

**TADEUSZ OLEKSIAK**  
**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**

Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin  
Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

## Stabilność plonowania i zdolność adaptacyjna odmian jęczmienia jarego do warunków Polski

### Yielding stability and adaptation of spring barley cultivars to the conditions of Poland

Interakcja genotypów z warunkami środowiska (jakość stanowiska, poziom agrotechniki, warunki klimatyczne) utrudnia dobór właściwych genotypów do hodowli oraz decyduje o późniejszych efektach uprawy. Ocena stabilności plonowania odmian w zmiennych warunkach produkcyjnych może być pomocna przy doborze odmian do uprawy w zależności od stosowanej technologii czy też przy wyborze genotypów zaadaptowanych do specyficznych warunków klimatycznych bądź siedliskowych. Bazując na wynikach badań ankietowych gospodarstw z lat 1992–2003 podjęto próbę oceny stabilności plonowania odmian jęczmienia jarego w warunkach produkcji towarowej. Czynnikiem środowiskowymi był geograficzny rejon uprawy (zgodny z rejonami przyjętymi przez COBORU), warunki siedliskowe (klasa gleby i jej odczyn) oraz poziom agrotechniki (nawożenie mineralne i poziom ochrony chemicznej). Analizę interakcji genotypowo-środowiskowej ( $G \times E$ ) przeprowadzono z wykorzystaniem modelu mieszanego Sheffego-Calińskiego oraz regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka. Obliczenia wykonano w programie SERGEN 3. Badane odmiany jęczmienia jarego podzielono, na podstawie przeprowadzonych analiz, na plonujące stabilnie w sensie rolniczym (reagujące proporcjonalnie na zmiany urodzajności środowiska mierzonej średnim plonem w środowisku) i niestabilne (wykazujące istotną interakcję ze środowiskiem). Odmiany niestabilne podzielono na intensywne (reagujące silniej niż proporcjonalnie na warunki uprawy), ekstensywne (reagujące słabiej niż proporcjonalnie na warunki uprawy) oraz o nieliniowej funkcji reakcji na środowisko (takie, których reakcji nie udało się opisać za pomocą liniowej funkcji regresji), czyli nieregularnie reagujące na środowisko.

**Słowa kluczowe:** badania ankietowe, analiza stabilności, interakcja genotypowo-środowiskowa, jęczmień jary

Interaction of genotypes with environment (determined by soil quality, agriculture technology level, climate) makes a choice of correct genotypes for breeding difficult and influences future cultivation effects. Estimation of yielding stability in changeable production conditions may be useful for choice of genotypes adapted to specific climate, soil or agriculture technology. The aim of this study was estimation of spring barley yielding stability basing on results of farm survey research within the years 1992–2003. There were following differentiating factors: geographic region of cultivation (according to COBORU), soil quality (soil class and soil acidity), agriculture technology level (mineral

fertilization and chemical control). Genotype-environment (G×E) interaction analysis was made using the Sheffé-Caliński mixed model and the Caliński-Kaczmarek joint regression model. Calculations were made using the SERGEN 3 computer program. On the basis of the analyses, the investigated spring barley cultivars were grouped into two classes; yielding stable, considering the agricultural point of view (reacting proportionally to a change of cultivation conditions), and unstable ones (showing significant interaction with environment). The unstable varieties were divided into three other groups: intensive ones (reacting with yields higher than proportionally to more favorable conditions), extensive ones (reacting with yields relatively lower than proportionally to less favorable conditions) and those reacting irregularly to the environment (we are not able to describe the reaction by any linear regression function).

