

PAWEŁ DOPIERAŁA¹**LESZEK KORDAS**²¹ KWS LOCHOW POLSKA Sp. z o.o.² Katedra Kształtowania Agroekosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Znaczenie interakcji genotypowo-środowiskowej na plonowanie i cechy składowe plonu u wybranych gatunków zbóż ozimych

The effects of genotype-environment interaction on the yield and its structure in some winter cereals

Badano plonowanie oraz cechy struktury plonu pszenicy, pszenżyta oraz żyta mieszańcowego i populacyjnego. W doświadczeniu brały udział odmiany wzorcowe COBORU: pszenicy ozimej — Tonacja, pszenżyta ozimego — Moderato oraz żyta populacyjnego — Dańkowskie Diament i mieszańcowego — Balistic. Doświadczenie przeprowadzono na glebach średnich (klasa 4a-4b) w trzech punktach doświadczalnych w różnych rejonach Polski. Dla wszystkich badanych odmian zastosowano taki sam poziom agrotechniki. Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonowania badanych gatunków oraz interakcję ich plonu z latami badań i miejscowościami. Zaobserwowano istotną regresyjną zależność plonowania od środowiska, ale istotne okazały się również odchylenia od regresji. Najwyższe średnie plony w obu latach badań uzyskała odmiana żyta mieszańcowego Balistic przewyższając pod tym względem odmiany pozostałych gatunków. Żyto populacyjne Dańkowskie Diament w pierwszym roku badań oraz pszenica ozima Tonacja w obu latach, charakteryzowały się wyraźnie niższym poziomem plonowania. Najwyższe wartości obsady kłosów na jednostce powierzchni uzyskała odmiana żyta mieszańcowego Balistic. Odmiana pszenżyta Moderato posiadała największą liczbę ziaren w kłosie, a odmiana pszenicy Tonacja osiągnęła najwyższą masę 1000 ziaren.

Słowa kluczowe: gatunki, gleby średnie, interakcja genotypowo-środowiskowa, odmiany, plonowanie, struktura plonu, zboża

In the paper, yielding and yield components of winter wheat, triticale, open-pollinated rye and hybrid rye are presented. The investigations were carried out on four standard cultivars from the Research Centre for Cultivar testing (COBORU): winter wheat — cv. Tonacja, winter triticale — cv. Moderato, open-pollinated rye — cv. Dańkowskie Diament, and hybrid rye — cv. Balistic. The studies were conducted on medium-heavy soils (valuation class: 4a–4b) at three localizations in Poland. The same cultivation technology was applied for all the cultivars. Significant differences in yielding between the tested cultivars were found. The interaction between yield and localization appeared to be positive. Significant regression relation between yield and environment was shown but also the deviations from regression were also found to be significant. The highest main yield in both years of the study was obtained with cv. Balistic. The open-pollinated rye cv. Dańkowskie Diament yielded evidently lower in the first study year, and winter wheat cv. Tonacja in both years. The cultivar Balistic

was characterized by the highest number of ears per unit area, cv. Moderato produced the greatest number of grains per ear, and cv. Tonacja achieved the highest weight of 1000 grains.

Key words: cereals, cultivars, genotype-environment interaction, medium-heavy soils, yielding, yield components, varieties

WSTĘP

Intensyfikacja uprawy zbóż oraz nakłady związane z nią powodują, że poszukuje się gatunków i odmian, które będą najlepiej dostosowane do konkretnych warunków glebowo-klimatycznych. Prowadzone badania wykazują, że plony odmian poszczególnych gatunków są w dużym stopniu uzależnione od warunków środowiska. Istotną reakcją odmian na warunki glebowo-klimatyczne przedstawiono w wielu pracach (Bujak i in., 2006; Dopierała i in., 2003; Jończyk, 2002; Oleksiak i Mańkowski, 2003; Podolska 2004; Weber i Zalewski, 2006).

Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej pozwala na wyodrębnienie genotypów stabilnych, czyli dobrze przystosowanych do wszystkich warunków środowiska oraz genotypów niestabilnych, czyli takich, których plon zależy w dużym stopniu od warunków lokalnych. W celu zminimalizowania wpływu tych warunków na plon prowadzi się badania, które dostarczają niezbędnych informacji o zachowaniu się badanych genotypów nie tylko w mikro-, ale i w makrorejonach.

