

Ryszard Weber, Jan Kaczmarek*, Andrzej Kotecki**

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia, Jelcz Laskowice
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

* Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, ** Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Wpływ środowiska na zmienność plonowania odmian rzepaku ozimego w warunkach Dolnego Śląska

The influence of environment on yield variability of winter oilseed rape cultivar

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, odmiany, poziom agrotechniki, plonowanie, środowisko

Key words: winter oilseed rape, cultivars, agrotechnics, seed yield, environment

Badano zmienność plonowania 9 odmian rzepaku ozimego w 4 miejscowościach (Głubczyce, Krościna Mała, Tarnów, Tomaszów Bolesławiecki) oraz 3 latach (1999, 2000, 2001). Plony odmian porównywano w standardowym i intensywnym wariantcie uprawy w 4 zróżnicowanych miejscowościach. Poziom intensywny różnił się od standardowego wyższym o 50 kg/ha nawożeniem azotowym, stosowaniem antywylegacza, dolistnym dokarmianiem roślin mikroelementami oraz pełną chemiczną ochroną przed szkodnikami i chorobami. Pozostałe zabiegi dotyczące zwalczania chwastów oraz nawożenie fosforem i potasem wykonano w tym samym zakresie w obu wariantach uprawy. Analiza statystyczna wykazała, że odmiany Buffalo, Lisek i Bristol plonowały istotnie wyżej zarówno w systemie standardowym, jak i intensywnym. Analizowane środowiska — miejscowości odznaczały się zróżnicowanym wpływem na plony badanych odmian. Zmienność genetyczna badanych odmian ujawniła się w większym stopniu na glebach lepszych — należących do klasy II lub III, natomiast w miejscowości Tomaszów na lżejszych glebach plony badanych odmian były bardziej wyrównane.

Yield variability of nine winter oilseed rape cultivars was evaluated at four locations (Głubczyce, Krościna Mała, Tarnów, Tomaszów Bolesławiecki) over three years (1999, 2000, 2001). Two systems of cultivation were used: standard and intensive. The intensive system of cultivation differed from the standard one by a higher rate of nitrogen (50 kg/ha), the use of antilodging chemicals, foliar sprays with microelements and full control of pests and diseases. Weed control and fertilisation with phosphorus and potassium were the same in both systems. Statistical analysis revealed that Buffalo, Lisek, and Bristol yielded significantly higher than the other cultivars in both standard and intensive system of cultivation. The environments had differential effects on yields of the studied cultivars. Variability of cultivars was higher on more fertile soil (class II and class III), whereas at Tomaszów, on light soil the yields were less variable.

Wstęp

Rzepak jest w świecie jedną z najważniejszych, a w Polsce dominującą rośliną oleistą. Jego udział w strukturze zasiewów waha się od 3 do 5%, a obecność tej rośliny w płodozmianie może przerywać cykle życiowe wielu agrofagów zbóż. Wzrastające koszty uprawy tego gatunku spowodowały, że obecnie w coraz większym zakresie stosuje się technologie uprawy o ograniczonych nakładach. Badania wykazały, że uproszczone warianty upraw mogą w sprzyjających warunkach atmosferycznych gwarantować równie wysokie plony jak w uprawie konwencjonalnej (Sarec i in. 2002, Schmidt i in. 1999). Rzepak odznacza się jednak znacznymi potrzebami pokarmowymi. W porównaniu z pszenicą ozimą pobiera dwukrotnie więcej azotu, potasu i fosforu. Duże dawki azotu mogą jednak przyczynić się do wzrostu porażenia rzepaku przez choroby grzybowe (Jędryczka i in. 2002). W rejestrze COBORU znajdują się obecnie odmiany podwójnie ulepszone. Coraz większe znaczenie zyskują wśród nich odmiany mieszańcowe, które odznaczają się wyższym potencjałem plonowania w porównaniu do odmian populacyjnych. Wyniki badań porejestrowych wykazały zmienną reakcję odmian rzepaku na zróżnicowane środowiska glebowo-klimatyczne (PDO 2001). Problem interakcji genotypowo-środowiskowej jest również omawiany w wielu publikacjach, które wskazują na znaczne różnice w stabilności plonowania poszczególnych odmian i linii homozygotycznych tego gatunku (Adamska i in. 2000, Ogrodowczyk i in. 2000). Najbardziej przydatne do uprawy rzepaku są gleby kompleksów pszennych klasy bonitacyjnej II–IIIb. Można go również uprawiać na glebach żytnich dobrych należących do klasy bonitacyjnej IV, jeśli są w wysokiej kulturze.

