

TADEUSZ OLEKSIAK**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**

Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Ocena stabilności plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej na podstawie wyników badań ankietowych z lat 1990–2001

Yield stability estimation of chosen winter wheat cultivars as based on the results of survey investigations in the years 1990–2001

Na podstawie wyników badań ankietowych z lat 1990–2001, przeprowadzono analizę stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej. Do analizy wybrano 11 odmian. Jako środowiska przyjęto poszczególne lata, w których prowadzono badania ankietowe. Na podstawie analizy genotypowo-środowiskowej stwierdzono, że 6 spośród badanych odmian cechowało się stabilnością plonowania, natomiast pozostałe plonowały w sposób niestabilny. Przeprowadzono również ocenę wpływu poszczególnych lat (1990–2001) na uprawę wybranych odmian pszenicy ozimej, jak również wpływ tych lat na interakcję genotypowo-środowiskową ($G \times E$). Przeprowadzono dodatkową analizę interakcji $G \times E$ dla wartości „poprawionych” przy zredukowanym wpływie głównych czynników agrotechniczno-glebowych na wysokość plonów.

Słowa kluczowe: analiza stabilności, badania ankietowe, pszenica ozima, stabilność plonowania

Yield stability analysis was based on the results of survey investigations of private farms that had been conducted in the years 1990–2001. Eleven winter wheat cultivars were chosen to the analysis. Particular years of investigations were taken as an environmental factor. On the base of the investigation results six of the studied cultivars were shown to be stable, whereas the others were unstable. Moreover estimation of influence of the particular years (1990–2001) on the cultivation of chosen winter wheat cultivars was performed. The contribution of these years to the $G \times E$ interaction was also analyzed. An additional analysis of the $G \times E$ interaction for the adjusted values, as related to the reduced effects of cultivation methods and soil conditions on the yield, was performed.

Key words: stability analysis, survey investigations, winter wheat, yield stability

WSTĘP

Ważnym elementem oceny odmian znajdujących się w produkcji rolniczej jest ocena stabilności plonowania tych odmian. Pojęcie stabilności plonowania jest interpretowane w sposób niejednoznaczny.

W potocznym znaczeniu tego pojęcia odmiana jest stabilna ze względu na daną cechę ilościową (np. plon), jeżeli średnia wartość tej cechy nie ulega większym wahanom w różnych środowiskach. W statystyce o stabilności plonowania w sensie rolniczym możemy mówić, gdy średnia wartość plonu danej odmiany lub genotypu zmienia się proporcjonalnie (z współczynnikiem korelacji $r = 1$) do przeciętnej reakcji wszystkich odmian lub genotypów, określonej na podstawie średniej środowiskowej (Becker i Léon, 1988; Mądry i Rajfura, 2003).

Analizę stabilności plonowania mierzonej interakcją genotypowo-środowiskową ($G \times E$) w warunkach doświadczalnych prowadzi, w ramach doświadczeń przed- i porejestrowych, Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (Syntezy wyników..., 1988–2000). COBORU przeprowadza analizy interakcji $G \times E$ badanych odmian i rodów w poszczególnych miejscowościach, w których zakładane są doświadczenia. Takie analizy wykonywane są corocznie. Uwzględniają one zmienność siedliskową (regionalną) środowisk i dotyczą jedynie warunków doświadczalnych. Badania COBORU dowodzą istnienia silnej zależności plonów od czynników środowiskowych. Natomiast nie prowadzi się takiej analizy w odniesieniu do warunków produkcyjnych.

Celem niniejszej pracy jest próba oceny stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej, znajdujących się w towarowej produkcji rolniczej w latach 1990–2001, ze względu na zmieniające się warunki klimatyczne.

MATERIAŁY I METODY

Źródłem danych do niniejszej pracy były wyniki badań ankietowych gospodarstw rolnych prowadzonych od 1986 roku przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

Do przeprowadzenia analizy stabilności plonowania odmian pszenicy ozimej wykorzystano wyniki badań z lat 1990–2001. Łącznie w tym okresie objęły one obserwacje pochodzące z 5808 pól. Corocznie prowadzono badania ankietowe w 410–620 rolniczych gospodarstwach produkcyjnych.

