

STANISŁAW WĘGRZYN

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie

Ocena genetyczno-statystyczna wyników doświadczeń polowych z rodami hodowlanymi na przykładzie pszenicy ozimej

A genetical-statistical estimation of field trials results for breeding strains on example of winter wheat

Analizą objęto trzy grupy doświadczeń hodowlanych z rodami pszenicy ozimej, tj. doświadczenia międzyzakładowe (międzystacyjne), doświadczenia przedwstępne i doświadczenia wstępne. W przeprowadzonej ocenie uwzględniono wpływ efektu genetycznego i udział odpowiednich interakcji genotypu ze środowiskiem na plonowanie. Dla pomiaru interakcji u poszczególnych rodów posłużono się specjalnie utworzonym wskaźnikiem zmienności. Wskaźnik ten jest kombinacją fenotypowego współczynnika zmienności i udziału odpowiedniego komponentu wariancyjnego. Komponenty wariancyjne oszacowano z odpowiednich równań dla oczekiwanych średnich kwadratów w analizie wariancji. Dla łatwiejszej interpretacji uzyskanych wyników, wskaźniki interakcji i efekty genetyczne wyrażono w skali 5-stopniowej, w której stopień 5 oznacza najkorzystniejszą wartość. Analiza wariancji dla poszczególnych grup doświadczeń wykazała, że ponad 50% całkowitej zmienności związanej z genotypami, pochodzi z interakcji. Dlatego analizy pojedynczych grup doświadczeń (jednorocznych) mogą okazać się mało skuteczne przy wyborze najlepszych rodów. Natomiast synteza dwuletnich wyników w porównaniu z syntezą trzyletnich doświadczeń była w zupełności wystarczająca. Spostrzeżenie to wymaga potwierdzenia w dalszych opracowaniach tego typu.

Słowa kluczowe: doświadczenia hodowlane, efekt genetyczny, interakcja genotyp $\times$ lata, interakcja genotyp $\times$ miejscowości, pszenica ozima

Three sets of preliminary trials of winter wheat strains were analyzed for yielding performance and genotype-environment interactions. The magnitude of particular interactions was measured by means of index of variability. This index consists of the phenotypic coefficient of variability and the portion of respective variance component (GL) or (GS). The index of interaction and genetic effects of yield were changed into 5-degree scale (5 is the highest yield or the lowest interaction). In particular groups of trials above half of phenotypic variance could be attributed to the genotype-environment interactions. One-year analysis of particular trials was shown to be unsatisfactory for selection of new cultivars of winter wheat. Also, two-years and three-years analyses were compared. It has been shown, that two-year analysis was sufficient for assessing new strains of winter wheat. However, this conclusion requires confirmation with similar elaborates.

Key words: preliminary trials, genetic effect, genotype $\times$ season interaction, genotype $\times$ location interaction, winter wheat

WSTĘP

W hodowli roślin bardzo ważną rolę odgrywa ocena wartości gospodarczej wyhodowanych rodów. Oceny tej dokonuje się w kolejnych doświadczeniach polowych w kilku miejscowościach i latach. Na podstawie wyników tych doświadczeń hodowca dokonuje, w każdym roku, wyboru najlepszych rodów, które bada w podobnych doświadczeniach w następnym roku. Mniej więcej po 3-letnim cyklu doświadczeń najlepsze rody są zgłaszane do doświadczeń przedrejestrowych COBORU. Wyboru najlepszych rodów w poszczególnych latach doświadczeń hodowca dokonuje na podstawie kilku cech, z których najważniejszą rolę ma plon i jakość ziarna. W ocenie tych cech niezwykle ważną rolę odgrywa nie tylko ich bezwzględna wielkość, ale również ich stabilność w różnych środowiskach (miejscowości i lata). Dotychczasowa ocena koncentrowała się na ocenie interakcji genotypów z miejscowościami, nie przeprowadzano zaś analizy interakcji genotypów z latami. Wprawdzie zestawiano średnie wartości dla dwóch lub trzech lat i porównywano je ze wzorcami. Jednak taka forma porównania nie daje pełnego obrazu interakcji genotypów z latami, a niekiedy może prowadzić do błędnych wniosków.

