

HENRYK BUJAK
STANISŁAW JEDYŃSKI
JAN KACZMAREK

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

Ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie parametrycznych i nieparametrycznych metod

Evaluation of yield stability of rye cultivars on the basis of parametric and nonparametric methods

W pracy wykorzystano cztery metody parametryczne i pięć nieparametrycznych opartych na różnych przesłankach metodycznych. Spośród metod parametrycznych zastosowano liniowy współczynnik regresji oraz wariancję odchylenia od regresji Eberharta i Russella, statystykę stabilności Shukli, miernik stabilności genotypowej Hansona i ekowalencję Wrickego. Z metod nieparametrycznych wykorzystano: dwa mierniki stabilności Hühna, metodę Kanga, oraz nową metodę nieparametryczną opartą na rangach grup jednorodnych i współczynnikach zmienności. Materiałem do opracowania statystycznego były wyniki plonowania 12 odmian żyta: Fernando, Klawo, Konto, Picasso, Stach, Caroass, Agricolo, Amilo, Bosmo, Motto, Rostockie, Słowiańskie. Doświadczenia na dwóch poziomach agrotechniki przeprowadzono na Dolnym Śląsku w Kondratowicach, Krościnie Małej, Naroczycach, Tarnowie Śląskim i Tomaszowie Bolesławieckim w latach 2005–2007. Stwierdzono, że najwyższej plonowały i były najbardziej stabilne odmiany mieszańcowe. Na szczególnie wyróżnienie zasługują odmiany: mieszańcowa Fernando oraz populacyjna Bosmo. Zaproponowana nowa metoda Rang Grup Jednorodnych daje łatwe do oszacowania mierniki, w których plon jest liniowo współzależny ze średnią rangą, wycaloną dla grup jednorodnych odmian. Na podstawie tego miernika najlepsze odmiany to Fernando, Picasso i Konto, które również charakteryzowały się najniższymi współczynnikami zmienności plonowania na obu poziomach agrotechniki.

Słowa kluczowe: miary parametryczne i nieparametryczne, odmiany mieszańcowe, odmiany populacyjne, stabilność plonowania, żyto

The objective of this study was to compare parametric and non-parametric methods in $G \times E$ interaction analysis. Experimental data were from trials conducted in the years 2005–2007 in Lower Silesia at the following locations: Kondratowice, Krościna Mała, Naroczyce, Tarnów Śląski and Tomaszów Bolesławiecki. Twelve rye cultivars: Fernando, Klawo, Konto, Picasso, Stach, Caroass, Agricolo, Amilo, Bosmo, Motto, Rostockie and Słowiańskie were grown at two levels of cultivation (low input and intensive). Stability evaluation was based on parametric methods: linear regression coefficient (b_i), variance of the regression deviations (S_{di}), Shukla's stability variance (σ^2_i), Wricke's covalence (W_i^2) and Hanson's statistics (D_i). Nonparametric methods included two Hühn's measures

(S_i^1 , S_i^2), Kang's parameter (RS) and new measure of stability based on homogeneous groups and coefficient of variability. The hybrid cultivars produced higher yield and were more stable than the open-pollinated cultivars. Hybrid Fernando and open-pollinated cultivar Bosmo were found to be most remarkable. The new method proposed is simple and gives measures highly correlated with yield and thus it can be recommended for selection of stable genotypes. According to the new method, Fernando, Picasso and Konto were the most stable hybrid cultivars.

Key words: adaptation, nonparametric measures, parametric measures, rye hybrid cultivars, open-pollinated cultivars, yield stability

WSTĘP

W 2007 roku w Krajowym Rejestrze Odmian znajdowały się 34 odmiany, w tym 21 populacyjnych, 11 mieszańcowych, 1 syntetyczna oraz jedna odmiana przeznaczona do uprawy na zielonkę (Pastar). W ostatnich latach obserwuje się rosnące znaczenie bardziej wymagających odmian mieszańcowych. Odmiany te wyżej plonują, ale są mało poznane pod względem ich interakcji ze środowiskiem. Ocena stabilności plonowania odmian jest możliwa w doświadczeniach prowadzonych w kilku miejscowościach i co najmniej 3 latach badań. Przy mikro- i makrorejonizacji podstawowym kryterium rolniczej stabilności jest wysokość plonowania odmian w latach i miejscowościach.

Odmiany zwykle specyficznie reagują na zmienne warunki środowiska. U jednych interakcja genotypowo-środowiskowa ($G \times E$) może być wysoce istotna, u innych mniejsza. Najbardziej dyskutowane problemy dotyczą stabilności biologicznej, inaczej statycznej i stabilności dynamicznej lub rolniczej (Becker i Leon, 1988; Lin i in., 1986; Mohammadi i in., 2007, 2008) Przy statycznej stabilności odmiana wykazuje minimalną wariancję plonu w różnych środowiskach, czyli ma tendencję do utrzymywania stałego plonu. Statyczna stabilność może być użyteczna w ekstensywnych warunkach agrotechniki. Rolnicy poszukują odmian, które mają wysokie średnie plony i wyraźnie reagują na poziom agrotechniki. Dynamiczna stabilność związana jest z reakcją wysoko plonujących odmian na zmienne warunki środowiska i bardziej przydatna jest w intensywnym rolnictwie.

