

TADEUSZ DRZAZGA¹**PAWEŁ KRAJEWSKI**²¹ Hodowla Roślin Rolniczych – Nasiona Kobierzyc² Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu

Wykorzystanie komponentów wariacyjnych plonu w seriach doświadczeń przedrejestracyjnych z pszenicą ozimą

Utilization of yield variance components in series of pre-registration winter wheat trials

Na podstawie serii doświadczeń przedrejestracyjnych z pszenicą ozimą przeprowadzonych w latach 1991–2007 dokonano oceny genotypowej i środowiskowej zmienności plonu ziarna. Stwierdzono, że ocena wariacji genotypowej była niezależna od wysokości średniego plonowania. Zaobserwowana ujemna zależność wariacji interakcji genotypowo-środowiskowej od średniego plonu serii wskazuje, że niekorzystne warunki obniżające plonowanie w danym sezonie przyczyniły się do wzrostu roli interakcji. Relatywnie niska wartość wariacji genotypowej względem wariacji interakcji ograniczała możliwości prowadzenia skutecznej selekcji genotypów stabilnych o szerokiej adaptacji. Oszacowane wariacje genotypowe, fenotypowe i błędów oraz współczynniki zmienności genotypowej i fenotypowej wykorzystano do oceny przydatności stacji do atestacji materiałów hodowlanych. Uzyskane wyniki mogą być podstawą do zmiany systemu doświadczeń w programie hodowlanym.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, komponenty wariacyjne, plon ziarna, pszenica ozima, szeroka i wąska adaptacja

The genotypic and environmental variation of winter wheat grain yield was assessed on the basis of early and late pre-registration trials conducted in Poland from 1991 to 2007. It was observed that the genotypic variance was not related to the mean yield level. The genotype - by - environment interaction variance was negatively related to the yield, which suggests that significance of the interaction in adverse seasons has increased. The genotypic variance in relation to the interaction variance was low, which means that the possibilities of selection of stable genotypes with broad adaptation were limited. The estimates of variance components and the computed coefficients of variation were used to assess the suitability of the experiment locations. The results can be used to optimize of the series of trials in the breeding programme.

Key words: genotype-environment interaction, variance components, grain yield, winter wheat, broad and narrow adaptation

WSTĘP

Formułowanie założeń hodowlanych wymaga wiedzy o czynnikach środowiskowych limitujących ekspresję fenotypową i o naturze istniejącej interakcji genotypowo-środowiskowej (Chapman i de la Vega, 2002; Roozeboom i in., 2008).

Ocena zmienności genotypowej i powtarzalności (odziedziczalności w szerokim sensie) w różnych środowiskach, zmienności efektów genotypowych w stosunku do zmienności błędu doświadczalnego i efektów interakcji genotypowo-środowiskowej dostarcza informacji o przewidywalnej efektywności selekcji genotypów szeroko lub wąsko zaadaptowanych w oparciu o serie doświadczeń, o różnej alokacji środowisk w rejonie uprawy (Basford i Cooper, 1998; Annicchiarico, 2002; Bertero i in., 2004). Ocena ta może być podstawą do zmiany założeń w danym programie hodowlanym (ustalenie odpowiednich z spośród realnie możliwych, liczby miejscowości i powtórzeń, ich rozmieszczenia w seriach doświadczeń) (Kang i in., 2005). Istotność GE wskazuje, że zachowanie badanych genotypów było niestabilne i z tego powodu komplikuje prace hodowcy (Cooper i in., 2001; Mekbib, 2002; Adugna i Labuschagne, 2003; Roozeboom i in., 2008).

W pracy hodowców roślin występuje problem wyboru optymalnego środowiska dla selekcji genotypów pod względem poziomu plonowania, zwłaszcza w początkowych etapach pracy selekcyjnej. Optymalne środowisko to takie, które maksymalizuje skuteczność i efektywność programu hodowlanego w dłuższym okresie czasowym. W kontekście optymalnego środowiska dla selekcji powinno się rozważyć trzy strategie. Według pierwszej z nich optymalne środowisko maksymalizuje zmienność genetyczną oraz wytycza cel selekcji (Ceccerelli i in., 1998). Druga strategia ujmuje jako optymalne takie środowisko, które jest reprezentatywne dla określonej puli środowisk (Blum, 1988). W przypadku kiedy program hodowlany obejmuje bardzo duże zróżnicowanie środowisk i występuje wysoka interakcja GE, to powinno się iść w kierunku specyficznej adaptacji. Trzecia strategia dotyczy alternatywnego wykorzystania optymalnych lub stresowych warunków do selekcji genotypów o dobrym plonowaniu dla obu rodzaju środowisk (Calhoun i in., 1994).