Pod koniec lat ubiegłego stulecia dokonano niemal rewolucji na polu badań w zakresie zjawiska interakcji genotypu ze środowiskiem. Opracowano wiele metod oceny tego zjawiska. Metody te można zaliczyć do dwóch zasadniczych grup, a więc metod opartych na analizach wielozmiennych i jednozmiennych. Do najczęściej spotykanych metod opartych na analizach wielozmiennych można zaliczyć metodę skupień (Lin i Thompson, 1975; Lin i Butler, 1990), analizę opartą na komponentach głównych (William, 1952; Kroonenberg i Basford, 1989), analizę czynnikową (Grafius i Kiesling, 1960) i analizę składowych głównych (Gover, 1966). Natomiast z metod jednozmiennych do najpopularniejszych należy metoda regresji (Finlay i Wilkinson, 1963; Eberhart i Russell, 1966; Wricke, 1962; Shukla, 1972; Abeysiriwardena i in., 1991). Opracowano również metody oparte na testach nieparametrycznych. Można tu wymienić metodę rankingową, opracowaną przez Dasa (1982), która łączy w sobie parametryczne i nieparametryczne metody statystyczne. Do interesujących metod jednozmiennych można również zaliczyć metodę opartą na wskaźniku odległości danego genotypu od wartości odmiany wzorcowej (Lin i Binns, 1987) lub odległości od maksymalnej wartości w danej miejscowości (Lin i Binns, 1988).

Celem niniejszej publikacji jest pokazanie pełnej analizy wyników doświadczeń z wyodrębnieniem wpływu genetycznego (G), interakcji genotypów z miejscowościami w latach — (GL(S)) i interakcji genotypów z latami (GS) na przykładzie pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły trzy grupy doświadczeń hodowlanych z rodami pszenicy ozimej, tj. doświadczenia międzyzakładowe lub międzystacyjne, doświadczenia przedwstępne i doświadczenia wstępne, przeprowadzone w latach 2000–2002. Przedmiotem

oceny był plon ziarna na tle różnych warunków środowiskowych. W doświadczeniach międzyzakładowych badano 661 rodów w 9 grupach doświadczeń. Poszczególne grupy doświadczeń zawierały różną liczbę rodów i były badane w 2 do 8 miejscowościach. We wszystkich miejscowościach były badane te samerody danej grupy wraz z odmianami wzorcowymi.

W doświadczeniach przedwstępnych badano 204 rody i odmiany wzorcowe. Doświadczenia przeprowadzono w czterech seriach. W każdej serii występowały te same obiekty, zaś doświadczenia wykonano w 3 do 7 miejscowościach. Doświadczenia wstępne z 75 rodami i 3 wzorcami przeprowadzono w 8 miejscowościach. Szczegółowe informacje są zawarte w tabeli 1.

Tabela 1

Udział rodów i odmian wzorcowych pszenicy ozimej w poszczególnych seriach doświadczeń hodowlanych w latach 2000–2002
Distribution of breeding strains and check varieties of winter wheat in sets of preliminary trials over 2000–2002

Grupy doświadczeń Sets of trials													
MZ (MS) — 2000 first preliminary trials									PWST — 2001 second preliminary trials				WST 2002 third preliminary trials
E K Z	E K B	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	T
		120	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
			54	54	54	54	34	34	B	B	B	B	KR
									Z				
224	33								60	22	61	61	75
661 + 19									204 + 13				75 + 3

i zesumujemy poprzez wszystkie miejscowości dla danego genotypu, to otrzymamy całkowitą sumę kwadratów, związaną z efektem genetycznym i efektem interakcji, czyli:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij}^2 = m\alpha_i^2 + \sum_{j=1}^m g_{ij}^2 \quad (3)$$

Suma kwadratów podana w równości (3) jest sumą dwóch składników, tj. efektu genetycznego ($m\alpha_i^2$) i efektu interakcji genotypu z miejscowościami:

$$\left(\sum_{j=1}^m g_{ij}^2 \right),$$

która ma $(N-m)/t$ stopni swobody, gdzie N — jest liczbą wszystkich obserwacji, m — jest liczbą miejscowości, zaś t — jest liczbą obiektów w danej serii doświadczeń.

Oznaczmy udział poszczególnych składników w całkowitej sumie kwadratów odpowiednio przez α_i dla ($m\alpha_i^2$) i przez β_i dla:

$$\left(\sum_{j=1}^m g_{ij}^2 \right)$$

Dzieląc całkowitą sumę kwadratów dla danego genotypu przez odpowiednią liczbę stopni swobody, czyli $(N-m)/t$ możemy obliczyć współczynnik zmienności (CV), którego wzór ma postać:

$$CV_i = \frac{\sqrt{(\alpha_i + \beta_i)/(N-m)}}{\bar{x}_i} \times 100 \quad (4)$$

gdzie:

$\bar{x}_i$ jest średnim plonem dla i -tego genotypu ze wszystkich miejscowości.