Bardzo ważne jest właściwe dostosowanie uprawianych gatunków i odmian do konkretnego siedliska glebowo-klimatycznego. Ma to szczególne znaczenie w przypadku gleb średnich (klasa bonitacyjna 4a–4b), których jest w Polsce bardzo dużo (ok. 36%), i na których uprawia się zarówno gatunki wymagających lepszych warunków glebowych (pszenica), jak i gorszych (żyto). W związku z zachodzącymi od pewnego czasu zmianami klimatycznymi zastępuje się często w praktyce rolniczej uprawę pszenicy na tych glebach pszenżytem w rejonach o wysokiej produkcji zwierzęcej oraz żytem (szczególnie mieszańcowym) na terenach, gdzie produkcja zwierzęca nie odgrywa większej roli.

Celem niniejszej pracy była analiza interakcji genotypowo-środowiskowych plonowania oraz cech struktury plonu najpopularniejszych gatunków zbóż ozimych, to jest pszenicy, pszenżyta oraz żyta populacyjnego i mieszańcowego uprawianych na glebach średnich.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były odmiany wzorcowe zbóż ozimych ustalane w doświadczeniach rejestrowych przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU): pszenica ozima — Tonacja, pszenżyto ozime — Moderato oraz żyto populacyjne — Dańkowskie Diament i mieszańcowe — Balistic. Doświadczenia polowe przeprowadzono w sezonach wegetacyjnych 2006/07 i 2007/08 na glebach średnich (kompleks glebowy żytni dobry, klasa bonitacyjna 4a–4b), w trzech punktach doświadczalnych w różnych rejonach Polski (Prusim — zachodniopomorskie, Walewice — łódzkie, Swojec — dolnośląskie). Eksperyment został założony metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach z poletkami ochronnymi tego samego gatunku po obu stronach

poletka doświadczalnego. Doświadczenia zostały wysiane w optymalnych terminach siewu dla poszczególnych rejonów uprawy. Normę wysiewu podano w tabeli 3. Nasiona wysiano siewnikiem poletkowym na głębokość 2 cm. Jesienią stosowano Polifoskę 6 w ilości 400 kg/ha jako źródło dawki startowej azotu (24 kg N/ha), fosforu (80 kg P₂O₅/ha) oraz potasu (120 kg K₂O/ha). Nawożenie azotowe dzielone było na 2 dawki i stosowane: pierwsza z chwilą ruszenia wegetacji (60 kg N/ha), druga w fazie strzelania w źdźbło (25–55 kg N/ha w zależności od stanu roślin i przebiegu pogody). W sumie nawożenie azotowe osiągnęło poziom od 109 do 139 kg N/ha. Dla wszystkich badanych odmian zastosowano taki sam poziom ochrony pestycydowej: herbicydowe zwalczanie chwastów oraz dwukrotny oprysk środkiem fungicydowym i retardantem, Wielkość poletek do zbioru wynosiła od 10 m² do 15 m².

Przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym 2006/07 charakteryzował się wyższymi od średnich z wielolecia temperaturami w miesiącach zimowych połączonymi z wyższymi od przeciętnych opadami. W kwietniu wystąpił okresowy brak opadów, najbardziej odczuwalny w miejscowości Swojec. W pozostałych miesiącach wegetacji ilość opadów przekraczała we wszystkich miejscowościach średnią z wielolecia, a temperatura nie odbiegała wyraźnie od średniej. W sezonie wegetacyjnym 2007/08 po stosunkowo cieplej i obfitującej w opady zimie wystąpił od drugiej dekady kwietnia długotrwały brak opadów, co w połączeniu ze stosunkowo wysokimi temperaturami spowodowało suszę, najbardziej dotkliwą w miejscowości Prusim oraz Walewice. Dopiero w drugiej połowie czerwca i w lipcu spadła wystarczająca ilość opadów, powodująca ustąpienie suszy.

Otrzymane wyniki plonu ziarna z poszczególnych lat i miejscowości opracowano statystycznie za pomocą programu Sergen 3 (Caliński i in., 1998) do analizy serii doświadczeń odmianowych.

