

TADEUSZ OLEKSIAK**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**

Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Interakcja odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach środowiskowych na podstawie wyników badań ankietowych

Interaction of wheat cultivars in variable environmental conditions on the basis of survey investigation

Oceniono interakcję genotypowo-środowiskową i stabilność plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach towarowej produkcji rolniczej. Wykorzystano wyniki, prowadzonych w latach 1992–2003, badań ankietowych gospodarstw rolnych. Czynniki różnicującymi był rejon uprawy, warunki glebowe oraz poziom agrotechniki. Spośród badanych odmian wydzielono odmiany stabilnie plonujące w zmieniających się warunkach środowiska oraz odmiany niestabilne — intensywne i nieprzewidywalne.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, badania ankietowe, pszenica ozima, stabilność plonowania

Genotype-environment interaction and yielding stability of some cultivars of winter wheat were evaluated in variable environmental conditions of commercial production. Data from survey investigations conducted in period the 1992–2003 were used. Cultivation regions, soil conditions and agriculture technology level were factors making differences. Among the cultivars tested in variable environmental conditions stable, unstable and unpredictable ones were separated.

Key words: genotype-environment interaction, survey investigations, winter wheat, yield stability

WSTĘP

Interakcje genotypów z warunkami środowiska takimi jak jakość gleby, poziom agrotechniki, czy warunki klimatyczne utrudniają odpowiedni dobór genotypów i ich właściwe wykorzystanie w hodowli, jak również w znacznym stopniu decydują o odpowiednim doborze odmian i praktycznym efekcie produkcyjnym. Określenie tych zależności może być pomocne przy dokonywaniu odpowiedniego wyboru genotypów, pod

kątem specyficznych wymagań wynikających z warunków klimatu, siedliska i technologii produkcji.

Wyniki analizy stabilności oraz oceny porównawcze średnich genotypowych pozwalają wskazać genotypy szeroko zaadoptowane, czyli odznaczające się rolniczą stabilnością plonowania i relatywnie wysokim plonem w całym rejonie rolniczym (Mądry, inf. ustna, 2002).

Analizy stabilności plonowania mierzonej interakcją $G \times E$ w warunkach doświadczalnych, prowadzone w ramach doświadczeń przed- i porejestrowych, w Centralnym Ośrodku Badania Odmian Roślin Uprawnych dowodzą istnienia silnej zależności plonów od czynników środowiskowych. Analizy uwzględniające zmienność siedliskową i regionalną środowisk dotyczą jedynie warunków doświadczalnych (Kaczmarek i in., 2003; Weber i Zalewski, 2004). Nie są prowadzone natomiast takie analizy w odniesieniu do warunków produkcyjnych.

Celem niniejszej pracy jest próba oceny interakcji genotypowo-środowiskowej odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach środowiska, pod kątem oceny stabilności plonowania odmian znajdujących się w towarowej produkcji rolniczej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał źródłowy stanowiły wyniki badań ankietowych prowadzonych w latach 1992–2003 w gospodarstwach rolnych. Analizowano dane dotyczące plonowania 11 odmian pszenicy ozimej uprawianej łącznie na 3959 polach produkcyjnych. Kryterium doboru odmian do badań stanowiła odpowiednia liczebność próby, każda z uwzględnianych w analizie odmian musiała być uprawiana na nie mniej niż 4 polach przez przynajmniej 9 z 12 lat badanego okresu (tab. 1).

Analizowano reakcję odmian na zmieniające się warunki środowiska. Czynnikiem różnicującymi był rejon uprawy, jakość siedliska oraz poziom agrotechniki.

Podział na rejony przyjęto za COBORU — rejon A łączy rejony 1 i 3, rejon B łączy rejony 2 i 4, rejon C łączy rejony 5 i 7 oraz rejon D łączy rejony 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 siedliska wg następujących założeń:

G1 — gleba w punktach < 60 i odczyn < 4 ,

G3 — gleba w punktach ≥ 60 i odczyn ≥ 4 ,

G2 — pozostałe.

Poziom agrotechniki mierzony wysokością nawożenia mineralnego NPK i intensywnością chemicznej ochrony roślin.