Udział komponentu interakcji genotypu z miejscowościami (GL_i) obliczymy ze wzoru:

$$GL_i = \frac{m\beta_i}{(m-1)(\alpha_i + \beta_i)} \quad (5)$$

Posługując się współczynnikiem zmienności obliczonym ze wzoru (4) i udziałem komponentu interakcji ze wzoru (3) obliczymy wskaźnik udziału tej interakcji (wGL_i) według wzoru:

$$wGL_i = CV \times GL_i \quad (6)$$

Wprowadzony wskaźnik (wGL_i) jest kombinacją współczynnika zmienności, obliczonego z całkowitej sumy kwadratów dla danego genotypu w stosunku do średniego plonu oraz udziałem komponentu interakcji genotypu z miejscowościami.

W podobny sposób otrzymano wzory na wartość wskaźnika interakcji genotypu z miejscowościami w latach ($wGL(S)_i$) i wskaźnika interakcji genotypu z latami (wGS_i), które mają postać:

$$GS_i = \frac{[s(m-1)\beta_i - (s-1)\gamma_i]\sqrt{t}}{(m-1)(s-1)\bar{x}_i\sqrt{(N-ms)(\alpha_i + \beta_i + \gamma_i)}} \quad (7)$$

oraz

$$GL(S)_i = \frac{m\gamma_i\sqrt{t}}{(m-1)\bar{x}_{i\cdot}\sqrt{(N-ms)(\alpha_i + \beta_i + \gamma_i)}} \quad (8)$$

We wzorach (7) i (8) poszczególne symbole oznaczają: α_i , β_i , γ_i : udział sum kwadratów i -tego obiektu odpowiednio dla efektu genetycznego, efektu interakcji genotypu z latami i efektu interakcji genotypu z miejscowościami w latach; m = liczba miejscowości, s = liczba lat, t = liczba obiektów, zaś N = liczba wszystkich obserwacji.

W końcowej ocenie efekty genetyczne i odpowiednich interakcji wyrażono w skali 5-stopniowej przyjmując, że ocena najwyższa jest najkorzystniejsza.

WYNIKI

Przeprowadzona analiza wariancji dla poszczególnych grup doświadczeń wykazała, że całkowita zmienność związana z genotypami i ich interakcją z miejscowościami, mierzona współczynnikiem zmienności, wahała się od 8,86 do 6,83% (tab. 2).

Tabela 2

Udział zmienności całkowitej (CV) i jej procentowych frakcji (genotypowej i interakcji genotypów ze środowiskami) w poszczególnych doświadczeniach hodowlanych i ich syntezie z rodami pszenicy ozimej
Coefficients of total variability (CV) and percentage participation of genotype-location interaction (GL), and genotype-season interaction (GS) in particular preliminary trials and their synthesis for breeding strains of winter wheat

Typ doświadczenia Type of trials	Rok Year	Liczba obiektów No. of entries	CV (%) Coefficient of variability	Procentowy udział zmienności ^{1/} Percentage of variability		
				G	GL	GS
MZ (MS) = 1 st preliminary trials	2000	680	8,86	24,6	75,4	—
PWST = 2 nd preliminary trials	2001	208	7,88	47,7	52,3	—
WST = 3 rd preliminary trials	2002	78	6,83	22,0	78,0	—
MZ +PWST	2000–2001	181	7,79	27,7	63,4	8,9
MZ+PWST+WST	2000–2002	78	7,30	18,7	66,9	14,4

^{1/}G — Zmienność genotypowa; Genetic component of variance

GL — Interakcja genotypów z miejscowościami; Component of genotype-location interaction

GS — Interakcja genotypów z latami; Component of genotype-season interaction

CV — Współczynniki zmienności; Coefficient of variability

Najwyższą zmienność obserwowano dla doświadczeń międzyzakładowych (międzystacyjnych), oznaczonych symbolem MZ(MS). Chociaż udział całkowitej zmienności jest bardzo ważny, to jednak ważniejszy jest udział w niej poszczególnych frakcji, tj. zmienności genotypowej i zmienności wynikającej z interakcji genotypu z miejscowościami i latami. W doświadczeniach jednorocznych udział zmienności powodowanej interakcją genotypu z miejscowościami wahał się od 52,3% do 78,0%. W analizach zaś obejmujących syntezę z dwóch lub trzech lat oszacowano nie tylko udział zmienności wynikającej z interakcji genotypów z miejscowościami w latach (GL(S)), ale również interakcji genotypów z latami (GS). Dla syntezy dwuletnich wyników udział tych dwóch

frakcji zmienności wynosił odpowiednio 63,4% i 8,9%. Natomiast dla syntezy trzyletnich wyników doświadczeń 66,9% i 14,4%. Pojedyncze wyniki doświadczeń, jak i synteza wykazują przeważający udział zmienności wynikającej z interakcji genotypów ze środowiskami. Stąd wynika konieczność oceny nie tylko udziału tej zmienności, ale i to przede wszystkim uwzględnienia jej w trakcie selekcji. O ile wysoka skłonność danego genotypu do interakcji z miejscowościami może być wykorzystana poprzez odpowiednią rejonizację tych genotypów, to wysoki udział interakcji genotypu z latami musi być uznany jako niekorzystny. Oznacza to, że genotypy z wysoką interakcją z latami powinny być eliminowane z dalszej hodowli.