**Key words:** survey research, stability analysis, genotype-environment interaction, spring barley

#### WSTĘP

Ważnym aspektem oceny odmian znajdujących się w produkcji rolniczej jest stabilność plonowania, wynikająca z interakcji genotypowo-środowiskowej. Hodowcy zależy na wyborze genotypów charakteryzujących się wysokim, ale i stabilnym plonowaniem w różnych warunkach uprawy i w różnych środowiskach. Stabilność cech genotypów można rozpatrywać na dwóch płaszczyznach, jako stabilność w sensie biologicznym (średnia wartość cechy genotypu praktycznie nie zmienia się w różnych warunkach środowiska) oraz stabilność w sensie rolniczym polegająca na tym, że średnia wartość plonu danego genotypu zmienia się proporcjonalnie (ze współczynnikiem regresji  $r = 1$ ) do przeciętnej reakcji wszystkich genotypów, określonej na podstawie średnich środowiskowych (Becker i Léon, 1988; Mądry, 2002; Mądry i Rajfura, 2003).

Występowanie interakcji genotypowo-środowiskowej może sprawiać, iż dobrze plonująca w danych warunkach uprawy, w innych warunkach będzie plonowała słabo. Interakcja pomiędzy genotypem a środowiskiem jest zjawiskiem znanym i bardzo ważnym w uprawie i hodowli roślin rolniczych. Dotyczy to szczególnie odmian zbóż, które charakteryzują się wyższą reakcją na czynniki środowiska niż inne grupy roślin (Kaczyński, 1999). Warunki uprawy takie jak agrotechnika i jakość siedliska mają duże znaczenie w produkcji jęczmienia jarego. Czasami rola tych czynników jest znacznie ważniejsza niż wpływ warunków pogodowych (Ruszkowski i in., 1971).

Badanie interakcji genotypowo-środowiskowej najczęściej wykonywane jest za pomocą analizy stabilności genotypów. Porównania reakcji badanych genotypów w zmieniających się warunkach środowiska do wzorca stabilności rolniczej można przeprowadzać wieloma metodami o różnym stopniu komplikacji (Kang 1998; Piepho 1998; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry 2003; Mekbib, 2003; Mądry i Kang, 2005). Metody te pozwalają na stwierdzenie czy dana odmiana zachowuje się stabilnie czy niestabilnie w zmieniających się warunkach środowiskowych. Do głębszego wyjaśnienia niestabilności genotypów stosuje się parametryczne miary stabilności oparte na modelach regresji łącznej (Mądry i Rajfura, 2003; Mądry 2003; Mądry i Kang, 2005). Są to najczęściej współczynnik regresji interakcyjnej, wariancja odchyłeń od regresji i współczynnik determinacji (Mądry i Rajfura, 2003).

Badania interakcji genotypowo środowiskowej odmian jęczmienia dla plonu ziarna, w ramach doświadczeń rejestracyjnych i porejestrowych, prowadzi Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Istotne interakcje odmian jęczmienia jarego zarówno z poziomem agrotechniki jak i warunkami siedliskowo-klimatycznymi stwierdzono w wielu badaniach polowych (Alin, 2000; Bujak i in., 2003; Kaczmarek, 2004; Nurminiemi, 2002). Nie prowadzono natomiast badań interakcji genotypowo-środowiskowej dla jęczmienia w warunkach produkcyjnych.

Celem niniejszej pracy jest próba oceny interakcji genotypowo-środowiskowej i stabilności plonowania odmian jęczmienia jarego w zróżnicowanych warunkach produkcyjnych oraz oceny przystosowania odmian do warunków środowiskowych.

#### MATERIAŁ I METODY

Dane do analiz interakcji genotypowo-środowiskowej jęczmienia jarego stanowiły wyniki badań ankietowych, prowadzonych w latach 1992–2003 w gospodarstwach rolnych. Rocznie badaniami ankietowymi objętych było około 600 gospodarstw z całej Polski. Analizowano dane dotyczące plonowania 14 odmian jęczmienia jarego uprawianego łącznie na 2185 polach produkcyjnych rozmieszczonych w całym kraju. Kryterium doboru odmian do analiz stanowiła odpowiednia liczność i reprezentatywność próby — każda z uwzględnionych w analizach odmian musiała być uprawiana na nie mniej niż 4 polach przez co najmniej 8 z 12 lat badań.