Ocenę znaczenia zmienności związanej z efektami genotypowymi G, środowiskowymi E, interakcją GE i z błędem doświadczenia należy rozpocząć już na podstawie serii doświadczeń przedrejstrowych, procedura tej oceny powinna być częścią programu hodowlanego (Cooper i in., 2001). W tym celu przeprowadzono ocenę komponentów wariacyjnych dla plonu ziarna na podstawie różnych serii doświadczeń przedrejstrowych z pszenicą ozimą, obejmujących okres 1991–2007. Oszacowano wariacje genotypowe i fenotypowe, współczynniki zmienności genotypowej i fenotypowej oddzielnie dla każdej miejscowości oraz łącznie, na podstawie serii doświadczeń w jednym roku i w wielu latach. Celem pracy była analiza czynników warunkujących zdolność atestacyjną poszczególnych środowisk oraz przydatności serii doświadczalnictwa przedrejstrowego do oceny plonowania nowych rodów w ramach programu hodowlanego.

MATERIAŁ I METODY

W przedstawionych badaniach wzięto pod uwagę serie doświadczeń przedrejestrowych (wstępnych i przedwstępnych) z rodami pszenicy ozimej, pochodzącymi z różnych ośrodków hodowlanych w Polsce. Doświadczenia te przeprowadzono w latach 1991–2007. Liczba rodów badanych w poszczególnych latach była różna, od 47 do 86; liczba miejscowości w latach zmieniała się od 7 do 14 (rys. 1). Pojedyncze doświadczenia były zakładane w układzie bloków niekompletnych w 3 lub 4 powtórzeniach.



Rys. 1. Miejscowości w seriach doświadczeń przedrejestrowych, wstępnych z rodami pszenicy ozimej latach 1991–2007

Fig. 1. Locations used in pre-registration regional yield trials for winter wheat breeding lines conducted in 1991–2007

Obserwacje z każdego doświadczenia, o numerze j w ramach serii jednorocznej, analizowano najpierw oddzielnie za pomocą modelu mieszanego uwzględniającego losowe efekty genotypów. Oszacowano wariancję genotypową w doświadczeniu $\hat{\sigma}_{g(j)}^2$, wariancję błędów $\hat{\sigma}_{e(j)}^2$, wariancję fenotypową $\hat{\sigma}_{p(j)}^2 = \hat{\sigma}_{g(j)}^2 + \hat{\sigma}_{e(j)}^2 / n$, gdzie n oznacza liczbę powtórzeń oraz współczynnik powtarzalności (odziedziczalności w szerokim sensie) $h_{(j)}^2 = \hat{\sigma}_{g(j)}^2 / \hat{\sigma}_{p(j)}^2$. Ponadto obliczono współczynnik zmienności fenotypowej CVP_j i genotypowej CVG_j . Następnie analizowano w całości każdą jednoroczną serię doświadczeń, uwzględniając dodatkowo w modelu losowy efekt interakcji genotypu i

miejscowości. Pozwoliło to na ocenę, dla każdej z serii, wariancji genotypowej $\hat{\sigma}_g^2$, wariancji interakcji genotypowo-środowiskowej $\hat{\sigma}_{ge}^2$, wariancji błędu $\hat{\sigma}_e^2$, wariancji fenotypowej $\hat{\sigma}_p^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{ge}^2 / J + \hat{\sigma}_e^2 / (nJ)$, gdzie J oznacza liczbę doświadczeń w serii, współczynnika powtarzalności $h_{(J)}^2 = \hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_p^2$, oraz współczynnika zmienności fenotypowej *CVP* i genotypowej *CVG*. Współczynnik powtarzalności h^2 określa udział wariancji genotypowej w całkowitej wariancji średnich fenotypowych dla genotypów, obliczonych na podstawie danych z J miejscowości i n powtórzeń. Jest on miarą szansy powtórzenia tej samej różnicy średnich fenotypowych dla dowolnej pary genotypów w innych seriach doświadczeń przy tych samych liczebnościach J oraz n (Chapman i de la Vega, 2002; Mądry i in., 2006).

OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

W analizowanym okresie 1991–2007 dla serii doświadczeń wstępnych najwyższe plonowanie rodów pszenicy ozimej uzyskano w 2004 roku (ponad 100 q/ha), a najniższe w 1997 (68 q/ha) (tab. 2). Ocena wariancji genotypowej ($\hat{\sigma}_g^2$) była niezależna od wysokości średniego plonowania w poszczególnych latach (tab. 1). Ujemny związek ze średnim plonem serii stwierdzono dla współczynnika zmienności fenotypowej (*CVP*) oraz genotypowej (*CVG*). Ujemna korelacja świadczy, że wraz z obniżeniem plonów obserwujemy wzrost zmienności fenotypowej i genotypowej badanych rodów. W badanym okresie wzrost obu zmienności nie wpływał na wartość współczynnika powtarzalności h^2 . W badaniach Brauna i wsp. (1992) wysokość współczynnika h^2 była wyższa w środowiskach sprzyjających plonowaniu.

Tabela 1

Korelacje średniej plonu serii z analizowanymi parametrami w doświadczeniach wstępnych
Correlations between mean grain yield and analyzed parameters in series of late stage pre-registration trials

Parametry Parameters	Współczynnik korelacji pomiędzy plonem ziarna a parametrami Coefficients of correlation among grain yield and parameters
h^2	-0,21
<i>CVP</i>	-0,67*
<i>CVG</i>	-0,67*
$\hat{\sigma}_g^2$	-0,37
$\hat{\sigma}_{ge}^2$	-0,53*
$\hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_{ge}^2$	0,18
$\hat{\sigma}_e^2$	0,32
$\hat{\sigma}_p^2$	-0,36

*Istotne przy poziomie $\alpha = 0,05$

*Significant at the level $\alpha = 0.05$

Ujemna zależność wariancji interakcji genotypowo-środowiskowej z średnią plonu serii wskazuje, że niekorzystne warunki obniżające plonowanie w danym sezonie przyczyniły się do wzrostu roli interakcji GE. Najwyższą ocenę wariancji $\hat{\sigma}_{ge}^2$ otrzymano dla serii z

roku 2006. Świadczy to o relatywnie dużym zróżnicowaniu rodzaju (kształtu krzywej) reakcji plonu rodów w poszczególnych miejscowościach w tym sezonie. Dla serii z 2003 roku, wysoka wariancja interakcji genotypowo-środowiskowej była połączona z dużą zmiennością fenotypową i genotypową testowanych rodów. W takiej sytuacji możliwość efektywnego wykorzystania pozyskanych informacji w pracy selekcyjnej została obniżona. Świadczą o tym niskie wartości współczynników odziedziczalności w szerokim sensie. Te możliwości hodowcy mieli na podstawie otrzymanych wyników w sezonie 1996/1997. W tym sezonie wystąpiło najwyższe zróżnicowanie fenotypowe badanych rodów ściśle uwarunkowana efektami genetycznymi. To zadecydowało o powstaniu wyjątkowej podstawy dla przeprowadzenia skutecznej selekcji wśród badanych rodów w kierunku form stabilnych i o szerokiej adaptacji.

Tabela 2

Oceny komponentów wariacyjnych oraz współczynników zmienności fenotypowej, genotypowej i powtarzalności w seriach doświadczenia wstępnego
Estimated variance components, coefficients of phenotypic and genotypic variability, and repeatability in series of late stage pre-registration trials