Celem pracy jest porównanie zmienności plonowania wybranych odmian rzepaku na zróżnicowanych kompleksach przydatności rolniczej gleb w warunkach Dolnego Śląska.

Material i metody badań

Materiał badawczy uzyskano z doświadczeń Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO). Do oceny stabilności plonów rzepaku ozimego wybrano dziewięć odmian, które analizowano na podstawie wyników uzyskanych z czterech miejscowości przez okres trzech lat. Wytypowane miejscowości (środowiska) odznaczały się zróżnicowanymi warunkami glebowymi:

1. Głubczyce — klasa II,
2. Tarnów — klasa IIIa,
3. Krościna Mała — klasa IIIb,
4. Tomaszów Bolesławiecki — klasa IVb.

Wszystkie doświadczenia założono w dwu powtórzeniach metodą pasów prostopadłych porównując wariant standardowy z intensywnym sposobem uprawy roślin. Intensywny poziom agrotechniki różnił się od standardowego wyższym o 50 kg/ha nawożeniem azotowym, stosowaniem antywylegacza, dolistnym dokarmianiem roślin mikroelementami oraz pełną ochroną roślin przed szkodnikami i chorobami rzepaku. Pozostałe zabiegi agrotechniczne — zwalczanie chwastów oraz nawożenie fosforem, potasem i nawozami zawierającymi siarkę wykonano w tym samym zakresie na obu wariantach uprawy. Plony odmian (tab. 1) analizowano rozważając odrębnie intensywny i standardowy system uprawy. Powierzchnia poletka w każdym doświadczeniu wynosiła 12 m². W celu oceny zmienności plonowania analizowanych odmian pszenicy wykorzystano metodę analizy dyskryminacyjnej, którą opisano w opracowaniach Krzyżki (1990), Mądrego (1993) oraz Calińskiego i Chudzik (1980). Analizy te pozwalają na kompleksową ocenę obiektów z uwzględnieniem istotnych różnic między genotypami w przestrzeni utworzonej przez analizowane zmienne zależne. Natomiast proste testy statystyczne metodą NIR, Duncana lub Tukeya obarczone są w wielu wypadkach większym błędem lub tworzą grupy jednorodnie zachodzące na siebie. Zastosowano również metodę analizy skupień (pełnego wiązania) w celu porównania rozmieszczenia plonów analizowanych odmian w przestrzeni euklidesowej z wynikami uzyskanymi przy pomocy analizy dyskryminacyjnej.

Wyniki

Wstępna analiza wariancji dla każdego środowiska (miejscowości) wykazała istotne zróżnicowanie plonów odmian w wariancie standardowym i intensywnym uprawy. Spośród badanych odmian istotnie wyższymi plonami w wariancie intensywnym w porównaniu do średniej ogólnej uzyskanej ze wszystkich badanych odmian odznaczały się odmiany Bufallo i Lisek. Natomiast Liropa, Kana i Silvida w warunkach zróżnicowanych kompleksów przydatności rolniczej gleb wykazywały znacznie niższe plonowanie niż pozostałe odmiany (tab. 1).

Również w systemie standardowym, pomimo ograniczonych nakładów na uprawę, odmiany Buffalo, Bristol i Lisek odznaczały się wyższymi plonami w porównaniu do pozostałych odmian. W celu weryfikacji wielowymiarowej hipotezy zerowej o braku różnic w plonach badanych odmian w czterech zróżnicowanych środowiskach zastosowano również wielocechową analizę wariancji Manova.