Do określenia stabilności odmian zaproponowano wiele metod parametrycznych i nieparametrycznych (Becker i Leon, 1988; Hühn, 1990 a, b, 1996; Mohammadi i in., 2007, 2008; Sabaghnia i in., 2006; Scapim i in., 2000). Parametryczne metody oceny stabilności dostarczają dokładnych informacji o biologicznej stabilności plonowania, jednak pod warunkiem spełnienia pewnych statystycznych założeń takich, jak np. rozkład normalny błędów i efektów interakcji $G \times E$. Ponadto trudno jest stosować je do analizy wielokrotnych doświadczeń PDO, w których występuje coroczna dość duża wymiana odmian. Metody parametryczne są czułe na takie zmiany oraz na wartości oddalone.

Metody nieparametryczne oparte są na rangach genotypów w różnych środowiskach, dają wyniki łatwe do interpretacji, a dodanie czy wyłączenie kilku genotypów z analizy nie wpływa na wiarygodność wyników.

Celem badań było wykonanie analizy stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie 4 metod parametrycznych: Eberharta i Russella (1966), Hansona (1970), Shukli (1972), Wrickego (1962) i 5 metod nieparametrycznych: Focha (1990), Hühna (1990),

Kanga (1988) i metody Rang Grup Jednorodnych (R_D) oraz wykazanie, która z nich jest najbardziej przydatna do oceny odmian w doświadczeniach PDO.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach stabilności wykorzystano plony 12 odmian żyta ozimego uzyskane z doświadczeń PDO na Dolnym Śląsku, w tym 7 populacyjnych Agriolo, Amilo, Bosmo, Motto, Słowińskie, Rostockie oraz 5 mieszańcowych: Fernando, Klawo, Konto, Picasso, Stach i jedną odmianę syntetyczną Caroass.

Doświadczenia przeprowadzono w 5 miejscowościach odznaczających się zróżnicowanymi warunkami glebowymi i klimatycznymi: Kondratowice, Krościna Mała, Naroczyce, Tarnów Śląski i Tomaszów Bolesławiecki w latach 2005–2007. Doświadczenia założono w dwóch powtórzeniach na poletkach 15 m² metodą pasów prostopadłych, porównując wariant standardowy (a_1) z intensywnym sposobem uprawy roślin (a_2). Na poziomie intensywnym (a_2) zastosowano wyższe o 40 kg/ha nawożenie azotowe niż w wariantie standardowym, pełną ochronę chemiczną przed chorobami grzybowymi, regulator wzrostu oraz dolistne dokarmianie roślin preparatem wieloskładnikowym.

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie metodami parametrycznymi i nieparametrycznymi. Celem sprawdzenia hipotez zerowych dla odmian, lat, miejscowości, środowisk oraz interakcji odmian z latami badań, miejscowościami i środowiskami wykonano analizę wariancji dla doświadczeń wielokrotnych (Caliński i in., (1987 a, b). Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu Sergen 4.

Metody parametryczne

1. Współczynnik regresji b_i i odchylenie od prostej regresji S^2_{di} Eberharta i Russella (1966)

Eberhart i Russell (1966) zaproponowali ocenę reakcji odmian na zmienne warunki środowiska za pomocą liniowego współczynnika regresji b_i i wariancji odchylenia od regresji S^2_{di} :

$$b_i = 1 + \frac{\sum_i (x_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})}{\sum_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}$$

$$S^2_{di} = \frac{1}{E-2} \left[\sum_i (x_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..}) - (b_i - 1)^2 \sum (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2 \right]$$

gdzie:

x_{ij} — plon i -tej odmiany w j -tym środowisku,

\bar{x}_i — średni plon i -tej odmiany,

$\bar{x}_{.j}$ — średni plon w j -tym środowisku,

$\bar{x}_{..}$ — średnia ogólna,

E — liczba środowisk.

Odmiany, które mają współczynnik regresji $b_i > 1$ są bardziej przystosowane do korzystnych warunków środowiska. W przypadku, gdy $b_i < 1$ odmiany lepiej przysto-

sowują się do mniej sprzyjających warunków środowiska. Jeśli $b_i = 1$ wtedy odmiany charakteryzują się przeciętną adaptacyjnością do różnych warunków środowiska. Odmiany mające wariancje $S_{di}^2 = 0$ są najbardziej stabilne, natomiast wysoka wartość S_{di}^2 oznacza niską stabilność.

2. Statystyka stabilności Shukli (1972)

Statystyka stabilności Shukli (1972) jest miernikiem wkładu każdej odmiany w interakcję $G \times E$.

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{(s-1)(t-1)(t-2)} \left[t(t-1) \sum_i (x_{ij} - x_{i.} - x_{.j} + x_{..})^2 - \sum_i \sum_j (x_{ij} - x_{i.} - x_{.j} + x_{..})^2 \right]$$

gdzie:

s — liczba środowisk,

t — liczba odmian.

Niska wartość σ_i^2 świadczy o wysokiej stabilności plonowania odmiany.