W tabeli 3 przedstawiono udział rodów w poszczególnych klasach plonowania (G) i interakcji z miejscowościami (GL) dla 9 grup doświadczeń międzyzakładowych (MZ(MS)). W każdej kratce pierwsza liczba oznacza liczbę rodów badanych, druga zaś liczbę rodów wybranych do dalszych doświadczeń, czyli w tym wypadku doświadczeń przedwstępnych. Otóż spośród 661 badanych rodów do dalszych badań wybrano 180 rodów, co stanowi 27,2%.

Tabela 3

Liczby rodów pszenicy ozimej badanych i wybranych w poszczególnych klasach plonowania i interakcji genotypów z miejscowościami w 9-u grupach doświadczeń MZ (MS) — 2000
Numbers of breeding strains of winter wheat tested and selected in particulars classes of yielding and interaction for nine groups of trials of the first preliminary experiments (MZ (MS) — 2000

G \ GL	5	4	3	2	1	Razem Total
5	16/10	13/13	1/1	1/1	1/1	32/36
4	59/27	50/32	48/29	12/8	4/3	173/99
3	45/13	74/11	79/13	41/8	22/1	261/46
2	32/1	47/4	37/3	21/1	15/0	152/9
1	21/0	15/0	4/0	2/0	1/0	43/0
Razem Total	173/51	199/60	169/46	77/18	43/5	661/180

Wartości skali dla plonu; Values of yield in scale:

5: $x > 87,76$

4: $83,20 < x \leq 87,76$

3: $78,65 < x \leq 83,20$

2: $74,09 < x \leq 78,65$

1: $< x \leq 74,09$

Wzorce; Check varieties:

Elena (2, 4)

Kobra (4, 4)

Zyta (3, 5)

Begra (2, 5)

Przyglądając się ostatniej kolumnie tabeli 3, zawierającej liczbę badanych i wybranych rodów w danej klasie plonowania można zauważyć niemal idealny rozkład normalny dla badanych rodów. Oznacza to, że wśród badanych rodów w doświadczeniach międzyzakładowych występowały rody wysoko, średnio i nisko plonujące, przy czym najliczniejszą grupę stanowiły rody o średnim plonowaniu. Warto zwrócić uwagę na wybrane rody do dalszych doświadczeń. Otóż spośród 180 rodów, 6 rodów należało do grupy o najwyższym plonowaniu (skala 5), 99 rodów do dobrze plonujących (skala 4), 46 rodów należało do klasy 3 o średnim potencjale plonowania i 9 rodów do klasy 2 o niskim potencjale plonowania. Być może o wyborze rodów z niższych klas plonowania decydowały inne względy gospodarcze niż plon.

Ostatni wiersz tabeli 3 podaje liczby badanych i wybranych rodów w poszczególnych klasach interakcji genotypów z miejscowościami. Jest rzeczą interesującą, że ponad połowa badanych rodów należała dla klas o najniższej interakcji, czyli klasy 5 i 4. Spośród 180 wybranych rodów aż 111 należało właśnie do tych klas. Nie mniej jednak wybrano również rody o średniej interakcji (klasa 3) oraz o wysokiej lub bardzo wysokiej interakcji (klasy 2 lub 1). Warto również przyrzeć się wynikom tabeli 3 na tle odmian wzorcowych, które brały udział w tych doświadczeniach. Najwyższym plonem charakteryzowała się odmiana Kobra, której plon zawierał się w klasie 4. Pozostałe wzorce plonowały niżej. Z uwagi na wielkość interakcji genotypów z miejscowościami odmiany wzorcowe lokowały się w klasach 5 i 4, a więc w klasach, do których należało aż 372 rody na 661 badanych.

Wyniki drugiego etapu oceny materiałów hodowlanych, tj. doświadczeń przedwstępnych przedstawia tabela 4.

