

HENRYK BUJAK¹**JAN KACZMAREK**¹**BARBARA CHRZANOWSKA-DROŻDŻ**²**MAREK LISZEWSKI**²¹ Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza we Wrocławiu² Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania jęczmienia ozimego na Dolnym Śląsku*

Genotype-environment interaction for yield of winter barley in Lower Silesia

W ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego badano plonowanie dziewięciu odmian jęczmienia ozimego na Dolnym Śląsku z uwzględnieniem reakcji odmian na różne poziomy agrotechniki. Doświadczenia polowe z badanymi odmianami zastały założone w latach 1999–2001 w pięciu miejscowościach (Głubczyce, Krościna Mała, Pawłowice k/Wrocławia, Tarnów i Tomaszów Bolesławiecki). Materiałem badawczym były aktualnie zarejestrowane odmiany jęczmienia ozimego: Borwina, Gil, Gregor, Horus, Kos, Kroton, Siga, Tiffany i Tramp. Doświadczenia założono na dwóch poziomach intensywności: poziom a1 odpowiada standardowym warunkom uprawy dostosowanym do odpowiedniej klasy gleby, poziom a2 różnił się od poziomu a1 wyższym o 40 kg/ha nawożeniem azotowym, dolistnym dokarmianiem oraz pełną chemiczną ochroną roślin przed chorobami i wyleganiem. Otrzymane wyniki w poszczególnych latach i miejscowościach poddano obliczeniom statystycznym według programu Sergen 3 (Caliński i in., 1998) dla analizy serii doświadczeń odmianowych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu odmian jęczmienia ozimego, zróżnicowanie środowisk oraz występowanie interakcji genotypowo-środowiskowej dla obydwu wariantów uprawy. Odmiany Gregor i Gil zarówno w standardowym, jak i intensywnym wariantcie uprawy odznaczały się wyższymi plonami w porównaniu do pozostałych obiektów, jednak wykazywały niską stabilność plonowania.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, jęczmień ozimy, porejestrowe doświadczenia odmianowe

Nine cultivars of winter barley were evaluated in post-registration trials in Lower Silesia. The trials were conducted at five sites (Głubczyce, Krościna Mała, Pawłowice k/Wrocławia, Tarnów and Tomaszów Bolesławiecki) in the years 1999–2001. The recently registered cultivars: Borwina, Gil, Gregor, Horus, Kos, Kroton, Siga, Tiffany and Tramp were grown at two variants of cultivation:

* Praca wykonana w ramach Krajowego Programu Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego koordynowanego przez COBORU

standard and intensive. The intensive variant, in comparison with the standard one, differed by a 40 kg/ha higher level of nitrogen fertilisation, application of anti-lodging chemicals, foliar feeding of plants with microelements and complete control of fungal diseases. Statistical analysis was carried out according to the computer program Sergen 3 for a series of experiments. The three-years investigation has shown a significant differentiation of yields and genotype $\times$ environments interaction in the both variants of cultivation. The cultivars Gregor and Gil were the best yielder, but with of low stability of the yields.

Key words: genotype-environment interaction, post-registration variety trial, winter barley

WSTĘP

Postęp hodowlany powoduje coraz bardziej zróżnicowaną reakcję odmian na składniki pokarmowe i ochronę przed chorobami. Odmiany zbóż charakteryzują się wyższą reakcją na czynniki środowiska niż inne grupy roślin (Kaczyński, 1999). Stąd ważne jest dopasowanie cech i wymagań do środowiska przyrodniczego. Respektowanie makrorejonizacji pozwala uniknąć strat plonu nawet do kilkudziesięciu procent, a mikrorejonizacji o dalszych kilka procent. Rolnik analizując wyniki badań celem optymalnego doboru odmiany do warunków konkretnego pola powinien określić możliwości ekonomiczne gospodarstwa do poniesienia dodatkowych kosztów związanych z wyższymi nakładami przy intensywnym poziomie uprawy i porównać je z uzyskanym przyrostem plonów w stosunku do standardowych warunków uprawy (Kotowicz, 2001).

Prace hodowlane dążą do otrzymania dwóch wyraźnie różnych typów jęczmienia ozimego pastewnego i browarnego. W obu przypadkach cechą podstawową są wysokie i stabilne plony (Czembor, 1997). Dodatkową zachętą do uprawy tego gatunku powinno być wprowadzenie na rynek łatwiej omlączalnych odmian dwurzędowych, przydatnych do przetwórstwa spożywczego (Gacek, 1997). W Europie preferuje się odmiany dwurzędowe, niezależnie od przeznaczenia ziarna. Zachodnie odmiany dwurzędowe charakteryzują się wysoką plennością, odpornością na ważniejsze choroby i dobrą wartością technologiczną (Behnke, 1998; Czembor, 1997).