Parametry Parameters Seria Trials	Plon ziarna Grain yield dt/ha	Współczyn- nik powtarzal- ności Coefficient of repeatability (h^2)	Współczyn- nik zmienności fenotypowej Coefficient of phenotypic variability CVP	Współczyn- nik zmienności genotypowej Coefficient of genotypic variability CVG	Wariancja genoty- powa Genotypic variance $\hat{\sigma}_g^2$	Wariancja interakcji GE interac- tion variance $\hat{\sigma}_{ge}^2$	g/ge	Wariancja błędu doświad- czalnego Error variance $\hat{\sigma}_e^2$	Wariancja fenoty- powa Phenotypic variance $\hat{\sigma}_p^2$
wstępne_2006_S1	71,1	67,7	6,4	5,3	14,1	42,2	0,3	19,3	20,8
wstępne_2005_S1	96,1	68,1	3,0	2,5	5,8	13,5	0,4	21,6	8,5
wstępne_2006_S2	77,6	69,3	5,2	4,3	11,1	29,8	0,4	18,7	16,0
wstępne_2002	78,4	69,4	3,8	3,2	6,2	16,0	0,4	17,4	8,9
wstępne_2004_S1	100,6	72,0	3,6	3,0	9,2	15,9	0,6	28,0	12,8
wstępne_2007_S2	80,7	72,1	4,1	3,5	8,0	17,3	0,5	17,8	11,1
wstępne_2005_S2	95,8	75,4	3,7	3,2	9,6	15,0	0,6	27,8	12,7
wstępne_2000	88,7	76,4	3,9	3,4	8,9	13,1	0,7	24,9	11,7
wstępne_2007_S1	81,1	76,6	4,6	4,0	10,6	18,0	0,6	19,3	13,9
wstępne_2003	73,1	76,6	6,8	5,9	18,7	38,8	0,5	20,1	24,3
wstępne_1992	80,0	80,0	3,2	2,9	5,3	13,8	0,4	18,6	6,6
wstępne_1998	79,3	80,6	3,5	3,1	6,1	15,0	0,4	22,8	7,6
wstępne_1991	80,7	81,4	4,2	3,8	9,5	24,0	0,4	24,9	11,6
wstępne_1996	79,9	82,1	4,3	3,9	9,5	23,8	0,4	20,7	11,5
wstępne_2004_S2	100,9	82,3	4,1	3,7	13,9	14,3	1,0	19,7	16,9
wstępne_1993	80,2	82,7	4,3	3,9	9,7	20,9	0,5	30,2	11,7
wstępne_2001	78,4	84,4	5,6	5,1	16,1	16,5	1,0	21,7	19,0
wstępne_1999	71,2	85,3	4,7	4,4	9,6	12,1	0,8	24,4	11,3
wstępne_1994	86,3	85,9	3,9	3,7	9,9	16,9	0,6	23,5	11,6
wstępne_1995	85,2	88,7	4,2	4,0	11,4	15,0	0,8	21,3	12,8
wstępne_1997	68,3	91,0	7,3	7,0	22,6	25,6	0,9	22,4	24,8

wstępne — pre-registration

Podstawy do efektywnej selekcji mogą być też przy nie najwyższym zróżnicowaniu fenotypowym, jeżeli wystąpił mały udział interakcji GE w uwarunkowaniu tej zmienności (2004-seria 2, 1995). Szanse skuteczności określonego kierunku hodowli zależą od

istotności interakcji GE która ogranicza wykorzystanie oceny efektu głównego plonu w rejonie uprawy (Kang i in., 2005). Według Annicchiarico (2002), jeżeli stosunek $\hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_{ge}^2$ jest mniejszy od 0,9 to prowadzenie hodowli w kierunku form stabilnych i o szerokiej adaptacji jest nieskuteczne. Przy takim układzie w analizowanym okresie, wybór form stabilnych był utrudniony. Korzystne uwarunkowania do prowadzenia selekcji w tym kierunku stwierdzono dla 3 serii (1997, 2001, 2004 – S2) na 21 analizowanych. Jest to efekt istotności interakcji GE i w takiej sytuacji powinno się dążyć do poprawy tego programu testowania rodów (Bertero i in., 2004; Kang i in., 2005). Wielkość $\hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_{ge}^2$ odzwierciedla różnicowanie środowisk (Braun i in., 1992).

Oceniając przydatność atestacyjną punktów doświadczalnych, najwyższe wartości CVP i CVG otrzymano dla środowisk mniej urodzajnych (DAD, OLH), najniższe dla urodzajnych (DED, KOC) (tab. 3).