Analizowano reakcję plonowania odmian na zmieniając się warunki środowiska. Czynniki środowiskowymi był rejon uprawy, jakość siedliska i poziom agrotechniki.

Podział na rejony przyjęto za Centralnym Ośrodkiem Badań Odmian Roślin Uprawnych — rejon A łączy rejony 1 i 3, rejon B — 2 i 4, rejon C — 5 i 7, a rejon D — 6 i 8 (rys. 1.).

Podział na siedliska przeprowadzono na podstawie punktowej waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (Witek, 1981) z uwzględnieniem odczynu gleby. Odczyn gleby określany był w skali pięciostopniowej przez ankietowanych rolników: 1 — gleby bardzo kwaśne; 2 — gleby kwaśne; 3 — gleby lekko kwaśne; 4 — gleby obojętne; 5 — gleby zasadowe. Wyróżniono trzy grupy siedlisk według następujących założeń:

- G1 — gleba w punktach  $<40$ , odczyn gleby  $<4$ ;
- G3 — gleba w punktach  $\geq 40$ , odczyn gleby  $\geq 4$ ;
- G2 — pozostałe.

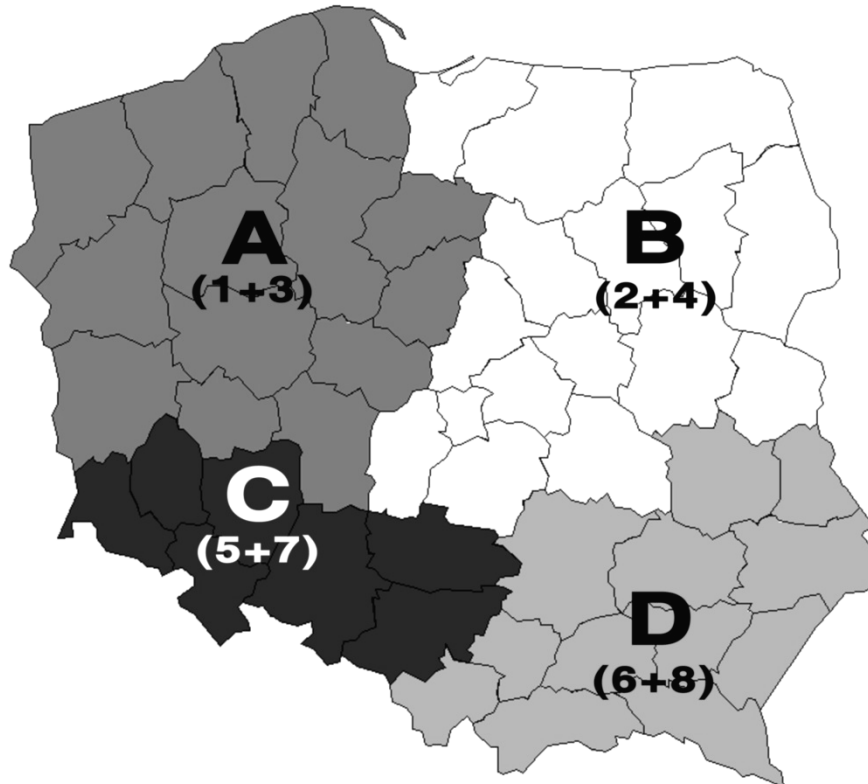
Poziom agrotechniki mierzony był wysokością nakładowych środków produkcji — nawożenia mineralnego NPK i intensywności ochrony chemicznej roślin:

- A1 — nawożenie NPK  $<100$ , liczba zabiegów ochrony chemicznej  $<2$ ;
- A3 — nawożenie NPK  $\geq 100$ , liczba zabiegów ochrony chemicznej  $\geq 2$ ;
- A2 — pozostałe.

Przygotowanie i przetwarzanie danych przeprowadzono w Systemie SAS<sup>®</sup> w wersji 9.1 (SAS Institute Inc., 2004 a, 2004 b).

