

TADEUSZ ADAMSKI ¹
ANDRZEJ BICHOŃSKI ²
ZDZISŁAW BILIŃSKI ⁵
ZBIGNIEW BYSTRY ³
PIOTR JAROSZ ⁴
DOROTA JASIŃSKA ³
ZYGMUNT KACZMAREK ¹
KAROLINA KRYSZKOWIAK ¹
ANETTA KUCZYŃSKA ¹
WOJCIECH MIKULSKI ⁴
BARBARA NOWAK ⁵
WANDA ORŁOWSKA-JOB ⁶
ZDZISŁAW PASZKIEWICZ ³
MICHAŁ RĘBARZ ¹
MARIA SURMA ¹
ANNA SYBILSKA ⁷
RENATA TRZECIAK ¹

¹ Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

² Małopolska Hodowla Roślin, SHR Polanowice

³ Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o.

⁴ Grupa Szelejewo, Sp. z o.o., SHR Modzurów

⁵ ZDHAR Bąków

⁶ Hodowla Roślin Strzelce, Sp. z o.o.

⁷ ZDHAR Radzików

Interakcja genotypowo-środowiskowa rodów jęczmienia z różnych hodowli

The genotype-environment interaction for barley lines from different breeding stations

Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) przeprowadzana jest zazwyczaj dla pojedynczych genotypów (odmian, rodów hodowlanych). Również wszelkie informacje uzyskane w wyniku tej analizy, takie jak oceny efektów głównych, testowanie ich istotności, badanie interakcji i próba jej wyjaśnienia za pomocą regresji efektów interakcyjnych względem środowiska odnoszą się do poszczególnych odmian czy rodów. Celem niniejszej pracy jest analiza interakcji $G \times E$ wyróżnionych grup genotypów, a także różnic między nimi. Badano rody jęczmienia jarego pastewnego oraz odmiany wzorcowe pod względem plonu ziarna w doświadczeniach wstępnych. W wyniku analizy oceniono efekty główne poszczególnych grup rodów oraz ich stabilność. Zbadano

również zróżnicowanie tych grup pod względem wysokości plonu i wrażliwości na zmieniające się warunki środowiska. W wyniku tak przeprowadzonej analizy można uzyskać pełniejszą charakterystykę grup obiektów badanych w serii doświadczeń.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, doświadczenia wstępne, plon ziarna, stabilność

Analysis of genotype x environment interaction ($G \times E$) is usually performed for individual genotypes (cultivars, breeding lines). Information obtained from the analysis, such as estimates of main effects and their interaction with environments, regression of interaction effects on environments, also refers to individual genotypes. The presented studies were aimed to analyze the $G \times E$ interaction for distinguished groups of genotypes and to assess the differences between them. The experimental data for grain yield from pre-registration experiments with advanced barley breeding lines, carried out in 2004–2007, were analyzed. The main effects of studied groups were estimated and tested. Differentiation within these groups in yielding, stability and susceptibility to various environmental conditions was compared to that in standard cultivars.

Key words: spring barley, pre-registration trials, grain yield, stability

WSTĘP

Jednym z etapów hodowli jęczmienia jarego w Polsce jest ocena rodów w doświadczeniach wstępnych. Doświadczenia te zakładane są na terenie sześciu spółek, zlokalizowanych w różnych regionach kraju, zajmujących się hodowlą twórczą tego gatunku. W serii doświadczeń wstępnych bierze udział 6 grup rodów pochodzących z różnych hodowli, reprezentowanych przez zmieniającą się corocznie liczbę obiektów, oraz odmiany wzorcowe. Tak przyjęta metodyka badań pozwala na dokonanie oceny rodów poprzez porównanie ich z odmianami wzorcowymi, jak również na przeprowadzenie analizy ich interakcji ze środowiskiem. Wykorzystując odpowiednie metody i oparte na nich programy komputerowe możliwe jest przeprowadzenie wszechstronnej analizy poszczególnych obiektów pod względem ich efektów głównych i interakcyjnych, oszacowanie kontrastów między genotypami lub grupami genotypów poprzez ocenę i testowanie średnich efektów dla tych kontrastów z uwzględnieniem ich zależności od warunków środowiska. Można także przeprowadzić analizę środowisk z punktu widzenia ich wpływu na uwidacznianie się różnic między obiektami (Caliński i in., 1983, 1994; Adamski i in., 2008).