Tabela 4

Liczby rodów pszenicy ozimej badanych i wybranych w poszczególnych klasach plonowania i interakcji genotypów z miejscowościami w 4 seriach doświadczeń PWST — 2001 Numbers of breeding strains of winter wheat tested and selected in particular classes of yielding and interaction for four groups of trials of the second preliminary experiments (PWST) — 2001						
GL \ G	5	4	3	2	1	Razem Total
5	10/7	5/4	1/1	0/0	0/0	16/12
4	18/10	30/19	8/5	3/0	0/0	59/34
3	5/0	42/15	21/4	3/1	0/0	71/20
2	8/1	18/1	14/0	1/0	0/0	41/2
1	7/0	8/0	2/0	0/0	0/0	17/0
Razem Total	48/18	103/39	46/10	7/1	0/0	204/68
Wartości skali dla plonu: Values of yield in scale					Wzorce; Check varieties:	
5:	$x > 82,16$				Elena	(1, 5)
4:	$78,25 < x \leq 82,16$				Kobra	(3, 4)
3:	$74,33 < x \leq 78,25$				Zyta	(3, 3)
2:	$70,42 < x \leq 74,33$				Begra	(1, 5)
1:	$< x \leq 70,42$					

Układ tej tabeli jest identyczny jak tabeli 3. W czterech seriach doświadczeń oceniano 204 rody i 4 odmiany wzorcowe. Spośród 204 rodów wybrano 68 rodów do dalszych doświadczeń, czyli doświadczeń wstępnych. Udział wybranych rodów w stosunku do badanych wynosił 33,3%. Spośród wybranych rodów ponad 2/3 (46 rodów) należało do najwyższych klas plonowania (5 i 4). Podobnie sprawa przedstawia się z interakcją genotypów z miejscowościami. Na 68 badanych rodów aż 57 należało do klas o najniższej interakcji (5 i 4). Pozostałe rody należały do niższych klas plonowania i klas o wyższej interakcji z miejscowościami. Ocena badanych rodów zarówno pod względem plonowania, jak i interakcji genotypów z miejscowościami na tle odmian wzorcowych (Elena, Kobra, Zyta i Begra) wypada bardzo korzystnie. Do najwyższej plonujących wzorców należała Kobra i Zyta, ale lokowały się one dopiero w 3-klasie plonowania. Pod względem wielkości interakcji odmiany wzorcowe Elena, Begra i Kobra charakteryzowały się bardzo

małą lub małą interakcją z miejscowościami. Lokowały się one w klasie, w której grupowało się około 75% badanych rodów.

W trzecim etapie badań (doświadczenia wstępne) oceną objęto 75 rodów. Udział rodów w poszczególnych klasach plonowania i wielkości interakcji genotypów z miejscowościami przedstawia tabela 5. Około 1/3 rodów, pod względem plonowania, należała do dwóch najwyższych klas (5 i 4). W doświadczeniach brały udział również trzy odmiany wzorcowe (Tonacja, Kobra i Korweta). Do najwyższej plonujących wzorców można zaliczyć Tonację i Kobrę, ale lokowały się one dopiero w 3 klasie plonowania. Można stwierdzić, że wyżej wspomniana grupa obejmująca około 1/3 badanych rodów plonowała powyżej najlepszych wzorców w tych doświadczeniach. Również pod względem wielkości interakcji z miejscowościami znaczna część rodów przewyższała odmiany wzorcowe.

Tabela 5

Liczby rodów pszenicy ozimej badanych w poszczególnych klasach plonowania i interakcji genotypów z miejscowościami w doświadczeniu wstępnym — 2002
Numbers of breeding strains of winter wheat tested in particular classes of yielding and interaction for the third preliminary trials — (WST) 2002

GL \ G	5	4	3	2	1	Razem Total
5	1	7	1	0	0	9
4	2	10	5	0	0	17
3	0	10	12	3	0	25
2	3	6	4	3	0	16
1	3	4	1	0	0	8
Razem Total	9	37	23	6	0	75

Wartości skali dla plonu*; Values of yield in scale:

5: $x > 82,12$
 4: $79,65 < x \leq 82,12$
 3: $77,17 < x \leq 79,65$
 2: $74,70 < x \leq 77,17$
 1: $x \leq 74,70$

Wzorce; Check varieties

Tonacja (3, 3)
 Kobra (3, 2)
 Korweta (1, 4)

W ocenie nowo wyhodowanych odmian nie można ograniczać się tylko do oceny wartości genetycznej i interakcji z miejscowościami. Bardzo ważną rolę, a czasem nawet decydującą, odgrywa ocena stabilności plonowania w latach, którą zwykle mierzy się wielkością efektów interakcji genotypu z latami. Cały cykl doświadczeń hodowlanych z pszenicą ozimą, ale również i z innymi roślinami obejmuje co najmniej okres 3-letni, ale ten warunek spełniają tylko najlepsze rody, które przechodzą pełny cykl doświadczeń. Dla tych rodów można przeprowadzić syntezę wyników 2 i 3-letnich doświadczeń. Tabela 6 przedstawia wyniki skróconej analizy wariancji dla syntezy 2 i 3-letnich wyników. Z analizy tej wynika, że w obydwóch wypadkach obserwowano wysoce istotne zróżnicowanie nie tylko genotypów, ale również obydwóch typów interakcji, tj. interakcji genotypów z miejscowościami w latach i interakcji genotypów z latami. Szczególnie ta druga interakcja jest niepożądana, bowiem świadczy ona o niestabilności danej odmiany, co wiąże się z ryzykiem jej uprawy w przyszłości.