Najczęściej do analizy interakcji genotypowo-środowiskowej stosuje się dwa modele. Pierwszy to model Shukli (Shukla, 1972; Mądry 2003; Mądry i Kang, 2005) i model regresji łącznej Eberharda-Russella-Shukli (Eberhart i Russel, 1966; Mądry 2003; Mądry

i Kang, 2005). Model ten został oprogramowany i jest dostępny w formie aplikacji, na przykład w Systemie SAS® (SAS Institute Inc., 2004 b) — SAS-STABLE (Maragi i Kang, 1997), czy też w postaci kodów 4GL proponowanych przez Piepho (1999). Drugi model to model mieszany Scheffégo-Calińskiego (Scheffé, 1959; Caliński, 1966; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry i Kang, 2005) i model regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka (Caliński i in., 1979; Kaczmarek, 1986; Caliński i in., 1997; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry i Kang, 2005). Ten model został rozpowszechniony głównie w Polsce dzięki zastosowaniu go w programie SERGEN (Caliński i in., 1998).



Rys. 1. Podział Polski na rejony (przyjęty za COBORU)  
Fig. 1. Regions of Poland (according to COBORU)

Prezentowane w niniejszej pracy analizy oparto na modelu mieszanym Scheffégo-Calińskiego i modelu regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka i wykonano je w programie SERGEN w wersji 3. Środowiska były reprezentowane przez kombinacje czynników rok  $\times$  rejon uprawy, rok  $\times$  jakość siedliska oraz rok  $\times$  poziom agrotechniki. Poszczególne lata reprezentowały losowe układy warunków pogodowych.

Dane pochodzące z badań ankietowych z założenia cechują się znaczącą nieortogonalnością (licznymi brakami danych) oraz znacznym błędem losowym. Zastosowana technika doboru odmian do analizy (minimum 4 pola rocznie, przez co najmniej 8 z 12 lat badań) pozwoliła na dostosowanie zbioru danych do niezbędnych wymogów numerycznych zastosowanego modelu analitycznego. Analizy wykonane w układach dwóch czynników środowiskowych (analiza trójkierunkowa) ujawniły brak kompletu danych i zwiększenie błędu losowego, mimo to pozwoliły na wykonanie analiz z zastosowaniem założonego modelu analitycznego. Niestety nie była możliwa analiza łączna (pięciokierunkowa) dla wszystkich czynników środowiskowych (to jest: rok  $\times$  rejon uprawy  $\times$  jakość siedliska  $\times$  poziom agrotechniki) ze względu na zbyt małą liczbę obserwacji w podklasach oraz bardzo znaczącą nieortogonalność danych. Z tych też powodów porzeczono na analizach w układach dwóch czynników środowiskowych.

W wyniku przeprowadzonych analiz, badane odmiany podzielono na odmiany plonujące stabilnie, określane niekiedy również jako stabilne w sensie dynamicznym, bo reagują zmianą plonu o taką samą wartość, o jaką zmienia się średnia wydajność badanych środowisk tego rejonu (Becker i Leon, 1988; Braun i in., 1996; Caliński i in., 1997; Annicchiarico, 2002; Jankowski i in., 2006; Kang, 2002; Mądry i in., 2003; Mądry i Kang, 2005) oraz na odmiany niestabilne. Te z kolei podzielono na odmiany intensywne (reagujące silniej niż proporcjonalnie na warunki środowiskowe), odmiany ekstensywne (reagujące słabiej niż proporcjonalnie na warunki środowiskowe) oraz na odmiany niestabilne nieregularnie reagujące na środowiska. Wyniki interakcji genotypowo środowiskowej przedstawiono w formie tabelarycznej.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Interakcja pomiędzy badanymi odmianami a kombinacjami lata  $\times$  rejonu geograficzne (rejonu COBORU) i warunkami pogodowymi była istotna. Najwyższym istotnym efektem głównym charakteryzowała się odmiana Rodos, a najniższymi odmiany Aramir i Ars. Odmiany Dema, Diva, Grit, Lot, Nagrad, Maresi i Boss nie wykazały istotnej interakcji ze środowiskami (tab. 1). Można, więc uznać je za odmiany plonujące stabilnie. Odmiany Orlik oraz Rudzik wykazały istotną interakcję ze środowiskami, dodatkowo ich reakcję na zmieniające się warunki środowiskowe udało się opisać istotną liniową funkcją regresji łącznej, a współczynniki regresji były ujemne. To pozwala zaliczyć te odmiany do odmian niestabilnych ekstensywnych. Pozostałe odmiany można uznać za odmiany niestabilne, plonujące nieregularnie.