WYNIKI

W tabeli 1 przedstawiono średnie kwadraty z łącznej analizy wariancji, które pozwoliły na weryfikację hipotez dotyczących baku zróżnicowania efektów genotypów, lat, miejscowości, środowisk oraz interakcji genotypowo-środowiskowej. Wartości średnich kwadratów wykazały istotne zróżnicowanie w plonowaniu pomiędzy badanymi genotypami, jak również różnice w plonach w poszczególnych miejscowościach oraz latach badań. Wystąpiła również istotna interakcja genotypów z latami badań, miejscowościami oraz z poszczególnymi środowiskami (miejscowości w latach). Zaobserwowano także istotną regresyjną zależność interakcji genotypowo-środowiskowej od przeciętnego poziomu plonowania wszystkich gatunków w danym środowisku, czyli od tzw. średniej środowiskowej, ale wystąpiły również istotne odchylenia od regresji.

Szczegółowe wyniki analiz dotyczące poszczególnych genotypów oraz ich współdziałania ze środowiskami glebowo-przyrodniczymi przedstawiono w tabeli 2. Wartości efektów głównych stanowią odchylenie badanego genotypu od średniej wszystkich badanych genotypów. Wyniki tych analiz przeprowadzone na poziomie istotności 0,05 wskazują, że dwa spośród badanych genotypów wykazały efekty główne różne od zera. Żyto mieszańcowe Balistic uzyskało dodatni, a pszenica Tonacja ujemny

efekt główny. Wszystkie badane genotypy wykazały istotną interakcję ze środowiskiem, czyli podlegają dość silnym wpływom środowiska, co oznacza niestabilność plonowania.

Tabela 1

Średnie kwadraty dla źródeł zmienności w łącznej analizie wariancji
Root-mean-square for the source of variation in analysis of variance

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean square
Lata — Years	1	614,84*
Miejscowości — Localizations	2	194,89*
Środowiska (lata × miejscowości) — Environment (years × localizations)	2	14,77
Genotypy — Genotypes	3	924,70**
Genotypy × lata — Genotypes × years	3	108,08**
Genotypy × miejscowości — Genotypes × localizations	6	34,17**
Genotypy × środowiska — Genotypes × environment	6	110,04**
Regresja względem środowiska — Environment regression	3	53,47**
Odchylenie od regresji — Regression deviation	3	166,62**
Błąd doświadczeń — Study error	54	9,99

* istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at $\alpha = 0,05$

** istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at $\alpha = 0,05$

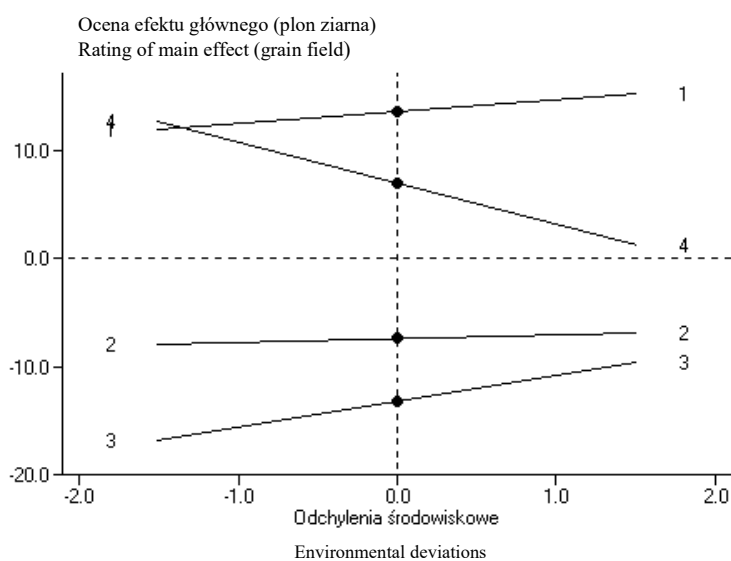
Tabela 2

Testowanie genotypów i ich interakcji ze środowiskami
The tests of genotypes and their interactions with environment