W 2001 roku w rejestrze znajdowało się 10 odmian, w tym sześć o kłosie wielorzędowym ościstym, jedna wielorzędowa bezostna i trzy o kłosie dwurzędowym ościstym (z tego jedna typu browarnego). W ostatnich latach notuje się znaczący postęp hodowlany w grupie odmian dwurzędowych, a wyrazem tego jest poprawa wartości technologicznej (Tiffany) i plenności (Bombay). Jedyną odmianą spełniającą kryteria technologiczne w zakresie przydatności w browarnictwie jest Tiffany, z dobrą oceną syntetyczną.

Celem pracy było określenie interakcji genotypowo-środowiskowej plonowania odmian jęczmienia ozimego w warunkach standardowej i intensywnej uprawy w doświadczeniach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego na Dolnym Śląsku.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były przyjęte do programu PDO odmiany jęczmienia ozimego: Borwina, Gil, Gregor, Horus, Kos, Kroton, Siga, Tiffany i Tramp.

Doświadczenia polowe z badanymi odmianami zostały założone w latach 1999–2001 w pięciu miejscowościach (Głubczyce, Krościna Mała, Pawłowice k/Wrocławia, Tarnów i Tomaszów Bolesławiecki) na dwóch poziomach intensywności (a1, a2) metodą pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach. Poziom a1 odpowiada standardowym warunkom uprawy dostosowanym do odpowiedniej klasy gleby, poziom a2 różnił się od poziomu a1 wyższym o 40 kg/ha nawożeniem azotowym, dolistnym dokarmianiem oraz pełną chemiczną ochroną roślin przed chorobami i wyleganiem. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 15 m². Otrzymane wyniki w poszczególnych latach i miejscowościach poddano obliczeniom statystycznym według programu Sergen 3 (Caliński i in., 1998) dla analizy serii doświadczeń odmianowych. Plony badanych odmian analizowano odrębnie dla standardowego i intensywnego poziomu uprawy.

WYNIKI

Średnie wartości plonów 9 odmian jęczmienia ozimego w 5 miejscowościach w standardowym i intensywnym wariancie uprawy przedstawiono w tabeli 1. Z zestawienia wyników wyraźnie widać korzystną reakcję odmian na wyższy poziom nawożenia i ochrony roślin. Najwyższe plony powyżej 100 dt/ha uzyskano u odmiany Gregor w Głubczycach, a zdecydowanie najniższe plony zanotowano dla odmiany Tiffany w Pawłowicach (42,0 dt/ha).

Tabela 1

Średnie wartości plonów (dt/ha) odmian w wariancie standardowym i intensywnym uprawy
Mean yield values (dt/ha) for the analyzed genotypes

Genotypy Genotypes	Wariant standardowy Standard variant				
	Głubczyce	Krościna Mała	Tarnów	Pawłowice	Tomaszów Bolesławiecki
Kos	82,96	57,61	71,47	50,26	56,79
Sigra	77,39	65,74	77,01	58,34	67,09
Gil	90,52	72,80	87,72	60,34	64,97
Gregor	106,23	70,58	86,15	61,58	64,45
Horus	95,80	67,19	86,47	58,38	66,02
Tramp	89,88	67,23	74,44	62,45	67,59
Borwina	81,93	56,50	73,82	48,47	52,43
Kroton	95,65	70,45	81,74	57,87	64,09
Tiffany	85,51	53,10	71,60	48,12	59,03
Genotypy Genotypes	wariant intensywny intensive variant				
	Głubczyce	Krościna Mała	Tarnów	Pawłowice	Tomaszów Bolesławiecki
Kos	96,19	83,46	88,48	63,01	69,30
Sigra	89,44	87,46	83,11	57,37	76,63
Gil	96,93	86,55	93,44	66,22	72,33
Gregor	107,18	91,61	98,22	61,79	70,76
Horus	97,61	81,23	93,37	63,64	69,25
Tramp	89,18	81,11	82,55	67,14	65,18
Borwina	85,47	71,44	78,28	50,29	57,48
Kroton	99,13	84,59	86,69	63,52	70,80
Tiffany	85,32	64,41	73,54	41,96	58,70