Celem niniejszej pracy było pokazanie możliwości przeprowadzania analizy interakcji genotypowo-środowiskowej dla wyróżnionych rodów jęczmienia jarego, a także różnic między nimi. Jako przykład posłużyły wyniki uzyskane z serii doświadczeń wstępnych z jęczmieniem jarym.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na danych uzyskanych z doświadczeń wstępnych z rodami jęczmienia jarego pastewnego, przeprowadzonych w latach 2004–2007. W każdym roku badano około 40 rodów, pochodzących z sześciu spółek hodowlanych oraz 3 odmiany wzorcowe. Rody pochodzące z danej spółki tworzyły jedną grupę, tym samym w każdym roku doświadczeń występowało 6 grup rodów o różnej liczebności oraz 1 grupa utworzona z odmian wzorcowych. Specyfiką tych doświadczeń jest brak powtarzalności testowanych

w poszczególnych latach rodów. Doświadczenia przeprowadzono w sześciu miejscowościach: Bąków, Modzurów, Nagradowice, Polanowice, Radzików i Strzelce. Nasiona wysiewano na poletkach o powierzchni 10 m² w układzie bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Analizowano plon ziarna z poletka.

Analizę struktury interakcji genotypowo-środowiskowej grup genotypów przeprowadzono za pomocą programu SERGEN (Caliński i in., 1994). Oceniono efekty główne poszczególnych grup rodów oraz ich stabilność, zróżnicowanie tych grup pod względem wysokości plonu i wrażliwości na zmieniające się warunki środowiska oraz dokonano charakterystyki badanych grup obiektów w serii doświadczeń. W pracy główną uwagę zwrócono na charakterystykę grup rodów w odniesieniu do odmian wzorcowych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie plony ziarna uzyskane w latach 2004–2007 dla grup pochodzeniowych były zbliżone i wynosiły od 7,00–7,25 kg z poletka. Uwidoczniły się jednak duże różnice w plonie w poszczególnych latach badań. Najwyższe plony uzyskano w roku 2004 — średnio 8,3 kg z poletka, podczas gdy w roku 2007 tylko 6,1 kg (tab. 1).

Tabela 1

Średni plon dla grup rodów jęczmienia w poszczególnych latach (kg/poletko)
Mean yield for the analyzed barley breeding lines in particular years (kg/plot)

Grupy rodów Group of breeding lines	2004	2005	2006	2007	Średnia Mean
BKH	8,30	7,16	6,75	6,09	7,08
NAD	8,33	7,23	6,64	5,81	7,00
MOB	8,28	7,12	6,77	5,92	7,02
RAH	8,34	7,45	6,95	6,25	7,25
POB	8,09	7,29	6,65	6,19	7,06
STH	8,40	7,40	6,81	6,14	7,19
Wzorce Standard cultivars	8,46	7,40	6,99	6,12	7,24
Średnia Mean	8,31	7,29	6,79	6,07	7,12

Analizowano różnice w plonowaniu między grupami rodów a odmianami wzorcowymi oraz między poszczególnymi grupami a grupą najlepiej plonującą w danym roku. W tabeli 2 przedstawiono wyniki porównania średnich efektów dla rodów stanowiących jedną grupę pochodzeniową z odpowiednimi wartościami oszacowanymi dla odmian wzorcowych. Jak można zauważyć, większość z obserwowanych różnic przyjmowała wartości ujemne, przy czym w około 20% były to wartości statystycznie istotne. Nie odnotowano żadnego przypadku, dla którego pochodzące z danej stacji rody przewyższałyby istotnie odmiany wzorcowe pod względem średniego efektu głównego. Uwagę zwraca rozbieżności w ocenie różnic między grupami rodów a wzorcami w zależności od lokalizacji doświadczeń. Dla przykładu, w przypadku rodów MOB w roku 2004 średni efekt porównań z wzorcami był ujemny i wynosił -0,18, natomiast w poszczególnych lokalizacjach różnice te przybierały wartości od -1,03 do 0,45, co oznacza, że w pewnych

środowiskach ta grupa rodów plonowała lepiej od odmian wzorcowych. Interakcja $G \times E$ dla różnic między grupami rodów a odmianami wzorcowymi była istotna dla przeszło 40% porównań. Najbardziej „niestabilne” okazały się różnice między wzorcami a rodami BKH, ponieważ we wszystkich latach badań interakcja $G \times E$ była istotna. Z kolei korzystnymi właściwościami odznaczały się rody pochodzące z Radzikowa i ze Strzelec, u których istotne efekty interakcyjne obserwowano tylko w jednym roku (tab. 2).