Z grupy 70 odmian pszenicy ozimej, występujących w badaniach ankietowych, wybrano 11 odmian spełniających ustalone kryteria. Dane dotyczące wybranych odmian w latach 1990–2001 pochodziły łącznie z 3442 pól. Lista odmian spełniających ustalone kryteria znajduje się w tabeli 1. Wybrane odmiany stanowiły swoisty „przekrój” przez cały badany okres. Znajdowały się tam zarówno odmiany starsze (Grana, Bagra), jak i odmiany nowsze (Almari, Kobra).

Ustalenie kryteriów było podyktowane konstrukcją stosowanego statystycznego modelu analizy interakcji $G \times E$. Odmiany występowały w ankietach przez co najmniej 9 lat w badanym okresie, a liczba pól w każdym roku występowania tych odmian

przekraczała 4. Przy mniejszych liczebnościach, ze względu na występujące braki w danych (nieortogonalność) oszacowanie parametrów statystycznych nie byłoby wiarygodne, a niekiedy w ogóle byłoby niemożliwe.

Analizę stabilności przeprowadzono z wykorzystaniem programu komputerowego SERGEN 3 (Caliński i in., 1998). Program ten opiera się na mieszanym modelu wielowymiarowym Scheffégo-Calińskiego i modelu regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka (Caliński, 1967; Caliński i in., 1997; Kaczmarek, 1986; Mądry i Rajfura, 2003). Modele te umożliwiają analizę danych nieortogonalnych, a taki właśnie charakter mają dane pochodzące z badań ankietowych (Mańkowski, 2003; Węgrzyn, 2001).

Tabela 1

Odmiany pszenicy ozimej wybrane do analizy stabilności plonowania
Winter wheat cultivars chosen to yield stability analysis

Odmiany Cultivars	RO*	RW**	Hodowla roślin Plant breeding
Grana	1971	1988	DANKO HR — ZHR Choryń
Modra	1978	1997	SHR Modzurów — Grupa Szelejewo
Begra	1982		DANKO HR — ZHR Choryń
Liwilla	1982	1990	Poznańska HR
Salwa	1982	1990	IHAR — Smolice
Gama	1982	1998	HRR Nasiona Kobierzyc
Emika	1985	2001	Poznańska HR
Jawa	1985		DANKO HR — ZHR Choryń
Alba	1986	1998	DANKO HR — ZHR Laski
Almari	1989		IHAR — Smolice
Kobra	1992		HRR Nasiona Kobierzyc

* — Rok wpisania do rejestru odmian roślin uprawnych; The year of entry into NL

** — Rok wykreślenia z rejestru odmian roślin uprawnych; The year of removal from NL

Na podstawie analizy interakcji $G \times E$ odmiany można podzielić na plonujące stabilnie i niestabilnie, czyli wykazujące istotną interakcję ze zmieniającymi się warunkami środowiska (Becker i Léon, 1988). Odmiany niestabilne można następnie podzielić na intensywne (wykazujące istotną regresję interakcyjną z dodatnim współczynnikiem regresji), ekstensywne (wykazujące istotną regresję interakcyjną z ujemnym współczynnikiem regresji) oraz nieprzewidywalne (niewykazujące istotnej regresji interakcyjnej). Plonów odmian niestabilnych nieprzewidywalnych nie można w sposób statystyczny przewidzieć w zmieniających się warunkach środowiskowych.

Przeprowadzono analizę interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$). Zgodnie z przyjętymi kryteriami, badano zależność genotypów (czyli wybranych wcześniej odmian pszenicy ozimej) od środowisk, czyli poszczególnych lat, w których prowadzono badania ankietowe. Uznanie lat za zmienne środowiska jest możliwe, ponieważ każdy rok reprezentuje inne, odrębne warunki środowiskowe dla uprawianych roślin, a jednocześnie nie mamy na nie wpływu. Warunki klimatyczne panujące w badanych latach mają duży wpływ na udział środowiska w interakcji $G \times E$, a charakter i stopień interakcji w poszczególnych środowiskach zależy raczej od warunków panujących w danym roku niż od konkretnego miejsca doświadczenia (Drzazga i Krajewski, 2001).