Tabela 2

Średnie kwadraty zmienności w łącznej analizie wariancji
Mean square variation in the overall analysis of variances

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees freedom	Średnie kwadraty Mean square	
		wariant podstawowy standard variant	wariant intensywny intensive variant
Lata Years	2	2419,51	1227,38
Doświadczenia Experiment	4	3896,87	3932,99
Środowiska Environments	7	4002,62**	5569,99**
Genotypy Genotypes	8	465,24**	639,77**
Genotypy × lata Genotypes × years	16	37,86**	33,55**
Genotypy × doświadczenie Genotypes × station	32	44,92**	41,65**
Genotypy × środowiska Genotypes × environments	56	36,87**	38,70**
Regresja względem środowiska Regression on explanatory variability	8	32,39	62,19
Odchylenie od regresji Regression deviation	48	37,62**	34,79**
Błąd doświadczeń Experimental error	74	11,51	7,24

W tabeli 2 przedstawiono średnie kwadraty z analizy wariancji, które pozwoliły na weryfikację hipotez ogólnych dotyczących różnicowania środowisk, genotypów oraz interakcji genotypowo-środowiskowych ($G \times E$). Jak wynika z danych zawartych w tej tabeli wszystkie hipotezy zerowe zostały odrzucone. Analizy dotyczące poszczególnych odmian i ich współdziałania ze środowiskami glebowo-klimatycznymi przedstawiono w tabeli 3.

Oceniając przeciętną wysokość plonowania genotypów wyrażoną efektami głównymi oraz odpowiednimi wartościami statystyki F można stwierdzić, że zarówno w standardowym, jak i intensywnym wariancie uprawy odmiany Gregor i Gil odznaczały się wyższymi plonami w porównaniu do pozostałych obiektów. Wymienione odmiany wykazywały się jednak niższą stabilnością plonowania o czym świadczą istotne wartości statystyki F dla interakcji ze środowiskiem (tab. 2). Jedynie odmiana Horus w standardowych warunkach uprawy wykazywała się wyższą stabilnością. Na poprawę warunków środowiskowych bardzo korzystnie zareagowała odmian Kos, która obok wysokiego plonu charakteryzowała się też jego wysoka stabilnością.

Dalszą analizę badanych odmian przeprowadzono za pomocą testowania regresji poszczególnych genotypów i ich interakcji względem środowiska (tab. 4).

Niskie, nieistotne współczynniki regresji zarówno w standardowym jak i intensywnym wariancie uprawy świadczą o braku regresyjnej zależności między plonami analizowanych odmian a środowiskami. Jedynie odmiana Tiffany w standardowym wariancie uprawy i odmiana Horus w intensywnym odznaczały się istotnymi wartościami tych

współczynników oraz niskimi odchyleniami od regresji. Wyniki te świadczą o większej stabilności plonu tych odmian w trzyletnim okresie badań. Odmiana Horus w intensywnym wariancie uprawy odznaczała się istotnymi wartościami współczynnika regresji oraz istotnym, ale niskim odchyleniem od regresji i wobec wysokiego efektu głównego może być rekomendowana do uprawy w warunkach Dolnego Śląska.

Tabela 3

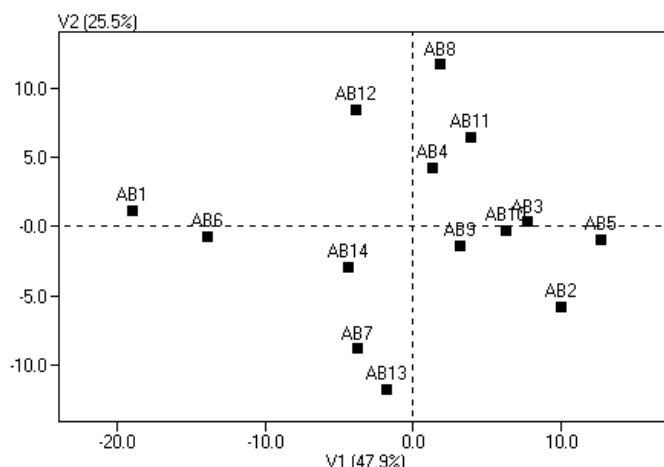
Testowanie odmian jęczmienia ozimego i ich interakcji ze środowiskami
Testing of genotypes of winter barley and their interaction with environments