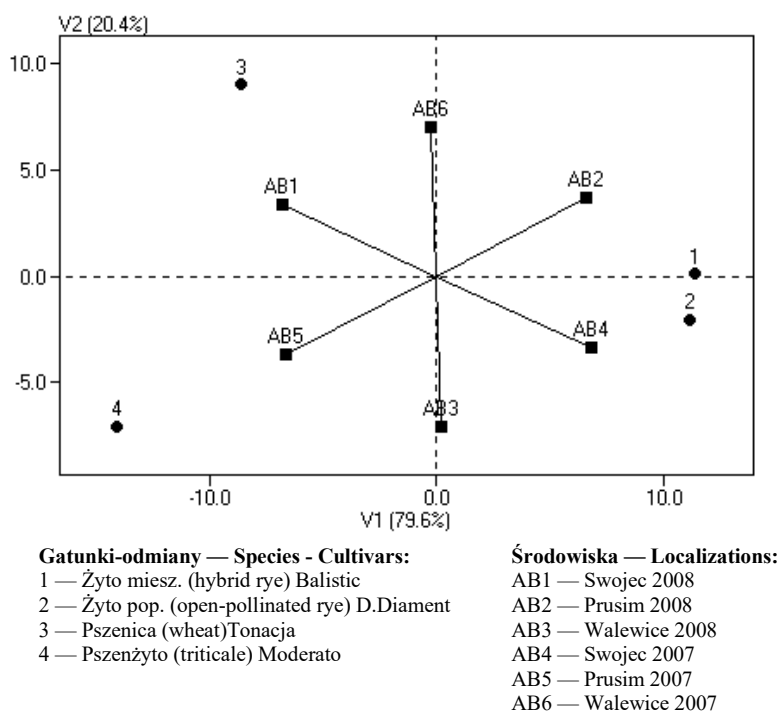
Genotypy Genotypes	Ocena efektu głównego Rating of main effect	Statystyka F dla: Statistics F for:	
		efektu głównego main effect	interakcja ze środowiskami interaction with environments
Balistic	13,59*	16,94	8,73*
Dańk. Diament	-7,40	5,11	8,59*
Tonacja	-13,19*	13,52	10,30*
Moderato	7,00	2,39	16,46*
Wartość krytyczna dla $\alpha=0,05$ Critical value for $\alpha=0,05$		13,51	3,17

* istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at $\alpha = 0,05$

Graficzną syntezę szczegółowej analizy efektów głównych i regresji efektów interakcyjnych genotypów względem środowiska przedstawia rysunek 1. Podobnie jak w tabeli 2 można zaobserwować dodatnie efekty główne dla żyta mieszańcowego Balistic i pszenżyta Moderato, które pokazują że odmiany te wyżej plonują od średniego plonu wszystkich genotypów z doświadczeń oraz ujemne dla niżej plonującego żyta populacyjnego Dańkowski Diament i pszenicy Tonacja. Przebieg prostych regresji względem odchylenia środowiskowego świadczy o przydatności poszczególnych genotypów do uprawy w środowiskach o zróżnicowanym potencjale plonotwórczym. Wśród badanych obiektów wyróżnia się odmiana pszenżyta Moderato, której prosta regresji wskazuje na większą przydatność do uprawy na stanowiskach słabszych.

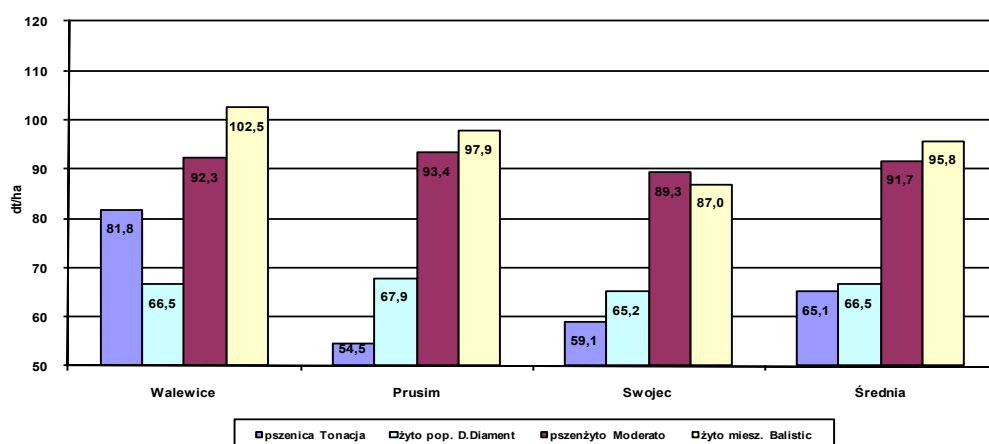


Rys. 1. Efekty główne i proste regresji efektów interakcyjnych genotypów względem środowiska
Figure 1. Main effects and regression straight lines of interaction effects against environment



Rys. 2. Jednoczesne przedstawienie genotypów i środowisk w układzie składowych głównych
Fig. 2. Principal component analysis of genotypes and localizations