Zakładając, że na wynik analizy mogą istotnie wpływać różnice w warunkach agrotechniki i siedliska, dla badanych odmian przeprowadzono dodatkową analizę interakcji $G \times E$ w zbliżonych warunkach agrotechniczno-siedliskowych. Za pomocą procedury krokowej regresji wielokrotnej, wyznaczono główne czynniki agrotechniczne (nawożenie w kg NPK na 1 ha i ilość zabiegów ochrony chemicznej) i siedliskowe (jakość gleby wyznaczona w punktach waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (Witek, 1981)) i ich wpływ na wysokość plonów pszenicy ozimej. Następnie metodą odchyłeń od średniej (Oleksiak, 1998; Oleksiak i Krzeczowska, 1998) zredukowano wpływ zróżnicowania tych czynników na wysokości uzyskiwanych plonów, uzyskując plony „poprawione”.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki analizy stabilności (analizy interakcji genotypowo-środowiskowej $G \times E$) przedstawiono w tabeli 2 i na rysunku 1.

Tabela 2

Wyniki analizy stabilności wybranych odmian pszenicy ozimej
Results of stability analysis of chosen winter wheat cultivars

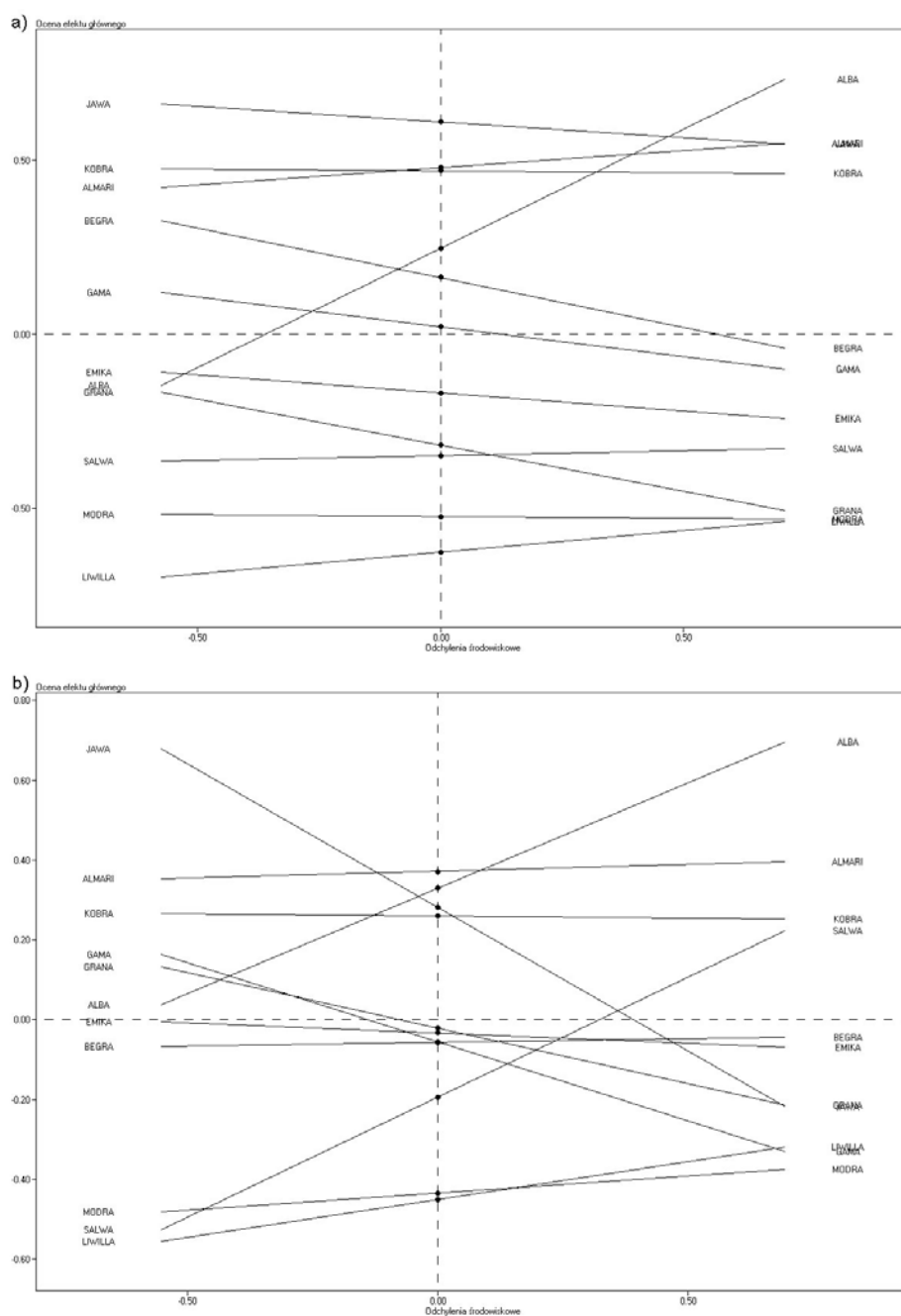
Odmiany Cultivars	Średni plon z lat 1990–2001 (dt·ha ⁻¹) Average yield in the years 1990–2001 (dt·ha ⁻¹)	Ocena efektu głównego Estimation of the main effect	Statystyka F dla efektu głównego F-statistic for the main effect	