Genotypy Genotypes	Wariant standardowy Standard variant			Wariant intensywny Intensive variant		
	ocena efektu głównego estimate of main effect	statystyka F dla: statistic F for:		ocena efektu głównego estimate of main effect	statystyka F dla: statistic F for:	
		efektu głównego main effect	interakcji ze środowiskami interaction with environments		efektu głównego main effect	interakcji ze środowiskami interaction with environments
Kos	-6,67	31,69	1,83	2,31	15,89	0,69
Sigra	-1,94	0,70	7,07	0,46	0,06	6,71
Gil	4,92	6,92	4,56	5,52	9,22	6,83
Gregor	7,83	14,10	5,67	8,40	12,38	11,79
Horus	4,65	19,50	1,44	3,13	3,25	6,26
Tramp	2,15	5,18	1,16	-0,61	0,15	5,11
Borwina	-7,71	103,86	0,74	-9,13	725,46	0,24
Kroton	3,61	4,86	3,49	3,13	5,09	3,98
Tiffany	-6,83	21,28	2,86	-13,19	55,55	6,49
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,05$		5,59	2,14	5,59		2,13
Critical value for $\alpha = 0,05$		5,59	2,14	5,59		2,13

Tabela 4

Testowanie regresji interakcji genotypów jęczmienia ozimego względem środowiska
Testing regression of interaction on environments for the winter barley genotypes

Genotypy Genotypes	Wariant standardowy Standard variant				Wariant intensywny Intensive variant			
	współczynnik coefficient of:		statystyka F dla: statistic F for:		współczynnik coefficient of:		statystyka F dla: statistic F for:	
	regresji regression	determinacji% determination	regresji regression	odchyień deviations	regresji regression	determinacji% determination	regresji regression	odchyień deviations
Kos	0,018	0,76	0,05	2,12	-0,06	0,58	0,04	0,80
Sigra	0,005	0,01	0,00	8,25	0,178	45,33	4,97	4,28
Gil	0,137	17,95	1,31	4,37	0,138	26,76	2,19	5,84
Gregor	0,048	1,76	0,11	6,50	0,001	0,00	0,00	13,75
Horus	-0,001	0,00	0,00	1,68	-0,198	60,06	9,02	2,92
Tramp	-0,070	18,37	1,35	1,11	0,040	3,07	0,19	5,78
Borwina	-0,015	1,23	0,07	0,86	-0,017	11,94	0,81	0,24
Kroton	0,096	11,44	0,78	3,60	0,015	0,56	0,03	4,61
Tiffany	-0,218	72,11	15,51	0,93	-0,151	33,93	3,08	5,00
Wartość krytyczna $\alpha = 0,05$			5,99	2,22	5,99			2,22
Critical values $\alpha = 0,05$			5,99	2,22	5,99			2,22



Środowiska — Environments:

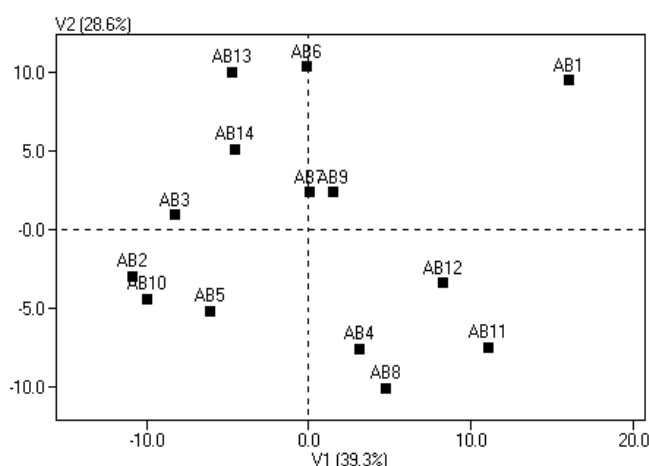
AB1 — Głubczyce1999; AB2 — Krościna Mała 1999; AB3 — Tarnów 1999
 AB4 — Tomaszów Bolesławiecki 1999; AB5 — Głubczyce 2000; AB6 — Krościna Mała 2000
 AB7 — Tarnów 2000; AB8 — Pawłowice 2000; AB9 — Tomaszów Bol. 2000
 AB10 — Głubczyce 2001; AB11 — Krościna Mała 2001; AB12 — Tarnów 2001
 AB13 — Pawłowice 2001; AB14 — Tomaszów Bol.