Tabela 6

Skrócona analiza wariancji dla syntezy 2-letnich doświadczeń z plonowaniem rodów pszenicy ozimej (2000-2001)

Short analysis of variance for yielding of winter wheat strains in two-and three-years trials

Źródło Source	2000-2001		2000-2002	
	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat MS	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat MS
Genotypy (G) Genotypes	207	163,53**	77	120,17**
G × Lata (GS) GS — interaction	180	45,25**	125	45,37**
G × Miejscowości (GL(S)) GLS — interaction	1880	24,79**	688	23,27**
Błąd połączony Pooled error	5750	8,21	6788	8,03
Średnia Mean		80,23		80,72
CV (%)		3,6		3,5

*, ** — Istotne na poziomie 0,05 lub 0,01, odpowiednio

*, ** — Significant at the level 0.05 or 0.01, respectively

Tabela 7

Udział rodów pszenicy ozimej w poszczególnych klasach plonowania(G), interakcji z miejscowościami ((GL (S)) i z latami (GS) dla dwóch syntez obejmujących lata 2000-2001 i 2000-2002

Frequency distribution of breeding strains of winter wheat in particular classes of yielding (G) and interactions (GL(S) and (GS) for two syntheses of trials in 200-2001 and 2000-2002

Skala Scale	Komponenty zmienności Components of variance		
	G	GL(S)	GS
2000-2001			
5	9	10	89
4	43	50	57
3	84	71	22
2	34	36	7
1	7	10	2
Razem Total	177	177	177
2000-2002			
5	6	7	21
4	16	45	27
3	26	17	15
2	18	0	4
1	3	0	2
Razem Total	69	69	69

Udział rodów pszenicy ozimej w poszczególnych klasach plonowania i obydwoma rodzajami interakcji ze środowiskiem dla dwóch syntez wyników przedstawia tabela 7. W syntezie 2-letnich wyników doświadczeń bardzo wysokim lub wysokim plonowaniem odznaczały się aż 52 rody (skala 5 i 4). Sześćdziesiąt rodów wykazywało bardzo małą lub małą reakcję w miejscowościach na przestrzeni lat. Natomiast aż 146 rodów odznaczało się bardzo wysoką lub wysoką stabilnością plonowania w latach (skala 5 i 4).

W syntezie 3-letniej około 1/3 rodów wykazywało bardzo wysoki lub wysoki poziom plonowania. Większość rodów charakteryzowała się dobrym dostosowaniem zarówno do miejscowości jak i lat.

Szczegółową analizę badanych rodów w dwóch syntezach przedstawiono w tabelach 8 i 9.

Tabela 8

Udział rodów pszenicy ozimej w klasach plonowania (G) oraz interakcji GL (S) i GS w latach 2000-2001
Frequency distribution of breeding strains of winter wheat in particular classes of yielding (G), and
genotype $\times$ location in season interaction GL(S), and genotype-season interaction GS in the two-years
synthesis (2000–2001)

G	GL(S)	GS					Suma — Sum GL (S)	Suma — Sum G
		5	4	3	2	1		
5	5	0	0	1	2	0	3	9
	4	2	1	0	0	1	4	
	3	0	0	0	0	0	0	
	2	0	2	0	0	0	2	
	1	0	0	0	0	0	0	
4	5	1	2	1	0	0	4	43
	4	12	4	1	1	0	18	
	3	4	7	1	0	0	12	
	2	3	2	1	1	0	7	
	1	2	0	0	0	0	2	
3	5	0	0	0	0	0	0	84
	4	9	4	1	0	0	14	
	3	22	15	5	1	1	44	
	2	19	2	0	0	0	21	
	1	0	3	2	0	0	5	
2	5	0	1	1	1	0	3	34
	4	3	5	2	1	0	11	
	3	5	4	3	0	0	12	
	2	3	2	1	0	0	6	
	1	0	1	1	0	0	2	
1	5	0	0	0	0	0	0	7
	4	2	0	1	0	0	3	
	3	1	2	0	0	0	3	
	2	0	0	0	0	0	0	
	1	1	0	0	0	0	1	
Suma Total		89	57	22	7	2	177	177

Wartości skali dla plonu; Values of yield in scale:

5: $x > 86,38$
 4: $82,28 < x \leq 86,38$
 3: $78,18 < x \leq 82,28$
 2: $74,08 < x \leq 78,18$
 1: $x \leq 74,08$

Wzorce; Check varieties:

Elena (1, 4, 5)
 Kobra (3, 3, 5)
 Zyta (3, 3, 4)