Tabela 3

Oceny komponentów wariacyjnych oraz współczynników zmienności fenotypowej, genotypowej i powtarzalności dla stacji w seriach doświadczeń wstępnych
Estimated variance components, coefficients of phenotypic and genotypic variability, and repeatability for individual locations used in series of late stage pre-registration trials

Parametry Parameters Stacja Station	Plon ziarna Grain yield (dt/ha)	Współczynnik powtarzalności Coefficient of repeatability (h^2)	Współczynnik zmienności fenotypowej Coefficient of phenotypic variability CVP	Współczynnik zmienności genotypowej Coefficient of genotypic variability CVG	Wariancja genotypowa Genotypic variance $\hat{\sigma}_g^2$	Wariancja błędu doświadczalnego Error variance $\hat{\sigma}_e^2$	Wariancja fenotypowa Phenotypic variance $\hat{\sigma}_p^2$
SOD	79	70,5	6,7	5,9	21,7	27,8	28,7
POB	84	71,8	8,6	7,8	42,8	35,1	52,2
OZH	74	75	7,8	6,9	25,9	29,5	33,3
NAD	78	75,2	7,6	6,7	27,4	31,4	35,8
SZD	78	79,8	6,6	5,9	20,9	17,9	25,9
STH	81	79,9	7,3	6,7	29,4	22,1	35,3
KOC	90	80,9	6,5	5,8	28,8	20,9	34,5
DED	91	81,9	6,1	5,7	26,4	17,3	31
SMH	88	83,5	6,5	6	27,3	17,9	32,1
ULC	79	83,5	8,5	7,8	39,8	26,4	46,4
BOA	83	84,7	7,4	6,9	33,4	16,1	37,4
OLH	62	85	8,9	8,3	26,6	14,5	30,3
DAD	67	86	9,1	8,5	32,4	18,3	37,1
KOH	86	86,8	7,2	6,8	34,4	18,5	39
MIB	85	90,2	7	6,7	31,7	12,1	34,8

W warunkach wysokiego plonowania jest możliwe skuteczniejsze zminimalizowanie znaczenia zmienności losowej, lepsza ekspresja różnic genetycznych i wyższa odziedziczalność niż w warunkach stresowych (Roy i Murty, 1970; Braun i in., 1992). Wtedy odziedziczalność plonu pokazuje trend obniżający od korzystnych do niekorzystnych środowisk (Annicchiarico i Pecetti, 1998). W badaniach Ceccarelliego i wsp. (1998) wykazano, że selekcja w warunkach korzystnych prowadzi do straty specyficznej adaptacji do warunków stresowych, podczas gdy selekcja dla wysokiego plonowania w warunkach stresowych nie musi koniecznie prowadzić do straty potencjału plonowania. Wysoką zmienność badanych rodów obserwowano w warunkach POB przy

najwyższej $\hat{\sigma}_g^2$, ale i przy największej wariancji błędu losowego. Stąd wynika niska wartość współczynnika powtarzalności h^2 , czyli obniżona przydatność atestacyjna tej miejscowości. Jeszcze większe znaczenie wariancji losowej w zróżnicowaniu badanych obiektów wystąpiło w warunkach NAD, gdzie wartość $\hat{\sigma}_e^2$ jest większa od $\hat{\sigma}_g^2$. Przy takim układzie tych wartości dokonywanie selekcji jest po prostu błędem. W trakcie reorganizacji układu doświadczenia wstępnego pod koniec lat dziewięćdziesiątych, niektóre miejscowości które wносиły dużo informacji do końcowej oceny plonowania rodów zostały wyłączone z serii. Było to podyktowane względami ekonomicznymi (Węgrzyn, 1999).