Tabela 2

Średnie oceny porównań grup rodów jęczmienia jarego z odmianami wzorcowymi, zakres wartości ocen kontrastów oraz wartości statystyki F dla interakcji $G \times E$
Mean and range of estimates of contrasts between groups of barley breeding lines and standard cultivars and F-test for $G \times E$ interaction

Grupa rodów Group of breeding lines	Parametr Parameter	2004	2005	2006	2007
BKH	Średnia ocena Mean estimate	-0,15	-0,24*	-0,24*	-0,03
	Zakres Range	(-0,55; 0,30)	(-0,80; 0,19)	(-0,60; 0,26)	(-0,46; 0,39)
	Test F dla $G \times E$ F-test for $G \times E$	5,69*	3,21*	3,99*	2,38*
NAD	Średnia ocena Mean estimate	-0,13	-0,17	-0,35*	-0,30*
	Zakres Range	(-0,63; 0,44)	(-0,95; 0,10)	(-0,67; 0,14)	(-0,93; 0,31)
	Test F dla $G \times E$ F-test for $G \times E$	1,36	3,08*	0,90	4,60*
MOB	Średnia ocena Mean estimate	-0,18	-0,28*	-0,22	-0,20
	Zakres Range	(-1,03; 0,45)	(-0,46; -0,05)	(-0,67; 0,19)	(-0,75; 0,36)
	Test F dla $G \times E$ F-test for $G \times E$	3,76*	0,59	2,11	3,94*
RAH	Średnia ocena Mean estimate	-0,11	0,05	-0,01	0,13
	Zakres Range	(-0,59; 0,52)	(-0,10; 0,25)	(-0,33; 0,33)	(-0,39; 0,44)
	Test F dla $G \times E$ F-test for $G \times E$	1,45	0,39	1,42	3,03*
POB	Średnia ocena Mean estimate	-0,36*	-0,11	-0,34*	0,07
	Zakres Range	(-0,86; 0,07)	(-0,29; 0,14)	(-0,46; 0,01)	(-0,25; 0,66)
	Test F dla $G \times E$ F-test for $G \times E$	3,20*	0,56	0,64	2,17
STH	Średnia ocena Mean estimate	-0,05	0,01	-0,18	0,02
	Zakres Range	(-1,16; 0,35)	(-0,37; 0,24)	(-0,25; 0,12)	(-0,37; 0,30)
	Test F dla $G \times E$ F-test for $G \times E$	3,34*	1,26	0,55	1,78

* $P < 0,05$

Tabela 3

Średnie oceny porównań grup rodów jęczmienia jarego z grupą rodów o najwyższym średnim plonie w danym roku, zakres wartości ocen kontrastów oraz wartości statystyki F dla interakcji G × E
Mean and range of estimates of contrasts between groups of barley breeding lines and group of lines producing the highest yield in particular years, and F-test for G × E interaction

Grupa rodów	Parametry	2004 STH#	2005 RAH#	2006 RAH#	2007 RAH#
BKH	Średnia ocena Mean estimate	-0,20	-0,26	-0,19	-0,16
	Zakres Range	(-0,66; 0,61)	(-0,75; 0,09)	(-0,90; 0,08)	(-0,32; 2,10)
	Test F dla G × E F-test for G × E	6,91*	3,87*	8,83*	4,83*
	Średnia ocena Mean estimate	-0,20	-0,25	-0,31*	-0,43*
NAD	Zakres Range	(-0,75; 1,01)	(-0,90; 0,02)	(-0,58; -0,06)	(-1,34; 0,08)
	Test F dla G × E F-test for G × E	6,04*	5,11*	0,51	4,67*
	Średnia ocena Mean estimate	-0,28	-0,33*	-0,17	-0,33*
	Zakres Range	(-1,11; 0,35)	(-0,56; 0,03)	(-0,42; 0,03)	(-1,19; 0,06)
MOB	Test F dla G × E F-test for G × E	4,06*	1,73	1,89	8,39*
	Średnia ocena Mean estimate	-0,05	—	—	—
	Zakres Range	(-0,67; 0,71)			
	Test F dla G × E F-test for G × E	4,91*			
RAH	Średnia ocena Mean estimate	-0,11	-0,16*	-0,30*	-0,05
	Zakres Range	(-0,95; 0,42)	(0,07; 0,39)	(0,08; 0,58)	(-0,27; 0,55)
	Test F dla G × E F-test for G × E	4,38*	0,47	1,56	3,00*
	Średnia ocena Mean estimate	—	0,05	-0,13	-0,10
POB	Zakres Range		(-0,21; 0,62)	(-0,23; 0,36)	(-0,14; 0,61)
	Test F dla G × E F-test for G × E		4,91*	2,75*	3,58*
	Średnia ocena Mean estimate				
	Zakres Range				
STH	Średnia ocena Mean estimate				
	Zakres Range				
	Test F dla G × E F-test for G × E				
	Średnia ocena Mean estimate				