3. Ekowalencja Wrickego W_i (1962)

Ekowalencja określa wkład każdego genotypu do sumy kwadratów interakcji $G \times E$. Niska wartość W_i oznacza wysoką stabilność plonowania odmiany.

$$W_i = \sum_i^e (x_{ij} - x_{i.} - x_{.j} + x_{..})^2$$

4. Miernik stabilności genotypowej Hansona D_i (1970)

Metodę tę stosuje się w przypadku małej liczby odmian i środowisk. Wartość D_i jest miernikiem udziału danego genotypu w wariancji interakcji $G \times E$ i jego reakcji na zmienne warunki środowiska, wyrażonej za pomocą współczynnika regresji b_i Eberharta i Russella. Jest to więc miernik stabilności odmiany wyrażony jako odchylenie oczekiwanego plonu (E_{ij}) od jej stabilnego plonu (S_{ij}).

$$D_i = \left[\sum (\hat{E}_{ij} - \hat{S}_{ij})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

gdzie:

$$\hat{E}_{ij} = (x_{ij} + x_{..} - x_{i.} - x_{.j})$$

$$\hat{S}_{ij} = b_i (x_{.j} - x_{..})$$

Metody nieparametryczne

1. Parametry Hühna (1990)

Zastosowano dwa mierniki stabilności:

$$S_i^1 = \frac{\sum_{j>j'} |r_{ij} - r_{ij'}|}{N(N-1)} = \frac{2 \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{j'=j+1}^N |r_{ij} - r_{ij'}|}{N(N-1)}$$

gdzie:

r_{ij} — ranga i -tego genotypu w j -tym środowisku,

r_{ij} — ranga na podstawie poprawionych wartości x_{ij} ,
 N — liczba środowisk.
 $x_{ij}' = x_{ij} - x_i - x_j$.

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{N - 1}$$

gdzie:

$$\bar{r}_i = \sum_{j=1}^N r_{ij} / N$$

\bar{r}_i — średnia ranga dla i -tego genotypu.

2. Metoda Kanga (1988)

Jest nieparametryczną metodą badania stabilności, w której wykorzystuje się plony odmian i wariancje stabilności Shukli, jako kryterium wyboru. Odmiana o najwyższym plonie uzyskuje rangę 1, natomiast odmianie z najniższą wariancją również przypisuje się rangę 1. Rangi dla plonu i wariancji są sumowane. Odmiany o najniższej sumie punktów rangowych są stabilne i najbardziej pożądane.

3. Metoda Foxa (1990)

Według tej metody, odmiany w każdym doświadczeniu w poszczególnych środowiskach uszeregowuje się według wysokości plonów i nadaje się im kolejne rangi. Odmiany z nadanymi wcześniej rangami dzieli się na trzy równe frakcje, górną – wysoko plonującą, środkową — średnio plonującą i dolną — nisko plonującą. Odmiany, które występują w najwyższym procencie środowisk w pierwszej górnej frakcji uznaje się za najbardziej stabilne i pożądane.

4. Metoda rang grup jednorodnych i współczynnika zmienności (R_D i V)

Po wykonaniu analiz wariancji każdego doświadczenia w latach i miejscowościach, stosuje się wielokrotny test rozstępu Duncana w celu utworzenia grup jednorodnych, którym nadaje się kolejne rangi. W przypadku zachodzenia grup jednorodnych na siebie oblicza się średnią wartość rangi z grup, w których występuje dana odmiana. Po zsumowaniu wszystkich rang dla odmian z doświadczeń, oblicza się średnią rangę ogólną (R_D). Odmiany o najniższej średniej wartości R_D i najniższym współczynniku zmienności zalicza się do najbardziej stabilnych i plennych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza interakcji genotyp \times środowisko ($G \times E$) na podstawie analizy wariancji

Analiza wariancji dla syntezy lat i miejscowości (tab. 1) umożliwiła ocenę zmienności plonowania i weryfikację następujących hipotez:

- o braku interakcji odmian z miejscowościami,
- o braku współdziałania odmian z latami,
- o braku interakcji odmian ze środowiskami.

Średnie kwadraty z analizy wariancji dla plonów odmian żyta ozimego
Mean squares from ANOVA for yields of 12 rye cultivars

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean squares	
		wariant standardowy standard variant	wariant intensywny intensive variant
Lata Years	2	1738,55**	1404,29
Miejscowości Locations	4	2799,58**	4604,22**
Środowiska Environments	8	1520,99**	1882,46**
Genotypy Genotypes	11	508,03**	552,71*
Genotypy × lata Genotypes × years	22	26,07*	88,53**
Genotypy × miejscowości Genotypes × locations	44	36,69**	44,09
Genotypy × środowiska Genotypes × environments	88	29,20*	49,92
Regresja względem środowiska Regression on environments	11	16,10	32,83
Odchylenie od regresji Deviation from regression	77	31,07*	52,36
Błąd doświadczeń Experimental error	180	22,23	57,58

W rozważanych wariantach uprawy, standardowym i intensywnym, stwierdzono istotne różnice w plonowaniu odmian oraz interakcję odmian z latami. Na poziomie α_1 obserwowano również interakcje odmiany z miejscowościami i środowiskami. Na poziomie α_2 nie stwierdzono interakcji genotypy × miejscowości, co oznacza, że średnie plony badanych odmian w pięciu miejscowościach odznaczały się podobnym uszeregowaniem. Interakcja odmian ze środowiskiem na poziomie α_1 wskazuje na zróżnicowanie plonów odmian w poszczególnych miejscowościach w każdym roku badań. Na poziomie α_1 , z powodu istotnego odchylenia od regresji, interakcji genotyp × środowisko nie można opisać prostą zależnością regresyjną. Istotna interakcja odmian ze środowiskami i odchylenia od prostej regresji wskazały na potrzebę szczegółowej analizy stabilności plonowania.