Tabela 9

Udział rodów pszenicy ozimej w klasach plonowania (G) oraz interakcji GL (S) i GS w latach 2000–2002
Frequency distribution of breeding strains of winter wheat in particular classes of yielding (G), and
genotype × location in season interaction GL(S), and genotype-season interaction GS in the three-years
synthesis

G	GL(S)	GS					Suma — Sum GL (S)	Suma — Sum G
		5	4	3	2	1		
6	5	0	0	1	0	0	1	6
	4	3	0	0	0	2	5	
	3	0	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	0	0	0	0	
4	5	1	0	0	0	0	1	16
	4	3	6	2	0	0	11	
	3	0	1	3	0	0	4	
	2	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	0	0	0	0	
3	5	1	1	1	0	0	3	26
	4	5	5	5	0	0	15	
	3	2	5	1	0	0	8	
	2	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	0	0	0	0	
2	5	1	0	0	0	0	1	18
	4	3	4	2	4	0	13	
	3	2	2	0	0	0	4	
	2	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	0	0	0	0	
1	5	0	1	0	0	0	1	3
	4	0	1	0	0	0	1	
	3	0	1	0	0	0	1	
	2	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	0	0	0	0	
Suma Total		21	27	15	4	2	69	69

Wartości skali dla plonu; Values of yield in scale:

5: x > 84,40
 4: 81,95 < x ≤ 84,40
 3: 79,50 < x ≤ 81,95
 2: 77,04 < x ≤ 79,50
 1: x ≤ 77,04

Wzorce; Standards:

Elena (3, 3, -)
 Kobra (2, 4, 5)
 Zyta (1, 4, -)

Spośród 52 rodów o bardzo wysokim i wysokim potencjale plonowania w syntezie 2-letnich wyników doświadczeń (tab. 8) tylko 28 rodów wykazywało bardzo dobrą lub dobrą stabilność plonowania w miejscowościach, zaś 22 rody charakteryzowały się małą interakcją z latami.

W grupie rodów o najwyższym potencjale plonowania można wyodrębnić 3 rody o małej reakcji w miejscowościach (klasa 4) i bardzo wysokiej stabilności plonowania w latach (klasa 5 i 4). W grupie tej można również spotkać o dużej reakcji na miejscowości (klasa 2) i stosunkowo małej reakcji na lata (klasa 4). Rody te, przy odpowiedniej rejonizacji, mogą okazać się bardzo wartościowe. W grupie rodów o najwyższym plonowaniu znalazły się 4 rody o średniej, dużej lub bardzo dużej reakcji na lata. Rody te mogą okazać się mało przydatne, albo wręcz nieodpowiednie do dalszych badań.

Również interesująco przedstawiają się wyniki w tabeli 9, które obejmują 3-letnią syntezę wyników doświadczeń. Spośród 22 rodów o bardzo wysokim lub wysokim poziomie plonowania (klasa 5 lub 4) aż 14 rodów wykazywało bardzo dobrą lub dobrą stabilność plonowania zarówno w miejscowościach jak i latach. Szczególnie interesujące były 3 rody, które wykazywały bardzo wysoką stabilność plonowania w latach (klasa 5) i dobrą stabilność w miejscowościach (klasa 4). Jednakże spośród 6 rodów o najwyższym poziomie plonowania były dwa rody o bardzo dużej reakcji na lata (klasa 1). Włączenia tych rodów do dalszych doświadczeń, w tym wypadku przedrejestrowych, może okazać się zawodne.

W skuteczności selekcji na dowolną cechę podstawową rolę odgrywa stopień odziedziczalności tej cechy. Dla oceny odziedziczalności cech istnieje bardzo szeroki wybór różnych metod, który w dużej mierze zależy od selekcjonowanego materiału. W analizowanym materiale posłużymy się korelacją pomiędzy średnimi plonami dwóch kolejnych lat. Obliczone współczynniki korelacji pomiędzy średnimi z doświadczeń międzyzakładowych (MZ) a średnimi plonami z doświadczeń przedwstępnych (PWST) oraz pomiędzy średnimi z doświadczeń przedwstępnych a średnimi z doświadczeń wstępnych (WST) wynosiły odpowiednio $r = 0,48$ i $r = 0,41$. A więc wykazywały średnie wartości. Natomiast współczynnik korelacji pomiędzy średnimi z syntezy doświadczeń 2-letnich (MZ + PWST) a średnimi z doświadczeń 3-letnich (MZ + PWST + WST) był bardzo wysoki ($r = 0,88$), (tab. 10).