Kombinacja jakości siedliska i lat istotnie różnicowała plony, odmiany Rodos i Boss wykazały się istotnymi dodatnimi efektami głównymi (tab. 2), a odmiany Aramir, Ars oraz Grit istotnymi ujemnymi efektami głównymi. Za odmiany plonujące stabilnie uznano Grit, Klimek, Nagrad, Rudzik, Edgar oraz Boss. Odmiana Aramir okazała się odmianą niestabilną ekstensywną, a pozostałe odmiany uznano za odmiany niestabilne nieregularnie reagujące na środowisko.

Tabela 1

**Wyniki analizy interakcji genotypowo środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata × rejonu COBORU**

**Results of genotype-environment interaction analysis of the tested cultivars for layout: years × COBORU regions**

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimation of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F-statistics for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F-statistics for interaction with environment	Współczynnik regresji Regression coefficient	Statystyka F dla regresji F-statistics for regression	Współczynnik determinacji Determination coefficient
Aramir	-0,373	38,21**	1,50*	0,176	0,56	0,0173
Ars	-0,371	28,11**	1,53*	-0,222	0,67	0,0206
Dema	0,005	0,01	0,67	—	—	—
Diva	0,091	1,49	0,96	—	—	—
Grit	-0,218	14,13**	0,92	—	—	—
Lot	0,081	1,22	1,36	—	—	—
Klimek	0,208	4,02	1,77**	0,228	0,32	0,0099
Nagrad	0,181	4,25*	1,04	—	—	—
Orlik	0,149	1,97	3,36**	-0,908	5,64*	0,1499
Rudzik	-0,096	1,53	3,24**	-0,598	4,45*	0,1222
Edgar	0,035	0,15	1,50*	0,180	0,26	0,0079
Maresi	-0,039	0,39	1,03	—	—	—
Rodos	0,235	14,81**	1,65*	0,174	0,54	0,0166
Boss	0,111	2,76	1,26	—	—	—

\* — Istotne przy  $\alpha = 0,05$ , \*\* — Istotne przy  $\alpha = 0,01$ ; \* — Significant at  $\alpha = 0,05$ , \*\* — Significant at  $\alpha = 0,01$

Tabela 2

**Wyniki analizy interakcji genotypowo środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata × jakość siedliska**

**Results of genotype-environment interaction analysis of the tested cultivars for layout: years × soil conditions**

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimation of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F-statistics for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F-statistics for interaction with environment	Współczynnik regresji Regression coefficient	Statystyka F dla regresji F-statistics for regression	Współczynnik determinacji Determination coefficient
Aramir	-0,453	21,89**	4,64**	-1,254	6,38*	0,2330
Ars	-0,324	10,38**	3,90**	-0,377	0,42	0,0196
Dema	0,013	0,02	2,59**	-0,535	1,05	0,0475
Diva	-0,050	0,18	1,98**	1,230	3,71	0,1501
Grit	-0,187	5,36*	1,49	—	—	—
Lot	0,239	4,12	4,29**	1,172	3,35	0,1377
Klimek	0,093	0,95	1,29	—	—	—
Nagrad	0,138	1,99	0,91	—	—	—
Orlik	-0,006	0,00	8,74**	-0,080	0,02	0,0008
Rudzik	0,008	0,02	1,46	—	—	—
Edgar	0,186	3,10	1,07	—	—	—
Maresi	0,019	0,04	4,98**	0,466	0,69	0,0320
Rodos	0,207	7,20*	2,08**	0,067	0,02	0,0010
Boss	0,117	4,31*	0,99	—	—	—