Statystyka lambda Wilksa całkowitej dyskryminacji obliczona jako stosunek wyznacznika macierzy wariancji / kowariancji wewnątrzgrupowej do wyznacznika macierzy wariancji / kowariancji całkowitej wykazała istotność zmienności plonowania odmian w badanych miejscowościach w intensywnym wariancie uprawy (tab. 2). Szczególnie duży wpływ na zmienność plonów badanych odmian wywarły środowiska — miejscowości Tarnów i Krościna.

Tabela 1

Wartości średnich dla odmian w kg/poletko w poszczególnych środowiskach
Mean yield values of analysed cultivars (in kg/plots)

Odmiana <i>Cultivar</i>	Środowisko — <i>Environment</i>				
	Głubczyce	Tarnów	Krościna	Tomaszów	średnia
Wariant standardowy — <i>Standard variant</i>					
Lirajet	5,157	3,662	5,608	3,812	4,55 c
Silvida	4,834	4,096	4,598	3,903	4,35 c
Wotan	5,290	3,999	5,484	4,080	4,71 b
Kana	4,960	4,227	4,525	3,720	4,35 c
Lisek	5,643	4,824	5,924	4,500	5,22 a
Liropa	4,997	4,106	5,791	3,772	4,66 b
Bermuda	5,273	4,267	4,955	4,196	4,67 b
Bristol	5,401	4,910	5,580	4,450	5,08 a
Buffalo	5,433	5,085	6,157	4,503	5,29 a
Wariant intensywny — <i>Intensive variant</i>					
Lirajet	5,962	4,385	5,903	5,041	5,32 b
Silvida	5,891	4,633	5,803	4,948	5,31 b
Wotan	5,971	4,665	6,396	5,134	5,54 b
Kana	5,569	4,733	5,608	4,663	5,14 c
Lisek	6,335	5,500	6,449	5,083	5,84 ab
Liropa	5,606	5,005	5,962	4,724	5,32 c
Bermuda	5,824	5,199	5,356	5,006	5,34 b
Bristol	5,977	5,805	5,943	5,159	5,72 b
Buffalo	6,405	6,317	6,671	5,457	6,21 a

Niska wartość lambdy Wilksa dla całkowitej dyskryminacji w wariancie standardowym wskazuje również na znaczną zmienność plonowania badanych genotypów w zależności od analizowanych miejscowości. Szczególnie duże zróżnicowanie plonowania zanotowano w miejscowościach Tarnów i Krościna, o czym świadczą wysokie wartości statystyki F w analizowanych środowiskach (tab. 2).

Dalsza analiza dla systemu intensywnego pozwoliła uzyskać cztery liniowo niezależne funkcje w postaci pierwiastków charakterystycznych, które przedstawiają wielo cechowe zróżnicowanie plonów odmian w przestrzeni zmiennych kanonicznych (tab. 3). Wartości poszczególnych pierwiastków — zmiennych kanonicznych oceniano testem chi-kwadrat (tab. 4).

Rzeczywisty wymiar przestrzeni dyskryminacyjnej dla wariantu intensywnego określają dwa pierwiastki kanoniczne, które różnią się istotnie od zera na poziomie istotności $\alpha = 0,01$ lub $\alpha = 0,1$. Dwie pierwsze zmienne kanoniczne (tab. 3) wyjaśniają w 95% wzajemne odległości między badanymi odmianami. W interpretacji znaczenia zmiennych kanonicznych wykorzystano standaryzowane współczynniki

Tabela 2

Zestawienie analizy funkcji dyskryminacyjnej — poziom intensywny i standardowy
Discriminant function analysis results — intensive variant and standard variant

Środowisko <i>Environment</i>	Lambda Wilksa <i>Wilks' lambda</i>	Częstkowa Lambda <i>Wilk's partial lambda</i>	Statystyka F	Poziom p <i>Level of p</i>
Poziom intensywny — Lambda Wilksa całkowitej dyskryminacji 0,134; przybl. F 3,376				
Głubczyce	0,186	0,720	1,94	0,08
Tarnów	0,422	0,317	10,74	0,0001
Krościna	0,214	0,625	2,99	0,009
Tomaszów	0,159	0,842	0,93	0,49
Poziom standardowy — Lambda Wilksa całkowitej dyskryminacji 0,152; przybl. F 3,095				
Głubczyce	0,24	0,62	2,95	0,011
Tarnów	0,28	0,53	4,39	0,0001
Krościna	0,26	0,57	3,68	0,002
Tomaszów	0,21	0,70	2,08	0,059