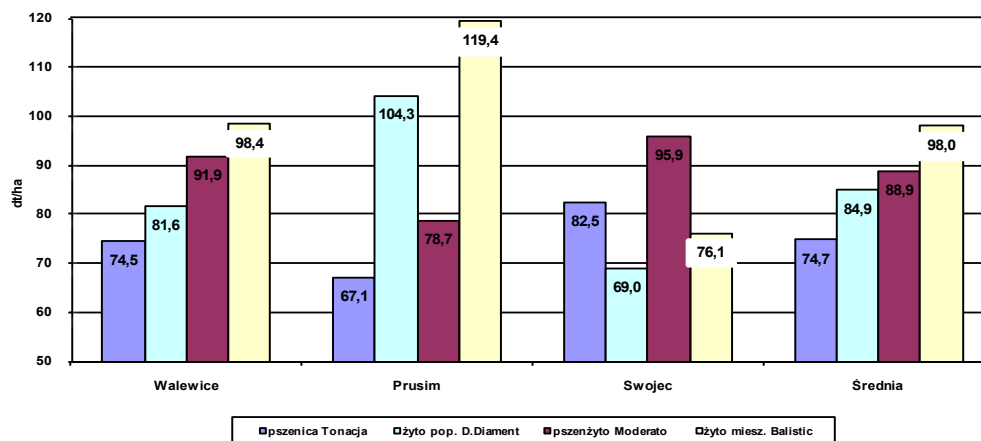
Odmiany Balistic oraz Tonacja wyżej plonują na stanowiskach lepszych, są więc odmianami zaliczanymi do intensywnych. Stabilnością plonowania we wszystkich warunkach glebowo-klimatycznych charakteryzuje się Dańkowskie Diament, jednak plonuje ono na niższym poziomie. Więcej informacji o zachowaniu się gatunków w zróżnicowanych warunkach glebowo-pogodowych dostarcza badanie struktury interakcji genotypowo-środowiskowej za pomocą składowych głównych. Na rysunku 2 pokazano biplot, na którym punkty reprezentujące genotypy zostały skonfrontowane z wektorami oznaczającymi środowiska, a więc miejscowości w latach. Z rysunku wynika, że badane genotypy nie korespondują blisko z żadnym ze środowisk, a jedynie obie odmiany żyta reagują podobnie na zróżnicowane warunki środowiskowe, podczas gdy pszenica i pszenżyto nie wykazują takich podobieństw w reakcji zarówno między sobą, jak i z żytem. Na kolejnych trzech rysunkach przedstawiono graficznie średnie wartości plonu ziarna badanych gatunków w poszczególnych latach i miejscowościach. Najwyższy plon w roku 2007 (rys. 3) osiągnęła odmiana żyta mieszańcowego Balistic przewyższając inne gatunki w dwóch miejscowościach (Walewice i Prusim) i ustępując nieznacznie pszenżytu Moderato w miejscowości Swojec. Średni plon pszenżyta Moderato w 2007 roku był statystycznie istotnie niższy od żyta mieszańcowego (o około 4 dt/ha), ale znacznie przewyższał plony odmian żyta populacyjnego i pszenicy. Gatunki te plonowały istotnie niżej, przeciętnie o około 30 dt/ha, niż żyto mieszańcowe.



Rys. 3. Plonowanie gatunków w 2007 roku (NIR_{0,05} = 1,9 – dla odmian; NIR_{0,05} = 1,6 – dla miejscowości)
 Fig. 3. Yielding of cultivars in 2007 (LSD_{0,05} = 1.9 – for cultivars, LSD_{0,05} = 1.6 – for localization)