Metody parametryczne

W tabelach 2 i 3 przedstawiono ocenę stabilności plonowania za pomocą czterech metod parametrycznych. Rozpatrując wskaźniki Eberharta i Russella stwierdzono, że odmiany Klawo i Rostockie korzystnie reagowały na lepsze warunki uprawy. Najbardziej stabilne i wysoko plonujące okazały się odmiany mieszańcowe Fernando, Picasso i Stach. Do odmian bardziej przystosowanych do niekorzystnych warunków środowiska zaliczono odmiany populacyjne Motto i Bosmo. Średnią adaptację do wszystkich warunków środowiska wykazywały wysoko plonujące mieszańce Picasso i Fernando i niżej plonująca odmiana populacyjna Agrikolo.

Tabela 2

Wyniki dla parametrycznych miar oceny stabilności plonowania odmian na poziomie standardowym (α_1)
Mean yields and estimates of parametric stability measures in standard variant

Odmiana Cultivar	Plon (dt/ha) Yield	Eberhart i Russell		Hanson D_i	Wricke W_i	Shukla σ_i^2
		b_i	S_{di}^2			
Fernando F_1	77,8	1,02	75,77	579,52	243,60	16,00
Picasso F_1	74,7	1,00	9,33	428,69	300,58	3,96
Konto F_1	71,3	0,92	36,54	532,99	257,68	10,72
Klawo F_1	70,0	1,19	24,10	239,75	291,65	12,87
Stach F_1	69,1	1,03	19,45	352,20	283,15	14,06
Bosmo	66,1	0,91	17,16	327,57	286,69	8,03
Caroass (Synt)	66,1	0,95	14,99	689,39	264,25	8,92
Agrikolo	65,9	1,03	55,94	309,17	289,00	7,44
Rostockie	64,5	1,10	51,56	179,45	333,40	10,20
Słowiańskie	64,2	1,06	25,89	252,17	159,30	7,94
Amilo	64,2	0,91	44,47	386,67	319,39	10,98
Motto	63,2	0,88	12,24	277,32	262,79	4,85

Tabela 3

Wyniki dla parametrycznych miar oceny stabilności plonowania odmian na poziomie intensywnym (α_2)
Mean yields and estimates of parametric stability measures in intensive variant

Odmian Cultivar	Plon (dt/ha) Yield	Eberhart i Russell		Hanson D_i	Wricke W_i	Shukla σ_i^2
		b_i	S_{di}^2			
Fernando F_1	89,9	0,96	94,89	469,15	422,71	29,95
Picasso F_1	86,6	1,05	115,96	1277,30	657,25	31,03
Konto F_1	83,9	0,99	76,09	901,08	507,14	23,58
Klawo F_1	83,3	1,08	5,60	529,73	518,53	17,92
Stach F_1	81,8	1,11	46,36	805,59	357,84	26,48
Caroass (Synt)	76,4	0,98	41,94	722,19	725,78	16,55
Motto	74,9	0,87	64,79	548,91	425,05	18,30
Amilo	74,1	0,95	7,86	754,12	358,30	3,04
Agrikolo	74,0	1,05	-29,00	754,98	456,94	22,95
Rostockie	73,8	1,08	-31,78	374,13	637,95	14,02
Bosmo	73,6	0,99	41,44	451,73	924,29	34,82
Słowiańskie	72,0	0,91	-54,32	573,12	459,31	18,18

Według metody Hansona najwyższą stabilnością cechowała się odmiana populacyjna Rostockie. Jednak za najbardziej pożądaną odmianę uznano mieszańca Klawo. Wnioski z metody Hansona są nieco inne, co świadczy o niskiej współzależności z metodą Eberharta i Russela. Metoda Wrickego spośród odmian mieszańcowych wskazuje na odmianę Fernando jako najbardziej stabilną. Natomiast z odmian populacyjnych najbardziej stabilnymi według tej metody były niżej plonujące Słowiańskie i Motto. Na podstawie metody Shukli najbardziej stabilne były: mieszańiec Picasso i odmiana populacyjna Motto, która na poziomie standardowym była najniżej plonującą. Zastosowane metody parametryczne dają różne oceny odmian pod względem ich stabilności. Najwyższe współzależności stwierdzono między metodą Hansona a Eberharta i Russela.