Tabela 3

Współczynniki standaryzowane dla zmiennych kanonicznych
Standardized coefficients for canonical variables

Zmienna <i>Variable</i>	Pierwiastek 1 <i>Root 1</i>	Pierwiastek 2 <i>Root 2</i>	Pierwiastek 3 <i>Root 3</i>	Pierwiastek 4 <i>Root 4</i>
Poziom intensywny — <i>Intensive variant</i>				
Głubczyce	0,83	-0,91	-1,63	0,34
Tarnów	1,43	0,56	0,19	0,001
Krościna	0,25	-2,03	0,93	-0,05
Tomaszów	-0,54	0,54	-2,56	-0,63
Wartość własna <i>Eigen-value</i>	2,75	0,72	0,15	0,001
Skumulowany % <i>Cumulative</i>	0,75	0,95	0,99	1,00
Poziom standardowy — <i>Standard variant</i>				
Głubczyce	-1,12	-0,36	-2,01	0,40
Tarnów	-1,00	0,80	0,85	0,06
Krościna	-0,64	-1,29	0,74	-0,39
Tomaszów	0,09	0,12	-3,15	-0,63
Wartość własna <i>Eigen-value</i>	1,65	0,70	0,44	0,0018
Skumulowany % <i>Cumulative</i>	0,59	0,84	0,99	1,00

i wielkości korelacji pomiędzy badanymi środowiskami (miejscowościami) i pierwiastkami kanonicznymi. Wysokie bezwzględne wartości współczynników kanonicznych oraz znaczące korelacje pomiędzy badanymi środowiskami i zmiennymi kanonicznymi wskazują na duży udział poszczególnych miejscowości w dyskryminowaniu badanych odmian. Największy wkład w tworzeniu pierwszej zmiennej kanonicznej, która zapewnia w 75% wielocechową zmienność odmian, mają Tarnów i Głubczyce. Natomiast druga zmienna uzależniona jest w dużym stopniu od plonów odmian w miejscowości Krościna. Środowiska te wykazują również wyższe wartości współczynników korelacji z tymi pierwiastkami. Wymienione miejscowości wykazują więc największą względną moc dyskryminacyjną w zróżnicowanych plonach badanych odmian.

Również przeprowadzona analiza kanoniczna dla wariantu standardowego uprawy pozwoliła na wyodrębnienie czterech niezależnych funkcji opisujących zmienność plonów w badanych miejscowościach (tab. 3). Dwie pierwsze funkcje dyskryminacyjne wyjaśniają w 84% całkowitą zmienność plonów. Największy wkład w tworzeniu pierwszej zmiennej kanonicznej wykazują w tym modelu także środowiska Głubczyce i Tarnów. Natomiast druga zmienna uzależniona była w dużym stopniu od plonów odmian w miejscowości Krościna. Pozostałe zmienne kanoniczne nie powinny być brane pod uwagę w interpretacji wyników ze względu na nieistotne wartości testu chi-kwadrat przedstawionego w tabeli 4. Zmienność badanych genotypów oceniano również za pomocą odległości Mahalanobisa, która wyraża oddalenie między dwoma obiektami w postaci sumy kwadratów różnic średnich obiektowych dla obserwowanych cech w jednostkach ich odchylenia standardowego błędu z jednoczesnym uwzględnieniem kowariancji błędu pomiędzy cechami.