W serii doświadczeń przedwstępnych współczynnik powtarzalności był dodatnio skorelowany z średnim plonowaniem z analizowanych serii (tab. 4). W przypadku tych serii, efektywność selekcji wzrastała z poziomem plonowania. Współczynnik h^2 definiowany jako udział różnic genetycznych w obserwowanej wariancji fenotypowej, jest również parametrem precyzji serii doświadczeń (Utz i Laidig, 1989). Im większa jest precyzja (ściśłość) serii doświadczeń, tym bardziej jest możliwa realizacja założonego kierunku hodowlanego czyli efektywniejszy wybór rodów. W przypadku niskiej wartości współczynnika powtarzalności, konieczne są poczynania w kierunku jego podwyższenia poprzez zwiększenie liczby powtórzeń, lokalizacji i lat. Najniższe wartości h^2 otrzymano dla serii z roku 2006, 2000 i 2002, co jest efektem relatywnie bardzo niskiej wartości $\hat{\sigma}_g^2$ względem $\hat{\sigma}_{ge}^2$ (tab. 5). W warunkach tych lat selekcja była mało efektywna, podobnie jak selekcja w oparciu o doświadczenia wstępne.

Tabela 4

Korelacje średniej plonu serii z analizowanymi parametrami w doświadczeniach przedwstępnych
Correlations between mean grain yield and analyzed parameters in series of early stage
pre-registration trials

Parametry Parameters	Współczynnik korelacji pomiędzy plonem ziarna a parametrami Coefficients of correlation among grain yield and parameters
h^2	0,52*
CVP	-0,39
CVG	-0,20
$\hat{\sigma}_g^2$	0,17
$\hat{\sigma}_{ge}^2$	0,57*
$\hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_{ge}^2$	0,46*
$\hat{\sigma}_e^2$	0,03
$\hat{\sigma}_p^2$	0,05

* Istotne przy poziomie $\alpha = 0,05$

* Significant at the level $\alpha = 0.05$

Bardzo istotną sprawą dla hodowcy w analizowanej serii doświadczeń przedwstępnych jest słaby związek zmienności genetycznej z $\hat{\sigma}_{ge}^2$ (nieistotny, $r = 0,40$). Pozwala to wnioskować, że w niektórych latach była możliwa efektywna selekcja w kierunku form stabilnych i o szerokiej adaptacji. W analizowanym okresie możliwości przeprowadzenia efektywnej selekcji dotyczą 9 na 22 analizowanych serii ($\hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_{ge}^2$ — co najmniej 0,9). Można powiedzieć, że układ doświadczeń jest dość przydatny w pracy hodowlanej i

charakteryzuje się o wiele lepszą efektywnością w porównaniu do doświadczenia wstępnego.

Tabela 5

Oceny komponentów wariacyjnych oraz współczynników zmienności fenotypowej, genotypowej i powtarzalności w seriach doświadczeń przedwstępnych
Estimated variance components, coefficients of phenotypic and genotypic variability, and repeatability in series of early stage pre-registration trials

Parametry Parameters Seria Trials	Plon ziarna Grain yield (dt/ha)	Współczynnik powtarzalności Coefficient of repeatability h^2	Współczynnik zmienności fenotypowej Coefficient of phenotypic variability CVP	Współczynnik zmienności genotypowej Coefficient of genotypic variability CVG	Wariancja genotypowa Genotypic variance $\hat{\sigma}_g^2$	Wariancja interakcji GE GE interaction variance $\hat{\sigma}_{ge}^2$	g/ge	Wariancja błędu doświadczal- nego Error variance $\hat{\sigma}_e^2$	Wariancja fenotypowa Phenotypic variance $\hat{\sigma}_p^2$
2006_pw1	69,9	50,1	6,2	4,4	9,5	41,9	0,2	22,7	19
2002_pw3	77,5	57,2	3,9	2,9	5,2	21,6	0,2	16,7	9,1
2000_pw2	87,2	57,4	3,3	2,5	4,6	17,1	0,3	27,9	8,1
2006_pw3	65,2	61,7	7,3	5,7	13,8	36,2	0,4	26,4	22,3
2006_pw2	65,3	62,7	6,9	5,5	12,8	34,2	0,4	15,6	20,4
2002_pw2	79,2	64,3	4,4	3,5	7,8	23,2	0,3	21,2	12,1
2007_pw2	84,6	66,5	4,8	3,9	11	24,3	0,5	35,3	16,5
2007_pw3	83,5	70,2	4,5	3,8	10,1	18,4	0,5	25,5	14,3
2007_pw1	84,7	70,4	4,4	3,7	10	18,3	0,5	27,4	14,1
2000_pw1	91,5	73,8	4,4	3,8	11,8	24,2	0,5	20,6	16
2005_pw2	90,9	76,9	4,1	3,6	10,5	12,6	0,8	25,5	13,6
2005_pw1	90,6	78,8	4,3	3,9	12,2	14,7	0,8	19,8	15,4
2004_pw1	97,8	80,4	4,8	4,3	17,8	17,7	1	24,8	22,1
2002_pw1	79,7	80,9	5,1	4,6	13,3	16,4	0,8	16,6	16,4
2003_pw2	77	82	9,5	8,6	44,1	48,2	0,9	29,4	53,7
2003_pw1	80,4	82,2	7,8	7,1	32,5	33,4	1	35,5	39,5
2003_pw3	80,4	82,2	7,8	7,1	32,5	33,4	1	35,5	39,5
2005_pw3	91,4	83,8	4,9	4,5	17,1	14,2	1,2	22,8	20,4
2001_pw1	78,4	84,9	5,3	4,9	14,6	12,3	1,2	23,6	17,2
2004_pw2	96,2	87,2	6,9	6,5	38,7	25,7	1,5	25,3	44,4
2001_pw2	78,8	89,1	6,2	5,9	21,3	11,1	1,9	28,3	23,9
2004_pw3	97,1	89,4	6,1	5,7	31	15,7	2	19,1	34,7