Statystyka F dla interakcji F-statistic for interactions	Współczynnik regresji interakcyjnej Interaction regression coefficient	Statystyka F dla regresji interakcyjnej F-statistic for interaction regression	Statystyka F dla odchyłeń od regresji interakcyjnej F-statistic for deviations of interaction regression
plony rzeczywiste — real yields							
Grana	35,9	-2,878	8,60*	1,28	—	—	—
Modra	33,9	-4,914	26,99**	0,21	—	—	—
Begra	41,5	2,752	3,51	0,99	—	—	—
Liwilla	31,9	-6,858	28,82**	0,75	—	—	—
Salwa	35,2	-3,565	2,48	6,40**	0,043	0,00	7,03**
Gama	38,9	0,133	0,01	3,05**	-0,214	0,19	3,29**
Emika	36,8	-1,950	5,51*	2,41**	-0,245	1,16	2,37**
Jawa	44,2	5,394	10,61**	3,42**	-0,331	0,50	3,58**
Alba	41,2	2,433	2,31	4,85**	0,948	7,21*	3,10**
Almari	43,5	4,673	44,48**	3,03**	0,090	0,20	3,27**
Kobra	43,6	4,780	74,68**	1,09	—	—	—
plony poprawione — adjusted yields							
Grana	40,3	-0,020	0,10	0,91	—	—	—
Modra	36,2	-0,434	43,46**	0,16	—	—	—
Begra	39,9	-0,057	0,17	1,40	—	—	—
Liwilla	36,0	-0,449	23,76**	0,63	0,189	0,49	0,65
Salwa	38,6	-0,194	1,92	3,92**	0,601	2,41	3,59**
Gama	39,9	-0,056	0,40	1,31	—	—	—
Emika	40,2	-0,033	0,31	1,96*	-0,051	0,08	2,09**
Jawa	43,3	0,281	5,85*	2,70**	-0,718	6,11*	2,02*
Alba	43,8	0,330	8,57*	3,84**	0,527	2,97	3,40**
Almari	44,2	0,372	63,77**	2,14**	0,035	0,06	2,29**
Kobra	43,1	0,260	52,70**	0,74	—	—	—

* — Istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,05$

** — Istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,01$

* — Significant at $\alpha = 0.05$

** — Significant at $\alpha = 0.01$



a) Dla plonów rzeczywistych — For real yield

b) Dla plonów poprawionych — For adjusted yield

Ocena efektu głównego — Estimation of the main effect; Odchylenie środowiskowe — Environmental deviation

Rys. 1. Efekty główne i proste regresji efektów interakcyjnych genotypów względem środowiska

Fig. 1. Main effects and regression of genotypes on environment

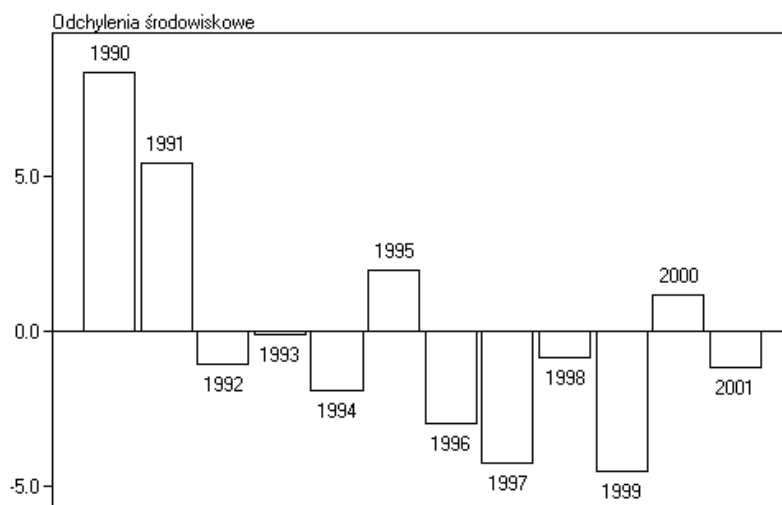
Po estymacji i statystycznej analizie efektów głównych można stwierdzić, że istotnie wyżej od średniej plonowały odmiany: Jawa (efekt główny = +5,4), Kobra (efekt główny = +4,8), Almari (efekt główny = +4,7). Istotnie niżej od średniej plonowały Liwilla (efekt główny = -6,9), Modra (efekt główny = -4,6), Grana (efekt główny = -2,9) i Emika (efekt główny = -1,95). Analiza danych „poprawionych”, dla których zredukowano zróżnicowanie głównych czynników agrotechniczno-środowiskowych, potwierdziła uzyskane wyniki. Jednak efekty główne były wyraźnie mniejsze. Do grupy odmian istotnie lepiej plonujących weszła dodatkowo Alba (efekt główny = +0,3), a w grupie niżej plonujących nie znalazły się Grana i Emika, których słabsze plony prawdopodobnie wynikały z gorszych warunków agrotechniczno-środowiskowych. Odmiany wykazujące wyższe wartości efektu głównego to odmiany relatywnie nowe. Ich istotnie wyższe efekty główne mogą wskazywać na znaczący postęp w hodowli odmian pszenicy ozimej. Po przeprowadzeniu analizy statystycznej plonów „niepoprawionych” dla interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) odmiany: Grana, Modra, Begra, Gama i Kobra można uznać za plonujące w sposób stabilny rolniczo (nieistotne F_{emp} dla interakcji $G \times E$). Na podstawie wyników analizy plonów „poprawionych” do grupy odmian stabilnych dodatkowo włączono Gamę, odmianę już wcześniej wykazującą dużą interakcję z warunkami siedliskowo-środowiskowymi. Pozostałe odmiany można uznać za plonujące niestabilnie w sensie rolniczym.

Jawa, która wcześniej wykazywała cechy odmiany niestabilnej i nieprzewidywalnej, znalazła się w grupie odmian niestabilnych ekstensywnych, czyli w gorszych warunkach pogodowych można oczekiwać relatywnie lepszych plonów względem pozostałych analizowanych odmian. Alba, która w warunkach analizy plonów „niepoprawionych” wykazywała cechy odmiany niestabilnej intensywnej, w przypadku plonów „poprawionych” nie cechowała się istotną regresją interakcyjną.

Analiza odchyleń od regresji wykazała, że odmiany: Salwa, Gama, Emika, Jawa, Alba i Almari charakteryzują się istotnymi (na poziomie istotności $\alpha = 0,01$) odchyleniami od regresji interakcyjnej. W wypadku odmian: Salwa, Gama, Emika, Jawa i Almari oznacza to, że odmiany te są niestabilne i nieprzewidywalne pod względem plonowania.

Analizując wpływ poszczególnych lat (środowisk) na interakcję (rys. 2) możemy stwierdzić, że najwyższymi dodatnimi odchyleniami środowiskowymi charakteryzowały się lata 1990, 1991, 1995 i 2000. Można uznać warunki panujące w tych latach za bardziej korzystne dla uprawy badanych odmian pszenicy ozimej. Przypuszczalnie było to spowodowane bardziej sprzyjającymi warunkami atmosferycznymi. Natomiast pozostałe lata (1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 1998, 1999, 2001) nie miały już tak dobrego wpływu.