Metody parametryczne dają mierniki stabilności w sensie statycznym. Na ogół nie są one istotnie skorelowane z plonem, a zatem pozwalają na identyfikację odmian zaadaptowanych bardziej do mniej korzystnych warunków środowiska. Do oceny stabilności

odmian na podstawie kilku lat i miejscowości można zalecić stosowanie mierników parametrycznych wraz z plonem.

Metody nieparametryczne

Wartości nieparametrycznych mierników stabilności plonowania odmian żyta przedstawiono w tabelach 4 i 5. Parametry S_i^1 i S_i^2 Hühna są ze sobą wysoko skorelowane ($r = 0,99$) i można je stosować zamiennie, natomiast ich związek z plonem jest stosunkowo niski ($r_{a1}=0,397$, $r_{a2}= 0,494$). Można je rozpatrywać w sensie statycznym i mogą być używane przy wyborze odmian ze średnim plonem i wysoką stabilnością. Według parametru S_i^2 najwyższą stabilnością charakteryzowały się odmiany populacyjne Rostockie, Bosmo i Motto oraz wysokoplenny mieszaniec Picasso. Na intensywnym poziomie agrotechniki najwyższą stabilnością plonowania wyróżniały się odmiany populacyjne Amilo i Słowiańskie oraz mieszaniec Klawo. Do najmniej stabilnych zaliczono odmianę mieszańcową Fernando.

Tabela 4

Wyniki nieparametrycznych miar oceny stabilności plonowania odmian żyta na poziomie standardowym (a_1)

Mean yields and estimates of nonparametric stability measures in standard variant

Odmiana Cultivar	Plon (dt/ha) Yield	Ranga R_D Rank	Hühn		Kang	Fox		
			S_i^1	S_i^2		frakcja — fraction		
						górna top	środkowa middle	dolna low
Fernando F_1	77,8	1,1	4,86	17,92	13	100		
Picasso F_1	74,7	1,6	3,37	8,54	13	100		
Konto F_1	71,3	2,4	4,44	14,14	11	100		
Klawo F_1	70,0	2,7	4,69	15,97	14	80	20	
Stach F_1	69,1	3,2	4,93	17,7	16	20	80	
Bosmo	66,1	3,9	3,49	9,17	11		80	20
Caroass (Synt)	66,1	4,1	4,19	12,84	13		80	20
Agrikolo	65,9	4,1	4,1	12,03	11		60	40
Rostockie	64,5	4,3	3,16	8,21	16		40	60
Słowiańskie	64,2	4,4	4,13	12,5	14			100
Amilo	64,2	4,4	4,32	13,46	20		40	60
Motto	63,2	4,8	3,5	9,27	14			100
Współczynnik korelacji z plonem Correlation with yield		-0,966	0,397	0,456	-0,513			

Miernik Kanga wskazuje na inne odmiany i, oprócz mieszańca Picasso i populacji Bosmo, do najbardziej stabilnych zalicza mieszańca Konto oraz słabiej plonującą odmianę populacyjną Agrikolo. Na poziomie intensywnym (a_2) najstabilniejsze odmiany to mieszaniec Klawo, syntetyczna odmiana Caroass, populacyjna Amilo, a w dalszej kolejności odmiany mieszańcowe Fernando i Konto. Mierniki Hühna i Kanga wyróżniają jako najbardziej stabilne, różne odmiany dla standardowego (a_1) i intensywnego (a_2) poziomu agrotechniki. W naszych badaniach metoda Kanga dała wartości dodatnio skorelowane z plonem na poziomie ufności 10%. W konsekwencji metoda ta może służyć do wyboru stabilnych i wysokoplennych odmian. Biorąc jednak pod uwagę łatwość obliczeń i wysoką korelację z plonem, lepiej jest posłużyć się metodą Foxa, która polega na podziale odmian na trzy równe frakcje według wysokości plonowania i jest najbardziej

zbliżona do metody rang grup jednorodnych (R_D). Słabością tej metody jest to, że nie uwzględnia ona istotnych różnic między odmianami. W analizowanym zestawie odmian do pierwszej frakcji, jako najbardziej pożądanej zaliczono odmiany mieszańcowe Fernando, Konto i Picasso.

Tabela 5

Wyniki nieparametrycznych miar oceny stabilności plonowania odmian żyta na poziomie intensywnym (a2)
Mean yields and estimates of nonparametric stability measures at intensive variant

Odmiana Cultivar	Plon (dt/ha) Yield	Ranga R_D Rank	Hühn		Kang	Fox		
			S_i^1	S_i^2		frakcja — fraction		
						górna top	środkowa middle	dolna low
Fernando F_1	89,9	1,2	4,95	18,26	11	100		
Picasso F_1	86,6	2,0	4,40	14,12	13	100		
Konto F_1	83,9	2,4	4,30	13,41	11	80	20	
Klawo F_1	83,3	2,4	3,37	8,54	8	80	20	
Stach F_1	81,8	2,9	4,80	17,35	14		40	60
Caroass (Synt)	76,4	4,2	4,25	13,11	9		80	20
Motto	74,9	4,6	4,55	16,21	13	40	60	
Amilo	74,1	5,0	2,86	6,46	9		60	40
Agrikolo	74,0	4,8	4,44	14,41	16		40	60
Rostockie	73,8	4,9	3,79	10,70	12		40	60
Bosmo	73,6	4,8	4,13	12,97	23		40	60
Słowiańskie	72,0	5,0	3,09	7,10	17			100
Współczynnik korelacji z plonem Correlation with yield		-0,979	0,494	0,487	-0,402			

Jednak najwyższą współzależnością z plonem charakteryzuje się metoda Rang Grup Jednorodnych, która uwzględnia istotne różnice między plonami odmian.