Tabela 4

Testy chi-kwadrat kolejnych pierwiastków — *Chi-Square tests with successive roots removed*

Pierw. usunięte <i>Roots removed</i>	Wartość własna <i>Eigen-value</i>	Kanoniczne <i>Canonical</i> R	Lambda Wilksa <i>Wilks' lambda</i>	Chi-kwadrat <i>Chi-square</i>	Poziom p <i>Level of p</i>
Poziom intensywny — <i>Intensive variant</i>					
0	2,75	0,85	0,13	89,42	0,0001
1	0,72	0,64	0,50	30,53	0,081
2	0,14	0,36	0,86	6,23	0,90
3	0,001	0,03	0,99	0,05	0,99
Poziom standardowy — <i>Standard variant</i>					
0	1,65	0,78	0,15	83,59	0,000002
1	0,70	0,64	0,40	40,12	0,007
2	0,44	0,55	0,69	16,33	0,17
3	0,001	0,04	0,99	0,08	0,99

Tabela 5 zawiera kwadraty odległości Mahalanobisa, które stanowią miary odległości między dwoma odmianami w przestrzeni zdefiniowanej przez cztery analizowane środowiska. Odmiany Buffalo, Lisek i Bristol w intensywnym systemie uprawy odznaczają się inną reakcją na zmiany środowisk (miejscowości) w porównaniu do pozostałych genotypów. Odmiany te odznaczały się wyższymi plonami biorąc pod uwagę sumaryczny efekt analizowanych środowisk (tab. 1).

Tabela 5

Kwadraty odległości Mahalanobisa — *Squared Mahalanobis distances between cultivars*

Odmiana <i>Cultivar</i>	Lirajet	Silvia	Wotan	Kana	Lisek	Liropa	Bermuda	Bristol	Buffalo
Poziom intensywny — <i>Intensive variant</i>									
Lirajet	0	0,59	1,40	2,56	10,25*	3,83	7,36*	14,13*	36,24*
Silvia	0,59	0	1,63	0,95	7,49*	1,69	3,98	9,36*	29,90*
Wotan	1,40	1,63	0	3,96	5,75*	2,96	9,00*	11,58*	27,51*
Kana	2,56	0,95	3,96	0	9,24*	0,94	3,00	8,75*	30,74*
Lisek	10,20*	7,49*	5,75	9,24*	0	5,04*	7,84*	2,95	8,18*
Liropa	3,83	1,69	2,96	0,94	5,04*	0	3,55	5,68*	22,36*
Bermuda	7,36*	3,98	9,00*	3,00	7,84*	3,55	0	3,63	22,40*
Bristol	14,10*	9,36*	11,58*	8,75*	2,95	5,68*	3,63	0	8,08*
Buffalo	36,20*	29,90*	27,51*	30,74*	8,18*	22,30*	22,40*	8,08*	0
Poziom standardowy — <i>Standard variant</i>									
Lirajet	0	5,56*	1,13	6,92*	10,43*	2,55	4,68*	10,36*	16,12*
Silvia	5,56*	0	4,32	0,30	12,83*	5,70*	2,42	8,80*	16,01*
Wotan	1,13	4,32	0	5,13*	5,49*	3,17	1,56	5,39*	11,45*
Kana	6,92*	0,30	5,13*	0	11,74*	5,49*	2,72	7,36*	13,39*
Lisek	10,40*	12,83*	5,49*	11,74*	0	8,37*	5,46*	0,91	3,17
Liropa	2,55	5,70*	3,17	5,49*	8,37*	0	6,13*	7,00*	8,54*
Bermuda	4,68*	2,42	1,56	2,72	5,46*	6,13*	0	3,86	11,21*
Bristol	10,30*	8,80*	5,39*	7,36*	0,91	7,00*	3,86	0	2,32
Buffalo	16,10*	16,01*	11,45*	13,39*	3,17	8,54*	11,21*	2,32	0

Znaczna odległość Mahalanobisa pomiędzy grupą odmian Kana i Liropa a genotypami wymienionymi powyżej, wskazuje również na odmienny typ reakcji tych odmian na zróżnicowane środowiska w czterech badanych miejscowościach. Kana i Liropa wykazywały istotnie niższy średni plon w porównaniu do reszty odmian. Pozostałe obiekty, charakteryzujące się pośrednim plonowaniem w porównaniu do wyżej wymienionych odmian, odznaczały się najczęściej nieistotnymi kwadratami odległości Mahalanobisa pomiędzy sobą. Porównanie istotności różnic