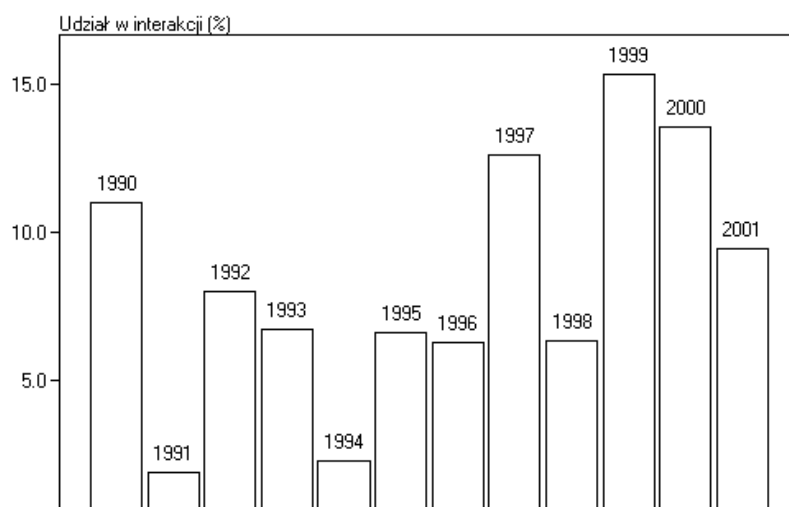
Szacując udział poszczególnych lat (środowisk) w interakcji genotypowo-środowiskowej (rys. 3) można stwierdzić, że największy wpływ na obserwowaną interakcję $G \times E$ miały lata: 1990, 1997, 1999 i 2000 (udział w interakcji powyżej 10%). W tych latach warunki środowiskowe były na tyle charakterystyczne, że różnice w reakcjach poszczególnych odmian na warunki środowiskowe panujące w tym okresie były o wiele wyraźniejsze. Najmniejszy udział w interakcji $G \times E$ miały lata 1991 i 1994 (poniżej 5%).



Odchylenie środowiskowe — Environmental deviation

Rys. 2. Odchylenia środowiskowe dla lat (środowisk) w analizie stabilności plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej

Fig. 2. Environmental deviations for the years (environments) in yield stability analysis of chosen winter wheat cultivars



Udział w interakcji (%) — Contribution to interaction (%)

Rys. 3. Udział lat w interakcji $G \times E$

Fig. 3. Years contribution to $G \times E$ interaction

WNIOSKI

1. Na podstawie analizy interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) stwierdzono, że odmiany: Grana, Modra, Begra, Liwilla Kobra i Gama plonują w sposób stabilny. Wysokość plonowania tych odmian nie wykazuje interakcji ze zmieniającymi się warunkami klimatycznymi. Pozostałe odmiany uznano za niestabilne, wykazujące istotną interakcję ze środowiskiem.
2. Wpływ czynników agrotechniczno-środowiskowych był istotny i wpływał na wynik oceny stabilności plonowania odmian.
3. W ankietowanych gospodarstwach plony nowszych odmian były istotnie wyższe niż pozostałych.

LITERATURA

- Becker H. C., Léon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1 — 23.
- Caliński T. 1967. Model analizy wariancji dla doświadczeń wielokrotnych. *Rocznik Nauk Rolniczych Seria A* 93, 3: 549 — 579.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., 1997. A multivariate approach to analysing 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, Wersja 3, Poznań.
- Drzazga T., Krajewski P. 2001. Zróżnicowanie środowisk pod względem stopnia interakcji w seriach doświadczeń z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 218/219: 111—115.
- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. *Rocznik Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy naukowe, Zeszyt* 155.
- Krzymuski J., Buszko E., Krzeczowska A., Oleksiak T. 1992. Odmiany zbóż uprawiane w Polsce do roku 1991. *IHAR, Radzików*.
- Listy odmian roślin rolniczych z lat 1988 — 2003. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka.
- Mądry W., Rajfura A. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy $\times$ środowiska. Cz. I. Model mieszany Scheffégo-Calińskiego i model regresji łączonej. *Colloquium Biometryczne* Nr 33: 181 — 205.
- Mańkowski D. R. 2003. Ocena postępu w uprawie ziemniaka w Polsce w latach 1986–2001, na podstawie badań ankietowych. Część I. Analiza stabilności plonowania wybranych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 228: 185 — 191.
- Oleksiak T., 1998. Wpływ kwalifikowanego materiału siewnego na plonowanie zbóż. *Biul. IHAR* 208: 3 — 9.
- Oleksiak T., Krzeczowska A., 1998. Rola materiału siewnego w ekonomice produkcji zbóż. *Ekonomika Technologii Produkcji Roślinnej. Konferencja Naukowa. Bonin, 25–26 czerwiec 1998*: 29 — 103.
- Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. Zboża ozime. 1988–2000. COBORU, Słupia Wielka.
- Węgrzyn S. 2001. Możliwości wykorzystania metod statystycznych do opracowywania wyników doświadczeń w hodowli roślin. *Biul. IHAR* 218/219: 5 — 14.
- Witek T (red.). 1981. Waloryzacja Rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. IUNG, Puławy.