Podobnie jak w seriach doświadczeń wstępnych, największe zróżnicowanie fenotypowe i genotypowe badanych obiektów obserwujemy w warunkach POB, przy najwyższej wariancji $\hat{\sigma}_g^2$ i największej wariancji błędu losowego, stąd wynika niska wartość h^2 (tab. 6). Wpływ czynnika losowego na zmienność fenotypową widoczna jest również w środowisku NAD w postaci różnicy między CVP a CVG. Im większa ta różnica, tym większy jest udział $\hat{\sigma}_e^2$ w zmienności fenotypowej testowanych rodów. Jeżeli $\hat{\sigma}_e^2$ jest większa od $\hat{\sigma}_g^2$, tego rodzaju sytuacja powinna być podstawą wykluczenia tej miejscowości z układu doświadczalnego. Duża precyzja zakładania doświadczeń (niskie $\hat{\sigma}_e^2$) mimo niskiej wariancji genetycznej, może być podstawą otrzymania wysokiej wartości współczynnika powtarzalności i umożliwić przeprowadzenie efektywnej selekcji (DED, LAD).

Oceny komponentów wariacyjnych oraz współczynników zmienności fenotypowej, genotypowej i powtarzalności dla stacji w seriach doświadczenia przedwstępного
Estimated variance components, coefficients of phenotypic and genotypic variability, and repeatability for individual locations used in series of early stage pre-registration trials

Parametry Parameters Stacja Station	Plon ziarna Grain field (dt/ha)	Współczynnik powtarzalności Coefficient of repeatability h^2	Współczynnik zmienności fenotypowej Coefficient of phenotypic variability CVP	Współczynnik zmienności genotypowej Coefficient of genotypic variability CVG	Wariancja genotypowa Genotypic variance $\hat{\sigma}_g^2$	Wariancja błędu doświadczalnego Error variance $\hat{\sigma}_e^2$	Wariancja fenotypowa Phenotypic variance $\hat{\sigma}_p^2$
NAD	75,5	73,4	8,1	6,9	27,7	34,8	37,7
POB	81,7	79,6	10,7	9,8	74,3	35,2	84,1
SZD	76,1	82,5	7,3	6,7	28,8	18,1	33,8
MOB	95,6	85,2	8,0	7,4	56,5	29,3	64,9
MIB	82,7	85,6	9,1	8,5	59,5	23,0	66,0
KOC	90,4	86,1	7,3	6,8	38,0	20,2	43,6
LAD	89,6	86,6	6,8	6,3	31,8	17,8	37,1
DED	85,4	87,2	5,8	5,4	20,7	10,1	23,6