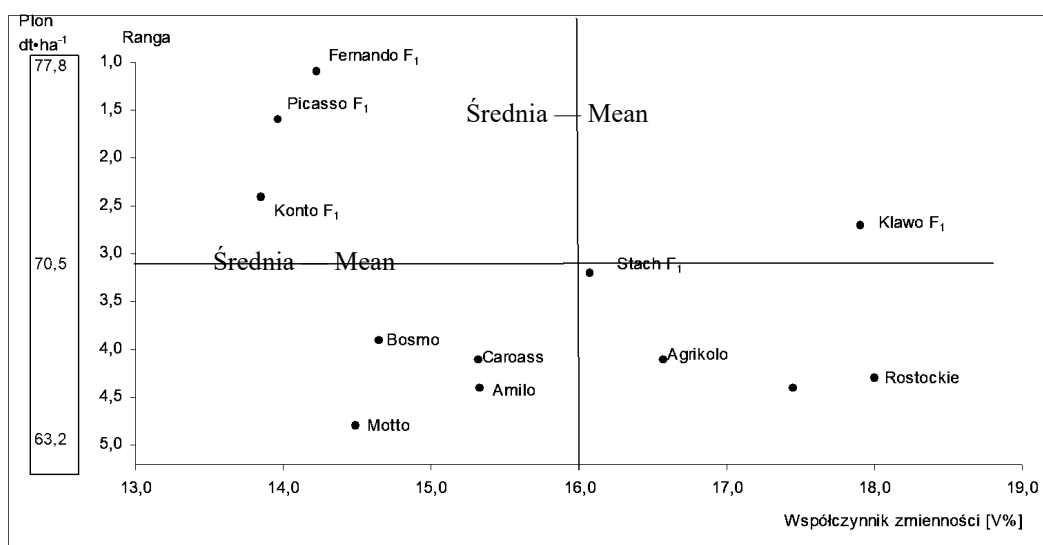
Najniższe wartości mierników w metodzie Rang Grup Jednorodnych (R_D) wskazują na odmiany najplenniejsze i o wysokiej rolniczej stabilności. Przedstawione w tabeli 6 wartości miernika R_D wyróżniają głównie odmiany mieszańcowe: Fernando, Picasso, i Klawo jako najplenniejsze i stabilne rolniczo. Jak wcześniej napisano, metoda Foxa dzieli odmiany na 3 równe frakcje, górną, średnią i dolną według wysokości plonowania. Podział na 3 frakcje jest sztuczny, ponieważ nie uwzględnia istotnych różnic w plonowaniu odmian w poszczególnych środowiskach. Nieparametryczny miernik R_D pozwala zaliczyć odmiany do kolejnych rang zgodnie z wyznaczonymi grupami jednorodnymi według testu Duncana. W tabeli 6 przedstawiono procent środowisk, w których odmiany wystąpiły w poszczególnych rangach. Odmiany, które w najwyższym procencie środowisk przypisano do trzech pierwszych rang uznano za najbardziej stabilne pod względem rolniczym. Dla lepszej oceny stabilności odmian, miernik R_D należy rozpatrywać łącznie ze współczynnikiem zmienności (V).

Tabela 6

Współczynnik zmienności, wartości rang (R_D) oraz procent środowisk, w których odmiany wystąpiły w poszczególnych rangach (grupach jednorodnych)
Grain yield of rye cultivars and proportions particular ranks