\* — Istotne przy  $\alpha = 0,05$ , \*\* — Istotne przy  $\alpha = 0,01$ ; \* — Significant at  $\alpha = 0,05$ , \*\* — Significant at  $\alpha = 0,01$

Na podstawie reakcji na kombinację poziomu nawożenia mineralnego i ochrony chemicznej (poziom agrotechniki) i warunków klimatycznych (rok) odmiany Lot i Orlik można zaklasyfikować jako odpowiednie do intensywnej uprawy. Dla tych odmian stwierdzono istotną interakcję ze środowiskami, a ich reakcję na zmieniające się warunki środowiskowe można opisać istotną funkcją regresji liniowej o dodatnich współczynnikach regresji. Odmianę Aramir, o ujemnym współczynniku regresji, można uznać za odpowiednią do uprawy ekstensywnej. Natomiast odmiany Ars, Dema, Klimek i Nagrad, niewykazujące istotnej interakcji ze środowiskami można uznać za plonujące stabilnie (tab. 3).

Tabela 3

**Wyniki analizy interakcji genotypowo środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata × poziom agrotechniki**  
**Results of genotype-environment interaction analysis of the tested cultivars for layout: years × agriculture technology level**

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimation of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F-statistics for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F-statistics for interaction with environment	Współczynnik regresji Regression coefficient	Statystka F dla regresji F-statistics for regression	Współczynnik determinacji Determination coefficient
Aramir	-0,309	13,38**	1,71*	-1,118	9,28**	0,3064
Ars	-0,296	7,35*	0,62	—	—	—
Dema	0,271	22,51**	0,49	—	—	—
Diva	0,139	1,43	2,02**	-0,759	1,69	0,0746
Grit	-0,158	2,58	2,31**	-0,411	0,66	0,0306
Lot	-0,007	0,00	6,71**	1,756	7,34*	0,2591
Klimek	0,036	0,16	1,22	—	—	—
Nagrad	0,303	6,34*	1,47	—	—	—
Orlik	-0,008	0,01	4,42**	1,151	8,29**	0,2830
Rudzik	-0,158	7,30*	3,12**	-0,339	1,31	0,0587
Edgar	-0,011	0,01	3,47**	0,692	2,01	0,0874
Maresi	-0,081	0,59	3,97**	0,173	0,10	0,0048
Rodos	0,258	13,37**	4,72**	-0,273	0,57	0,0262
Boss	0,020	0,06	3,11**	-0,006	0,00	0,0000

\* — Istotne przy  $\alpha = 0,05$ , \*\* — Istotne przy  $\alpha = 0,01$ ; \* — Significant at  $\alpha = 0,05$ , \*\* — Significant at  $\alpha = 0,01$

W tabeli 4 przedstawiono syntetyczne zestawienie plonowania badanych odmian w analizowanych układach środowiskowych. Na podstawie tego zestawienia można wskazać adaptację badanych odmian do środowisk. Za odmiany szeroko zaadaptowane (odmiany odznaczające się rolniczą stabilnością plonowania, występującą razem z relatywnie wysokim średnim plonem — istotnym dodatnim efektem głównym) można więc uznać odmianę Nagrad, gdy czynnikiem środowiskowym jest rejon geograficzny, odmianę Boss, gdy jakość siedliska jest czynnikiem środowiskowym oraz odmiany Dema i Nagrad, gdy poziom agrotechniki jest czynnikiem środowiskowym. Odmianę Nagrad można uznać za odmianę wszechstronnie stabilnie plonującą w analizowanych środowiskach.