grupa rodów o najwyższym średnim plonie

* P<0,05 — P<0,05

Interesującym okazało się porównanie średnich efektów dla danej grupy pochodzeniowej z odpowiednimi wartościami oszacowanymi dla grupy rodów o najwyższym w danym roku plonie ziarna (przy wyborze rodów najlepiej plonujących kierowano się tylko wartością średnią). Można zauważyć, że w 3 spośród 4 analizowanych lat badań, to jest 2005–2007, najlepiej plonowały rody wyhodowane w Radzikowie (RAH), (tab. 3). Uwagę zwraca rok 2004, w którym różnice między grupą rodów o najwyższym średnim plonie a pozostałymi były nieistotne. W następnych latach istotne różnice

stwierdzono między rodami RAH a POB w 2005 i 2006 r., RAH a MOB w 2005 i 2007 r. oraz RAH i NAD w 2006 i 2007 r. Dla analizowanych porównań grup rodów statystyka F dla interakcji istotna okazała się w ok. 75% przypadków, a więc znacznie częściej, aniżeli przy porównaniu rodów z odmianami wzorcowymi (20%). Obserwowano również znacznie większą rozpiętość między wartościami uzyskanymi dla poszczególnych środowisk, świadcząca o dużym zróżnicowaniu wyników uzyskanych w poszczególnych stacjach (tab. 3).

Analizując plonowanie grup rodów w poszczególnych miejscowościach w stosunku do wzorców stwierdzono, że nie zawsze w doświadczeniach przeprowadzonych na terenie macierzystej stacji rody plonowały najlepiej. W tabeli 4 zamieszczono różnice między grupami rodów a odmianami wzorcowymi w poszczególnych miejscowościach (stacjach), przy czym uwzględniono rody wyhodowane w danej stacji oraz grupę tych rodów, które w danej miejscowości plonowały najlepiej w porównaniu do wzorców.

Tabela 4

Różnice między grupami rodów a odmianami wzorcowymi w poszczególnych miejscowościach i latach badań (w nawiasach – ocena różnic)
Differences between groups of breeding lines and standard cultivars in particular localities and years (in brackets – estimates of contrasts)

Lokalizacja doświadczenia Trial locality	Grupy rodów Groups of breeding lines	2004	2005	2006	2007
Bąków	BKH	BKH (0,30)	BKH (-0,19)	BKH (0,26)	BKH (0,39)
	Rody najwyżej plonujące Highest yielding lines	NAD (0,44)	STH (-0,05)	POB (0,26)	BKH (0,39)
Nagradowice	NAD	NAD (-0,15)	NAD (-0,09)	NAD (-0,42)	NAD (0,13)
	Rody najwyżej plonujące Highest yielding lines	NAD (-0,15)	STH (0,18)	BKH (-0,07)	STH (0,19)
Modzurów	MOB	MOB (-0,02)	MOB (-0,11)	MOB (-0,14)	MOB (-0,75)
	Rody najwyżej plonujące Highest yielding lines	RAH (0,52)	BKH (0,17)	POB (0,20)	RAH (0,44)
Radzików	RAH	RAH (-0,28)	RAH (0,10)	RAH (0,30)	RAH (0,48)
	Rody najwyżej plonujące Highest yielding lines	MOB (0,44)	STH (0,24)	RAH (0,30)	RAH (0,48)
Polanowice	POB	POB (0,03)	POB (-0,21)	POB (-0,41)	POB (-0,12)
	Rody najwyżej plonujące Highest yielding lines	MOB (0,36)	RAH (-0,06)	STH (0,10)	POB (-0,12)
Strzelce	STH	STH (0,09)	STH (-0,37)	STH (0,12)	STH (-0,11)
	Rody najwyżej plonujące Highest yielding lines	STH (0,09)	RAH (0,25)	RAH (0,19)	STH (-0,11)