Podział ze względu na poziom agrotechniki:

A1 — nawożenie NPK < 100 i liczba zabiegów ochrony chemicznej < 2 ,

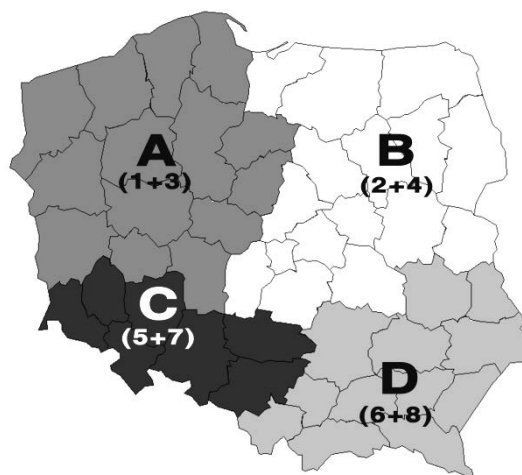
A3 — nawożenie NPK ≥ 100 i liczba zabiegów ochrony chemicznej ≥ 2 ,

A2 — pozostałe.

Tabela 1

Liczebność, średnie plony oraz poziomy badanych czynników różnicujących plony
Number, average yields and level of tested factors making differences in yields

Rejon Regions	Liczebność Number	Średnie plony (dt·ha ⁻¹) Average yields (dt·ha ⁻¹)	Średnie nawożenie NPK (kg ha ⁻¹) Average fertilization (kg ha ⁻¹)	Średnia liczba zabiegów ochrony chemicznej Average number of chemical treatments	Jakość gleby (punkty) Soil quality (points)	Przeciętny odczyn gleby (skala 1–5°) Average soil acidity (1–5° scale)
Ogółem Total	3959	40,78	162,31	1,74	66,53	3,34
Rejony przyjęte przez COBORU — Regions according to COBORU						
1	124	42,54	183,27	2,06	69,56	2,79
2	251	40,99	168,50	1,59	58,50	3,12
3	640	45,14	182,33	1,96	61,97	3,70
4	658	38,52	139,41	1,35	62,62	2,34
5	779	44,23	199,06	2,23	69,84	3,22
6	1133	36,91	129,29	1,40	72,46	1,86
7	164	43,01	206,63	2,13	63,66	2,56
8	210	37,49	155,04	1,91	58,41	3,07
Połączone rejony COBORU (rys. 1) — Aggregated regions (fig. 1)						
A (1+3)	764	44,71	182,48	1,98	63,20	3,55
B (2+4)	909	39,21	147,45	1,42	61,48	2,56
C (5+7)	943	44,02	200,37	2,21	68,76	3,11
D (6+8)	1343	37,00	133,32	1,48	70,27	2,05
Warunki glebowe — Soil conditions						
G1	1029	37,63	161,10	1,69	49,83	2,01
G2	2187	40,58	159,33	1,71	70,03	2,51
G3	743	45,11	171,20	1,87	79,33	4,27
Agrotechnika — Cultivation technology						
A1	721	34,36	51,82	0,92	66,88	2,61
A2	1548	38,86	160,94	1,13	66,05	2,61
A3	1690	45,01	210,02	2,64	66,82	2,84



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

Analizę interakcji genotypowo środowiskowej ($G \times E$) przeprowadzono za pomocą programu SERGEN 3 (Caliński i in., 1998). Środowiska były reprezentowane przez kombinację czynników rok $\times$ rejon uprawy, rok $\times$ wartość siedliska, oraz rok $\times$ poziom agrotechniki. Poszczególne lata reprezentowały losowe układy warunków klimatycznych.

Spośród badanych odmian wydzielono odmiany stabilnie plonujące w zmieniających się warunkach środowiska oraz odmiany niestabilne — intensywne i nieprzewidywalne.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie analizy interakcji $G \times E$ odmiany można podzielić na plonujące stabilnie i niestabilnie, czyli odpowiednio niewykazujące i wykazujące istotną interakcję ze zmieniającymi się warunkami środowiska. W potocznym znaczeniu tego pojęcia odmiany stabilne to te, których plon nie ulega większym wahaniom w różnych środowiskach. W statystyce o stabilności plonowania w sensie rolniczym możemy mówić, gdy średnia wartość plonu danej odmiany lub genotypu zmienia się proporcjonalnie do przeciętnej reakcji wszystkich odmian lub genotypów, określonej na podstawie średniej środowiskowej (Becker i Léon, 1988; Mądry i Rajfura, 2003).