Tabela 4

**Odmiany stabilne oraz odmiany wykazując istotną interakcje ze środowiskiem**  
**The stable cultivars and those showing significant interaction with environment**

Odmiany Cultivars	Środowiska: rok × rejony COBORU Environments: year × region			Środowiska: rok × rejony wyznaczone ze względu na jakość siedliska Environments: year × region appointed with respect to soil quality			Środowiska: rok × rejony wyznaczone z uwzględnieniem poziomu agrotechniki Environments: year × region appointed with respect to agriculture technology		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Plonujące stabilnie Yielding stable									
	Grit	Dema Diva Lot Maresi Boss	Nagrad	Grit	Klimek Nagrad Rudzik Edgar	Boss	Ars	Klimek	Dema Nagrad
Plonujące niestabilnie Yielding unstable									
Intensywne Intensive	—	Orlik Rudzik	—	—	—	—	—	Orlik	—
Ekstensywne Extensive	—	—	—	Aramir	—	—	Aramir	—	—
Nieregularne Unpredictable	Aramir Ars	Klimek Edgar	Rodos	Ars	Dema Diva Lot Orlik Maresi	Rodos	Rudzik	Diva Grit Edgar Maresi Boss	Rodos

1 — Plonujące istotnie niżej od średniej środowiskowej; Yielding significantly lower than environmental average

2 — Plonujące na poziomie średniej środowiskowej; Yielding on the level of environmental average

3 — Plonujące istotnie wyżej od średniej środowiskowej; Yielding significantly higher than environmental average

Odmiany Aramir, Orlik oraz Rodos w analizowanych układach środowiskowych cechowały się niestabilnym plonowaniem. Aramir relatywnie lepiej plonował w gorszych warunkach siedliskowych i przy niższych nakładach na agrotechnikę, jednak średnio plonował istotnie niżej od średniej środowiskowej. Orlik relatywnie wyżej plonował w korzystniejszych dla uprawy jęczmienia rejonach geograficznych i przy wyższych nakładach na agrotechnikę, jednak średnio plonował na poziomie porównywalnym ze średnią środowiskową. Rodos plonował istotnie wyżej od średniej środowiskowej, jednak jego reakcje w zmieniających się warunkach środowiskowych były nieregularne.

#### WNIOSKI

1. Na podstawie analizy interakcji genotypowo-środowiskowej, odmiany można podzielić na plonujące stabilnie oraz niestabilnie, czyli niewykazujące i wykazujące istotną interakcję ze środowiskiem.
2. Określenie reakcji odmian w warunkach produkcyjnych na tak różne układy warunków środowiskowych może być bardzo pomocne przy poszukiwaniu źródeł zmienności potrzebnych w tworzeniu nowych odmian, jak również w przypadku prób



- określenia optymalnych warunków uprawy i rejonizacji odmian już znajdujących się w produkcji polowej.
3. Najwyższym istotnym efektem głównym ze względu na rejon uprawy charakteryzowała się odmiana Rodos, a najniższymi odmiany Aramir i Ars.
  4. Na podstawie reakcji odmian na zróżnicowaną jakość siedliska istotnymi dodatnimi efektami wykazały się odmiany Rodos i Boss. Za odmiany plonujące stabilnie uznano Grit, Klimek, Nagrad, Rudzik, Edgar oraz Boss.
  5. Na podstawie reakcji odmian na zróżnicowany poziom nawożenia mineralnego i ochrony chemicznej jako odpowiednie do intensywnej uprawy można wskazać odmiany Lot i Orlik a jako odpowiednią do uprawy ekstensywnej Aramir.
  6. Za odmiany szeroko zaadaptowane można uznać odmianę Nagrad, gdy czynnikiem środowiskowym był rejon geograficzny, odmianę Boss, gdy czynnikiem środowiskowym była jakość siedliska oraz odmiany Dema i Nagrad, gdy poziom agrotechniki stanowił czynnik środowiskowy.