Tabela 10

Rody pszenicy ozimej o najwyższym potencjale plonowania wybrane na podstawie syntezy 2-letnich wyników doświadczeń i ich ocena na podstawie syntezy 3-letnich doświadczeń
Winter wheat strains with the highest yield potential, selected basing on the two-years synthesis and their evaluation based on the three-years synthesis

Symbol rodu ^{1/} Name of strain ^{1/}	2000–2001			2000–2002		
A	5	4	5	5	4	5
B	5	5	2	5	5	3
C	5	2	4	4	3	3
D	5	4	4	5	4	5
E	5	4	5	5	4	5
F	5	4	1	5	4	1
G	5	5	2	5	4	1
H	5	2	4	4	3	3

^{1/} nazwy rodów są zakodowane symbolami; Names of strains are coded

Wynik ten dostarcza bardzo interesującego spostrzeżenia. Po pierwsze, posługiwanie się średnimi, obliczonymi dla każdego roku oddzielnie, może być obarczone nawet bardzo dużym błędem i wypaczać końcowe wnioski. Po drugie, wyniki dwuletnich doświadczeń, pod warunkiem opracowania ich syntez, mogą okazać się wystarczające do wyboru odpowiednich rodów.

WNIOSKI

1. Udział zmienności fenotypowej rodów pszenicy ozimej nie był zbyt wysoki i wahał się od 8,9% dla doświadczeń międzyzakładowych do 6,8% dla doświadczeń wstępnych, przy czym większa część tej zmienności wynikała z interakcji genotypów z miejscowościami.
2. Skuteczność wyboru najplenniejszych rodów na podstawie syntezy jednorocznych wyników doświadczeń z kilku miejscowości nie będzie zadawalająca z powodu niezbyt wysokich współczynników korelacji pomiędzy średnimi plonami dwóch kolejnych lat. Prawdopodobnie wynika to z obciążenia średnich efektami interakcji genotypu z latami.
3. Skuteczność selekcji może znacznie wzrosnąć, jeśli oprzemy ją na średnich pochodzących z syntezy dwu lub trzyletnich wyników doświadczeń. Współczynnik korelacji pomiędzy średnimi dwuletnimi a trzyletnimi był bardzo wysoki (0,88).
4. Wysoka korelacja pomiędzy średnimi z dwóch i trzech lat sugeruje, że wyniki dwuletnich doświadczeń hodowlanych mogą być wystarczające do zgłoszenia rodów do doświadczeń przedrejestrowych. Wniosek ten jednak wymaga potwierdzenia na istniejących i przyszłych wynikach doświadczeń.

LITERATURA

- Abeyasiriwardena D. S. Z. de. 2001. Statistical analysis of on-farm yield trials for testing adaptability of rice. *Euphytica* 121: 215 — 222.
- Das G. R. 1982. A method of scoring yield status for selecting rice cultivars. *Indian J. Agric. Sci.* 52 (4): 207 — 209.
- Eberhart, S. A., Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing cultivars. *Crop Sci.* 6: 36 — 40.
- Finlay K. W., Wilkinson G. M. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding programs. *Aust J. Agric Res* 14: 742 — 754.
- Grafius J. E., Kiesling R. L. 1960. The prediction of the relative yields of programmers different oat cultivars based on known environmental variables. *Agron. J.* 52: 396 — 399.
- Kroonenberg P. M., Basford K. E. 1989. An investigation of multi-attribute genotype response across environments using tree-mode principal component analysis. *Euphytica* 44: 109 — 123.
- Lin C. S., Thompson B. 1975. An empirical method of grouping genotypes based on linear function of the genotype-environment interaction. *Heredity* 34: 255 — 263.
- Lin C. S. 1982. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean squares. *Theor. Appl. Genet.* 62: 277 — 280.
- Lin C. S., Binns M. R. 1988. A measure of cultivar general superiority for cultivar x environment data. *Can J. Plant Sci.* 68: 193 — 263.
- Lin C. S., Butler G. 1990. Cluster analysis for analyzing two-way classification data. *Agron. J.* 82: 344 — 348.
- Perkins J. M., Jinks J. I. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. *Heredity* 23: 523 — 535.
- Plaisted R. L. 1960. A shorter method of evaluating the ability of selection to yield consistently over seasons. *Am. Potato J.* 37: 166 — 172.
- Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Tai G. C. C. 1971. Genotype stability analysis and its application to potato regional trails. *Crop Sci.* 11: 184 — 190.
- Williams E. J. 1952. The interpretation of interactions in factorial experiments. *Biometrika* 39: 65 — 81.

Wricke G. 1962. Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. Z. Pflanzenzücht. 47: 92 — 96.

PODZIĘKOWANIE

Pragnę serdecznie podziękować wszystkim hodowcom i osobom współuczestniczącym w hodowli pszenicy ozimej za udostępnienie wyników doświadczeń hodowlanych.