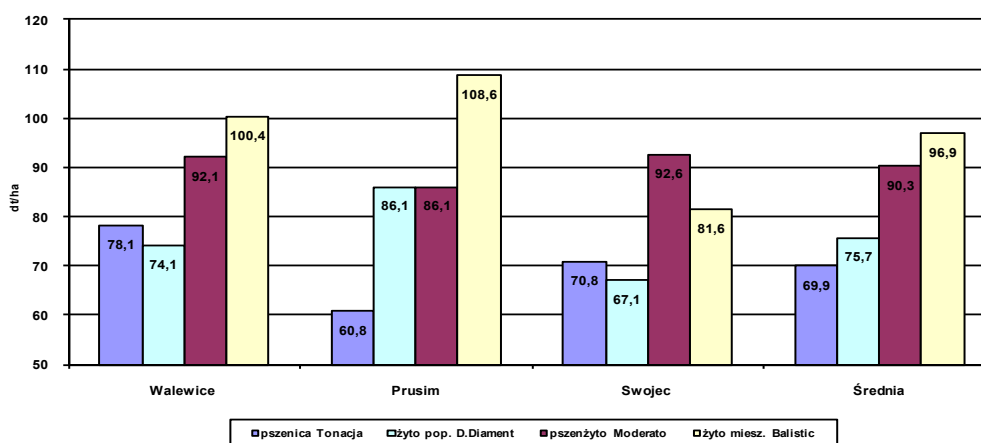
Także w roku 2008 (rys. 4) odmiana żyta mieszańcowego Balistic charakteryzowała się istotnie najwyższym średnim plonem ziarna, jednak jej plonowanie w poszczególnych miejscowościach było dużo bardziej zróżnicowane i wahało się od 76,1 dt/ha (Swojec) do 119,4 dt/ha (Prusim). Odmian pszenżyta Moderato plonowała we wszystkich miejscowościach istotnie niżej niż żyto mieszańcowe (średnio o około 9 dt/ha), ale stabilniej (od 78,7 do 95,9 dt/ha). Żyto populacyjne Dańkowskie Diament dzięki bardzo dobremu

plonowaniu w Prusimiu (104,3 dt/ha) plonowało średnio istotnie niżej od pszenżyta (o około 4 dt/ha), ale istotnie wyżej od najniżej plonującej odmiany pszenicy Tonacja (o około 10 dt/ha).



Rys. 4. Plonowanie gatunków w 2008 roku ($NIR_{0,05} = 1,9$ – dla odmian; $NIR_{0,05} = 1,6$ – dla miejscowości)

Fig. 4. Yielding of cultivars in 2008 ($LSD_{0,05} = 1,9$ – for cultivars, $LSD_{0,05} = 1,6$ – for localization)



Rys. 5. Plonowanie gatunków w 2007-2008 roku ($NIR_{0,05} = 1,9$ – dla odmian; $NIR_{0,05} = 1,6$ – dla miejscowości)

Fig. 5. Yielding of cultivars in 2007-2008 ($LSD_{0,05} = 1,9$ – for cultivars, $LSD_{0,05} = 1,6$ – for localization)

Porównując średnie plony ziarna z lat 2007–2008 można zauważyć, że żyto mieszańcowe reprezentowane przez odmianę Balistic plonuje istotnie najlepiej w miejscowościach Prusim i Walewice, natomiast odmiana pszenżyta Moderato osiąga najwyższy plon w

miejsowości Swojec. Żyto populacyjne Dańkowskie Diament podobnie jak mieszańcowe najlepiej plonuje w Prusimiu. W tej miejscowości plon żyta populacyjnego jest równy do poziomowi plonowania pszenżyta. W pozostałych dwóch miejscowościach plonuje jednak istotnie gorzej od pszenicy. Porównując średnie plony badanych gatunków z wszystkich miejscowości z obydwu lat badań można stwierdzić, że najniższe plony ziarna uzyskała pszenica. Wyniki powyższe potwierdzają sformułowaną wcześniej teorię, że uprawa pszenicy w warunkach ciągle zmniejszającej się ilości opadów spowodowanych zmianami klimatycznymi oraz mniejszymi różnicami w cenie zbóż konsumpcyjnych staje się na glebach lekkich coraz mniej opłacalna i przegrywa konkurencję z innymi gatunkami zbóż.

W tabeli 3 przedstawiono średnie wartości dla ważniejszych cech struktury plonu: liczby kłosów na metrze kwadratowym, liczby ziaren z kłosa i masy tysiąca ziaren. Zdecydowanie najwyższą liczbę kłosów na m² osiąga żyto mieszańcowe Balistic przewyższając pod tym względem pozostałe gatunki pomimo najniższej normy wysiewu (220 szt/m²).