Rys. 1. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant standardowej uprawy
Fig. 1. Representation of environments „Station” in the system of principal components — standard cultivation variant

W celu uzyskania większej ilości informacji o zachowaniu się badanych odmian jęczmienia ozimego w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych przeprowadzono badanie struktury interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) za pomocą analizy składowych głównych. Aby wykonać tę analizę należy dokonać podziału statystyki F na składowe główne odpowiadające kontrastom między genotypami.

Uwzględniając dwa pierwsze kontrasty o najwyższym udziale w statystyce F, przedstawiono graficznie rozmieszczenie środowisk na płaszczyźnie przy pomocy dwóch pierwszych składowych głównych. Środowiska o wysokim udziale interakcji $G \times E$ odznaczają się dużą odległością od początku układu współrzędnych (rys. 1 i 2). W standardowym wariancie uprawy miejscowości Głubczyce i Pawłowice charakteryzowały się wysokim wkładem w wielkość interakcji genotypowo-środowiskowej. W Głubczycach badane odmiany jęczmienia plonowały na najwyższym, a w Pawłowicach na najniższym poziomie w porównaniu do pozostałych miejscowości. Znaczne odległości między punktami AB1 i AB5 wskazują na dużą zmienność plonowania odmian jęczmienia ozimego w Głubczycach w 1999 i 2000 roku, natomiast w Pawłowicach duża zmienność plonów odmian wystąpiła w roku 2000 i 2001 (punkty AB8 i AB13 na rys. 1). Na uwagę zasługuje duża stabilność plonów badanych odmian w środowisku Tomaszowa Bolesławieckiego w całym okresie badań. Analizując uzyskane dane dla intensywnego wariantu uprawy można zauważyć znaczną zmienność plonu badanych odmian jęczmienia ozimego w Głubczycach oraz Pawłowicach (rys. 2). Stwierdzono duże różnice

w plonowaniu badanych genotypów w poszczególnych latach, o czym świadczą odległości od początku układu współrzędnych oraz między sobą punktów obrazujących miejscowości Głubczyce (AB1, AB10), Pawłowice (AB8, AB13) i Krościna Mała (AB2, AB11).



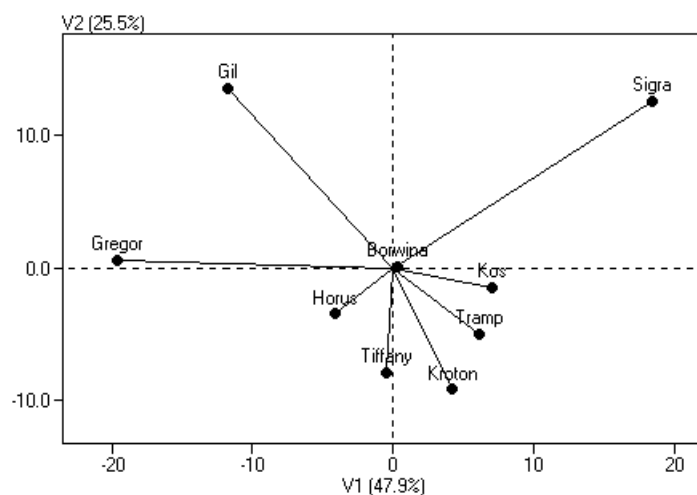
Środowiska — Environments:

AB1 — Głubczyce 1999; AB2 — Krościna Mała 1999; AB3 — Tarnów 1999
 AB4 — Tomaszów Bolesławiecki 1999; AB5 — Głubczyce 2000; AB6 — Krościna Mała 2000
 AB7 — Tarnów 2000; AB8 — Pawłowice 2000; AB9 — Tomaszów Bol. 2000
 AB10 — Głubczyce 2001; AB11 — Krościna Mała 2001; AB12 — Tarnów 2001
 AB13 — Pawłowice 2001; AB14 — Tomaszów Bol.