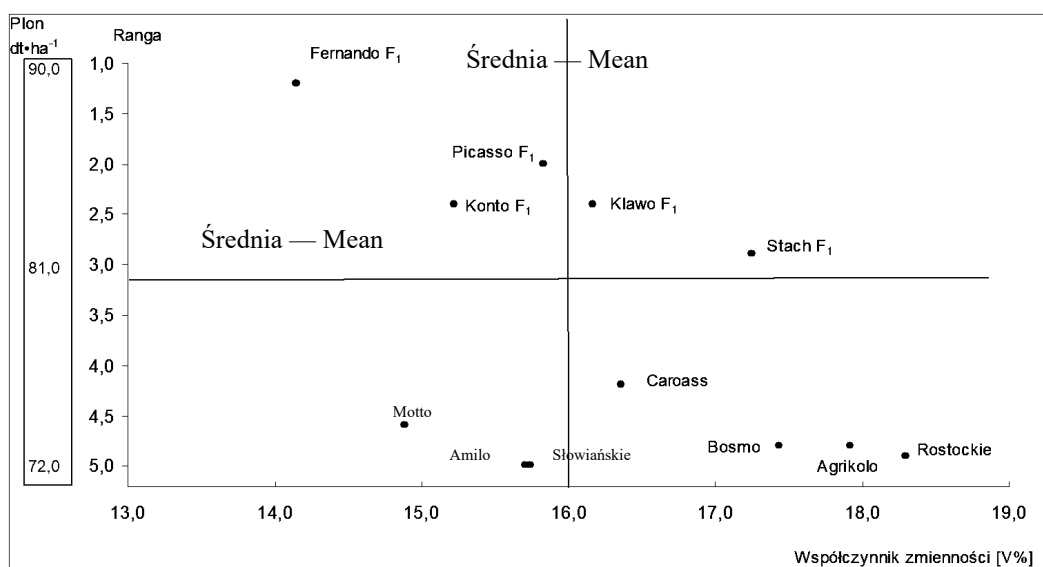
Odmiana Cultivar	Poziom agrotechniki Variant	Plon (dt/ha) Yield	Współczynnik zmienności (V%)	Ranga Rank R _D	% udział odmiany w środowiskach proportion of cultivar in environments				
					ranga — rank				pozostałe remaining ranks
					1	2	3	4	
Fernando F ₁	a ₁	77,8	14,2	1,1	100				
	a ₂	89,9	14,1	1,2	93	7			
Picasso F ₁	a ₁	74,7	14,0	1,6	53	33	7		7
	a ₂	86,6	15,8	2,0	47	40	7		6
Stach F ₁	a ₁	69,1	16,1	3,2		40	27	27	6
	a ₂	81,8	17,2	2,9	7	47	20	20	6
Klawo F ₁	a ₁	70,1	17,9	2,7	20	33	27	20	
	a ₂	83,3	16,1	2,4	13	53	34		
Konto F ₁	a ₁	71,3	13,8	2,4	20	60	7	7	6
	a ₂	83,9	15,2	2,4	33	33	20	14	
Bosmo	a ₁	66,1	14,6	3,9		27	20	33	20
	a ₂	73,6	17,4	4,8	7	7	27	13	53
Caroass (Synt)	a ₁	66,1	15,3	4,1		13	27	46	14
	a ₂	76,4	16,4	4,2	7		20	47	26
Agrikolo	a ₁	65,9	16,6	3,9		7	27	46	20
	a ₂	73,9	17,9	4,8		13	13	27	47
Amilo	a ₁	64,2	15,3	4,4			40	14	46
	a ₂	74,1	15,7	5,0			20	20	60
Motto	a ₁	63,2	14,5	4,8			20	10	70
	a ₂	74,9	14,9	4,6		7		40	53
Rostockie	a ₁	64,4	18,0	4,3	7	7	20	20	46
	a ₂	73,8	18,3	4,9		7	7	33	53
Słowiańskie	a ₁	64,2	17,5	4,4		7	27	20	46
	a ₂	72,0	15,7	5,0			13	20	67

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wartości R_D i V. Odmiany, które znajdują się w I ćwiartce (górna lewa) można uznać za najbardziej pożądane ze względu na wysoki plon i stabilność. Takimi odmianami są Fernando, Picasso i Konto, które zarówno na standardowym jak i intensywnym poziomie uprawy znalazły się w I ćwiartce. Z rysunków 1 i 2 wynika, że odmiany populacyjne niżej plonują i niektóre z nich charakteryzują się wyższą zmiennością plonowania w latach i miejscowościach. Często spotykany pogląd, że odmiany populacyjne odznaczają się większą stabilnością plonowania nie potwierdza się w przeprowadzonych badaniach. Odmiany populacyjne charakteryzują się heterozygotycznością i heterogenicznością i z teoretycznego punktu widzenia powinny być bardziej stabilne i odporne na stresy abiotyczne (Allard i Bradshaw, 1964; Lerner, 1954).



Rys. 1. Położenie odmian w układzie współrzędnych: rang R_D i współczynnika zmienności na standardowym poziomie agrotechniki

Fig. 1. Yield stability of rye cultivars based on ranks and coefficient of variability in standard variant



Rys. 2. Położenie odmian w układzie współrzędnych: rang (R_D) i współczynnika zmienności (V) na intensywnym poziomie agrotechniki.

Fig. 2. Yield stability of rye cultivars based on ranks and coefficient of variability in intensive variant

Wyższa stabilność plonowania odmian mieszańcowych jest wynikiem występowania dwóch rodzajów heterozji: typu generatywnego i adaptacyjnego. Zamieszczony w tabeli 6

procentowy udział odmian w środowiskach w kolejnych rangach potwierdza wnioski wyciągnięte na podstawie rysunków 1 i 2. Grupom jednorodnym utworzonym na podstawie testu Duncana nadano odpowiednie rangi, oddzielnie w każdym doświadczeniu.