Tabela 3

Średnie wartości dla wybranych cech struktury plonu w latach 2007–2008
Means values for selected elements of yield structure in years 2007–2008

Gatunek - odmiana Species - cultivar	Norma wysiewu szt/m ² Seeding rate grains/m ²	Liczba kłosów na m ² Number of ears pre m ²				Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear				Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains			
		Prusim	Wale- wice	Swojec	średnia mean	Prusim	Wale- wice	Swojec	średnia mean	Prusim	Wale- wice	Swojec	średnia mean
pszenica wheat Tonacja	400	427	510	547	495	39	46	41	42	43,2	39,9	42,7	41,9
pszenżyto triticale Moderato	350	427	475	490	464	57	69	65	64	40,4	32,3	34,1	35,6
żyto pop. population rye D.Diament	250	427	436	514	459	63	61	66	63	34,1	29,9	26,6	30,2
żyto miesz. hybrid rye Balistic	220	490	571	670	577	57	55	57	56	36,3	31,2	28,8	32,1

Właściwość ta wydaje się być decydującym czynnikiem plonotwórczym. Żyto populacyjne Dańkowskie Diament i pszenżyto Moderato osiągają najniższe wartości dla tej cechy. Te same dwa gatunki osiągają najwyższe wartości pod względem liczby ziaren z kłosa, wyprzedzając pod tym względem żyto mieszańcowe i pszenicę, która pod tym względem zdecydowanie odbiega od innych gatunków i w tym można upatrywać przyczyny jej słabszego plonowania. Nie jest w stanie tego zrekomensować najwyższa masa 1000 ziaren uzyskana przez pszenicę, przewyższająca znacznie wszystkie inne gatunki. Następne pod względem tej cechy jest pszenżyto, które wyprzedza żyto populacyjne i najsłabsze pod tym względem żyto mieszańcowe.

WNIOSKI

1. W analizowanych doświadczeniach wykazano istotne zróżnicowanie plonowania badanych gatunków oraz interakcję plonu z latami i miejscowościami.
2. Wykazano istotną regresyjną zależność plonowania od środowiska, ale istotne okazały się również odchylenia od regresji.
3. Najwyższe istotne dodatnie odchylenie od średnich plonów badanych genotypów uzyskała odmiana żyta mieszańcowego Balistic, dla której efekt główny był istotnie dodatni, natomiast istotnie ujemną wartość uzyskała odmiana pszenicy Tonacja, co świadczy o jej najniższym plonowaniu.
4. Najwyższe plony w obu latach badań uzyskała odmiana żyta mieszańcowego Balistic przewyższając pod tym względem odmianę pszenżyta ozimego Moderato. Żyto populacyjne Dańkowskie Diament w pierwszym roku badań oraz pszenica ozima Tonacja w obu latach, charakteryzowały się niższym plonem.
5. Odmiana pszenżyta Moderato ma większą przydatność do uprawy na stanowiskach słabszych, odmiany Balistic oraz Tonacja wyżej plonują na stanowiskach lepszych, są więc odmianami zaliczanymi do intensywnych, natomiast odmiana Dańkowskie Diament charakteryzuje wysoką stabilnością, ale niskim poziomem plonowania.
6. Odmiana mieszańcowa żyta ozimego Balistic w obydwu latach badań plonowała najlepiej w miejscowościach Walewice i Prusim, a odmiana pszenżyta Moderato na Swojcu. Najmniej korzystne warunki do uprawy pszenicy występują w Prusimiu.
7. Główną cechą plonotwórczą roślin była liczba kłosów na m². Najwyższe wartości tej cechy uzyskała odmiana żyta mieszańcowego Balistic. Najwyższą liczbą ziaren w kłosie wykazała się odmiana pszenżyta Moderato, z kolei najwyższą masę 1000 ziaren osiągnęła odmiana pszenicy Tonacja.

LITERATURA

- Bujak H., Dopierała A., Dopierała P., Nowosad K. 2006. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej plonu odmian żyta ozimego. *Biul. IHAR* 240/241: 151 — 160.
- Dopierała P., Bujak H., Karczmarek J., Dopierała A. 2003. Ocena interakcji genotypowo-środowiskowej plonu populacyjnych i mieszańcowych odmian żyta ozimego. *Biul. IHAR* 230: 243 — 254.
- Jończyk K. 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji roślinnej. *Pam. Puł.* 130 (1): 339 — 345.
- Oleksiak T., Mańkowski D. R. 2003. Ocena stabilności plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej na podstawie wyników badań ankietowych z lat 1990–2001. *Biul. IHAR* 228: 3 — 10.
- Podolska G. 2004. Efektywność agronomicznych oddziaływań w wykorzystaniu potencjału plonowania pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 231: 55 — 64.
- Weber R. i Zalewski D. 2006. Wpływ interakcji genotypowo-środowiskowej na plonowanie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 240/241: 33 — 42.