Tylko w 7 spośród 24 analizowanych doświadczeń najlepszą w danej stacji okazała się grupa „własnych” rodów. Porównując plonowanie poszczególnych grup rodów na tle odmian wzorcowych stwierdzono, że również tylko w 7 przypadkach rody osiągały

relatywnie najwyższy plon w stacji macierzystej (tab. 5). Uwagę zwraca fakt, że analizowane grupy rodów najlepsze efekty wykazywały najczęściej w Radzikowie (w 9 z 24 doświadczeń) i w Bąkowie (w 9 z 24 doświadczeń), rzadziej w Strzelcach (w 4 przypadkach), w Modzuruwie i Polanowicach (po 1 przypadku), natomiast w żadnym z doświadczeń przeprowadzonych w Nagrałowicach.

Tabela 5

Najwyższe wartości ocen kontrastów grup rodów jęczmienia z odmianami wzorcowymi w poszczególnych latach i miejscowościach
The highest estimates of contrasts between groups of barley breeding lines and standard cultivars in particular years and localities

Grupa rodów Group of breeding lines		2004	2005	2006	2007
BKH	Miejscowość Locality	Bąków	Radzików	Bąków	Bąków
	Ocena kontrastu Contrast estimate	0,30	0,19	0,26	0,39
NAD	Miejscowość Locality	Bąków	Radzików	Bąków	Radzików
	Ocena kontrastu Contrast estimate	0,44	0,10	0,14	0,31
MOB	Miejscowość Locality	Radzików	Bąków	Bąków	Bąków
	Ocena kontrastu Contrast estimate	0,45	-0,05	0,19	0,34
RAH	Miejscowość Locality	Modzuruw	Strzelce	Radzików	Radzików
	Ocena kontrastu Contrast estimate	0,52	0,24	0,30	0,48
POB	Miejscowość Locality	Polanowice	Strzelce	Strzelce	Radzików
	Ocena kontrastu Contrast estimate	0,03	0,14	0,01	0,66
STH	Miejscowość Locality	Radzików	Radzików	Strzelce	Bąków
	Ocena kontrastu Contrast estimate	0,35	0,24	0,12	0,30

Analiza doświadczeń przedwstępnych i wstępnych z lat 2003–2006 (Adamski i in., 2008) wykazała, że zarówno Radzików jak i Bąków odznaczały się relatywnie niskim udziałem w interakcji genotypowo-środowiskowej. Środowiska w tych stacjach były bardziej sprzyjające dla rodów niż dla odmian wzorcowych.

WNIOSKI

1. Analiza interakcji $G \times E$ dla różnic między grupami genotypów umożliwia uzyskanie pogłębionej charakterystyki tych grup uwzględniającej ich zintegrowaną reakcję na warunki środowiska. Nieistotna wartość statystyki F dla interakcji $G \times E$ wskazuje, że porównywane grupy genotypów podobnie reagują na zmieniające się warunki środowiskowe.

2. Najmniej zależne od warunków środowiska okazały się różnice w wysokości plonu między wzorcami a grupami rodów wyhodowanych w Radzikowie (RAH), Polanowicach (POB) i Strzelcach (STH).
3. Największe dodatnie różnice w wysokości plonu między grupami rodów a odmianami wzorcowymi najczęściej występowały w doświadczeniach przeprowadzanych w Radzikowie i Bąkowie.

LITERATURA

- Adamski T., Bichński A., Biliński Z., Bystry Z., Jarosz P., Jasińska D., Kaczmarek Z., Krystkowiak K., Kuczyńska A., Mikulski W., Nowak B., Ormowska-Job W., Paszkiewicz Z., Rębarz M., Surma M., Sybilska A. 2008. Wybór miejscowości przydatnych do oceny rodów jęczmienia jarego. Biul. IHAR 247: 31 — 40.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1983. Analiza jednorocznej serii ortogonalnej doświadczeń odmianowych ze szczególnym uwzględnieniem interakcji odmianowo-środowiskowej. Analiza szczegółowa. Biuletyn Oceny Odmian 1 (15): 39 — 60.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1994. SERGEN. Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno-hodowlanych. IGR PAN, Poznań.