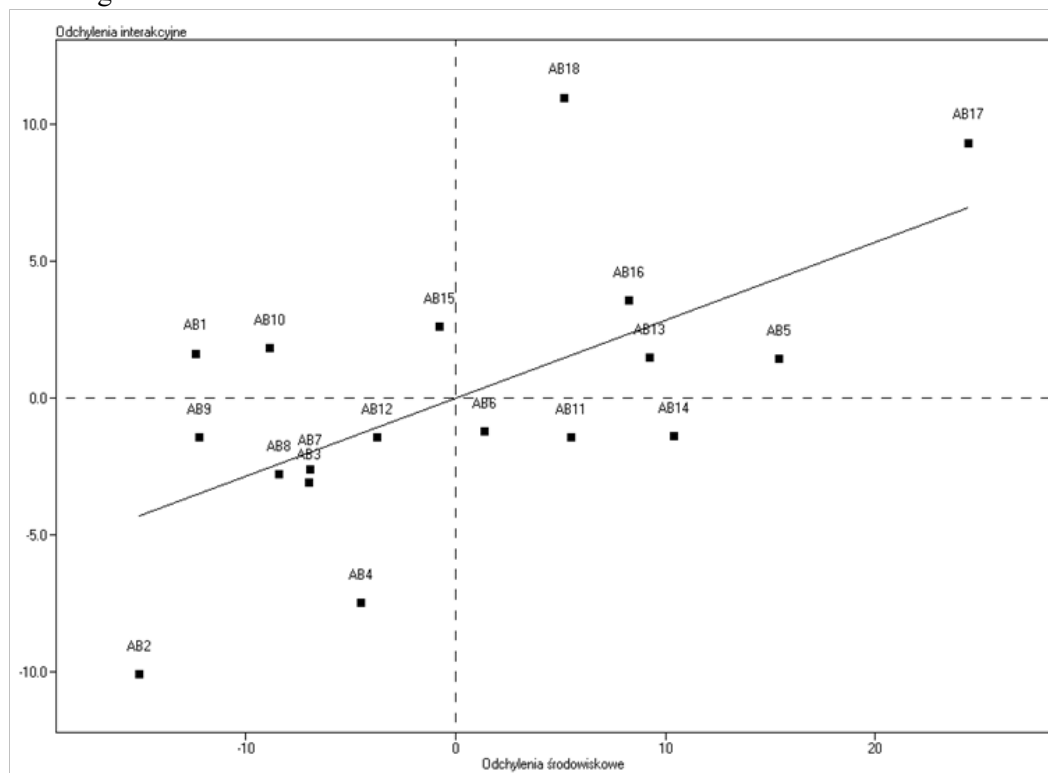
* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; ** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$

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

W przypadku odmian Castille i Californium otrzymano istotną wartość współczynnika regresji, którą można całkowicie wyjaśnić poprzez regresję ze średnim plonowaniem genotypów w środowisku. Najwyższą zależność regresyjną wykazała odmiana Castille o istotnie ujemnym współczynniku regresji i wysokim współczynniku determinacji wynoszącym 37,09%. Genotyp ten można określić, jako ekstensywny, który wykazuje pozytywną interakcję ze środowiskami o przeciętnie niższych plonach, świadczy to o jego przydatności do uprawy na słabszych stanowiskach gdyż poprawa warunków środowiska nie wpłynie na poprawę plonowania. Regresyjna zależność plonów odmiany Californium (rys. 2) w stosunku do średniego plonowania genotypów wykazała istotnie pozytywną reakcję ze środowiskami o przeciętnie wyższych plonach. Dlatego w miarę polepszania się warunków środowiska odmiana Californium będzie reagowała zwykłą plonu, co świadczy o przydatności tej odmiany do uprawy w intensywnym rolnictwie (Caliński i in., 2003).

W celu uzyskania pełnej informacji o zachowaniu się poszczególnych odmian pod względem ich plonowania w środowiskach objętych doświadczeniami przeprowadzono analizę struktury interakcji genotypów i środowisk w układzie składowych głównych. Uwzględniając dwa pierwsze kontrasty o największym udziale w statystyce F przedstawiono rozmieszczenie odmian i środowisk w układzie tworzącym biplot. Znaczne oddalenie punktów dla odmian i środowisk od początku układu współrzędnych świadczy o ich dużym udziale w interakcji genotypowo-środowiskowej oraz zróżnicowaniu plonów w miejscowościach i kolejnych latach badań. Zaobserwowano, że środowiska (miejscowości w poszczególnych latach badań) odznaczały się lepszą stabilnością pod względem otrzymywanych plonów niż odmiany, o czym świadczy większe oddalenie odmian od środka układu niż środowisk. Największe zróżnicowanie plonów wystąpiło w

Californium. Jednak uwzględniając istotnie dodatnią wartość współczynnika regresji wyliczonego dla tej odmiany (tab. 4) znaczne oddalenie od środka układu świadczy o wysoce dodatniej reakcji tej odmiany na poprawę warunków środowiska glebowo-rolniczego.