Odmiany niestabilne można następnie podzielić na intensywne (wykazujące istotną regresję interakcyjną z dodatnim współczynnikiem regresji), ekstensywne (wykazujące istotną regresję interakcyjną z ujemnym współczynnikiem regresji), nieprzewidywalne (niewykazujące istotnej regresji interakcyjnej). Plonów odmian niestabilnych nieprzewidywalnych, nie da się w sposób statystyczny przewidzieć w zmieniających się warunkach środowiskowych.

Tabela 2

Wyniki analizy interakcji genotypowo-środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata $\times$ rejonu COBORU
Results of genotype-environment interaction analyses of the tested cultivars for layout: years $\times$ COBORU regions

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimation of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F statistic for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F statistic for interaction with environments	Współczynnik regresji interakcyjnej Interaction regression coefficient	Statystyka F dla regresji interakcyjnej F-Statistic for deviations of interaction regression
Alba	-0,584	0,69	1,32	—	—
Almari	0,076	0,02	2,46 **	-0,204	0,83
Emika	-5,127	51,99 **	2,12 **	0,074	0,06
Gama	-4,046	18,05 **	0,48	—	—
Grana	-5,934	62,98 **	0,30	—	—
Jawa	1,308	2,78	1,72 *	0,205	0,38
Kobra	0,677	2,95	1,76 **	-0,183	1,23
Korweta	6,928	215,61 **	0,53	—	—
Mikon	2,979	19,21 **	1,29	—	—
Roma	0,618	0,62	5,65 **	0,280	0,72
Sakwa	3,105	54,76 **	0,94	—	—

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

Interakcja między rejonami i warunkami pogodowymi a plonowaniem odmian była istotna. Największy efekt główny stwierdzono dla Korwety. Plony tej odmiany, podobnie jak Sakwy i Mikona były istotnie wyższe a plony Emiki, Gamy i Grany istotnie niższe niż średnie środowiskowe (tab. 2).

Tabela 3

Wyniki analizy interakcji genotypowo-środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata × warunki glebowe

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

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimation of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F statistic for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F statistic for interaction with environments	Współczynnik regresji interakcyjnej Interaction regression coefficient	Statystyka F dla regresji interakcyjnej F-Statistic for deviations of interaction regression
Alba	-4,691	21,44 **	1,71 *	-0,116	0,04
Almari	1,290	6,44 *	1,98 **	-0,405	1,87
Emika	-5,110	62,25 **	1,03	—	—
Gama	-2,847	4,36 *	0,69	—	—
Grana	-5,705	37,21 **	0,32	—	—
Jawa	1,753	2,15	1,50 *	1,753	8,04 **
Kobra	1,453	13,23 **	1,45	—	—
Korweta	8,165	380,16 **	0,59	—	—
Mikon	3,899	19,59 **	2,10 **	0,458	0,76
Roma	-1,492	5,71 *	2,18 **	-0,467	1,63
Sakwa	3,285	29,49 **	2,25 **	0,174	0,23

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

Tabela 4

Wyniki analizy interakcji genotypowo-środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata × poziom agrotechniki

Results of genotype-environment interaction analyses 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 statistic for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F statistic for interaction with environments	Współczynnik regresji interakcyjnej Interaction regression coefficient	Statystyka F dla regresji interakcyjnej F-Statistic for deviations of interaction regression
Alba	0,078	0,00	3,16 **	1,171	1,77
Almari	0,005	0,00	2,92 **	-1,311	20,01 **
Emika	-5,254	45,92 **	1,24	—	—
Gama	-3,227	11,46 **	0,37	—	—
Grana	-5,662	31,48 **	0,41	—	—
Jawa	-0,129	0,02	0,83	—	—
Kobra	-0,092	0,04	1,00	—	—
Korweta	6,260	338,87 **	0,27	—	—
Mikon	4,079	31,44 **	0,94	—	—
Roma	-1,567	4,85 *	1,97 **	-0,191	0,24
Sakwa	5,509	124,22 **	0,91	—	—