plonów pomiędzy wartościami uzyskanymi w tabeli 1 i 5 wskazuje na znaczne podobieństwo wyników pomimo pewnych odchyień. Różnice wynikają z innych założeń stosowanych metod. W tabeli 1 oceniano odmiany w przestrzeni euklidesowej, natomiast odległości Mahalanobisa zakładają pewną korelację pomiędzy zmiennymi zależnymi — środowiskami. Korelacja ta warunkuje inne rozmieszczenie osi współrzędnych w przestrzeni czterowymiarowej, co wpływa na różnice położenia analizowanych odmian w tej przestrzeni. Odmiany Buffalo, Lisek i Bristol również w standardowym systemie uprawy odznaczały się znacznymi odległościami Mahalanobisa w stosunku do pozostałych odmian (tab. 5). Odmiany te także w analizowanym wariancie charakteryzowały się wyższymi plonami w stosunku do reszty genotypów. Na uwagę zasługuje istotnie niższa zmienność plonów w miejscowości Tomaszów Bolesławiecki zarówno w intensywnym, jak i standardowym wariancie uprawy.

Wnioski

1. Badane odmiany wykazywały duże różnice w plonowaniu w warunkach intensywnego i standardowego wariantu uprawy. Istotnie wyższymi plonami w obu systemach uprawy odznaczały się Buffalo, Lisek i Bristol.
2. Analizowane środowiska — miejscowości odznaczały się zróżnicowanym wpływem na plony badanych odmian. Zmienność genetyczna badanych odmian ujawniła się w większym stopniu na glebach lepszych — należących do klasy II lub III, natomiast w miejscowości Tomaszów plony badanych odmian były bardziej wyrównane.
3. W omawianych doświadczeniach nie stwierdzono większych różnic pomiędzy wynikami uzyskanymi standardową metodą obliczeń i metodą analizy dyskryminacyjnej. Znaczne odległości Mahalanobisa pomiędzy grupą odmian lepiej i gorzej plonujących potwierdzają przydatność analizy dyskryminacyjnej w tego typu opracowaniach.

Conclusions

1. In both systems (variants) of cultivation large yield differences existed among the studied cultivars. The best yielders were cultivars Buffalo, Lisek and Bristol.
2. The environments (locations) differed in their effects on yields of cultivars. Variability of cultivars was higher on more fertile soil (class II and class III), whereas at Tomaszów on light soil the yields were less variable.

3. There were no substantial differences between the results obtained by standard method of statistical analysis and discriminant function analysis. Significant Mahalanobis distances between groups of higher and lower yielding cultivars confirm the usefulness of discriminant analysis in the studies of genotypic responses to environmental effects.

Literatura

- Adamska E., Cegielska-Taras T., Kaczmarek Z. 2000. Analiza plonu wybranych linii DH rzepaku ozimego na podstawie dwuletniej serii doświadczeń wielokrotnych. *Biuletyn IHAR*, 216: 469-476.
- Caliński T., Chudzik H. 1980. Grupowanie populacji na podstawie wyników wielozmiennej analizy wariancji. *Algorytmy biometryczne i statystyczne*, 9: 139-167.
- Dolnośląski Zespół Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego. 2001. Rzepak ozimy. *Zeszyt 2 (3)*.
- Jędrzycka M., Podleśna A., Lewandowska E. 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarką na zdrowotność roślin rzepaku ozimego. *Pamiętnik Puławski*, 130: 329-337.
- Krzyśko M. 1990. *Analiza dyskryminacyjna*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Mądry W. 1993. *Studia statystyczne nad wielowymiarową oceną zróżnicowania cech ilościowych w kolekcjach zasobów genowych zbóż*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Ogrodowczyk M., Liersch A., Bartkowiak-Broda I. 2000. Analiza zmienności składników plonu mieszańców złożonych rzepaku ozimego. *Biuletyn IHAR*, 216: 483-490.
- Sarec O., Sarec P., Kavka M. 2002. Different methods of cropstand establishment within the system of winter oilseed rape cultivation. *Res. Agricult. Eng.*, 48: 66-72.
- Schmidt W., Doll D., Nitzsche O. 1999. Erfahrungen mit pflugloser Bestellung in Sachsen. *Neue Landwirtschaft*, 5: 1-6.