Środowiska — Environments:

AB1	Tomaszów Bol. — 2008	AB10	Tarnów — 2008
AB2	Tomaszów Bol. — 2009	AB11	Tarnów — 2009
AB3	Tomaszów Bol. — 2010	AB12	Tarnów — 2010
AB4	Naroczyce — 2008	AB13	Zybiszów — 2008
AB5	Naroczyce — 2009	AB14	Zybiszów — 2009
AB6	Naroczyce — 2010	AB15	Zybiszów — 2010
AB7	Pawłowice — 2008	AB16	Krościna — 2008
AB8	Pawłowice — 2009	AB17	Krościna — 2009
AB9	Pawłowice — 2010	AB18	Krościna — 2010

Odmiany — Cultivars:

1 — Cabriolet; 2 — Cadel; 3 — Californium; 4 — Casoar; 5 — Castille; 6 — Extend; 7 — Nelson; 8 — PR46W10; 9 — Toccata; 10 — Vectra

Rys. 2. Regresja efektów interakcyjnych dla odmiany Californium względem środowiska

Fig. 2. . Regression of interaction effects of Californium cultivar with the environment

Na wykresie tworzącym układ składowych dla odchyleń interakcyjnych i odchyleń środowiskowych przedstawiono prostą regresji dla plonu odmiany Californium (rys. 2).

Z prezentowanego wykresu wynika, iż najwyższe prawdopodobieństwo uzyskania wyżki plonu w wyniku poprawy rozkładu czynników pogodowych wystąpiło w Pawłowicach w 2008 i 2009 roku, Tomaszowie Bolesławieckim i Tarnowie w 2010 roku, czyli tych, które zlokalizowane zostały najbliższej wykreślonej prostej.

WNIOSKI

1. Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że plonowanie odmian rzepaku zależy w dużym stopniu od warunków glebowo-klimatycznych występujących w danym rejonie rolniczym. W analizowanych doświadczeniach wykazano istotne różnice w plonowaniu badanych odmian rzepaku ozimego oraz ich interakcje z miejscowościami i latami badań.
2. Odmiana populacyjna Californium reaguje istotną wyżką plonu na poprawę warunków glebowych i pogodowych, dlatego podwyższenie intensywności uprawy będzie gwarantowało dodatni efekt w postaci wzrostu plonu.
3. Szczegółowe analizy efektów głównych i interakcyjnych pozwalają na wyróżnienie odmian mieszańcowych Extend, Nelson i Toccata, jako wysokoplonujących. Jednak istotna interakcja plonu z warunkami środowiska glebowego i warunkami klimatycznymi nie pozwala na zalecenie ich do uprawy na terenie całego Dolnego Śląska, ale jedynie do mikrorejonów sprzyjających ich wysokiemu plonowaniu.

LITERATURA

- Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J. 2008 a. Ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie parametrycznych i nieparametrycznych metod. *Biul. IHAR* 250: 189 — 202.
- Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J., Kotecki A. 2008 b. Ocena stabilności plonowania populacyjnych i mieszańcowych odmian rzepaku ozimego. *Biul. IHAR* 250: 261 — 271.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski J. 2003. Podręcznik użytkownika programu *Sergen 4*. IGR Poznań 2003.
- Eberhart S. A., Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36 — 40.
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). 2010. Wynikowy szacunek produkcji głównych ziemiopłodów rolnych i ogrodnich w 2010 roku.
- 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.
- Kamińska A., Kaczmarek J., Śmiałek E., Kotowicz L. 2010. Wyniki Porejestrowych Doświadczeń Odmianowych na Dolnym Śląsku. Rzepak ozimy 2010 (2008-2010). SDOO Tomaszów Bolesławiecki, 1 (12).
- Kang M. S. 1988. A rank sum method for selecting high yielding and stable crop genotypes. *Cereal Res. Commun.* 16: 113 — 115.
- Kang M. S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. Agron.* 35: 199 — 240.
- Kang M. S., Pham H. N. 1991. Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agron. J.* 83: 161 — 165.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2004. Wpływ zróżnicowanego poziomu agrotechniki na rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops XXV*: 97 — 108.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. Podręcznik użytkownika programu EKSPLAN wersja 2 (2006).
- Muśnicki Cz., Jerzak M. 1992. Produkcyjne i ekonomiczne skutki uproszczeń w agrotechnice rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops XIV* (2): 318 — 334.

- 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.
- Ogrodowczyk M., Liersch A., Bartkowiak-Broda I. 2000. Analiza zmienności składników plonu mieszańców złożonych rzepaku ozimego. *Biul. IHAR* 216: 483 — 490.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Weber R., Karczmarek J., Kotecki A. 2003. Wpływ środowiska na zmienność plonowania odmian rzepaku ozimego w warunkach Dolnego Śląska. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops XXIV* (2): 395 — 403.
- Wójtowicz M., Czernik-Kołodziej K. 2003. Reakcja zarejestrowanych odmian rzepaku ozimego na poziom agrotechniki. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops XXIV* (1): 85 — 94.