## LITERATURA

- Atlin G. N., McRae K. B., Lu X. 2000. Genotype  $\times$  region interaction for two-row barley yield in Canada. *Crop. Sci.* 40: 1 — 6.
- Becker H. C., Léon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1 — 23.
- Bujak H., Kaczmarek J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania jęczmienia ozimego na Dolnym Śląsku. *Biul. IHAR* 226/227 (1): 233 — 241.
- Caliński T. 1966. On the distribution of the F-type statistic in the analysis of a group of experiments. *J. Roy. Stat. Soc. Series B*, 28: 526 — 542.
- Caliński T. 1967. Model analizy wariancji dla doświadczeń wielokrotnych. *Rocznik Nauk Rolniczych, Seria A* 93, 3: 549 — 579.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1979. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej. 3. Zastosowanie analizy regresji oraz analizy składowych głównych. IX Coll. Metodol. z Agrobiom. PAN, Warszawa: 5 — 28.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1997. A multivariate approach to analysis genotype-environment interactions. In: Krajewski P., Kaczmarek Z. (ed.), *Advances in Biometrical Genetics*. Poznań: 3 — 14.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. SERGEN — Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno hodowlanych. Program komputerowy, Poznań, IGR.
- Eberhart S. A., Russel W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36 — 40.
- Jankowski P., Zieliński A., Mądry W. 2006. Analiza interakcji genotyp-środowisko dla pszenicy ozimej z wykorzystaniem metody graficznej biplot typu GGE. Część I. Podstawy teoretyczne. *Biul. IHAR* 240/241: 53 — 60.
- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. *Roczniki AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, Poznań.
- Kaczmarek Z., Adamski T., Surma M. 2004. Interakcja genotypowo-środowiskowa dla plonu dwu- i sześciorzędowych linii DH jęczmienia. *Biul. IHAR* 231: 313 — 320.
- Kaczyński L. 1999. Reakcja odmian roślin rolniczych na czynniki środowiska, niezbędny zakres doświadczeń PDO na Dolnym Śląsku. Podstawy organizacji i planowania doświadczalnictwa z zarejestrowanymi odmianami roślin rolniczych na Dolnym Śląsku. *Zesz.* 1: 35 — 46.
- Kang M. S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. in Agron.* 62: 200 — 252.
- Mądry W. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy  $\times$  środowiska. Cz. II. Model mieszany Shukli i model regresji łącznej. *Colloquium Biometryczne*, 33: 207 — 220.

- Mądry W., Kang M. S. 2005. Scheffe-Caliński and Shukla Models: Their Interpretation and usefulness in stability and adaptation analyses. *Journal of Crop Improvement* 14 (1/2): 325 — 369.
- Mądry W., Rajfura A. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy  $\times$  środowiska. Cz. I. Model mieszany Scheffego-Calińskiego i model regresji łączonej. *Colloquium Biometryczne* 33: 181 — 205.
- Maragi R., Kang M. S. 1997. SAS-STABLE: Stability analysis of balanced and unbalanced data. *Agron. J.* 90: 929 — 932.
- Mekbib F. 2003. Yield stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Euphytica* 130: 147 — 153.
- Nurminiemi M., Madsen S., Rogali O. A., Bjørnstad Å., Ortiz R. 2002. Analysis of the genotype-environment interaction in the Nordic Region of Europe: relationships among stability statistics for grain yield. *Euphytica* 127: 123 — 132.
- Piepho H. P. 1998. Methods of comparing yield stability of cropping systems — a review. *J. Agron. Crop Sci.* 180: 193 — 213.
- Piepho H. P. 1999. Stability Analysis using SAS system. *Agron. J.* 91: 154 — 160.
- Ruszkowski M., Ruszkowska B., Siemion S., Uliński G., Witek T. 1971. Produkcyjność jęczmienia jarego i owsa w różnych warunkach siedliska. *Pamiętnik Puławski* 44: 71 — 82.
- SAS Institute Inc. 2004 a. BASE SAS 9.1.3 Procedures guide. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc. 2004 b. SAS 9.1 Companion for Windows. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Scheffé 1959. The analysis of variance. John Wiley & Sons, New York.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype  $\times$  environment components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Witek T. (red.) 1981. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. Puławy, IUNG.