Rys. 2. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant intensywnej uprawy
Fig. 2. Representation of environments „Station” in the system of principal components — intensive cultivation variant

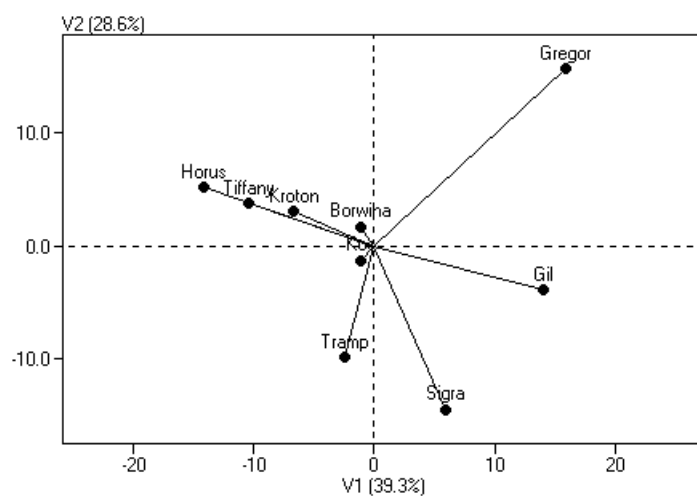
Wektorowe rozmieszczenie genotypów jęczmienia ozimego w układzie dwóch pierwszych składowych głównych dla standardowych warunków uprawy przedstawiono na rysunku 3.

Znaczne oddalenie odmian Sibra, Gregor i Gil od początku układu współrzędnych wskazuje na dużą interakcję tych odmian z badanymi środowiskami. Genotypy te odznaczają się większym od pozostałych obiektów zróżnicowaniem plonowania w poszczególnych środowiskach glebowo-klimatycznych. Najniższą interakcję genotypowo-środowiskową wykazała się odmiana Borwina, natomiast pozostałe charakteryzowały się nieco wyższą ale zbliżoną do siebie interakcją $G \times E$. Intensywny wariant uprawy (rys. 4) w badanych środowiskach spowodował znaczne zróżnicowanie w plonowaniu odmian Gregor, Horus, Sibra i Gil o czym świadczą duże odległości od początku układu współrzędnych. Niższą interakcję genotypowo-środowiskową zaobserwowano u odmian Borwina i Kos. Znaczne odległości między punktami obrazującymi badane genotypy jęczmienia ozimego w obu wariantach uprawy wskazują, że różnice w ich plonowaniu są wyrazem wpływu warunków glebowo-klimatycznych.



Rys. 3. Wektorowe przedstawienie genotypów jęczmienia ozimego w układzie składowych głównych – wariant standardowej uprawy

Fig. 3. Vector representation of the winter barley genotypes in the system of principal components – standard cultivation variant



Rys. 4. Wektorowe przedstawienie genotypów jęczmienia ozimego w układzie składowych głównych – wariant intensywnej uprawy

Fig. 4. Vector representation of the winter barley genotypes in the system of principal components – intensive cultivation variant

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu badanych odmian jęczmienia ozimego we wszystkich doświadczeniach. Wykazano istotne zróżnicowanie środowisk oraz występowanie interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) dla obydwu wariantów uprawy.
2. Odmiany Gregor i Gil zarówno w standardowym, jak i intensywnym wariancie uprawy odznaczały się wyższymi plonami w porównaniu do pozostałych obiektów, jednak wykazywały się niższą stabilnością plonowania.
3. Stwierdzono, że obok wpływu poziomu agrotechniki istotne znaczenie na plonowanie odmian jęczmienia ozimego miały również warunki glebowo-klimatyczne.

LITERATURA

- Behnke M. 1998. Charakterystyka i ocena wartości gospodarczej zarejestrowanych odmian jęczmienia jarego i ozimego. Hodowla jęczmienia w Polsce i Europie. Agrotechnika i wykorzystanie jęczmienia. Pamiętnik Puławski, z. 112: 7 — 18.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski J. 1998. Podręcznik użytkownika programu Sergen 3. IGR Poznań.
- Czembor H. J. 1997. Hodowla jęczmienia w Polsce i Europie. Agrotechnika i wykorzystanie jęczmienia. Puławy 23-24 października 1997: 41 — 48.
- Gacek E. 1997. Nie rezygnować z jęczmienia ozimego. Top Agrar Polska, 7/8: 35.
- Kaczyński L. 1999. Reakcja odmian roślin rolniczych na czynniki środowiska, niezbędny zakres doświadczeń PDO na Dolnym Śląsku. Podstawy organizacji i planowania doświadczeń z zarejestrowanymi odmianami roślin rolniczych na Dolnym Śląsku. Zeszyt 1: 35 — 46.
- Kotowicz L. 2001. Jęczmień ozimy. Wyniki doświadczeń 1999–2001. Zeszyt 1 (3)-DZPDO, Tomaszów Bolestawiecki.