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

Warunki siedliskowe (gleba + kwasowość) istotnie różnicowały plony niemal wszystkich odmian, jedynie w przypadku Jawy odchylenia plonu od średniej środowiskowej były nieistotne. Pod względem wielkości efektu głównego wyróżniała się Korweta (efekt główny = +8,17), istotnie wyżej od średniej (na poziomie istotności $\alpha = 0,01$) plonowały również odmiany Mikon, Sakwa i Kobra natomiast najslabiej plonowały Grana, Emika i Alba. Oprócz wyższych plonów Korweta i Kobra wyróżniały się stabilnością plonowania natomiast Jawa była odmianą intensywną wykazując istotną regresję ze zmieniającymi się warunkami siedliskowymi (tab. 3).

Na podstawie reakcji na zróżnicowany poziom nawożenia i intensywności ochrony chemicznej wyróżnić można odmiany odpowiednie do intensywnego modelu produkcji, czyli takie, których plony są istotnie wyższe od średniej środowiskowej a jednocześnie stabilne: Korweta, Mikon i Sakwa. Z kolei plonująca na poziomie średniej środowiskowej Almari okazała się odmianą ekstensywną odpowiednią dla gospodarstw o ograniczonym poziomie nawożenia i chemicznej ochrony, np. dla gospodarstw ekologicznych. Istotnie niżej plonowały odmiany starsze takie jak Grana, Gama czy Emika, co pośrednio świadczyć może o postępie hodowlanym (tab. 4).

PODSUMOWANIE

W wyniku przeprowadzonej analizy można stwierdzić, iż zarówno jakość siedliska jak i poziom agrotechniki mają istotny wpływ na występującą interakcję genotypowo-środowiskową badanych odmian pszenicy ozimej (tab. 5).

Tabela 5

Odmiany stabilne oraz odmiany wykazujące istotną interakcję ze środowiskiem The stable cultivars and those showing significant environment interaction ones

Odmiany Cultivars	Środowiska: Rok × rejony COBORU Environments: year × region			Środowiska: Rok × rejony wyznaczone ze względem na jakość siedliska Environments: year × regions appointed with respect to soil quality			Środowiska: Rok × rejony wyznaczone ze względem na poziom agrotechniki Environments: year × regions appointed with respect to agriculture technology		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
plonujące stabilnie — yielding stable									
	Gama Grana	Alba	Korweta Mikon Sakwa	Emika Gama Grana	—	Kobra Korweta	Emika Gama Grana	Jawa Kobra	Korweta Mikon Sakwa
plonujące niestabilnie — yielding unstable									
Intensywne Intensive	—	—	—	—	Jawa	—	—	—	—
Ekstensywne Extensive	—	—	—	—	—	—	—	Almari	—
Nieprzewidy- walne Unpredictable	Emika	Almari Jawa Kobra Roma	—	Alba Roma	—	Almari Mikon Sakwa	Roma	Alba	—

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

Określenie zachowania odmian w zróżnicowanych warunkach środowiskowych praktycznej uprawy może być pomocne zarówno w poszukiwaniu źródeł zmienności potrzebnych w tworzeniu genotypów odpowiednich do określonych typów siedliska i agrotechniki jak i przy doborze odmian do uprawy w określonej technologii.

Na podstawie badań wyróżnić można odmiany wykazujące istotną interakcję ze środowiskiem, odpowiednie do intensywnego modelu produkcji, Korweta, Mikon i Sakwa oraz odpowiednią do ekstensywnego warunków uprawy odmianę Almari.

LITERATURA

- Becker H. C., Léon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1 — 23.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. SERGEN — Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno hodowlanych (Program komputerowy).
- Kaczmarek J., Kotecki A., Kotowicz L., Weber R. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania odmian rzepaku ozimego. *Biul. IHAR* 226/227: 395 — 403.
- 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 łącznej. *Colloquium Biometryczne* 33: 181 — 205.
- Weber R., Zalewski D. 2004. Plonowanie odmian pszenicy ozimej w zróżnicowanych środowiskach. *Biul. IHAR* 233: 17 — 28.
- Witek T. (red.) 1981. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. Puławy, IUNG.