Cechą charakterystyczną wielokrotnych testów np. Duncana, Newmana-Keulsa, Tukeya i innych jest zachodzenie grup jednorodnych na siebie. Stąd też często odmiany należące do pierwszej grupy jednorodnej mogą występować również w drugiej i w dalszych grupach. W pracy przyjęto, że stu procentowy udział odmiany w trzech pierwszych rangach świadczy o jej wysokiej rolniczej stabilności. Mieszaniec Fernando w stu procentach zaliczony był do pierwszej rangi, czyli najwyższej plonował we wszystkich 15 doświadczeniach odmianowych i należy go uznać za najbardziej stabilny pod względem rolniczym. Odmianę mieszańcową Picasso we wszystkich doświadczeniach zaliczono do trzech pierwszych rang, co również świadczy o jej dobrej stabilności rolniczej. Wobec tego mieszańce Fernando i Picasso można uznać za uniwersalne i polecać do makrorejonizacji, czyli do uprawy na terenie całego województwa dolnośląskiego, ponieważ z dużym prawdopodobieństwem powinny dobrze plonować w kolejnych latach. Natomiast odmiany mieszańcowe Klawo i Konto można zalecać do uprawy w określonych środowiskach. Tabela 6 pokazuje również różnice w procentowej przynależności odmian do rang na standardowym (a_1) i intensywnym (a_2) poziomie agrotechnicznym. Wynikają one z interakcji odmian z poziomami intensywności uprawy.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Stwierdzono wpływ warunków glebowo-klimatycznych na plonowanie odmian. Na standardowym i intensywnym poziomie uprawy wystąpiły istotne różnice w plonowaniu odmian oraz interakcje odmian z latami. Na poziomie standardowym obserwowano również interakcję odmian z miejscowościami i środowiskami. W intensywnym wariancie uprawy nie stwierdzono interakcji typu genotyp \times miejscowości, co oznacza, że średnie plony odmian w 5. miejscowościach odznaczały się podobnym uszeregowaniem.
2. Metody parametryczne dały różne oceny odmian pod względem ich stabilności. Uzyskane mierniki stabilności na ogół nie były istotnie skorelowane z plonem, a więc wskazywały na statyczną (biologiczną) stabilność. Nadają się bardziej do oceny odmian uprawianych w ekstensywnych warunkach środowiska, gdzie ważniejsza jest stabilność (wierność plonowania) niż wysokość plonu.
3. Spośród metod nieparametrycznych niskie współzależności z plonem dały wskaźniki S_i^1 i S_i^2 Hühna. Te właśnie metody można rozpatrywać w aspekcie stabilności statycznej. Mogą one stanowić kompromis w wyborze odmian ze średnim plonem i wysoką stabilnością. Pozostałe trzy nieparametryczne metody: Kanga, Foxa i Rang Grup Jednorodnych dają mierniki istotnie skorelowane z plonem. Wartości uzyskane w Metodzie Rang Grup Jednorodnych (R_D) są wysoko skorelowane z plonem i stąd też tę metodę można polecać do oceny dynamicznej stabilności plonowania odmian.
4. Odmiany mieszańcowe Fernando i Picasso były najlepsze pod względem rolniczej stabilności i można zalecić je do makrorejonizacji. Do najniższej plonujących i

charakteryzujących się najmniejszą stabilnością zaliczono odmiany populacyjne Rostockie i Słowiańskie.

LITERATURA

- Allard R. W., Bradshaw A. D. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop. Sci.* 4: 503 — 508.
- Becker H. C., Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breed.* 101: 1 — 23.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987 a. A model for the analysis of series of experiments repeated at several places over a period of years. I. Theory. *Biul. Oc. Odm.* 10: 35 — 71.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987 b. A model for the analysis of series of experiments repeated at several places over a period of years. II. Exemple. *Biul. Oc. Odm.* 10: 35 — 71.
- Eberhart S. A., Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36 — 40.
- Fox P. N., Skovmand B., Thompson B., Braun H. J., Cormier R. 1990. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. *Euphytica* 47: 57 — 64.
- Hanson W. D. 1970. Genotypic stability. *Theor. Appl. Gen.* 40: 226 — 231.
- Hühn M. 1990 a. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1 Theory. *Euphytica* 47: 189 — 194.
- Hühn M. 1990 b. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 2 Application. *Euphytica* 47: 195 — 201.
- Hühn M. 1996. Nonparametric analysis of genotype × environment interaction by ranks. In: Kang M. S., Gauch H. G. (eds.). *Genotype by environment interaction*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA: 213 — 228.
- Kang M. S. 1988. A rank sum method for selecting high yielding and stable crop genotypes. *Cereal Res. Commun.* 16: 113 — 115.
- Lerner I. M. 1954. *Genetic homeostasis*. Oliver and Boyd, London.
- Lin C. S., Binns M. R., Levkowitz L. P. 1986. Stability analysis: where do we stand? *Crop Sci.* 26: 894 — 900.
- Mohammadi R., Abdulahi A., Haghparast R., Armian M. 2007. Interpreting genotype × environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. *Euphytica* 157: 239 — 251.
- Mohammadi R., Amri A. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica* 159: 419 — 432.
- Sabaghania N., Dehghani H., Sabaghpour. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. *Crop Sci.* 46: 1100 — 1106.
- Scapim C. A., Oliveira V. R., Braccini A. L., Cruz C. D., Andrade C. A. B., Vidigal M. C. G. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binn and Hühn models. *Genet. Mol. Biol.* 23: 387 — 393.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Wricke G. 1962. Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubereite in Feldversuchen. *Z. Pflanzenzüchtung* 47: 92 — 96.