WNIOSKI

1. W doświadczeniach wstępnych wzrost zróżnicowania badanych rodów następował wraz obniżeniem średniego plonu danej serii i nie przyczyniał się do zwiększenia efektywności selekcji.
2. Ujemna zależność wariacji interakcji genotypowo-środowiskowej z średnią plonu w seriach doświadczeń przedrejestracyjnych wskazuje, że niekorzystne warunki obniżające plonowanie w danym sezonie przyczyniały się do wzrostu roli interakcji GE.
3. Relatywnie niska wartość wariacji genotypowej względem wariacji interakcji GE w analizowanych seriach doświadczeń wstępnych ogranicza możliwości prowadzenie skutecznej selekcji genotypów stabilnych i o szerokiej adaptacji.
4. Jednym z podstawowych czynników decydujących o przydatności atestacyjnej środowisk w analizowanych seriach doświadczeń jest relatywny udział zmienności losowej w uwarunkowaniu zmienności plonu badanych rodów pszenicy ozimej. Przy poprawnej metodyce zakładania doświadczeń można uzyskać wysokie możliwości selekcyjne nie tylko w miejscowościach o wyższym plonowaniu ale i o niższym plonowaniu (DAD, OLH).

LITERATURA

- Adugna W., Labuschagne M.T. 2003. Parametric and nonparametric measures of phenotypic stability in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Euphytica*. 129: 211 — 218.
- Annicchiarico P. Pecetti L. 1998. Yield vs. morphophysiological trait-based criteria for selection of durum wheat in a semi-arid Mediterranean region (northern Syria). *Field Crops Research* 59: 163 — 173.
- Annicchiarico P. 2002. Defining adaptation strategies and yield-stability targets in breeding programmes. *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*. 365 — 383.
- Basford H.E., Cooper M. 1998. Genotype × environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 153 — 174.

- Bertero H. D., de la Vega A. J., Correa G., Jacobsen S. E., Mujica A. 2004. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of guinoa (*Chenopodium guinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. *Field Crops Res.* 89: 299 — 318.
- Blum A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Roton, Florida.
- Braun H. J., Pfeiffer W. H., Pollmer W. G. 1992. Environments for selecting widely adapted spring wheat. *Crop Sci.* 32: 1420 — 1427.
- Calhoun D. S., Gebeyehu G., Miranda A., Rajaram S., van Ginkel M. 1994. Choosing evaluation environments to increase wheat grain yield under drought conditions. *Crop Science* 34: 673 — 678.
- Ceccarelli S., Grando S., Impiglia A. 1998. Choise of selection strategy in breeding barley for stress environments. *Euphytica.* 103: 307 — 318.
- Chapman S. C., de la Vega A. J. 2002. Spatial and seasonal effects confounding interpretation of sunflower yields in Argentina. *Field Crops Research* 73: 107 — 120.
- Cooper M., Woodruff D. R., Phillips I. G., Basford K. E., Gilmour A. R. 2001. Genotype-by-management interactions for grain yield and grain protein concentration of wheat. *Field Crops Research* 69: 47 — 67
- Kang M. S., Aggarwal V. D., Chirwa R. M. 2005. Adaptability and stability of bean cultivars as determined via yield-stability statistic and GGE biplot analysis. *J. Crop Impr.* No. 1. 15: 97 — 120.
- Mądry W., Talbot M., Ukalski K., Drzazga T., Iwańska M. 2006. Podstawy teoretyczne znaczenia efektów genotypowych i interakcyjnych w hodowli roślin na przykładzie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR.* 240/241: 13 — 32.
- Mekbib F. 2002. Simultaneous selection for high yield and stability in common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. *J. Agri. Sci.* 138: 249 — 253.
- Roozeboom K. L., Schapaugh W. T., Tuinstra M. R., Vanderlip R. L., Milliken G. A. 2008. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects and grouping test locations. *Crop Science.* 48: 317 — 330.
- Roy N. N., Murty O. R. 1970. A selection procedure in wheat for stress environment. *Euphytica* 19: 509 — 521.
- Utz H. F., Laidig F. 1989. Genetic and environmental variability of yields in the official FRG variety performance tests. *Biuletyn Oceny Odmian. Zeszyt* 21 — 22: 75 — 85.
- Węgrzyn S., 1999. Wybór miejscowości do oceny plonowania rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 211: 5 — 12.